

Secrétariat de la
Convention sur la
Diversité Biologique

CBD Technical Series No. 77



77

COMPTES ÉCOSYSTÉMIQUES DU CAPITAL NATUREL



Une Trousse de Démarrage Rapide

Version française provisoire



European Environment Agency



COMPTES ÉCOSYSTÉMIQUES DU CAPITAL NATUREL: UNE TROUSSE DE DÉMARRAGE RAPIDE

**pour la mise en œuvre du 2^e objectif d'Aichi pour la biodiversité
sur l'intégration des valeurs de la diversité biologique
aux systèmes de comptes nationaux
dans le contexte de la comptabilité expérimentale des écosystèmes
du SCEE**

Ce document a été préparé en 2014 pour le Secrétariat
de la Convention sur la diversité biologique
par M. Jean-Louis Weber (consultant indépendant)

VERSION FRANÇAISE PROVISOIRE



Les désignations employées et la présentation de matériaux dans cette publication ne signifient pas l'expression d'une opinion quelconque de la part des détenteurs du droit d'auteur concernant la situation juridique d'un pays, d'un territoire, d'une ville ou d'une région, ni ses autorités, ou à propos de la délimitation de ses frontières.

Cette publication peut être reproduite à des fins éducatives ou sans but lucratif sans permission spéciale, à condition d'en mentionner la source. Le Secrétariat de la Convention serait reconnaissant de recevoir un exemplaire de toute publication à laquelle ce document a servi. La reproduction des figures n'est permise qu'en obtenant la permission des détenteurs de droits originaux.

Publié par le Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique.

ISBN 92-9225-537-1 (version papier) ;

ISBN 92-9225-538-X (version Web)

Copyright © 2014, Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique

Citation :

Jean-Louis Weber (2014). *Comptes écosystémiques du capital naturel: une trousse de démarrage rapide*, Cahier technique n° 77, Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, Montréal, XXX pages.

Pour plus d'information, communiquez avec :

Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique

Centre de commerce mondial, 413, rue St-Jacques, bureau 800,

Montréal (Québec) Canada H2Y 1N9

Téléphone : +1 (514) 288 2220

Télécopieur : +1 (514) 288 6588

Courriel : secretariat@cbd.int

Site Web : www.cbd.int

Crédits photographiques

Photos de la page couverture : 1 et 2 : D. Babin (db), 3 et 4 : J.-L. Weber (jlw)

Page 3: db, Préface: jlw, Sommaire exécutif: jlw, Table des matières: Mateusz Banski (mb),

Introduction: jlw, Chap 1: jlw, Chap 2: db, Chap 3: jlw,

Chap 4: jlw, Chap 5: mb, Chap 6: jlw, Chap 7: jlw, Chap 8: mb, Chap 9: mb,

Conclusion: jlw.

Composition et mise en page : XXXXXX

REMERCIEMENTS

Ce rapport a été commandé par le Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (CDB). Il a été rédigé par Jean-Louis Weber (consultant indépendant) sous la supervision de Didier Babin (Secrétariat de la CDB).

Le projet a reçu l'appui du Secrétariat de la CDB, du ministère français des Affaires étrangères et du Développement international, du Fonds japonais pour la diversité biologique, de l'Agence européenne pour l'environnement et de la Commission de l'océan Indien.

Le Secrétariat exprime également sa reconnaissance au processus international d'évaluation des écosystèmes et de comptabilité économique environnementale, grâce auquel ce rapport a pu voir le jour. L'intégration d'un volume sur la comptabilité écosystémique expérimentale au Système de comptabilité environnementale et économique (SCEE) de l'ONU a été une première étape importante du processus car elle a fourni le cadre conceptuel général qui servira aux essais et aux applications. Le rôle joué par la Commission de statistique des Nations Unies, le Comité d'experts des Nations Unies sur la comptabilité économique environnementale et la Division de statistique des Nations Unies dans le cadre de cette innovation mérite des éloges. Le Secrétariat remercie également les pionniers d'une telle comptabilité dans les pays, ainsi que l'Agence européenne pour l'environnement, la Commission de l'océan indien et le gouvernement de Maurice, dont les projets ont été une source d'inspiration et qui ont fourni une occasion de valider les méthodologies proposées.

Le Secrétariat aimerait remercier en bonne et due forme le consultant ayant préparé la version finale du document, M. Jean-Louis Weber¹, ancien conseiller spécial en comptabilité environnementale auprès de l'Agence européenne pour l'environnement, actuellement membre du comité scientifique de l'AEE et professeur honoraire de l'Université de Nottingham.

Plusieurs personnes et organismes ont contribué de façon importante au projet et nous les en remercions : Markus Lehmann (CDB), Jock Martin (AEE) et Christophe Legrand (COI).

Le Secrétariat souhaite également remercier les experts qui ont révisé le projet de rapport, car leur contribution a été essentielle à la mise au point de cet ouvrage :

A. Townsend Peterson, Université du Kansas, États-Unis
Alessandra Alfieri, Ivo Havinga, Julian Chow et Sokol Vako, Division statistique des Nations Unies, New York
Anand Sookun, étudiant au doctorat, Université de Maurice et consultant, ancien statisticien à Statistique Maurice Carl Obst, consultant, Australie
Carla Sbrocchi et Peter Cosier, Wentworth Group of Concerned Scientists, Australie
Daniel Desaulty, Jan-Erik Petersen, Rania Spyropoulou et Ronan Uhel, Agence européenne pour l'environnement, Copenhague
Denis Couvet, Muséum National d'Histoire Naturelle, France
Djanbulat Baijumanov, Comité national de la statistique, Kirghizistan
Eloisa Domingues et Jose Antonio Senna, IBGE, Institut de géographie et de statistique du Brésil
Emil Ivanov, doctorant, Université de Nottingham, R-U. et consultant, Bulgarie
Gabriel Jaffrain, IGN-FI, Institut Géographique National France-International, France
Ioan Negruțiu, École Normale Supérieure de Lyon, France
Jana Tafi, consultante, Moldavie
Nicolas Bertrand, PNUE, Genève
Stéphanie Uhde, Statistique Québec, Canada
ZHU Chunquan, UICN-Chine

En dernier lieu, le Secrétariat aimerait souligner la révision hautement professionnelle et le travail d'édition exceptionnel de la version anglaise de Peter Saunders et de Bart Ullstein² de Banson.

¹ iweber45@gmail.com

² <http://www.ourplanet.com/>, pahsaunders@gmail.com, [bart@ourplanet.com](mailto bart@ourplanet.com)

TABLE DES MATIÈRES (PROVISOIRE)

AVANT-PROPOS DE SECRÉTAIRE EXÉCUTIF RÉSUMÉ

0. INTRODUCTION
1. UNE TROSSE DE DÉMARRAGE RAPIDE POUR METTRE EN ŒUVRE LE SYSTÈME DE COMPTABILITÉ ÉCONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE/ ÉCOSYSTÈMES
2. CARACTÉRISTIQUES DE LA COMPTABILITÉ ÉCOSYSTÉMIQUE DU CAPITAL NATUREL
3. L'INFRASTRUCTURE DE DONNÉES
4. LE COMPTE DE LA COUVERTURE DES TERRES
5. LES COMPTES DU CARBONE ÉCOSYSTÉMIQUE
6. LES COMPTES DE LA RESSOURCE ÉCOSYSTÉMIQUE EN EAU
7. LES COMPTES DES SERVICES FONCTIONNELS DE L'INFRASTRUCTURE ECOSYSTEMIQUE
8. LE COMPTE DE LA CAPABILITÉ ÉCOSYSTÉMIQUE DU CAPITAL
9. LA TROSSE DE DÉMARRAGE RAPIDE DES COMPTES DU CAPITAL NATUREL ÉCOSYSTÉMIQUE (CCNE-TDR) ET AU-DELÀ

CONCLUSION

ACRONYMES (à traduire)

GLOSSAIRE DES TERMES EMPLOYÉS DANS LE MANUEL CECN-TDR

BIBLIOGRAPHIE

AVANT-PROPOS DE SECRÉTAIRE EXÉCUTIF

La performance économique est une des priorités les plus importantes des décideurs d'aujourd'hui. Elle est l'indicateur principal de la richesse et de la prospérité des pays. Malheureusement, les outils et les cadres utilisés de nos jours pour mesurer la performance économique ne tiennent pas compte des composants critiques de la richesse. C'est particulièrement le cas de l'énorme valeur économique que procurent les écosystèmes et la diversité biologique qui les sous-tend.

Pourtant, cet oubli du « capital naturel » est une des principales causes de l'appauvrissement de la diversité biologique. Les décideurs doivent absolument reconnaître la valeur que procurent les écosystèmes et la diversité biologique afin d'orienter les politiques vers le développement durable et la prospérité pour les générations d'aujourd'hui et de demain, et ainsi freiner et renverser l'appauvrissement de la diversité biologique. L'intégration de la diversité biologique aux cadres de mesure, notamment à la comptabilité nationale, est une condition préalable essentielle à la réalisation de cette reconnaissance.

En 2010, les Parties à la Convention sur la diversité biologique ont adopté le 2e objectif d'Aichi pour la biodiversité, qui porte sur l'intégration des valeurs de la diversité biologique à la comptabilité nationale d'ici à 2020 au plus tard. Cet objectif est critique pour la mise en œuvre du Plan stratégique 2011-2020 pour la diversité biologique et l'élimination des causes sous-jacentes de l'appauvrissement de la diversité biologique, afin de réaliser la vision que « d'ici à 2050, la diversité biologique est valorisée, conservée, restaurée et utilisée avec sagesse, en assurant le maintien des services fournis par les écosystèmes, en maintenant la planète en bonne santé et en procurant des avantages essentiels à tous les peuples ».

Les efforts entrepris par les pays afin de développer de telles pratiques comptables sont encourageants. Plusieurs pays ont besoin de soutien technique afin d'atteindre cet objectif. Dans les institutions, la réalisation de cet objectif exige la création de nouveaux partenariats, notamment entre les experts en diversité biologique et les comptables des bureaux de statistiques nationaux.

Cette édition du Cahier technique CBD no 77 « Comptabilité écosystémique du capital naturel : Trousse de démarrage rapide » contient les outils techniques pour démarrer la mise en œuvre de cet objectif. Les pays peuvent utiliser les données existantes pour entreprendre la comptabilité écosystémique dans le respect des règles de comptabilité nationale et des indicateurs de la diversité biologique.

J'aimerais remercier l'auteur du présent guide, M. Jean-Louis Weber, qui a mis toutes son énergie et ses connaissances au service de ceux qui veulent véritablement intégrer la diversité biologique et les services écosystémiques à la comptabilité nationale et, ultimement, au processus décisionnel.

J'aimerais également remercier le Fonds japonais pour la diversité biologique et le ministère des Affaires étrangères et du Développement international de la France pour leur soutien financier, et l'Agence européenne pour l'environnement pour son soutien technique et financier.

En dernier lieu, je remercie sincèrement la Commission de l'Océan Indien et le gouvernement de Maurice, qui ont été parmi les premiers à relever le défi d'élaborer ces comptes, et de nous faire profiter de leur expérience, par le biais de cet ouvrage.

Je suis convaincu que ce numéro des Cahiers techniques contribuera à développer la capacité statistique des pays dans le domaine de la diversité biologique et du développement durable, et qu'il encouragera un jour les sociétés à mesurer leur performance en vue de la réalisation du développement durable.



Bráulio Ferreira de Souza Dias

Secrétaire exécutif

Convention sur la diversité biologique

RÉSUMÉ

COMPTE ÉCOSYSTEMIQUES DU CAPITAL NATUREL: UNE TROSSE DE DÉMARRAGE RAPIDE

Ecosystèmes et Biodiversité en Comptabilité Nationale

La dixième réunion de la Conférence des Parties de la CDB, tenue du 18 au 29 Octobre 2010, à Nagoya, préfecture d'Aichi, au Japon, a adopté un Plan stratégique révisé et actualisé pour la biodiversité, y compris les Objectifs d'Aichi pour la période 2011-2020. Ce plan fournit un cadre global pour la biodiversité, non seulement pour les conventions relatives à la biodiversité, mais aussi pour l'ensemble du système des Nations Unies et des autres partenaires engagés dans la gestion et la mise en œuvre de politiques de la biodiversité.

D'un intérêt particulier est le but A du Plan stratégique pour la biodiversité 2011-2020: « *Gérer les causes sous-jacentes de l'appauvrissement de la diversité biologique en intégrant la diversité biologique dans l'ensemble du gouvernement et de la société* » et: « *D'ici à 2020 au plus tard, les valeurs de la diversité biologique ont été intégrées dans les stratégies et les processus de planification nationaux et locaux de développement et de réduction de la pauvreté, et incorporés dans les comptes nationaux, selon que de besoin, et dans les systèmes de notification* ».

Cet objectif doit être interprété à la lumière de l'adoption par la CDB d'une approche écosystémique, « *une stratégie pour la gestion intégrée des terres, des eaux et des ressources vivantes, qui favorise la conservation et l'utilisation durable d'une manière équitable* », reconnaissant que « *les êtres humains, avec leur diversité culturelle, font partie intégrante des écosystèmes* ».

Faire des progrès maintenant vers la mise en œuvre de comptes nationaux des écosystèmes et de la biodiversité dans leur relation à l'économie et au bien être humain est donc une priorité urgente. Les demandes politiques pour des comptes économiques et environnementaux intégrés sont nombreuses et récurrentes dans les discussions internationales ainsi qu'au niveau national. En 2012, la Commission de statistique des Nations Unies (CSNU) a adopté le Système de comptabilité économique et environnementale - Cadre central (SCEE-CC) en tant que standard statistique au même niveau que le SCN 2008, le Système de comptabilité nationale des Nations Unies. Cependant, la SCEE-CC ne couvre pas les écosystèmes et en raison de l'intérêt croissant qu'ils suscitent, la Commission de statistique a approuvé en 2013 un volume supplémentaire du SCEE consacré à la Comptabilité expérimentale des écosystèmes (SCEE-CEE).

Le SCEE-CEE est un cadre conceptuel large, une première étape importante vers la comptabilité des écosystèmes, de leurs services et de leur résilience, qui dépendent de la biodiversité. Cependant, un certain nombre de questions conceptuelles et pratiques restent à régler. Un programme de recherche a été défini ainsi qu'un processus pour capitaliser sur l'expérience existante et à venir acquise des pays engagés dans des tests de comptabilité des écosystèmes.

Le but du présent ouvrage est de fournir les éléments supplémentaires dont ont besoin les pays prêts à commencer maintenant la mise en œuvre des comptes d'écosystème, d'où le titre une "trousse de démarrage rapide". Il comprend un ensemble structuré de tableaux comptables et des conseils fondés sur des expériences pratiques de production de comptes écosystémiques.

« **Les comptes écosystémiques du capital naturel : une trousse de démarrage rapide** » (CECN-TDR, en anglais ENCA-QSP) est une approche globale applicable à tous les écosystèmes, qu'ils soient naturels ou modifiés par les activités anthropiques, destinée à mesurer leur capacité à fournir leurs services, maintenant ou dans l'avenir, directement à personnes ou comme intrants dans la production de biens et services. La comptabilité CECN-TDR couvre les aspects quantitatifs aussi bien que qualitatifs des

structures et fonctions des écosystèmes et, finalement, mesure la dégradation qui peut découler des activités humaines ou, lorsque cela se produit, de l'amélioration résultant d'une bonne gestion écologique.

« Trousse de démarrage rapide », la CECN-TDR reconnaît de fait que tous les comptes ne peuvent être produits en un seul élan. Elle propose des priorités et une feuille de route. Une première distinction est faite entre comptes de base et comptes fonctionnels. Les comptes de base sont établis en premier lieu, d'une manière systématique, en suivant les règles de base de la comptabilité. Ils sont l'infrastructure comptable sur laquelle des comptes fonctionnels plus détaillés et ciblés sont développés en fonction des besoins.

Les comptes de base sont construits sur un modèle d'écosystème simplifié avec trois grandes composantes : le biocarbone, l'eau douce et l'ensemble des services incorporels de régulation et socioculturels pris comme un tout. Une série de quatre comptes est établie pour chaque composante. Le premier tableau se présente comme un bilan conventionnel des différentes ressources écosystémiques en carbone, en eau et de la couverture des terres. Le deuxième tableau fournit une mesure précise de la ressource qui réellement accessible en tenant compte des risques d'épuisement et d'une série de facteurs limitants. Le troisième tableau est une analyse approfondie de l'utilisation des ressources. Le quatrième tableau est le calcul pour chaque ressource d'un indice de valeur unitaire écologique interne obtenu en combinant l'indice d'utilisation soutenable dérivé des tableaux 2 et 3 et l'indice composite de l'état de santé de l'écosystème. En fin de compte ces indices internes sont à leur tour combinés entre eux pour calculer un indice global de la capacité du capital écosystémique (sa capacité durable). Le calcul peut être fait pour chaque unité écosystémique et les capacités écologiques peuvent s'additionner. De cette façon, un agrégat, la capacité écosystémique du capital, peut être produit à n'importe quelle échelle, y compris au niveau national et fournir une mesure de performance en termes de valeur écologique au même niveau que la valeur économique mesurée par le PIB et les agrégats associés.

Les comptes fonctionnels ne sont pas détaillés dans le manuel CECN-TDR; ils sont juste décrits brièvement dans le dernier chapitre. Ils couvrent, notamment, les comptes de services écosystémiques spécifiques en unités physiques et en valeur monétaire. Ils abordent également de questions comme la responsabilité des secteurs au regard la dégradation des écosystèmes, mesurée en unités de capacité écologiques et les coûts afférents de restauration (en monnaie).

Une caractéristique importante de la CECN-TDR est que, en principe, la toute première mise en œuvre des comptes de base se fait en utilisant des données existantes disponibles dans le pays ou téléchargeable sur Internet. Cela signifie que la perspective est de produire rapidement une première série de comptes de base afin d'évaluer leur pertinence politique ainsi que leur faisabilité et le coût de leur amélioration.

Le manuel CECN-TDR est composé de neuf chapitres. Les chapitres 1 et 2 décrivent l'approche globale et le cadre de la CECN-TDR et sa relation au SCEE-CEE. Le chapitre 3 est consacré à la construction de l'infrastructure de données nécessaire à la comptabilité. Le chapitre 4 met un accent particulier sur la cartographie et la comptabilité de la couverture des terres, qui joue un rôle essentiel dans l'intégration de la CECN-TDR car un large éventail de données sont référencées par rapport à celle-ci; la couverture des terres est le principal domaine où la collecte de données spécifiques doit être envisagée si des cartes de bonne qualité ne sont pas disponibles. Les chapitres 5, 6 et 7 traitent en détail des comptes des trois grands composants : carbone et ressource en eau écosystémiques et services incorporels fournis par l'infrastructure. Ils présentent la méthodologie des comptes ainsi que des suggestions concernant des sources de données possibles. Le chapitre 8 explique le calcul de la valeur écologique du capital écosystémique et sa mesure en unités de capacité écologique, le numéraire utilisé pour agréger les valeurs tous les écosystèmes. Enfin, le chapitre 9 présente brièvement la voie à suivre et les comptes fonctionnels.

0. INTRODUCTION

« Parce que la comptabilité nationale est fondée sur les transactions financières, elle compte pour rien la Nature à laquelle nous ne devons rien en fait de payement financier, mais à laquelle nous devons tout en fait de moyens d'existence. »
Bertrand de Jouvenel, Arcadie, 1968

01. CONTEXTE

0.01 Ce rapport vise à contribuer au processus de mise à l'essai de la Comptabilité expérimentale des écosystèmes du Système de comptabilité environnementale et économique (SCEE-CEE), qui a reçu l'approbation de la Commission de statistique des Nations Unies en 2013. La publication du SCEE-CEE a été une première étape importante de la comptabilité des écosystèmes, de leurs services et de leur résilience, qui reposent en grande partie sur la diversité biologique. Ce volume a pour but de fournir un guide pratique en appui au SCEE-CEE, en vue de répondre aux exigences du Plan stratégique 2011-2020 pour la diversité biologique et ses Objectifs d'Aichi³, qui ont pour but d'intégrer la diversité biologique aux politiques générales d'ici à 2020.

0.02 Le but A du Plan stratégique tente de traiter les causes sous-jacentes de l'appauvrissement de la diversité biologique en intégrant la diversité biologique dans toutes les facettes du gouvernement et de la société. Le 2^e objectif sous ce but se lit comme suit : « *D'ici à 2020 au plus tard, les valeurs de la diversité biologique ont été intégrées dans les stratégies et les processus de planification nationaux et locaux de développement et de réduction de la pauvreté, et incorporés dans les comptes nationaux, selon que de besoin, et dans les systèmes de notification.* »⁴

0.03 Ces buts et objectifs témoignent de l'approche par écosystème de la Convention, « *une stratégie pour la gestion intégrée des terres, des eaux et des ressources vivantes, qui favorise la conservation et l'utilisation durable d'une manière équitable* », qui reconnaît que « *les êtres humains, avec leur diversité culturelle, font partie intégrante des écosystèmes.* »

0.04 La révision du Système de comptabilité environnementale et économique (SCEE 2003) décidée en 2007 par la Commission de statistique des Nations Unies a mené à la création d'une norme statistique internationale pour les comptes pour lesquels une expérience suffisante a été accumulée. La Commission de statistique des Nations Unies a décidé, en 2008, de compléter la norme standard, désormais appelée le Cadre central du Système de comptabilité environnementale économique, en y additionnant un deuxième volume sur la *comptabilité expérimentale des écosystèmes*⁵.

0.05 Le Cadre central du SCEE 2012 constitue un standard statistique international équivalent au système de comptabilité nationale (SCN); il ne comprend pas la comptabilité écosystémique. Le Cadre central porte sur les flux de ressources, les actifs naturels et leur épuisement (physique et monétaire) et les dépenses pour la protection de l'environnement et la gestion des ressources. « *Les questions concernant la comptabilisation de la dégradation et d'autres questions de mesures associées aux écosystèmes ne sont pas prises en charge dans le Cadre central du SCEE. Les données pertinentes sont examinées dans la Comptabilité expérimentale des écosystèmes du SCEE* »⁶.

³ Objectifs d'Aichi pour la biodiversité : <http://www.cbd.int/doc/strategic-plan/2011-2020/Aichi-Targets-FR.pdf> (consulté le 25 février 2015).

⁴ Ces objectifs importants de la CBD ont reçu l'appui du Groupe de travail ouvert sur les objectifs de développement durable de l'Assemblée générale des Nations Unies à sa dernière réunion, le 19 juillet 2014. (par. 0.24)

⁵ Cadre central du SCEE 2012 : http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seearev/CF_trans/F_march2014.pdf (consulté le 24 février 2015).

⁶ SCEE – Cadre central, *op. cit.* par. 14

Le SCEE-Comptabilité expérimentale des écosystèmes

0.06 « *La Comptabilité expérimentale des écosystèmes du SCEE propose un cadre conceptuel général pour la comptabilité écosystémique. Par contre, nonobstant les pas importants déjà franchis, plusieurs questions pratiques et conceptuelles doivent encore être abordées. Afin de faire avancer la comptabilité écosystémique, des travaux de recherche sur les questions conceptuelles à élaborer plus avant ou qui font l'objet de discussions s'imposent. De plus, la mise à l'essai du cadre conceptuel fournira des données importantes pour le développement continu des concepts, des méthodes et des classifications de la comptabilité écosystémique. L'avancement des objectifs de recherche et la mise à l'essai de la Comptabilité expérimentale des écosystèmes du SCEE exigeront un engagement de toutes les disciplines et organisations, en raison de la nature multidisciplinaire de la comptabilité des écosystèmes.* (SCEE-CEE, annexe I : Programme de recherche pour la Comptabilité expérimentale des écosystèmes du SCEE).

0.07 Le SCEE-CEE fournit un cadre conceptuel pour la comptabilité écosystémique, mais ne propose pas une série de tableaux comptables intégrés et offre peu d'orientation pour la mise en œuvre de cette comptabilité. Afin de stimuler la mise en œuvre de la comptabilité écosystémique nécessaire à la réalisation du 2^e objectif d'Aichi et en tant que contribution aux travaux nécessaires dans un tel contexte au progrès vers une norme internationale, le présent volume entend suggérer des lignes directrices pratiques fondées sur les concepts généraux du SCEE-CEE, auxquels s'additionne une série de tableaux intégrés et des indications basées sur l'expérience acquise, notamment en Europe en vue de la compilation de comptes écosystémiques, „

0.08 La Commission de statistique des Nations Unies a reconnu la nécessité de développer la comptabilité écosystémique. Toutefois, elle a aussi reconnu qu'il n'est pas encore possible d'établir une norme statistique internationale à cause des nombreuses approches utilisées pour la comptabilité des services et actifs écosystémiques. La partie 2 du SCEE est donc expérimentale et vise à appuyer des expériences dans les pays. « *Il est important que l'expérience sur le terrain soit acquise au moyen d'essais du cadre de comptabilité proposé dans la Comptabilité expérimentale des écosystèmes du SCEE. À cet égard, les concepts et la terminologie décrits dans ces pages appuieront les efforts pour la mise à l'essai et faciliteront la mise en commun des expériences en comptabilité des écosystèmes.* (SCEE, partie 2, par. 1.10)

Figure 01: SCN, SCEE-Cadre central, SCEE-Comptabilité expérimentale des écosystèmes et tests



La comptabilité des écosystèmes est reliée au SCN au moyen du SCEE-Cadre central pour l'utilisation de ressources écosystémiques et les rejets de matières résiduaires. L'attribution de la dégradation (ou de l'amélioration) des écosystèmes à des secteurs économiques responsables resserre le lien entre le SCN et le SCEE-CEE. Plusieurs méthodes de comptabilité expérimentale des écosystèmes sont mises à l'essai à partir de l'orientation générale proposée par le SCEE-CEE. Les résultats empiriques obtenus grâce à ces essais contribueront à l'avancement en vue d'une norme internationale dans ce secteur. La Trousse de démarrage rapide de la CCNE propose un guide pratique pour ces essais, et leur démarrage.

La Trousse de démarrage rapide de la Comptabilité du capital naturel écosystémique (CCNE-TDR)

0.09 Le nom choisi pour la « distribution CCNE-TDR⁷ » du SCEE-CEE a pour but de définir clairement sa position parmi les nombreux projets et acronymes. La CCNE-TDR fait référence au SCEE-CEE, mais elle contient certains ajustements et prolongements (quoique restreints). Un identifiant spécifique est nécessaire car d'autres projets comprendront vraisemblablement certains développements spécifiques ou interprétations des principes généraux du SCEE-CEE. L'expression comptabilité du capital naturel est largement utilisée, mais pas toujours sans ambiguïté⁸. L'Agence européenne pour l'environnement utilise l'expression comptabilité du capital écosystémique dans son cadre comptable de 2011. D'autres

⁷ Cette terminologie reprend les concepts de noyau et de distribution du monde du logiciel à « code de source ouverte » (open source) où un ensemble de programmes communs subit divers développements réalisés par les partenaires d'une communauté, en fonction de leurs besoins ou de leurs objectifs précis, tout en respectant l'architecture globale. Plusieurs tests du SCEE-CEE sont maintenant exécutés en utilisant les mêmes références mais avec des guides pratiques différents créées dans le but de compiler les données comptables dans différentes conditions géographiques et institutionnelles et dans des contextes d'accès aux données et de connaissances générales différents.

⁸ Sa signification habituelle (par ex., son utilisation par la Banque mondiale « comptabilité du capital naturel ») relie le capital naturel à la fois aux ressources non renouvelables du sous-sol et aux ressources renouvelables. Bien qu'il ne propose aucune définition précise du capital naturel, le SCEE-CEE propose le même champ pour les actifs naturels. Dans un autre contexte, tel que la stratégie pour la diversité biologique de l'UE, le capital naturel est l'équivalent du capital écosystémique seulement. Cette terminologie est utilisée pour nommer le projet *Advancing Natural Capital Accounting (ANCA)* de la Division de statistique des Nations Unies/PNUD/CBD couvrant les écosystèmes. Le capital naturel peut aussi être vu comme un facteur de production économique ou, dans un sens plus large englobant les services écosystémiques non marchands. Le capital peut faire référence directement ou indirectement à la théorie économique standard où le capital est égal à la valeur des bénéfices futurs actualisés, ou bien être défini comme des systèmes physiques ayant leur capacité et résilience propres.

acronymes portent spécifiquement sur les services écosystémiques et l'établissement de leur valeur (voir 0.12). Le projet d'essais de comptabilité à Maurice a d'abord porté le nom *comptabilité du capital naturel/écosystèmes* avant de devenir *Comptabilité du capital naturel écosystémique* (CCNE). La présente publication a conservé le nom de CCNE car les approches générales sont très similaires et mettent en évidence les caractéristiques du cadre.

0.10 L'addition d'une trousse de démarrage rapide (TDR) à la CCNE a pour but de mettre en évidence l'objet et la nature provisoire du présent rapport, afin d'encourager de nouvelles expériences à court terme fondées dans la plupart des cas sur des méthodes reposant sur des données existantes. Démarrage rapide signifie également que ces expériences peuvent se dérouler avant l'achèvement du programme de recherche du SCEE-CEE 2012 et que la TDR n'est pas une réponse définitive aux questions demeurées ouvertes, mais plutôt un document évolutif. Les conclusions de la CCNE-TDR seront présentées au forum de discussion que la Division de statistique des Nations Unies prévoit organiser chaque année (à compter de décembre 2014) afin de suivre les progrès, de mettre en œuvre le programme de recherche et d'entreprendre la normalisation des méthodes de comptabilité des écosystèmes. La relation entre la CCNE-TDR et le SCEE-CEE est expliquée en détail dans le chapitre 1.

Encadré 0.1 : Prise en compte des orientations de la CDB dans l'élaboration de la CCNE-TDR

Les énoncés de la CDB (par. 0.02 et 0.03) tiennent pour acquis ou requièrent ce qui suit dans le contexte de la comptabilité du capital naturel écosystémique:

- *Les valeurs de la diversité biologique* ne comprennent pas uniquement les valeurs monétaires de la diversité biologique implicitement incluses dans les prix du marché ou dans les valeurs hors marché calculées en fonction de prix monétaires fictifs ; il s'agit ici de valeurs au sens plus large, fonctionnelles et éthiques, et de la responsabilité économique envers elles. Les valeurs de la diversité biologique ne sont pas échangeables, mais l'économie est responsable de leur maintien, un coût non payé lorsque les écosystèmes sont dégradés.
- *Développement et pauvreté* : La diversité biologique n'est pas en conflit avec la production, mais elle est son principal soutien à condition que des pratiques convenables soient en place ; la conservation de la diversité biologique est essentielle au maintien du développement sur une trajectoire durable et à la cohésion des sociétés rurales ; l'accès aux services écosystémiques est un élément du cadre de comptabilité.
- *Nationales et locales* : Les méthodes doivent s'appliquer aux deux échelles; l'échelle nationale n'est pas tenue de refléter tous les détails, enjeux et défis locaux ; par contre, l'échelle nationale n'est pas une simple addition de caractéristiques locales. Les éléments ne sont pas tous transposables d'une échelle à l'autre ; la comptabilité nationale exige un certain nombre de méthodes et de classifications normalisées et une certaine exhaustivité afin de garantir la comparabilité temporelle et spatiale ; les évaluations locales peuvent se développer au fil du temps avec peu de coordination, mais leur normalisation est essentielle dans la mesure où les politiques locales doivent interagir avec les politiques nationales.
- *Stratégies et processus de planification* : Le long terme est important. Dans un contexte de comptabilité, il est appréhendé comme formation et consommation de capital.. L'extrapolation des bénéfices actuels au fil du temps doit être prise en compte avec la soutenabilité des systèmes qui les procurent et les nombreux types de capital interdépendants (capital produit, financier, humain, social, naturel/non renouvelable, écosystémique, etc.).
- *Intégration dans la comptabilité nationale, de manière appropriée* : L'intégration des valeurs de la diversité biologique « de manière appropriée » ne signifie pas nécessairement le calcul du produit intérieur brut vert (PIB vert), un sujet qui soulève énormément de controverse ; d'autres solutions (plus) efficaces sont possibles, telles que l'intégration des coûts non payés de la dégradation des écosystèmes aux prix de la demande finale (comme dans les programmes de commerce équitable) et/ou la comptabilisation de la dette écologique (par les gouvernements, le secteur privé, etc.) en unités physiques, et l'utilisation de cette comptabilité dans les mécanismes de financement tels que ceux du

intérêts ou les évaluation des risques (*E-RISC*⁹).

Gestion intégrée des terres, de l'eau et des ressources vivantes qui favorise la conservation et l'utilisation durable de manière équitable : À l'inverse du paradigme de la durabilité faible, la substitution des différents types de capital est limitée : la capacité naturelle d'auto-renouvellement des fonctions multiples des écosystèmes est telle que les écosystèmes ne peuvent pas être remplacés par des artefacts produits ; un niveau critique de capital naturel doit être conservé et la dégradation de l'écosystème doit être payée de manière appropriée, afin de financer la restauration des capacités physiques des écosystèmes.

02. PORTÉE, OBJECTIFS ET PUBLICS CIBLES DES COMPTES ÉCOSYSTÉMIQUES DU CAPITAL NATUREL

0.11 Plusieurs approches de la comptabilité écosystémique ont été suivies ces dernières années. Certaines partent de l'évaluation des services écosystémiques, souvent dans le but de calculer leur valeur économique et la richesse qu'ils représentent. D'autres méthodes considèrent d'abord l'écosystème en question, sa capacité d'offrir des services de manière durable et sa résilience et, finalement, la mesure de la dégradation et de l'amélioration de l'écosystème. La comptabilité des unités physiques est habituellement prioritaire dans ce cas. Les deux méthodes générales ne s'excluent pas mutuellement. Elles ont plusieurs liens communs, car leurs évaluations des services écosystémiques et de l'actif portent sur les mêmes écosystèmes et les mêmes secteurs économiques. Le SCEE-CEE présente un aperçu et une analyse de ces méthodes, en tenant compte des flux physiques, des actifs physiques, de la valorisation monétaire de ces flux et actifs, et organise leur convergence.

0.12 Des variantes de la comptabilité expérimentale des écosystèmes du SCEE sont actuellement à l'essai dans les pays et par des organisations internationales et régionales. Elles reflètent des priorités ou des objectifs précis, ainsi que la variabilité des conditions environnementales d'une région à l'autre. Les méthodes axées sur les services écosystémiques de la Banque mondiale (p. ex., dans le contexte de WAVES¹⁰), les travaux de la Division de la mise en œuvre des politiques environnementales du PNUE concernant des écosystèmes particuliers ou des contextes précis tels que les petits États insulaires en développement, et dans l'Union européenne (UE), notamment en ce qui a trait au programme de cartographie et d'évaluation des écosystèmes et de leurs services (MAES), la mise à l'essai des méthodes concernant la productivité et la résilience du capital écosystémique (le projet de comptabilité du capital écosystémique (CCE) de l'Agence européenne pour l'environnement), et plus récemment une étude de cas sur la *comptabilité expérimentale des écosystèmes du capital naturel* à Maurice¹¹ en sont quelques exemples. Le projet « Avancement de la comptabilité du capital naturel », dirigé par la Division de statistique de l'ONU, le PNUE/TEEB (Économie des écosystèmes et de la biodiversité) et le Secrétariat de la

⁹ *E-RISC: Environmental Risk Integration in Sovereign Credit Analysis, A New Angle on Sovereign Credit Risk*, UNEP Finance Initiative and Global Footprint Network, 2012

http://www.unep.org/PDF/PressReleases/UNEP_ERISC_Final_LowRes.pdf (consulté le 21 juillet 2014).

¹⁰ L' « Évaluation de la richesse et valorisation des services écosystémiques » (WAVES) est un partenariat créé par la Banque mondiale en 2010. WAVES appuie des projets, dont des projets pilotes menés par Conservation international (CI) dans le cadre de l' « Évaluation et comptabilité des valeurs écosystémiques » (EVA), qui « appliquent une méthode générale et pratique pour intégrer le capital naturel au processus décisionnel conforme au SCEE » (projet en voie de mise en œuvre au Pérou), et EcoSpace, dirigé par l'Université de Wageningen « qui utilise la modélisation spatiale et biophysique pour mesurer les services écosystémiques dans le contexte des changements de l'utilisation des terres » (projet en voie de mise en œuvre en Indonésie, aux Pays-Bas et en Norvège).

<http://www.wavespartnership.org/en/waves-policy-and-technical-experts-committee-ptec> (consulté le 2014).

¹¹ *Experimental Ecosystems Natural Capital Accounts Mauritius Case Study, Methodology and preliminary results 2000-2010*, Weber J-L., Indian Ocean Commission, June 2014.

http://commissionoceanindien.org/fileadmin/resources/Islands/ENCA_Mauritius.pdf (consulté le 18 août 2014)

CDB (avec l'appui du gouvernement norvégien), devrait porter sur deux points : les services écosystémiques et l'étendue et l'état des écosystèmes.

0.13 La TDR ne porte pas sur tous les aspects de la comptabilité écosystémique. L'idée est de commencer par les comptes de base de l'écosystème, qui sont considérés comme un capital qui contribue à la fourniture de services avec d'autres formes d'actifs, produits par l'homme, humains, sociaux, etc. Cela signifie que tous les écosystèmes sont compris dans le champ des comptes, depuis les écosystèmes les plus naturels jusqu'à ceux qui sont modifiés par l'activité humaine, y compris les mers, les océans et le système atmosphère/climat. Le potentiel de l'écosystème à offrir tous les services possibles est mesuré en termes de fourniture durable de biocarbone, d'eau douce et de l'ensemble des services intangibles fournis par des écosystèmes en bonne santé. Cela comprend les services intégrés aux biens et services économiques, ainsi que les services qui contribuent directement au bien-être actuel et futur des personnes et de la collectivité. D'autres aspects, tels que la valorisation détaillée des services écosystémiques, seront abordés dans une autre étape. Bien que son champ d'application soit limité, la TDR propose des indicateurs clés d'accès aux ressources écosystémiques et de la dégradation ou de l'amélioration de l'écosystème. De plus, son infrastructure de données détaillées en fait une ressource qui convient aux prolongements tels que la valorisation de services écosystémiques particuliers (p. ex., en offrant un point de départ avec les cartes de base de couverture des terres et des rivières).

0.14 L'approche par le capital du capital écosystémique permet de commencer à mettre en place l'infrastructure de données nécessaires à la comptabilité d'une région ou d'un pays. Cet aspect doit être considéré comme un investissement à long terme car la plupart des ensembles de données recueillis et traités pour la TDR peuvent être réutilisés en appui à des évaluations plus détaillées (p. ex., de services écosystémiques spécifiques) dans le cadre de futures révisions méthodologiques et dans d'autres contextes politiques. Par exemple, les ensembles de données sur la couverture et l'utilisation des terres est d'intérêt pour la planification du territoire, pour la comptabilité du biocarbone en appui aux estimations du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et pour la comptabilité des écosystèmes de l'eau, en favorisant une meilleure intégration des variantes hydrologiques et d'autres dimensions écologiques des bassins fluviaux..

0.15 Seuls les services d'approvisionnement quantifiables en unités physiques sont enregistrés directement dans le compte des stocks, entrées et sorties naturelles et prélèvements pour utilisation. Les nombreux services intangibles, décrits en tant que services de régulation (protection contre les inondations, élimination de la pollution, pollinisation, etc.) ou les services socioculturels sont difficiles à mesurer directement et, lorsque c'est possible, leur addition, en unités physiques ou après avoir été monétisés, soulève des problèmes d'exhaustivité et de double comptage. Par conséquent, seule la capacité de l'écosystème à offrir ses services de manière durable (capacité de l'écosystème) est enregistrée en première instance par le compte de base de la CCNE-TDR. Une fois que la structure d'ensemble est en place, les services écosystémiques les plus importants peuvent alors être cartographiés, enregistrés et évalués, et leur valeur monétaire pourra même être établie de manière cohérente, sans la contrainte d'avoir à les agréger pour obtenir une image exhaustive.

0.16 La CCNE-TDR est destinée à fournir des lignes directrices à ceux qui souhaitent mettre en œuvre dès à présent la comptabilité écosystémique dans leur organisme, ministère ou agence environnementale, agence de développement, agence des forêts et de l'eau, université ou centre de recherche avec, bien entendu, l'institut de statistique. En particulier, il est fortement recommandé de mettre en place dès le début une coopération étroite entre ces organisations et avec d'autres, car les écosystèmes sont liés à tant de questions et leur connaissance est répartie entre de nombreuses organisations. Comme un leitmotiv, le comptable sera d'abord invité à obtenir l'appui de spécialistes des domaines étudiés. Alors et seulement

alors, d'autres sources de données, telles que les bases de données internationales, peuvent être utilisés de façon provisoire pour produire les premiers comptes..

0.17 Étant donné que la valorisation des services écosystémiques a engendré une littérature importante, qu'elle est présentée et expliquée au chapitre 5 du SCEE-CEE et qu'elle fait l'objet de publications spécifiques (chapitre 9 du SCEE-CEE), elle ne sera pas abordée dans le présent rapport. L'établissement de la valeur du capital écosystémique fondée sur la valorisation des services n'est pas abordé non plus, pour les mêmes raisons.

0.18 La TDR ne traite pas non des coûts de maintien, d'évitement et de restauration des écosystèmes, car les travaux effectués à ce jour sur ces questions sont insuffisants dans le contexte de la comptabilité écosystémique. Ces coûts sont calculés de plus en plus souvent dans un contexte de compensation ou d'atténuation de la dégradation de la nature, de mise en application de la responsabilité environnementale ou de programmes de restauration de la qualité environnementale des paysages et des bassins fluviaux (0.22).

0.19 Le CCNE-TDR vise à contribuer produire des premiers comptes expérimentaux dans un délai raisonnablement court.. Cette production est essentielle à l'évaluation de la situation (disponibilité des données, employés, partenariats institutionnels, etc.) en vue d'une institutionnalisation future. Avoir des résultats - même provisoires et imparfaits - est essentiel pour établir un dialogue à un stade précoce avec les futurs acteurs de comptes de l'écosystème. Ces parties prenantes sont les ministères de l'économie et des finances, du développement et de la planification, et de l'environnement, et plus généralement de tous ceux qui auront à intégrer les agrégats comptables écosystémiques dans leurs propres processus décisionnels et modèles, et dans les mécanismes de gestion.¹².

0.20 Étant donné que les tests de comptabilité écosystémique traiteront de pertinence politique autant que de questions techniques et de faisabilité, la CCNE-TDR contient des propositions pour la comptabilisation systématique des soldes comptables qui sont indicateurs et agrégats endogènes produits par un cadre de comptabilité. Dans le SCN, les soldes comptables les plus connus sont la valeur ajoutée brute (VAB) des activités économiques et sont agrégation, le PIB, le revenu national, la consommation finale, et l'épargne nette. Étant donné le manque de consensus sur la question de l'agrégation au sein du comité de rédaction du SCEE-CEE, le document de 2013 a proposé une version plus descriptive de la définition des flux, et de l'étendue et l'état des stocks. La dégradation des écosystèmes est définie au plan conceptuel dans le SCEE-CEE, mais aucune indication pratique n'est proposée pour sa comptabilisation. Le CCNE-TDR offre des propositions pratiques pour le calcul de la dégradation ou l'amélioration des écosystèmes, afin permettre l'intégration d'un indicateur écosystémique dans le jeu des macro-données (PIB et autres agrégats monétaires, emploi, espérance de vie, etc.) utilisées dans l'élaboration des politiques nationales.

03. PERTINENCE DE LA COMPTABILITÉ ÉCOSYSTÉMIQUE POUR LES POLITIQUES

0.21 La demande politique de comptes des ressources naturelles est plus forte que jamais, même si à ce jour aucune réponse globale n'y a été apportée. Une comptabilité ayant un champ d'application exhaustif, mais néanmoins partielle, est produite pour le carbone, dans un contexte de changements climatiques, en appui au mécanisme pour un développement propre (MDP) et de politiques telles que la réduction des

¹² Cette façon de faire a des points communs avec l'approche utilisée pour le Protocole de Kyoto de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), où les lignes directrices du GIEC proposent des méthodes de plus en plus précises, à commencer par des valeurs par défaut plutôt simples permettant le cadrage des politiques.

émissions causées par le déboisement et la dégradation des forêts (REDD), qui a évolué pour devenir REDD +, afin de tenir compte de possibles effets négatifs de politiques « carbone » unilatérales. Les comptes des flux de matières est utilisée à grande échelle dans les pays industrialisés pour évaluer de l'efficacité de l'utilisation des ressources et la « croissance verte », malgré ses limites évidentes pour l'évaluation des impacts. La comptabilité de l'empreinte écologique tente d'intégrer le stress lié à l'usage de la ressource sur le territoire, sans toutefois prendre en compte la pollution et la diversité biologique. L'empreinte de l'eau est un indicateur mondial de la pression exercée sur les ressources aquatiques par leur utilisation directe et implicitement incorporée aux produits, mais cette méthode ne reflète qu'imparfairement les différences régionales concernant la disponibilité de l'eau et, par voie de conséquence les intensités relatives du stress hydrique.

0.22 Les idées pour ou de compensation de la dégradation des écosystèmes progressent dans le contexte des politiques de protection de la nature et de l'extension de la comptabilité d'entreprise afin d'y inclure les coûts d'une telle dégradation. Par exemple, en Europe, la Directive sur la responsabilité environnementale en matière de prévention et de réparation des dommages environnementaux (DRE) établit un cadre pour prévenir et la réparer les dommages causés à l'environnement fondé sur le principe pollueur-payeux. La Directive définit les dommages environnementaux comme étant des dommages causés aux espèces protégées et aux habitats naturels, à l'eau et au sol¹³. Ces idées se réfèrent au concept plus large du maintien du capital, dans ce cas du capital écosystémique.. D'autres exemples sont donnés dans le chapitre 9, où une section aborde les questions de l'enregistrement de la responsabilité de dégradation des écosystèmes et la mesure des coûts de restauration.

0.23 Depuis les premiers jours de la comptabilité environnementale, de nouvelles échéances sont apparues notamment lors de l'adoption en 2010 du Plan stratégique 2011-2020 pour la diversité biologique et de son objectif d'intégrer la valeur de la diversité biologique, selon que de besoin, aux comptes nationaux (2^e objectif d'Aichi, voir ci-dessus). Ces objectifs importants de la CBD ont reçu l'aval du Groupe de travail à composition non limitée sur les objectifs de développement durable de l'Assemblée générale des Nations Unies à sa dernière réunion, le 19 juillet 2014.

0.24 Les propositions du Groupe de travail à composition non limitée sur les objectifs de développement durable, qui seront soumises à l'Assemblée générale aux fins d'approbation, font état de ce qui suit : « *Objectif 15 : Protéger, restaurer et promouvoir l'utilisation durable des écosystèmes terrestres, gérer les forêts de manière durable, lutter contre la désertification, freiner et inverser la dégradation des terres, et freiner l'appauvrissement de la diversité biologique,* » et comprennent le paragraphe 15.9 : « *d'ici à 2020, les valeurs de la diversité biologique ont été intégrées dans les stratégies et processus de planification nationaux et locaux de développement et de réduction de la pauvreté, et incorporés dans les comptes nationaux, selon que de besoin, et dans les systèmes de notification* »¹⁴.

<http://sustainabledevelopment.un.org/focussdgs.html> (consulté le 14 août 2014)

¹³ [Directive 2004/35/EC](#) du Parlement européen et du Conseil, 21 avril 2004.

¹⁴ <http://sustainabledevelopment.un.org/focussdgs.html> (consulté le 14 août 2014)

Encadré 02 : Après-2015 : Définir une nouvelle approche du développement durable

Construire les fondations du développement durable Des systèmes naturels sains et productifs.

L'activité économique mondiale, de la subsistance aux niveaux transnationaux, compte sur les produits et services écosystémiques. Les ressources communes peuvent aider les pauvres du monde à survivre et à s'épanouir malgré les inégalités sociales et économiques telles que des droits d'accès incertains. Atteindre la prospérité soutenue pour tous exigera la création de moyens qui respectent les limites écologiques et restaurent la santé des écosystèmes tout en optimisant la contribution de l'environnement au progrès économique.

Independent Research Forum, IRF2015, Policy paper, May 2013

<http://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/874irf2015.pdf> (consulté le 21 juillet 2014)

0.25 Tant que les écosystèmes et la biodiversité demeurent un enjeu majeur de la durabilité, leur conservation dépend de la responsabilité de tous les acteurs concernés, y compris les agents économiques, de leur utilisation et des mécanismes pour faire respecter la conservation de la capacité des écosystèmes à fournir des services, maintenant et dans l'avenir.. Cette conservation va au-delà de la protection car toutes nos activités peuvent influer sur les écosystèmes. Si des mécanismes doivent être créés , ils devront reposer sur les objectifs convenus et des informations vérifiables, afin que soient mises en œuvre des mesures qui conduiront à créer des coûts supplémentaires pour certains et des opportunités pour d'autres. La comptabilité vise à fournir cette information aux fins d'utilisation par les entreprises pour évaluer leur performance et communiquer les résultats à leurs parties prenantes, ainsi que par le public, par les autorités fiscales et l'administration en général. L'importance d'avoir un système de comptabilité agréé en place dès le début d'un programme ambitieux a été mis en évidence par la CCNUCC, le GIEC et le Protocole de Kyoto, et la question du réchauffement planétaire dans son ensemble.

0.26 La comptabilité écosystémique est importante car elle permet une compréhension générale des changements associés aux activités humaines. Elle est tout aussi importante pour les pays que pour la plupart des acteurs économiques. Le pilier écologique du développement durable en dépend. De ce point de vue, la dégradation accrue des écosystèmes crée un risque contre lequel il faut se protéger d'une façon ou d'une autre, un problème reconnu par plusieurs gouvernements et entreprises, notamment dans le secteur de l'assurance. Tant que ce risque ne est pas couvert par une compensation appropriée, ou atténués, des dettes écologiques sont créées par ceux qui sont responsables ou responsables d'une telle dégradation.

0.27 La dégradation des écosystèmes n'est pas inéluctable. Une part importante de la dégradation peut être évitée, même en dépit de la pression qu'exercent les contraintes économiques à court terme, car les bénéfices nets des processus responsables de la dégradation sont souvent moins importants qu'ils n'y paraissent. Une part importante de la dégradation pourrait être évitée si tous les secteurs économiques, les compagnies et les ménages payaient le prix complet de ce qu'ils consomment. De plus, une part importante peut être restaurée. Les coûts de la restauration peuvent sembler prohibitifs dans certains cas, alors que dans d'autres, la restauration est abordable et devrait être encouragée au moyen de règlements et de mécanismes appropriés. Des solutions existent pour réparer ou prévenir la dégradation lorsque les coûts de restauration sont trop élevés. La comptabilité des écosystèmes pourrait appuyer la généralisation de la gestion écologique.

04. APERÇU DE LA STRUCTURE DU DOCUMENT ET DES LIENS ENTRE LES CHAPITRES

0.28 Ce rapport comprend sept chapitres sur les comptes de base ainsi qu'une présentation plus courte des moyens d'étendre leur champ d'application, surtout en ce qui a trait à la valorisation des services écosystémiques.

0.29 Le premier chapitre expose les conditions générales d'une mise en application concrète du cadre conceptuel du SCEE-CEE, en présentant les principales options et méthodes adoptées par la CCNE.

0.30 Le deuxième chapitre détaille des principales caractéristiques du CCNE-TDR.

0.31 Le troisième chapitre décrit l'infrastructure des données nécessaires à la comptabilité écosystémique du capital et son mode de création. Il traite des couches géographiques de référence et de la production de la base de données des unités de la comptabilité des écosystèmes, qui constitue la première étape du processus de mise en œuvre des comptes.

0.32 Le quatrième chapitre porte sur la cartographie et la comptabilité de la couverture des terres. Les tableaux comptables y sont présentés à un niveau agrégé.

0.33 Les chapitres 5, 6 et 7 présentent en détail les comptes des trois grands services ou ressources écosystémiques qui résument l'ensemble de l'écosystème : le carbone écosystémique, l'eau écosystémiques et l'ensemble de services écosystémiques incorporels évalués de manière indirecte en fonction de l'intégrité de l'écosystème et de sa diversité biologique. Les trois comptes sont présentés selon le même modèle de quatre tableaux :

- Total et flux des stocks de base ;
- Excédent de ressource écosystémique accessible;
- Utilisation totale de la ressource (domestique et importée, biologique ou le cas échéant d'origine fossile) ;
- Indices de santé et/ou détresse des écosystèmes.

0.34 Le chapitre 5 décrit le compte de carbone écosystémique. Le carbone écosystémique consiste surtout en de la biomasse, le carbone biologique. Il comprend aussi le carbone contenu dans l'atmosphère, d'origine biologique ou fossile. Il existe donc un lien clair entre la comptabilité des écosystèmes et les budgets d'émission et de séquestration du carbone du GIEC (ou, à proprement parler, les équivalents de dioxyde de carbone, l'unité commune des budgets et des comptes du type du GIEC), et les analyses de l'efficacité des ressources et de la « croissance verte » portant sur le carbone. Un modèle de tableaux comptables est présenté en annexe à ce rapport dans un tableau disponible sur le site de la CBD.

0.35 Le chapitre 6 traite de l'eau écosystémique. Il s'appuie sur les méthodes et les expériences acquises avec le SCEE-eau (SCEE-E) de 2007, mais dans perspective différente. Le SCEE-E part des tableaux d'offre et d'utilisation de l'eau (nommés « ressources-emplois »), tandis que le compte de l'eau écosystémiques part des systèmes d'eau. Cela sous-entend spécifiquement une décomposition systématique des comptes par bassin et sous-bassin-versant et la définition des unités de comptables des écosystèmes rivières, ce que ne fait pas le SCEE-CEE. Un modèle de tableaux comptables est présenté en annexe à ce rapport dans un tableau disponible sur le site de la CBD.

0.36 Le Chapitre 7 porte sur l'intégrité écosystémique et le groupe de services fonctionnels écosystémiques incorporels mesurés de manière indirecte. Les écosystèmes terrestres et les rivières sont

analysés séparément et ensuite intégrés lors du calcul d'un indicateur agrégé qui mesure le potentiel total de l'infrastructure écosystémique. Finalement, cet indicateur est combiné avec un indice composite résumant le diagnostic de la santé de l'écosystème, dans lequel le changement dans la diversité biologique des espèces représente un composant essentiel. Un modèle de tableaux comptables est présenté en annexe à ce rapport dans un tableur disponible sur le site de la CBD.

0.37 Le chapitre 8 propose une synthèse des trois comptes de base du carbone écosystémique, de l'eau écosystémique et des services fonctionnels des écosystèmes, en utilisant une unité commune pour mesurer la valeur écologique de tout écosystème et pour calculer la capacité totale du capital écosystémique à différentes échelles. Un modèle de tableaux comptables est présenté en annexe à ce rapport dans un tableur disponible sur le site de la CBD.

0.38 En dernier lieu, le chapitre 9 dresse la liste des étapes menant à un cadre complet et intégré. Cette démarche exige d'abord l'établissement de bilans écologiques des crédits et des dettes (tels que les crédits et les débits de carbone de la comptabilité du GIEC), qui nécessite définition de l'état de l'écosystème avec règles et par rapport à des valeurs de référence agréées, ainsi que la définition et la mesure de la responsabilité des secteurs dans la dégradation ou l'amélioration. Le chapitre traite ensuite de la cartographie et de la valorisation de l'offre et de la demande des services écosystémiques et enfin, il introduit les méthodes de valorisation en présentant des exemples de bonnes pratiques

0.39 Les tableaux de comptabilité présentés et commentés dans ce rapport peuvent être téléchargés sous forme de tableurs sur le site <http://www.cbd.int/accounting>

Annexe à l'introduction :

Comptabilité économique environnementale : un historique

La comptabilité des ressources naturelles est un sujet d'intérêt récurrent depuis les premiers comptes nationaux des physiocrates (France, 18^e siècle). Axée pendant longtemps sur le calcul de la rente des terres et des mines, ou sur la gestion des forêts, l'économie des ressources est réapparue dans le domaine de la comptabilité lors de l'élaboration de l'analyse d'entrées-sorties de l'utilisation des ressources (Leontief) et des premiers essais pour produire une vision de l'économie réinsérée dans son environnement (Georgescu-Roegen, Odum, De Rosnay, Passet, Naredo et autres...). La question de la comptabilité a été mise de l'avant lors de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement de 1972 (de Jouvenel 1968, Peskin 1972, en Norvège, et plus tard aux États-Unis, Repetto et l'Institut des ressources mondiales) et des projets pionniers en Norvège, au Canada, au Costa Rica, en France, en Indonésie, aux Pays-Bas, en Norvège, aux Philippines, en Espagne, etc.

La Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement de 1992 a été une autre étape importante, avec demande d'enregistrer l'environnement dans les comptes nationaux inclue dans l'*Action 21*¹⁵ : « *Il faudrait également examiner les concepts actuels de croissance économique et la nécessité de créer de nouveaux concepts de richesse et de prospérité permettant d'améliorer les conditions de vie en modifiant les modes de vie et qui soient moins tributaires des ressources limitées de la planète et plus en harmonie avec sa capacité de charge. Ces éléments devraient être reflétés dans l'élaboration de nouveaux systèmes de comptabilité nationale et autres indicateurs d'un développement durable.* » *Action 21*.

Il en est résulté en 1993 la publication du premier *Système de comptabilité environnementale et économique* (SCEE 1993) et la création du Groupe de Londres sur la comptabilité environnementale, un groupe d'experts de l'ONU formé pour permettre aux professionnels de partager leur expérience et d'orienter les premiers essais de comptabilité environnementale liés au SCN. Comme le premier SCEE n'était pas apte à être mis en œuvre, le Groupe de Londres a entrepris sa révision en 1998, notamment afin de mieux équilibrer les comptes monétaires (auxquels le SCEE 1993 consacrait presque toute son attention) et la comptabilité d'unités physiques en développement dans plusieurs pays. Le résultat a été SCEE 2003, approuvé l'ensemble des organisations internationales et utilisé par les offices de statistique souhaitant faire l'essai de la nouvelle méthodologie.

Les moments importants de cette période ont été l'élaboration de bilan matières et les analyses entrées-sorties ayant pour but de mesurer le « métabolisme industriel » des économies (industrielles) et leur efficacité en matière de consommation et de gaspillage de matières et d'énergie ; l'Évaluation des écosystèmes du millénaire de 2005 ; et les bilans « carbone » qui ont commencé à être élaborés en appui au mécanisme pour un développement propre du Protocole de Kyoto. L'écho politique en a été amplifié par le Rapport Stern¹⁶ de 2006, qui a mesuré les coûts de l'inaction face au dérèglement climatique en termes de pertes PIB. Le rapport Stern à son tour déclenché en 2007 l'initiative mondiale de l'Économie des écosystèmes et de la biodiversité (TEEB) par le G8 (avec l'appui du gouvernement allemand, de la Commission européenne et du PNUE). Cette initiative s'est révélée plus qu'un examen et s'est penchée sur les nombreux moyens d'aborder les liens entre l'économie et la nature. Des progrès ont aussi été accomplis au cours de deux décennies de recherches académiques, dirigées en particulier, mais non exclusivement, par la Société internationale d'Économie écologique (SIEE). Quant aux politiques internationales, les initiatives récentes ayant retenu le plus d'attention sont l'économie verte (PNUE), la croissance verte (OCDE), WAVES (Banque mondiale) et la Stratégie d'Aichi-Nagoya de la CDB.

Au chapitre des statistiques, la Commission de statistique des Nations Unies a créé le Comité d'experts des Nations Unies sur la comptabilité économique environnementale (UNCEEA) à sa 36^e session, en mars 2005, afin d'intégrer la comptabilité économique environnementale et les statistiques associées, faire du SCEE une norme statistique internationale et faire avancer sa mise en œuvre. Cet exercice a donné lieu à deux révisions, celle du FDES 1984 (le cadre d'élaboration des statistiques environnementales) et celle du SCEE 2003. Considérant le manuel SCEE, la première demande faite à l'UNCEEA a été de sélectionner et réviser si nécessaire, les chapitres de SCEE 2003 suffisamment avancés pour être révisés de manière à en faire une norme internationale. Ceci a mené à l'adoption en 2012 par la Commission de statistique des Nations Unies, du cadre central du SCEE (SCEE-Cadre central), qui peut être considéré comme un compte satellite du SCN 2008.

Parallèlement, la Commission de statistique des Nations Unies a invité l'UNCEEA à préparer un deuxième volume sur la comptabilité des écosystèmes afin d'encourager « *les agences internationales et régionales et les pays souhaitant faire l'essai et mener des expériences dans ce nouveau domaine de statistique* ». Cette étape importante est le résultat de l'écho

¹⁵ Agenda 21, 4.11., UNSD, 1992 <http://www.un.org/french/events/rio92/agenda21/action4.htm> (consulté le 21 juillet 2014).

¹⁶ Le rapport Stern : L'Économie du changement climatique, 2006 <http://cms.unige.ch/isdd/spip.php?article165> (consulté le 21 juillet 2014).

de l'Évaluation des écosystèmes du millénaire et de l'initiative TEEB, ainsi que de la demande politique accrue mentionnée ci-dessus, ainsi que des efforts continus déployés depuis le début des années 1990 pour aborder la comptabilité économique environnementale dans une perspective écologique. Les premiers efforts ont été déployés à l'échelle internationale par la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU), suivie par Eurostat, ce qui a abouti à une séance spéciale consacrée à la comptabilité des terres et des écosystèmes lors de la Conférence spéciale sur l'Association internationale de recherches sur le revenu et la fortune (IARIW) tenue à Tokyo en 1996, qui a porté sur la comptabilité environnementale, en théorie et en pratique. Eurostat, le Brésil, l'Allemagne, le Japon et le Royaume-Uni ont présenté le résultat de travaux à cette réunion. Les travaux du CEE-ONU ont été au cœur des présentations européennes et ont retenu suffisamment d'attention pour que la comptabilité des écosystèmes soit ensuite intégrée, bien que modestement, au SCEE 2003. Cela a fourni un appui utile pour des développements plus poussés en Europe, particulièrement au sein de l'Agence européenne pour l'environnement, qui a publié un rapport sur la comptabilité des terres en 2006, ce qui lui a valu une invitation à participer au Comité d'experts des Nations Unies sur la comptabilité économique environnementale et à codiriger la rédaction du nouveau volume du SCEE sur la comptabilité des écosystèmes avec la Banque mondiale et la Division de statistique de la Commission de statistique des Nations Unies.

Une première conclusion peut être tirée de cet examen court et incomplet, c'est qu'il n'existe toujours pas, malgré une demande politique persistante, des activités remontant aux années 1980 et la publication du premier manuel international en 1993, de standard comptable équivalent au SCN des Nations Unies. Dès le début, SCN 1953 a présenté une image intégrée de génération des revenus avec un indicateur agrégé, le revenu national, directement utilisable dans les politiques macroéconomiques. C'était un court document (36 pages) avec une annexe de 12 tableaux.. À l'inverse, la comptabilité économique environnementale a engendré plusieurs manuels généraux et sectoriels, de nombreuses études de cas et applications, dont SCEE 1993, 2003 et maintenant 2012/2013, l'épargne véritable de la Banque mondiale, les comtes de flux matière de l'OCDE et d'Eurostat ou les rapports sur la *richesse totale*¹⁷ (Banque mondiale) et la *richesse intégrée*¹⁸ (UNU-IHDP et PNUE). Quant au SCEE, le cadre central de 2012 représente une norme statistique internationale équivalente au SCN, mais il ne s'étend pas à la comptabilité des écosystèmes.

¹⁷ The World Bank, 2011. *The changing wealth of nations : measuring sustainable development in the new millennium*, <http://siteresources.worldbank.org/ENVIRONMENT/Resources/ChangingWealthNations.pdf> 2011.

¹⁸ IWR, UNEP, UNU-IHDP. 2012. *Inclusive Wealth Report 2012*, Cambridge University Press, Cambridge, UK. <http://cl.ly/1r3v2V3P3T1h422S1225> (consulté le 21 juillet 2014).

1. UNE TROUSSE DE DÉMARRAGE RAPIDE POUR METTRE EN ŒUVRE LE SYSTÈME DE COMPTABILITÉ ÉCONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE/ ÉCOSYSTÈMES

1.1 LES PRIORITÉS DE LA TROUSSE DE DÉMARRAGE RAPIDE DE LA COMPTABILITÉ ÉCOSYSTÉMIQUE DU CAPITAL NATUREL

1.01 La comptabilité du capital naturel ne pourra pas tout traiter en une seule fois. La **trousse de démarrage rapide des comptes écosystémiques du capital naturel** (CECN-TDR) s'intéresse surtout à la comptabilité écosystémique de base reposant sur un cadre assez simple nécessaire aux fins de mise en œuvre. La mise en œuvre de la comptabilité de base représente la priorité absolue, car elle constitue une pièce d'information importante pouvant être utilisée directement pour l'élaboration de politiques et aborder des questions plus spécifiques de manière cohérente tout en développant un système d'information efficace.

1.02 La comptabilité de l'actif du sous-sol relève du Cadre central du système de comptabilité environnementale et économique (SCEE-Cadre central) et ne sera pas abordée dans le cadre de la CECN-TDR, malgré le rôle important que joue la consommation intensive de ressources combustibles dans l'émission de dioxyde de carbone (CO_2) dans l'atmosphère et la pollution en général. La CECN ne tient compte que de la consommation de carbone fossile et n'enregistre que celle-ci, comme il est expliqué au chapitre 5.

1.03 La valorisation des services et du capital écosystémiques et ont retenu l'attention au cours des dernières années, et des méthodologies ont été élaborées et utilisées dans divers contextes. La TDR de comprend pas de lignes directrices sur la valorisation, non parce que celle-ci est exclue, mais parce qu'elle sera réalisée en complément à la comptabilité physique, en ayant recours aux meilleures méthodologies existantes.

1.04 En ce qui concerne les comptes physiques des écosystèmes, tous les comptes possibles ne seront pas produits. . Le système peut être décrit de manière plus ou moins analytique. Selon les problèmes, des détails peuvent être nécessaires à l'échelle microscopique (diversité génétique, monitoring de biomarqueurs et de micropolluants) ou une approche plus globale peut être préférable, ou encore une combinaison des deux. Le choix à faire ne dépend pas seulement de la disponibilité des données ou des coûts de collecte, mais aussi du type d'information recherché.

1.05 La comptabilité écosystémique a surtout pour but de décrire les conséquences de l'activité humaine sur la capacité de reproduction de la nature. À cet égard, la CECN-TDR propose un diagnostic reposant initialement sur un petit nombre de variantes. Une analogie peut être établie avec les soins de santé primaires ou la médecine préventive, domaines où un dépistage relativement sommaire mais portant sur des populations complètes, permet de repérer les personnes ou les régions touchées par un problème de santé qui exige un suivi médical plus poussé. Un moyen efficace de développer la comptabilité du capital écosystémique est de combiner une image globale de l'état et des tendances des écosystèmes avec la

détection et l'évaluation des points chauds et des régions de prévalence des problèmes. Cet exercice sous-tend une distinction claire entre des comptes de base, exhaustifs et mis à jour régulièrement et des comptes fonctionnels qui portent eux sur des questions plus spécifiques telles que le détail des services écosystémiques. Il ne peut pas toujours être fait de haut en bas et il exigera souvent la réalisation d'évaluations plus explicites sur place.

1.2. Établir des principes

Répondre aux demandes politiques

1.06 Les comptes écosystémiques sont des outils statistiques; ils ne doivent pas être liés à un objectif politique particulier, mais doivent soutenir les politiques en offrant des données pertinentes, objectives et vérifiables. Cela ne signifie pas que les politiques devraient être ignorées ou les demandes politiques rejetées. En effet, de nombreuses politiques, y compris les politiques publiques, pourraient bénéficier de comptes écosystémique. Ceci a des implications non seulement, ni principalement, pour les politiques environnementales, mais également, et peut-être en priorité, pour la prise de décision dans l'économie, le développement et la planification, qui devrait bénéficier de l'accès à des indicateurs opérationnels capables d'élargir la base des données factuelles à partir desquelles des décisions peuvent être prises.. Les conséquences sont nombreuses. Premièrement, la comptabilité ne doit pas ignorer les demandes expresses ou implicites. Deuxièmement, comme les nouveaux indicateurs visent à appuyer la prise de décisions fondée sur les faits, l'assurance qualité revêt une importance particulière et les incertitudes doivent être dûment documentées et rapportées. Troisièmement, la classification et l'agrégation des données ne sont jamais entièrement neutres, et les hypothèses sous-jacentes et leurs conséquences doivent être explicites et discutées, afin de ne pas induire en erreur le décideur. Quatrièmement, l'ordre du jour politique doit être pris en considération.

1.07 Si on regarde les décisions macro-économiques, es données doivent être mises à jour au moins annuellement et ne doivent pas dater de plus d'un an. Les séries chronologiques sont également utiles pour comprendre les tendances passées, alimenter les modèles et prévoir des développements. Lorsque les contraintes matérielles limitent la possibilité de mettre à jour les comptes sur une base continue, des méthodologies d'interpolation et de prévision immédiate (en anglais, nowcasting) peuvent être utilisées pour respecter le calendrier politique. Ces méthodes permettent d'évaluer le passé très récent, jusqu'au moment présent, à partir d'observations partielles et d'estimations produites par des modèles communément utilisés pour la prévision.

Être axé sur les résultats

1.08 Les écosystèmes ne sont pas tous pareils et les données disponibles diffèrent elles aussi, mais le diagnostic fondamental nécessaire demeure le même : capacité, dégradation, état stationnaire ou amélioration, responsabilité. Au stade du démarrage rapide, la pertinence est plus importante que la précision. Il est important de définir d'abord ce qu'il faut faire en principe et ensuite seulement, ce que l'on peut faire en pratique.

Utiliser les données disponibles dans les pays et/ou dans les bases de données internationales

1.09 La plupart des données nécessaires à la production d'une première génération de comptes existent déjà. Certaines sont de qualité insuffisante et la plupart auront besoin d'être ajustées, car elles ont été recueillies à fins diverses et à des dates différentes. Les premiers comptesne seront pas parfaits, mais ils respecteront les deux fonctions principales de toute comptabilité : informer sur la performance et informer sur la qualité de l'information. La combinaison croisée de données hétérogènes permet souvent d'établir de meilleures estimations, au même titre que la production d'une série chronologique, car les variations annuelles

peuvent être mieux interprétées et les valeurs aberrantes éliminées. L'évaluation systématique de la cohérence des données dans un cadre de comptabilité écosystémique procure des indications pour l'amélioration générale du système d'information environnementale. Cela implique évidemment que la collecte de données doit être rationalisée et la qualité des données et des statistiques améliorée. Il y a un coût à tout cela, mais il faut aussi tenir compte des bénéfices, à la fois une meilleure base de données pour la prise de décisions et l'accès facilité à des données fiables et cohérentes pour les diverses études commandées par les instances gouvernementales. La collecte ad hoc de données pour de telles études peut accaparer la moitié du budget et même plus, ce qui signifie que l'amélioration des bases de données nécessaires à la comptabilité entraînera probablement des gains nets.

1.10 À cause de leur rôle structurant, il faut porter une attention particulière à la qualité des cartes de la couverture des terres et de leur changement (chapitres 3 et 4); leur déficience pourrait poser un problème. Une série chronologique des changements de la couverture des terres au cours des dix dernières années, ou encore mieux au cours des vingt dernières années et plus, permet de mieux comprendre les processus essentiels tels que l'étalement urbain, le déboisement et les changements dans l'agriculture, ce qui aide ensuite à évaluer la qualité des données et le caractère plus ou moins complet d'autres variantes. Il existe des cartes de la couverture des terres qui peuvent être utilisées pour fournir une description de base des paysages, mais elles ne peuvent servir aux fins de comptabilité que si elles peuvent être associées à des changements. S'il n'est pas possible de respecter cette exigence, il faudra prévoir un programme de cartographie de la couverture des terres dès les premières étapes du projet de comptabilité écosystémique.

1.11 À cet égard, le nouveau *Cadre pour le développement des statistiques de l'environnement (CDSE)*¹⁹ a été conçu afin de produire un large éventail de données aux fins de comptabilité. Ses lignes directrices ont été mises à l'essai dans 25 pays et offrent un cadre méthodologique aux statisticiens de l'environnement travaillant dans les instituts de statistique et dans les ministères. Le champ d'application principal des statistiques environnementales est national, ce qui pourrait en limiter l'utilisation aux fins de comptabilité écosystémique, du moins en ce qui concerne les rapports statistiques, mais les statisticiens formés dans le cadre du CDSE ont appris à connaître la nature des données environnementales existantes et où les trouver, ce qui les rend particulièrement aptes pour la comptabilité du capital écosystémique.

Produire d'abord les comptes de la capacité du capital écosystémique et des services écosystémiques en unités physiques, et ensuite valoriser les services écosystémiques et les coûts de restauration

1.12 L'introduction SCEE-CEE du SCEE-CEE mentionne que « *la comptabilité physique des écosystèmes est une caractéristique importante SCEE-CEE du SCEE-CEE [...] Les méthodes de comptabilité des écosystèmes en termes monétaires [...] sont également décrites, reconnaissant que cela soulève des questions additionnelles complexes ayant trait à la valorisation. À cet égard, la mesure monétaire aux fins de comptabilité des écosystèmes dépend généralement de la disponibilité d'information en termes physique, car il y a généralement peu de valeurs marchandes observables pour les écosystèmes et leurs services*

(SCEE-CEESCEE-CEE, par. 1.09).

1.13 En effet, la valorisation des écosystèmes à partir de la comptabilité physique simplifie le travail de l'économiste, qui n'a plus à recueillir de données sur l'environnement physique, et permet d'interpréter les résultats dans le contexte plus large des fonctions multiples des écosystèmes et de leur résilience.

¹⁹ <http://unstats.un.org/unsd/environment/fdes.htm> (consulté le 21 juillet 2014)

1.3. Choisir un cadre de comptabilité opérationnel

Un cadre pour intégrer les composants de l'écosystème, les écosystèmes entre eux et les écosystèmes dans l'économie

1.14 Les différents comptes présentés dans le SCEE-Cadre central possèdent leur propre cohérence, définie par le SCN lui-même, qui est une représentation cohérente du système économique. Il n'est donc pas nécessaire d'intégrer tous les tableaux du SCEE-Cadre central entre eux. L'approche écosystémique entraîne des contraintes différentes, car les diagnostics exigent une vision holistique des systèmes. Le traitement comptable d'écosystèmes isolés donnerait un résultat incomplet et trompeur, car les interactions elles-mêmes font partie de l'image. Cela ne signifie pas que tous les écosystèmes doivent être examinés en même temps et avec le même niveau de précision, mais plutôt qu'il faille avoir dès le départ une vision du système dans son ensemble, en sachant que les détails varieront d'une région à l'autre, selon les problèmes, les priorités et les données. Par exemple, le champ des comptes doit englober tous les écosystèmes, et pas seulement aux habitats naturels, et inclure les systèmes agricoles et urbains, ainsi que les océans et l'atmosphère même si dans ces deux derniers cas les descriptions resteront au début minimales.

Un cadre interopérable avec d'autres cadres - pas besoin de dupliquer la collecte des données

1.15 Les comptes du capital écosystémique ont leurs propres exigences en matière de données et de cadres multithématisques. Toutefois, il n'est pas nécessaire de les produire à partir de données collectées pour les seuls besoins de la comptabilité. Une des raisons, mentionnée ci-dessus, est l'intérêt de faire usage de ce qui existe déjà pour des considérations d'efficacité et de coût. Une deuxième raison, peut-être plus importante encore, est que les comptes du capital écosystémique visent à influencer les politiques en fournissant des informations qui élargissent leur vision et amène à des arbitrages prenant mieux en compte les exigences de la gestion des écosystèmes. C'est pourquoi il est important que les données et statistiques utilisées aux fins de la comptabilité soient clairement compatibles avec les données utilisées ailleurs, lorsqu'elles existent. Par exemple, les récoltes enregistrées dans le compte de la biomasse sont calculées à partir des statistiques agricoles. Dans ce cas, la valeur ajoutée de la comptabilité écosystémique réside dans le ré-échantillonnage spatial des statistiques agricoles par unités de couverture des terres, opération effectuée idéalement en collaboration avec le ministère de l'agriculture.

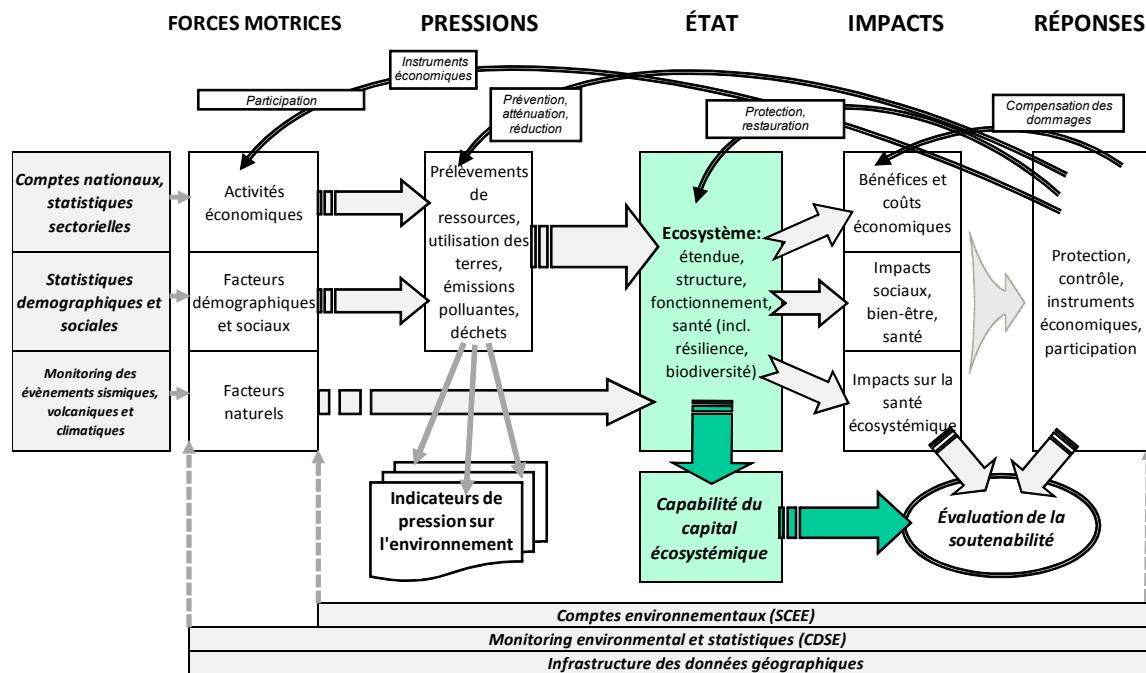
1.16 La comptabilité avec les cadres d'information existants doit être assurée, notamment en ce qui a trait aux :

- cartes officielles de couverture des terres ;
- données météorologiques ;
- statistiques sur la population ;
- statistiques économiques (agriculture, forêt, pêche, tourisme) ;
- statistiques et bases de données sur l'eau (directement et via le SCEE-Eau quand il existe) ;
- rapports à la CCNUCC sur les émissions de CO₂ et la séquestration du carbone ;
- rapports nationaux, régionaux et internationaux sur la conservation de la nature et bases de données sur la biodiversité ;
- statistiques environnementales (CDSE-ONU 2013).

1.17 Les comptes écosystémiques sont nourris de données et de statistiques recueillies de prime abord à d'autres fins. Certaines d'entre elles servent à produire des indicateurs et des rapports sur l'état de l'environnement. Les comptes écosystémiques sont constitués de synthèses qui doivent être interprétées

dans le contexte de ces divers cadres de rassemblement de l'information, surtout en ce qui a trait aux statistiques environnementales. La figure 1.01 illustre l'interaction entre le cadre FPEIR (en anglais, DPSIR)²⁰, qui sous-tend les statistiques environnementales (CDSE 2013) et les rapports sur l'état de l'environnement, et les comptes environnementaux. Le SCEE-Cadre central traite surtout sur des pressions et de leurs liens avec les forces motrices économiques, alors que les points d'entrée de la comptabilité des écosystèmes sont surtout sur l'état et les impacts.

Figure 1.01 : Cadre FPEIR (en. : DPSIR), comptes environnementaux, statistiques et politiques



Être ouvert aux développements, aux extensions et aux besoins de la modélisation

1.18 Le cadre de la CECN-TDR doit être évolutif et modulaire; il doit appuyer ses propres développements ainsi que les autres activités et modèles analytiques. Les développements internes à envisager portent sur des domaines tels que les systèmes urbains, les océans et le sol. En outre, il devrait être possible d'adapter l'échelle des comptes aux besoins des collectivités régionales et locales et des entreprises. Tout cela est réalisable grâce à la distinction nette entre les comptes de base, qui sont entièrement intégrés, et l'analyse fonctionnelle²¹, dont les règles d'intégration et d'agrégation sont moins contraignantes. Par exemple, les doubles comptes sont exclus dans les comptes de base alors que les analyses fonctionnelles peuvent accepter des chevauchements.

1.19 La valorisation est un des domaines qui n'a pas été élaboré dans le cadre de la TDR actuelle, même s'il est un élément intrinsèque de la CECN et ce, pour deux raisons. Premièrement, de nombreux travaux ont déjà été réalisés sur le sujet et il n'est pas nécessaire de refaire ce qui a déjà été fait. Les méthodes d'évaluation de la valeur ont été étudiées en profondeur et dans leurs différents aspects dans l'Économie des écosystèmes et de la biodiversité (TEEB), et dans les programmes tels que WAVES de la Banque

²⁰ Forces motrices, pressions, état, impacts, réponses (en anglais : Driving forces, Pressure, State, Impacts, Responses).

²¹ Cette distinction existe également dans SCN 2008. Les comptes satellites sont des analyses fonctionnelles.

mondiale ou par la Division de la mise en œuvre des politiques environnementales du PNUE, ainsi que dans le monde académique; ce sont d'importantes sources d'information. Deuxièmement, la TDR met la priorité sur la comptabilité physique, tout comme le fait la SCEE-CEE, afin que des comptes physiques bien élaborés libèrent les analystes et les économistes de la tâche de recueillir des données et facilitent l'application des méthodes de valorisation monétaire. Les principes de la valorisation des services et actifs écosystémiques sont abordés dans les chapitres 5 et 6 SCEE-CEE du SCEE-CEE. Cela ne veut pas dire que la valorisation monétaire soit exclue des tests, mais plutôt qu'elle doive être faite à partir de comptes physiques.

1.20 De même, la CECN-TDR facilitera l'utilisation efficace des modèles, en laissant aux analystes le soin de mettre en œuvre leurs outils de modélisation. INVEST²², ARIES²³ or QuickScan²⁴ sont des exemples de modèles qui pourraient bénéficier de la comptabilité écosystémique. En principe, les modèles servent à produire des évaluations à partir de données, et la CECN peut jouer le rôle de fournisseur. Il arrive souvent que, en l'absence de données pertinentes dans des formats qui leur conviennent, les modélisateurs ont à élaborer des modules pour assimiler ou estimer les données dont ils ont besoin. Ces données peuvent être réutilisées pour la comptabilité, pour autant qu'elles soient des données d'entrée des modèles et non leurs résultats, ce qui créerait des tautologies.

1.21 La CECN-TDR propose des indicateurs opérationnels endogènes des ressources accessibles et de la capacité totale des écosystèmes. La base de données de la comptabilité devrait également faciliter la production d'autres indicateurs tels que : l'appropriation humaine de la productivité primaire nette (AHPPN, en anglais HANPP) dont le point de référence est le potentiel théorique naturel de la production primaire nette (PPN) en l'absence de toute pression anthropique; l'empreinte écologique (Ecological Footprint); l'empreinte eau (Waterfootprint) ou l'indice de santé des océans (Ocean Health Index).

1.4. Le choix du cadre de comptabilité du capital naturel écosystémique

1.22 Plusieurs essais de la comptabilité écosystémique sont en cours, mettant en application différentes méthodes et visant différents buts, mais il existe encore peu de cadres de comptabilité écosystémique intégrés. La comptabilité écosystémique du capital (CEC) mise à l'essai en Europe et le concept similaire de comptabilité du capital naturel écosystémique (CECN) expérimenté à Maurice sont de ce type. Le cadre est simplifié à l'extrême en ce qui a trait à la complexité écosystémique, afin de procéder à une première mise en œuvre rapide. La CEC et la CECN font toutes deux référence au SCEE-CEE, dont elles sont des développements opérationnels réalisés en vue d'expérimentations. En ce qui a trait aux données, elles s'appuient sur des tableaux et des classifications standards qui élargissent les comptes de flux physiques et les comptes d'actif du SCEE-Cadre central en fonction des besoins de l'évaluation écosystémique, notamment en ce qui a trait à la ventilation géographique nécessaire.

1.23 En ce qui a trait aux données, la CECN a comme principe de favoriser l'usage des données disponibles dans les bases de données nationales et internationales. Les duplications étant à éviter et les données pertinentes disponibles sont systématiquement converties. Par exemple, la CECN fait le pont avec SCEE-Eau, dont elle est le prolongement, de même qu'avec les lignes directrices sur l'utilisation des terres, les changements d'affectation des terres et la foresterie (UTCATF, en anglais, LULUCF) du GIEC, afin de faciliter la réutilisation des données qui ont déjà été collectées pour la préparation des rapports à la CCNUCC. Ce souci de cohérence des bases de données signifie que les données recueillies pour la CECN fait qu'elles devraient pouvoir être réutilisées facilement dans d'autres contextes ou pour d'autres cadres. La

²² <http://www.naturalcapitalproject.org/InVEST.html> (consulté le 21 juillet 2014)

²³ <http://www.ariesonline.org/> (consulté le 21 juillet 2014)

²⁴ <http://quicksan.pro/> (Consulté le 21 juillet 2014)

comptabilité du capital naturel écosystémique a été mise à l'essai et l'expérience acquise sera très utile pour les nouveaux venus.

1.24 Enfin et surtout, la CECN propose des agrégats tels que les ressources accessibles, la capacité totale des écosystèmes, l'accumulation nette de capacité du capital écosystémique (+renouvellement, - dégradation), les crédits et les dettes écologiques. Ces agrégats, définis à toutes les échelles et agrégeables par, peuvent être utilisés dans les analyses macroéconomiques. Les lignes directrices de la TDR seront donc pour ces raisons fondées sur la CEC/CECN.

1.5. Quel est le lien entre la CECN-TDR et le SCEE ?

1.25 Le SCEE est composé du SCEE-Cadre central auquel ont été ajoutées deux autres volumes relatifs à la comptabilité expérimentale des écosystèmes (SCEE-CEE) et à des extensions et applications.

1.26 Le modèle général SCEE-CEE du SCEE-CEE pour les comptes physiques peut se résumer par la relation stocks-flux-stocks, où les stocks sont composés de ressources non renouvelables et renouvelables, et que les flux augmentent (renouvellement) ou réduisent (prélèvements). Les flux physiques sont enregistrés selon le cadre des tableaux d'offre et d'utilisation en unités physiques dérivés du modèle de ressources-empois du SCN utilisé pour les biens et services. La définition des actifs est pour l'essentiel celle du SCN de 2008 : « *Un actif est une réserve de valeur représentant un avantage ou une série d'avantages revenant au propriétaire économique du fait de la détention ou de l'utilisation d'un bien pendant une période donnée.* » Dans le SCEE-Cadre central (par. 2.17), « *les actifs environnementaux sont les composantes biologiques et non vivantes naturelles de la Terre. Constitutifs de l'environnement physique, ces actifs peuvent procurer des avantages à l'humanité. Tout en étant naturels, nombre d'actifs environnementaux sont transformés à des degrés divers par les activités économiques.* » Et « *cette optique rend compte des avantages matériels tirés de l'utilisation directe par les entreprises et les ménages des actifs environnementaux en tant que matières naturelles entrant dans l'économie. Toutefois, elle ne prend pas en compte les avantages non matériels tirés de l'utilisation indirecte des actifs environnementaux (par exemple, les avantages tirés des services écosystémiques, tels que la purification de l'eau, le stockage de carbone et l'atténuation des inondations)* » (par. 2.18).

1.27 La définition des actifs du SCEE-Cadre central est la même que celle du SCN²⁵ pour ce qui a trait aux comptes en monnaie, mais pour les comptes physiques elle est élargie afin de tenir compte des ressources naturelles qui ne possèdent aucun propriétaire économique reconnu, p. ex., les stocks de poissons non réglementés dans les eaux internationales ou qui n'ont pas de valeur économique. De plus, les terres sont isolées des sols dans la nomenclature des actifs. Les dépenses concernent la protection de l'environnement et la gestion des ressources.

1.28 Le SCEE-CEE est un cadre conceptuel complet qui comprend à la fois des comptes physiques et des comptes monétaires. Les points les plus importants, du point de vue pratique de la mise en œuvre sont :

²⁵ 1.47. « En termes monétaires, les catégories d'actifs du Cadre central du SCEE et du SCN sont identiques. C'est ainsi que le Cadre central ne traite que des actifs – ressources naturelles et terres – qui ont une valeur économique conformément aux principes d'évaluation du SCN. »

1.48 « En termes physiques, la catégorie des actifs du Cadre central est plus large et englobe toutes les ressources naturelles et toutes les terres d'un territoire économique susceptibles de fournir des ressources et un espace utilisable pour l'activité économique. La portée de cette catégorie en termes physiques n'est donc pas limitée aux actifs ayant une valeur économique. Il est recommandé de distinguer clairement les actifs environnementaux dépourvus de valeur économique. » SCEE-Cadre central, 2012.

- Dans la plupart des cas, les comptes en unités physiques précèdent l'établissement des valeurs monétaires ;
- Les unités statistiques de la comptabilité écosystémique doivent être définies comme des unités spatiales ; les unités de statistique de base doivent être définies comme les cellules d'une grille géographique et les unités comptables écosystémiques comme des unités fonctionnelles ;
- L'étendue (quantité) et l'état (qualité, santé, résilience) de l'écosystème doivent être mesurés ensemble ;
- Le cadre de comptabilité écosystémique doit être intégré au SCEE-Cadre central et au SCN.

1.29 La CECN-TDR est une application nécessaire à l'opérationnalisation du SCEE-CEE, qui à l'étape actuelle est un large cadre conceptuel. Étant donné qu'il n'y aura pas norme internationale de comptabilité écosystémique tant qu'une expérience empirique suffisante n'aura pas été acquise et que le programme de recherche annoncé dans le SCEE-Comptes expérimentaux des écosystèmes n'aura pas été mené à son terme, les premiers essais ne pourront être effectués qu'à partir de lignes directrices intérimaires, dont la CECN-TDR est un exemple.

1.30 Il n'y a aucune divergence importante par rapport aux grands principes du SCEE-CEE et les différences, lorsqu'il y en a, sont explicites. La CECN-TDR elle-même doit encore faire l'objet d'interprétations et de développements avant qu'un cadre opérationnel intégré complet puisse être mis en œuvre. Les principaux points de divergence spécifiques sont présentés à l'annexe I.

1.31 Un des développements du SCEE-CEE concerne la définition opérationnelle des unités comptables écosystémiques (UCE). Les rivières ne sont pas décrites comme des UCE dans la SCEE-CEE, qui ne tient compte que de surfaces et non d'éléments linéaires. La CECN-TDR a adopté une solution qui fait référence à la solution proposée dans SCEE 2003 et reprise par SCEE-Eau de 2007²⁶ pour les comptes de qualité de l'eau (chapitres 3 et 6). Les unités de réseau hydrographique (USR) sont des sous-ensembles du réseau des rivières situé à l'intérieur des limites d'un bassin fluvial ou sous-bassin-versant ; elles sont composées de tronçons de rivière homogènes, selon la définition donnée dans SCEE-Eau. Les UCE sont systématiquement décrites à trois échelles différentes dans le contexte des écosystèmes terrestres : les unités écosystémiques de couverture des terres (UECT), les unités paysagères socio-écologiques (UPSE) et les sous-bassins-versants²⁷. Les unités écosystémiques des aires marines côtières, pour lesquelles la couverture du fond peut être cartographiée comme pour les aires intérieures, sont également présentées comme des unités marines côtières dans la CECN.

1.32 En plus du SCEE-CEE, la CECN-TDR présente trois comptes de base avec une structure commune et des soldes comptables (introduction, par. 0.20) ainsi que des règles d'agrégation pour calculer la capacité totale du capital écosystémique. À cet égard, la CECN-TDR met davantage l'accent sur les flux et leur renouvellement que ne le fait la SCEE-CEE, où ceux-ci sont surtout les éléments positifs et négatifs des augmentations et diminutions des stocks. Une absence de changement dans les stocks cache souvent des différences importantes dans les quantités de services fournies pendant la période comptable. C'est le cas, notamment, des récoltes agricoles annuelles et de l'écoulement des rivières, souvent supérieurs de plusieurs ordres de grandeur aux stocks correspondants. La CECN-TDR présente alors un agrégat spécifique afin de mesurer la ressource accessible ou exploitable du fait des flux annuels et de l'accumulation des années précédentes, p. ex., dans les réservoirs et les forêts gérées.

²⁶ *System of Environmental-Economic Accounting for Water*, ST/ESA/STAT/SER. F/100, United Nations publication, 2007, <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaw/seeawaterwebversion.pdf> (consulté le 21 juillet 2014).

²⁷ *System of Environmental-Economic Accounting for Water*, ST/ESA/STAT/SER. F/100, United Nations publication, 2007, <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaw/seeawaterwebversion.pdf> (consulté le 21 juillet 2014).

1.33 L'adaptation de certaines règles SCEE-CEE du SCEE-CEE est nécessaire afin d'assurer la cohérence de la CECN, où une mesure globale des quantités et de la qualité est nécessaire afin de calculer les agrégats comptables.

1.34 Pour les tests de comptabilité écosystémique en Europe (menés par l'Agence européenne pour l'environnement avec l'appui d'Eurostat) et à Maurice, les recommandations générales du SCEE-CEE ont été interprétées comme suit:

- Des comptes physiques de la couverture des terres, la biomasse/le carbone, l'eau et les services écosystémiques fonctionnels (qui dépendent de l'intégrité et la biodiversité des écosystèmes) ;
- Les unités statistiques sont d'une part les grilles de 1 ha et 1 km² (Europe) et 10 m x 10 m et 1 ha (Maurice) et d'autre part des UCE qui sont : les unités écosystémiques de couverture des terres, les unités paysagères socio-écologiques et les bassins fluviaux et sous-bassins-versants, les systèmes de rivières et les unités marines côtières ;
- Les bilans des ressources de base sont combinés à des diagnostics de l'état de santé des écosystèmes ;
- Le terme intégration se rapporte à la fois à l'intégration complète avec l'économie, à la représentation intégrée d'écosystèmes interconnectés et à l'intégration des composants des écosystèmes; il englobe les aspects quantitatifs et qualitatifs. L'intégration des comptes requiert l'emploi d'une unité commune qui joue le rôle d'équivalent de la monnaie dans la comptabilité économique et la valorisation. Cette unité composite porte le nom d'unité de capacité écosystémique (ECU). Elle mesure la capacité soutenable des écosystèmes à fournir leurs services. Une augmentation de la valeur en ECU correspond à une amélioration et une réduction correspond à une dégradation.

1.6. Une feuille de route

1.35 La feuille de route de la mise en œuvre de la CECN-TDR comporte deux étapes : la première étape porte sur la mise en place du contexte institutionnel, et elle est suivie de la mise en place des infrastructures de données, du calcul des comptes de base (la TDR) et de l'élaboration des comptes et des analyses fonctionnels. La production comme telle peut être décrite en cinq étapes, comme dans le tableau 1.01.

Tableau 1.01 : Les cinq étapes de la production des comptes écosystémiques du capital naturel

Objectifs	Données/comptes	Tâches du comptable
1^{re} étape : Créer l'infrastructure des données nécessaires à la comptabilité		
Collecter les données de référence géographiques et créer la base de données des unités comptables écosystémiques	Éléments /zonages géographiques <ul style="list-style-type: none">• Frontières physiques (côte, frontières des bassins fluviaux et sous-bassins-versants, zonage climatique, catégories d'élévation)• Frontières administratives (municipalités, districts, régions)• Réseau de transport• Réseau hydrologique, rivières, aquifères• Zonage des mers/pêches) Grilles géographiques standard (1 ha et 1 km ²)	<p>Recueillir auprès des organismes compétents les couches géographiques de base vont structurer les comptes physiques. Vérifier leur cohérence (géométrie, projection). Produire un jeu de grilles ordinaires (fondées sur les normes géographiques officielles).</p> <p>Créer une base de données des unités comptables écosystémiques (UCE) pour les écosystèmes terrestres, les rivières, les unités marines côtières et les autres unités comptables de la mer. (N.B. cela nécessite l'utilisation d'une carte de la couverture des terres pour l'année de référence).</p>

2^e étape : Recueillir les données de base

Recueillir les données de base pour la comptabilité du capital naturel écosystémique : données de monitoring et statistiques	<ul style="list-style-type: none"> Changements de la couverture des terres (y compris les zones marines côtières) Données météorologiques Données hydrologiques Données sur les sols Données sur les stocks et la croissance des forêts Données sur la population Statistiques régulières sur l'agriculture, les forêts et la pêche Données/statistiques sur l'utilisation de l'eau Indicateurs de la biodiversité des espèces et des systèmes 	<p><i>Produire une carte/base de données cohérente de la couverture des terres pluriannuelle (10-20 ans) à l'aide d'images satellites et d'autres sources disponibles (cartes des forêts, des bâtiments et des routes, cadastre,...)</i></p> <p><i>Recueillir et organiser les différents ensembles de données nécessaires à la comptabilité. Priorité aux sources de données officielles : statistiques officielles, données météorologiques... si disponibles, les comptes produits pour les rapports au GIEC, à REDD+, le SCEE-Eau... sont des sources importantes. Les données satellites comme deuxième meilleur choix.</i></p>
---	---	--

3^e étape : Produire les comptes de base

Produire les comptes de base du capital naturel écosystémique. Mesurer la capacité écosystémique totale, évaluer la dégradation ou l'amélioration	<ul style="list-style-type: none"> Compte du changement de la couverture des terres Compte du carbone écosystémique Compte de la ressource en eau écosystémique Comptes des services fonctionnels de l'infrastructure écosystémique Compte de la capacité totale des écosystèmes (incluant les échanges entre les écosystèmes) 	<p><i>Élaborer les comptes à partir des données de base recueillies à l'étape 2, de données supplémentaires pour des éléments spécifiques et estimées par modélisation de données physiques. Effectuer le traitement géographique des données. Estimer les données manquantes. Intégrer les comptes.</i></p>
--	--	--

4^e étape : Comptes fonctionnels en unités physiques

Analyse fonctionnelle du capital et des services écosystémiques en unités physiques	<ul style="list-style-type: none"> Responsabilité des secteurs économiques vis-à-vis de la dégradation ou de l'amélioration du capital écosystémique Dégradation écosystémique incorporée dans les marchandises Bilan écologique (en unités de capacité écosystémique) Demande sociale de services écosystémiques (par unité écosystémique, municipalité, région...) 	<p><i>Analyse détaillée ciblée à réaliser avec les instituts de statistique, les agences de planification, les agences environnementales, le secteur de la recherche, etc.</i></p> <p><i>Élaboration des bilans écologiques.</i></p> <p><i>Cartographie et évaluation des services écosystémiques</i></p>
--	--	---

5^e étape : Comptes fonctionnels en unités monétaires

Analyse fonctionnelle du capital et des services écosystémiques en unités monétaires : mesure des coûts de dégradation impayés, valorisation des services écosystémiques	<ul style="list-style-type: none"> Coûts de réparation impayés : Responsabilité des secteurs économiques vis-à-vis de la dégradation ou de l'amélioration du capital écosystémique Dégradation écosystémique incorporée dans les marchandises Bilan écologique en termes monétaires Ajustement de la demande finale des coûts impayés Valorisation monétaire des principaux services écosystémiques Valeur totale (directe et indirecte) ajoutée par les services écosystémiques (agriculture, forêts, pêche, eau, tourisme, etc.). 	<p><i>Analyse économique des coûts de réparation (travaux de restauration, atténuation, coûts d'opportunité, coûts de réduction des pressions sur les écosystèmes, etc.)</i></p> <p><i>Analyse économique de la valeur monétaire des services écosystémiques.</i></p> <p><i>Analyse d'entrée/sortie de la valeur ajoutée créée par les services écosystémiques ; évaluation de sa durabilité.</i></p>
---	--	---

Les étapes 1 à 3 doivent être réalisées pour tous les écosystèmes et secteurs. Les étapes 4 et 5 peuvent se concentrer sur un écosystème, un service ou un secteur économique en particulier.

1.36 Le succès de la production de comptes écosystémiques dépend d'une bonne coopération institutionnelle. Dans la plupart des pays, l'institut de statistique a un rôle important à jouer à cause de son expérience en comptabilité nationale et de ses bases de données de statistiques. Même dans le cas où il dispose d'une bonne expérience en matière de système d'information géographique (SIG), il devra accéder à davantage d'informations géographiques. Les ministères et/ou les agences de l'environnement et du développement durable ont également un rôle important à jouer, car ce sont à la fois des détenteurs de données et des acteurs qui s'intéressent aux comptes dans le contexte de leurs relations avec les autres ministères, notamment de l'économie, des finances et de la planification. Quant aux données, les ministères de l'environnement recueillent habituellement les données sur la biodiversité auprès des agences administratives, du secteur de l'enseignement et des réseaux d'organisations non gouvernementales (ONG). Dans plusieurs pays, ils forment un partenariat avec l'institut national de statistique pour la production de statistiques environnementales en général. La coopération avec l'agence de cartographie ou cadastrale est importante, surtout s'il est nécessaire d'améliorer la base de données des changements de la couverture des terres (ce qui constitue l'exception principale à la règle de la réutilisation des données); lorsqu'elle existe, l'agence spatiale doit aussi être associée. Les ministères techniques responsables de l'agriculture, des forêts, de la pêche, de l'eau et de la météorologie doivent également participer. Puisque la comptabilité du capital écosystémique a pour but de produire des indicateurs agrégés en vue d'un développement durable et d'une croissance économique responsables de leurs répercussions sur les écosystèmes, les grands ministères devraient aussi participer au processus. Parce que les comptes sont amenés à influencer des politiques et en raison de l'attention croissante qu'il accorde aux risques écologiques, le secteur privé doit aussi être associé. Enfin et surtout, le travail doit reposer sur de solides bases scientifiques, de sorte que les scientifiques doivent aussi participer. Il est essentiel d'organiser le partenariat dès le départ, afin d'éviter tout blocage possible de la comptabilité dû à une absence de données.

1.37 La mise en place des infrastructures de données consiste à organiser la collecte des données et à leur faire subir un traitement préalable, en particulier en ce qui concerne les projections géographiques, l'harmonisation des frontières et l'exhaustivité du champ à couvrir ; la production de la carte de couverture des terres, qui jouera un rôle important dans l'élaboration de la structure de l'ensemble des comptes ; et la définition et la production du répertoire des unités statistiques comptables à partir des données de couverture des terres et autres données géographiques. Les premiers essais de collecte et d'intégration des données révéleront vraisemblablement des contradictions et même des lacunes dans les ensembles de données. Celles-ci devront être comblées provisoirement et les partenaires devront être invités à réviser leurs propres bases de données, si nécessaire. La nécessité d'une stricte vérification de la qualité des données est un des mérites des comptes, et cette partie du travail peut être considérée comme une des retombées du projet.

1.38 Les comptes de base à mettre en œuvre sont :

- Les comptes de couverture des terres, les fondations ;
- Les trois grands comptes de ressources :
 - Compte du carbone écosystémique ;
 - Compte de la ressource en eau écosystémique ;
 - Compte des services fonctionnels de l'infrastructure écosystémique, mesurés indirectement en fonction de l'intégrité et de la biodiversité des paysages et des rivières.

1.39 Les bilans quantitatifs de ces trois ressources seront dérivés en partie du SCEE-Cadre central ou établis à partir des divers ensembles de données fournis par les partenaires. Le travail spécifique, lorsque les comptes du SEEA-Cadre central existent déjà, sera d'abord de les compléter en y ajoutant les éléments nécessaires au calcul de la ressource accessible (la ressource pouvant être utilisée sans causer l'épuisement), et ensuite en effectuant les ventilations géographiques nécessaires en fonction des unités statistiques définies au début de l'exercice.

1.40 La synthèse des comptes est une étape importante pour la présentation finale des indicateurs clés de la CECN : capacité écosystémique totale et accumulation nette (renouvellement moins dégradation) mesurée en unités de capacité écosystémique. Ces groupements se situent au même niveau que le PIB et la valeur nette du SCN et peuvent être utilisés pour évaluer la responsabilité de l'économie envers l'écosystème et la soutenabilité écologique du développement. Techniquement, le calcul des valeurs en

unités de capacité écosystémique est une simple question d'arithmétique lorsque les indices de quantité (impacts de l'utilisation) et de qualité (santé) ont été calculés.

1.41 Les comptes fonctionnels sont tout aussi importants que les comptes de base, et peuvent même être considérés comme indispensables à des comptes pleinement opérationnels. Leur mise en œuvre est dictée par la demande des politiques relatives aux principaux services écosystémiques, à problèmes spécifiques à certains écosystèmes ou à des enjeux locaux. Par conséquent, bien que les comptes fonctionnels soient développés à partir des comptes de base, leur mise en œuvre doit débuter dans la continuité immédiate de ceux-ci.

1.42 Les comptes fonctionnels sont mis en œuvre pour les principaux domaines suivants :

- Analyse fonctionnelle de la demande privée et collective pour des services écosystémiques (en unités physiques spécifiques et en unités de capacité écosystémique) ; les trois grands services servant de fondement aux comptes de base peuvent être détaillés ici, conformément à la Classification internationale commune des services écosystémiques (CICES)²⁸, mais sans obligation d'exhaustivité et ni d'agrégation ; la mise en œuvre doit partir des priorités de politiques ;
- Valorisation des services écosystémiques choisis à partir de l'évaluation des services écosystémiques en unités physiques effectuée précédemment ;
- Analyse fonctionnelle de la responsabilité sectorielle de la dégradation des écosystèmes (en unités de capacité écosystémique) ; ce compte fonctionnel vient compléter l'utilisation des ressources enregistrée dans après le SCEE-Cadre central ;
- Évaluation de la soutenabilité de la valeur ajoutée totale générée directement et indirectement par l'agriculture, les forêts, les pêches et l'approvisionnement en eau ;
- Création du bilan écologique des crédits et des dettes en unités de capacité écosystémique, par écosystème et par secteur ;
- Calcul du coût de dégradation, et des coûts de renouvellement ou de restauration des écosystèmes, et création d'un bilan écologique en termes monétaires.

1.43 La CECN-TDR mettra l'accent sur les comptes de base, les trois premières étapes du tableau 1.01 ; les comptes fonctionnels seront décrits brièvement au chapitre 9.

²⁸ CICES est la classification internationale commune des services écosystémiques provisoire (SCEE-CEE, *op. cit.* section 3.3)

ANNEXE

Exemples de quelques différences entre le SCEE-CEE et la CECN-TDR

La CECN-TDR est un prolongement du SCEE-CEE qui vise à le rendre opérationnel en y adjoignant des tableaux comptables, des lignes directrices pour la compilation et des résultats pertinents pour les politiques. Il y a toutefois quelques différences : du point de vue du programme de recherche du SCEE-CEE, ces différences sont des points en ouverts à la discussion, avec l'espoir que l'expérience acquise dans l'exécution des tests pratiques aidera à faire les bons choix. On peut citer par exemple les points suivants :

- Le SCEE-CEE fait référence aux actifs écosystémiques (ou des écosystèmes), tandis que la CECN-TDR préfère l'expression de capital écosystémique, afin d'insister sur la nécessité de comptes globaux pour lesquels une unité de mesure commune est proposée, une question explicitement ajournée dans le SCEE-CEE. Quoi qu'il en soit, la SCEE-CEE reconnaît de façon générale que les deux expressions « *pourraient être considérées comme synonymes* » (Glossaire SCEE-CEE du SCEE-CEE, page 162).
- En ce qui concerne le modèle standard de comptabilité des actifs (et le modèle du capital sous-jacent), le SCEE-CEE et la CECN-TDR sont entièrement d'accord sur les sérieuses limites de sa pertinence en ce qui concerne les écosystèmes. Elles sont clairement exposées dans le SCEE-CEE (section 4.2.4, plus particulièrement les paragraphes 4.47-4.50). Il y a toutefois une différence quant aux conséquences qui en sont tirées. Le SCEE-CEE maintient l'étroite référence au modèle « *utilisé pour comptabiliser les actifs produits dans le SCN et son application pour mesurer les actifs environnementaux individuels dans le SCEE-Cadre central.* » (SCEE-CEE 4.44) où la valeur des actifs est calculée à partir d'un « *flux escompté d'avantages (en termes de services du capital [...]).* » (SCEE-CEE 4.45). Dans la CECN, la valeur écologique du capital écosystémique est mesurée en fonction de sa capacité à offrir des services (chapitre 2). Cette capacité n'est pas évaluée en fonction de la mesure de tous les services écosystémiques possibles, comme le suggèrerait la référence au modèle standard de capital. A l'inverse, la capacité est calculée à partir de la mesure des trois grandes fonctions (ou services globaux) et de la santé des écosystèmes (résilience, vigueur, intégrité...).
- Le SCEE-CEE et la CECN ne mesurent pas la biomasse produite en agriculture ou dans les forêts gérées de la même façon. En ce qui concerne la SCEE-CEE, le simple fait d'être produite (dans le sens du SNC) rend cette biomasse non naturelle et l'exclut de l'offre de services de la CICES et à partir de là, des actifs écosystémiques. La CECN-TDR estime pour sa part que la biomasse produite demeure le résultat de la photosynthèse et qu'elle devrait être considérée comme une production jointe de l'économie et de la nature. Les évaluations des écosystèmes, telles que l'évaluation des écosystèmes en début de millénaire (MA 2005), TEEB, et MAES-UE²⁹ incluent tous les aliments, la fibre et la bioénergie dans l'offre de services. La possibilité d'une divergence à cet égard est d'ailleurs envisagée au paragraphe 3.45 du SCEE-CEE, qui dit que « *lorsque le choix est fait d'utiliser une frontière différente pour la mesure des services écosystémiques liés aux cultures et autres plantes...* » il est recommandé alors de prendre garde aux risques de double comptes.

²⁹ MAES: Mapping and Assessing Ecosystem Services (Cartographie et évaluation des services écosystémiques). Voir le chapitre 9.

2. CARACTÉRISTIQUES DE LA COMPTABILITÉ ÉCOSYSTÉMIQUE DU CAPITAL NATUREL

2.1. Un cadre comptable intégré

2.1.1. La dégradation ou l'amélioration du capital écosystémique (et leurs contreparties en termes de dettes ou de crédits écologiques) sont au cœur du cadre de comptabilité de la CECN.

2.01 Le concept central de la CECN est la mesure de la capacité durable (la capacité) des écosystèmes à fournir les services dont a besoin l'humanité et d'évaluer la responsabilité qu'a l'être humain dans la dégradation de l'écosystème à cause d'une gestion inappropriée ou opportuniste, ou dans sa conservation, sa restauration ou son amélioration. La dégradation est la somme de l'épuisement des ressources renouvelables et de la perte d'autres services potentiels qui peut affecter le propriétaire de l'actif écosystémique ou la communauté dans son ensemble. Lorsque la dégradation peut être imputée à des acteurs économiques, elle est un coût impayé (une externalité) qui correspond à une consommation de capital écosystémique. Cette approche va au-delà du SCEE-CEE qui ne traite pas des questions d'agrégation.

2.02 L'approche de la CECN en matière de dégradation part non pas de la perte de services écosystémiques mais de la capacité de l'écosystème. La notion de capacité englobe productivité écosystémique et état de santé en termes de robustesse, d'organisation, de résilience, de dépendance à l'égard d'apports artificiels et de prévalence des maladies. S'agissant des ressources utilisées par extraction, l'évaluation de la capacité requiert la comptabilisation du montant accessible d'une manière durable, non pas du stock lui-même ou du stock total plus du flux des apports. Il faut tenir compte du fait qu'une partie des ressources est nécessaire à l'écosystème pour son renouvellement et qu'une partie seulement est durablement exploitable. L'accessibilité des ressources qui ne sont pas épuisables est mesurée indirectement, en fonction de l'intégrité et de la santé des systèmes qui les génèrent. Ces ressources sont constituées de tous les services immatériels qui dépendent des fonctions de l'écosystème, , de son intégrité et de sa biodiversité : l'ensemble des services culturels et de régulation décrits dans la CICES, la classification internationale commune des services écosystémiques (provisoire). Il n'y a pas avec cette approche de risques d'omission ou de double comptage.

2.03 La dégradation est la diminution des capacités entre deux dates dont les activités humaines sont responsables. Cela signifie qu'une distinction est faite entre la détérioration résultant de perturbations naturelles et la dégradation due à des facteurs anthropiques³⁰. Les augmentations de la capacité des écosystèmes sont comptabilisées comme étant une amélioration lorsqu'elles sont le résultat d'activités humaines³¹, les améliorations naturelles étant comptabilisées séparément.

³⁰ Ceci est conforme à la comptabilisation des incendies de forêt dans les lignes directrices du GIEC pour l'UTCATF ainsi qu'à la définition du SCEE-CEE qui stipule que la dégradation de l'écosystème "est la déclin d'un actif écosystémique pendant une période comptable due à une activité économique ou autre activité humaine. Elle se reflète en général dans le déclin de l'état de l'écosystème et/ou celui des flux de services écosystémiques attendus".

³¹ Le chapitre 9 donne une indication additionnelle de la manière dont l'amélioration est comptabilisée dans le bilan écologique, soit comme une réduction de la dette (dans le cas de la restauration découlant d'une dégradation précédemment comptabilisée) ou comme un nouveau crédit (dans le cas d'une création de capacité dans le cadre d'un programme agréé).

2.04 La ventilation par secteurs et branches du SCN de la dégradation et de l'amélioration est effectuée dans une étape ultérieure après la production des comptes de base de la TDR. Dans la mesure où la dégradation résulte d'un coût économique impayé (une externalité) qui est transféré à d'autres (générations actuelles ou futures), elle constitue une dette. D'une manière symétrique, l'investissement dans la restauration des écosystèmes peut être en partie comptabilisé comme une réduction de la dette (lorsqu'un tient compte de la dégradation qui a eu lieu durant une période récente) ou comme une création de crédit écologique, qui peut être prise en compte dans des mécanismes d'atténuation ou de compensation. La comptabilisation des crédits et dettes écologiques est un ajout au SCEE-CEE. À l'heure actuelle, le SCEE considère les écosystèmes comme des actifs dont l'épuisement ou la dégradation sont comptabilisés comme une diminution du stock (ou une augmentation dans le cas d'un changement positif). La CECN ne suit ce traitement que pour l'épuisement d'actifs qui correspond à une perte pour leur propriétaire. La dégradation de l'écosystème est plus qu'une simple perte pour les propriétaires d'actifs car elle se solde par une perte de services potentiels pour d'autres que lui et pour la communauté³². Il est donc juste de la comptabiliser comme une dette créée par l'unité responsable de la dégradation et comme un crédit dans le cas d'une amélioration.

2.05 Étant donné que la dégradation de l'écosystème est une mesure de la consommation physique du capital écosystémique, elle peut être valorisée comme étant le coût que les propriétaires de l'écosystème devraient payer pour le restaurer (Chapitre 9). Dans ce cas, les coûts de la restauration qui devraient être payés sont des estimations, en termes monétaires, de la consommation de capital écosystémique. Tout autant que consommation de capital fixe comptabilisée dans le SCN (CCF), la CEC est une estimation et non pas une mesure directe. La double comptabilisation de la CEC en unités physiques et en monnaie signifie que, si un acteur économique – ou un pays – entreprend la restauration d'un écosystème et la paie, il n'éteindra pas sa dette physique d'une manière mécanique. Dans quelques cas, en dépit des dépenses de restauration, une dégradation physique demeure et une dette écologique perdure. Dans d'autres cas, les frais de restauration peuvent avoir été surestimés et la dette sera éteinte avant la fin du programme de restauration. En tout état de cause, le critère de référence est la dégradation physique. Cette double mesure est similaire à l'approche du Protocole de Kyoto en vertu de laquelle les engagements pris de réduire les émissions d'équivalents CO₂ sont exprimés en unités physiques et non pas comme un montant à payer, bien que les paiements existent dans le mécanisme pour un développement propre (MDP).

2.1.2. L'intégration des comptes suit les principes comptables généraux

2.06 Les comptes ne sont pas une simple collection de tableaux avec des chiffres. Ils ont été inventés pour suivre et résumer la multitude de transactions qui surviennent dans l'activité économique quotidienne, pour contrôler leur comptabilisation ainsi que le calcul des résultats finals afin de produire des évaluations fiables de la performance d'ensemble et de la situation des agents économiques. Les principes les plus importants sur lesquels reposent les systèmes comptables sont la comptabilité en partie double (contrôle), la définition de soldes comptables clairs (évaluation de la performance et du patrimoine), et l'enregistrement intégral qui garantit la fiabilité des comptes. C'est là une qualité importante des comptes financiers nationaux et industriels comme indiqué dans les normes internationales d'informations financières du Conseil des normes comptables internationales³³.

2.07 La comptabilité en partie double est une technique comptable de base qui permet de contrôler l'exactitude des comptes et de mesurer la performance en termes de gain ou de perte, et de richesse; elle

³² Ce traitement se fait l'écho de l'analyse par Graciela Chichilnisky des écosystèmes comme "des biens publics produits en privé" dans son article sur le commerce Nord-Sud et l'environnement mondial (*The American Economic Review*, 1994).

³³ "pour être fiable, l'information contenue dans les états financiers doit être exhaustive au regard de la matérialité des faits et des coûts. Une omission peut rendre l'information fausse ou trompeuse et, en conséquence, non fiable et déficiente en termes de pertinence" IASB (2007), *Normes internationales d'information financière 2007: y compris les Normes comptables internationales et les Interprétations au 1^{er} janvier 2007*, Bureau International des normes comptables 2007, ISBN 1905590261, 9781905590261 (traduction de l'original anglais)

joue un rôle fondamental en interne et dans le cadre de la communication entre une entité (entreprise, gouvernement, pays) et ses actionnaires, ses partenaires commerciaux, les autorités fiscales, les organismes de contrôle ou les citoyens. Elle exige que les transactions soient comptabilisées pour un même montant dans les comptes de deux parties à une transaction (ou de secteurs dans le cas des comptes nationaux) ainsi que dans les comptes internes correspondants (par exemple entre les de comptes 'ventes' et 'clients'). Dans la comptabilité écosystémique, tous les transferts entre systèmes différents ou entre sous-systèmes dans un même système suivent ce principe.

2.08 Les soldes comptables sont les différences entre les deux côtés d'un tableau comptable (ressource et emploi, entrées et sorties, crédit et débit, actifs et passifs, etc.)³⁴. Ils ont une signification claire et la structure d'un compte est conçue pour permettre le calcul de soldes comptables significatifs, qui révèlent la performance de l'entité pour laquelle des comptes sont établis : gain ou perte, recettes, revenu (les recettes nettes de tous les frais encourus et imputés), valeur nette, etc. Dans les comptes nationaux, la plupart des agrégats sont des soldes comptables : PIB, revenu national, excédent d'exploitation, revenu disponible, épargne nette, valeur nette, etc. Dans la CECN, les soldes comptables sont les ressources nettes accessibles, la capabilité écosystémique totale, la dégradation nette de l'écosystème (nette de l'amélioration) et les dettes écologiques nettes (nettes de crédits).

2.09 Intégralité : outre l'enregistrement de transactions réelles et vérifiables, les comptes peuvent inclure des estimations de ce qui ne peut pas être directement observé. Le principal exemple est l'amortissement du capital³⁵, à savoir la consommation d'actifs ayant lieu sur plusieurs périodes comptables, qui doit être divisée et répartie entre elles de manière appropriée. Les règles pour estimer l'amortissement (ou la consommation de capital fixe dans le SCN) sont définies de manière rigoureuse et leur application contrôlée puisqu'elle influe en fin de compte sur le montant des bénéfices³⁶ qui seront imposés et/ou distribués aux actionnaires.

2.10 Malgré l'importance de l'intégralité pour la fiabilité des comptes, les normes comptables n'appliquent ce principe de manière très limitée dans le cas des ressources naturelles. Les comptes financiers industriels comptabilisent en amortissement que l'épuisement des gisements et des stocks de bois sur pied et de poissons; la dégradation de l'écosystème n'est pas traitée de la même manière. Le SCN comptabilise la dépréciation des actifs naturels dans le compte d'actif comme un ajustement de bas de tableau de leur volume (Annexe I).

2.1.3. Intégration des comptes de base et analyse fonctionnelle

2.11 Les comptes du capital naturel écosystémique font une distinction très nette entre les comptes centraux et les analyses ou comptes fonctionnels. Une telle distinction est également faite dans le SCN où les comptes centraux intégrés sont complétés par des comptes à finalité spécifique.

2.12 *"Analyse fonctionnelle : Pour analyser la fonction des opérations, il est nécessaire d'appliquer une classification fonctionnelle à l'opération de base. Par exemple, au lieu de désagréger la consommation des ménages par type de produit, il est possible de la désagréger dans le but de montrer à combien se montent les dépenses pour l'alimentation, le logement, la santé, les loisirs, etc. En ce qui concerne la consommation des administrations publiques, une distinction est établie entre la consommation liée au maintien de l'ordre public, à la défense, à la santé ou à l'éducation, par exemple. Comme des nomenclatures compatibles, mais différentes, sont utilisées selon le secteur concerné, ces analyses partielles par fonction ne peuvent pas être*

³⁴ Voir SCN 2008, 1.14 <http://unstats.un.org/unsd/nationalaccount/docs/SNA2008.pdf> (consulté le 21 juillet 2014)

³⁵ Une autre variable estimée est la "juste valeur" (en anglais "fair value") des entreprises calculée, lorsque le marché réel de ces actifs est trop étroit pour révéler le "vrai" prix, sur la base de leurs bénéfices futurs actualisés.

³⁶ ou de pertes comptables exonérant l'entreprise du paiement d'impôts et de la distribution de bénéfices.

intégrées dans un tableau unique et, dans la plupart des cas, aucun total exhaustif ne peut être calculé pour l'économie totale dans le cadre central". (SNA 2008, paragraphe 2.154).

2.13 Les comptes satellites du SCN sont des analyses fonctionnelles.

2.14 Comptes fonctionnels des services écosystémiques. Dans la CECN, la multiplicité des services qui peuvent être produits par un seul écosystème est reconnue, les règles d'intégration et d'agrégation étant définies en conséquence. Les comptes centraux devraient être exhaustifs et suivre les principes généraux de la comptabilité en partie double. Cela est uniquement possible en prenant en compte la capacité de l'écosystème de fournir de vastes catégories de services. En principe, les comptes de la biomasse et des eaux peuvent être subdivisés en éléments qui sont additifs mais cela n'est pas le cas pour les services fonctionnels qui se chevauchent ainsi que les comptes de la biomasse et de l'eau. La solution de la CECN pour le compte central est de cibler les changements et d'examiner le potentiel des écosystèmes de fournir des services, mais pas les services eux-mêmes. Les services écosystémiques sont analysés plus avant dans les comptes fonctionnels où sont comptabilisées l'offre et la demande sociale. Parce qu'ils sont reliés aux comptes centraux, les comptes des services écosystémiques prennent en compte de la capacité (santé, condition, etc.) des écosystèmes qui les génèrent. Les services écosystémiques les plus importants peuvent être considérés comme une priorité dans le contexte du compte écosystémique global. Cette présentation de la CECN reconnaît que les services écosystémiques sont multiples, d'une importance qui varie et pas complètement additifs en raison de questions de mesure et de chevauchement. Les comptes fonctionnels ont l'avantage d'être souples et soulagent la comptabilité des services écosystémiques de contraintes formelles auxquelles il n'est pas possible de remédier. La valorisation des services écosystémiques à partir des comptes des services écosystémiques physiques, est présentée dans les comptes fonctionnels.

2.1.4. Intégration des comptes interne à l'écosystème

2.15 Intégration des balances de base : dans la CECN, les bilans quantitatifs de stocks et de flux mesurent l'impact possible de l'extraction de ressources sur la capacité de reproduction de l'écosystème. Cela correspond à ce qui est calculé comme rendements soutenable dans les domaines de la foresterie et de la pêche ainsi qu'à la mesure de l'épuisement physique. Le calcul est effectué selon les recommandations du SCEE-CC. Il y a cependant une différence. Tandis que le SCEE-CC est principalement construit par unités institutionnelles (comme avec le SCN) et traite les actifs naturels comme des stocks et des flux de catégories génériques de ressources (eaux, bois/forêts, stocks de poisson), la SCEE-CEE est fondée sur différentes unités statistiques, les écosystèmes étant décrits comme des entités spatiales. Les actifs naturels au sens du SCN ou du SCEE-CC peuvent être attribués à ces entités.

2.16 Des comptes sont établis pour chaque unité écosystémique, ressource par ressource, ce qui permet de détecter les problèmes ou points noirs locaux qui peuvent ou non être compensés à l'intérieur de l'écosystème (par exemple, séquestration de carbone versus perte de biodiversité acceptable) ou par la bonne performance d'autres écosystèmes (par exemple, pertes en un endroit compensées par des améliorations ailleurs). Même si la balance quantitative globale de chaque ressource élémentaire est positive au niveau du pays, les déséquilibres locaux peuvent révéler un dysfonctionnement structurel.

2.17 Intégration des quantités et qualités : les bilans quantitatifs ne contiennent pas tous les éléments nécessaires pour évaluer la santé de l'écosystème; d'autres variables doivent être intégrées qu'il est plus difficile de quantifier, de comptabiliser et d'analyser directement dans des tableaux comptables. Elles sont souvent appelées qualitatives par rapport aux variables quantitatives. Dans les comptes écosystémiques, ces variables sont utilisées pour faire des diagnostics qui sont intégrés dans le cadre comptable en tant qu'ajustement des stocks de ressources de base pour tenir compte de la dégradation qualitative. L'agrégat, qui mesure la capacité durable de l'écosystème de fournir des services, reflétera les quantités ainsi que les qualités.

2.1.5. Intégration avec les comptes nationaux

2.18 Les comptes écosystémiques SCEE sont, comme on l'a expliqué antérieurement, d'abord intégrés avec le SCN via le SCEE-CC.

2.19 Dans le CECN, les comptes écosystémiques sont également intégrés avec le SCN via le calcul de la responsabilité sectorielle dans la dégradation de l'écosystème. Cette responsabilité est mesurée d'abord en unités physiques et peut être ensuite valorisée sur la base des coûts de restauration. Dans ce cas, la signification est celle d'une que la consommation de capital écosystémique (CCE) qui devrait être ajoutée à la consommation de capital fixe (CCF) du SCN. La consommation de capital écosystémique n'est pas simplement une consommation de ressources écosystémiques mais aussi la perte potentielle de futurs services qui résulte de la dégradation de l'écosystème. Aussi longtemps que l'exploitation des ressources écosystémiques est viable, il n'y a pas de CCE : les processus naturels renouvellent le capital écosystémique. La consommation de capital fixe est considérée soit comme une dégradation ou une obsolescence d'éléments du capital, soit en termes de perte de futurs services du capital. La mesure de la CCE découlant de la perte de futurs services écosystémiques valorisée en termes monétaires n'est pas impossible selon la théorie économique standard, pour autant que tous les services écosystémiques sont correctement valorisés et actualisés. Dans la pratique, cette approche se heurte à maintes difficultés qui sont liées à la valorisation des services et des actifs ainsi qu'à leur agrégation³⁷.

2.20 Dans la CECN, la solution proposée consiste à mesurer la CCE d'abord en unités physiques (comme une perte de la capacité écosystémique de fournir des services) pour ensuite évaluer les coûts de restauration sur la base de pratiques observées notamment dans les domaines de la foresterie, de l'agronomie, de la gestion des eaux et de la conservation de la nature. La consommation de capital fixe et la CCE sont toutes les deux de estimations (et non pas de simples statistiques) et elles ont, *a priori*, une qualité statistique similaire. Elles sont cependant différentes dans la mesure où la CCF est enregistrée dans les comptes nationaux comme une consommation additionnelle (semblablement à la comptabilisation de l'amortissement par les agents économiques) tandis que la CCE est tout simplement une externalité non payée. La consommation de capital fixe fait partie des recettes ou du revenu brut des agents économiques ou des nations. C'est parce que la CCE n'est couverte par aucun paiement ou provision pour amortissement qu'elle doit être équilibrée en dehors des comptes de revenu en comptabilisant un poste financier, une dette.

2.21 Lorsqu'il est possible de calculer la CCE en monnaie, il y a deux options pour comptabiliser ce coût impayé : soustraction de la production nette et/ou du revenu, ou ajout à la demande finale actuellement mesurée aux prix d'acquisition afin de la calculer au coût complet³⁸. Ces options sont examinées à l'annexe I.

2.22 Une manière différente d'intégrer les comptes écosystémiques et économiques utilise ce qui est appelé dans le SCEE-CC³⁹ comptes hybrides ou présentations physiques et monétaires combinées. L'intérêt de cette approche est que les tableaux d'entrées et sorties (TES) en termes monétaires peuvent être combinés avec des éléments en unités physiques relatifs à des ressources naturelles clés ou aux émissions de polluants et à la génération de déchets afin de montrer les quantités utilisées (ou générées) directement ou indirectement. Etant donné que les modèles macro-économiques utilisent fréquemment des TES, les variables environnementales peuvent également être intégrées dans des modèles prospectifs, des scénarios et des plans. Pour les comptes du capital écosystémique, le lien établi avec le SCEE-CC est pertinent pour la biomasse/le carbone, l'eau et les émissions de gaz à effet de serre (GES).

2.23 Un autre compte hybride possible, lui aussi fondé sur une analyse entrées-sorties, tient compte de la viabilité d'activités de marché courantes qui dépendent de services écosystémiques. L'analyse entrées-sorties permet l'identification de la Valeur Ajoutée Brute (VAB) qui est induite directement et indirectement par les services écosystémiques. Étant donné que l'analyse spatiale indique les endroits

³⁷ SCEE-CEE: Les chapitres 5 et 6 examinent les possibilités et limitations en matière d'évaluation.

³⁸ Quand la CCE incorporée dans les importations est également comptabilisée et ajoutée à la CCE nationale, le calcul du coût complet ou intégral de la demande finale se fait l'écho des préoccupations des mouvements de consommateurs qui visent à organiser un commerce équitable où les bas prix de produits importés ne sont pas la simple conséquence d'une rémunération excessivement basse des producteurs, de conditions sociales en dessous des normes internationales, du travail des enfants ou du non-respect de l'environnement.

³⁹ SCEE-CC, Section 6.3, Combining physical and monetary data

d'où est originaire la valeur ajoutée induite totale (VAIT) et si il y a ou non une dégradation de l'écosystème en ces endroits, il est possible d'élaborer à partir de la CECN un indicateur de soutenabilité écologique des produits commercialisés et des activités liées. Dans le cas des produits alimentaires, la valeur ajoutée totale englobe l'agriculture et la chaîne qui va « de la fourche à la fourchette » : transport, industrie agro-alimentaire, ventes en gros et au détail, et restaurants.

2.1.6. Intégration et agrégation

2.24 Les comptes économiques, qu'ils soient privés, publics ou nationaux, fournissent des agrégats en termes monétaires. Au delà de l'aspect technique qui est d'avoir une unité de compte commune⁴⁰ (un numéraire⁴¹), il importe de noter que la monnaie exprime la valeur de n'importe quel bien, service ou actif, quelle que soit l'unité de mesure utilisée pour évaluer sa quantité physique. Le prix donné par les parties à une transaction sur le marché pour une quantité unitaire traduit un groupe de qualités qui peuvent être différentes pour les deux parties : rareté, coût de la production, utilité, valeur émotionnelle, etc. Cette équivalence générale permet la collecte de statistiques, l'agrégation d'éléments individuels et le calcul d'indicateurs macro-économiques clés.

2.25 Cette agrégation universelle ne serait pas possible avec des variables physiques pour lesquelles des équivalences ne sont pas fournies par une autorité externe, à la manière dont le marché le fait avec la monnaie et les valeurs (marchandes). Il existe d'importants agrégats physiques comme par exemple la population, l'emploi et l'énergie mais ils sont tous construits sur des fonctions d'équivalence spécifiques. L'agrégation est en fin de compte celle de valeurs qui expriment à la fois des quantités et leur équivalence. Il est donc clair qu'une unité comptable commune est nécessaire et pour intégrer les comptes écosystémiques et pour fournir des indicateurs agrégés. Les comptes du capital naturel écosystémique proposent donc de calculer la valeur écologique du capital écosystémique sur la base de la quantité et de la qualité.

2.26 La valeur écologique est un concept largement utilisé (voir l'exemple LEFT dans l'encadré 2.01 et la méthodologie Econd, 2.34 et Annexe II) mais qui n'est pas normalisé. La CECN-TDR prend en compte de la valeur écologique du capital écosystémique, pas celle des écosystèmes en général. Elle est proche de la définition donnée dans le glossaire des termes TEEB qui fait une distinction entre la valeur écologique et la valorisation économique :

- *Valeur écologique : L'évaluation non monétaire de l'intégrité, de la santé ou de la résilience des écosystèmes, qui sont tous des indicateurs importants pour déterminer les seuils critiques et les exigences minimales pour la fourniture des services de écosystémiques;*
- *Valorisation économique : Le processus consistant à exprimer la valeur d'un bien ou d'un service particulier dans un certain contexte (par exemple, la prise de décision) en termes monétaires.*

⁴⁰ Les chercheurs du Wenworth Group of Concerned Scientists (WGCS) en Australie appellent leur unité "Econd" une "monnaie" commune (2.34 et annexe II).

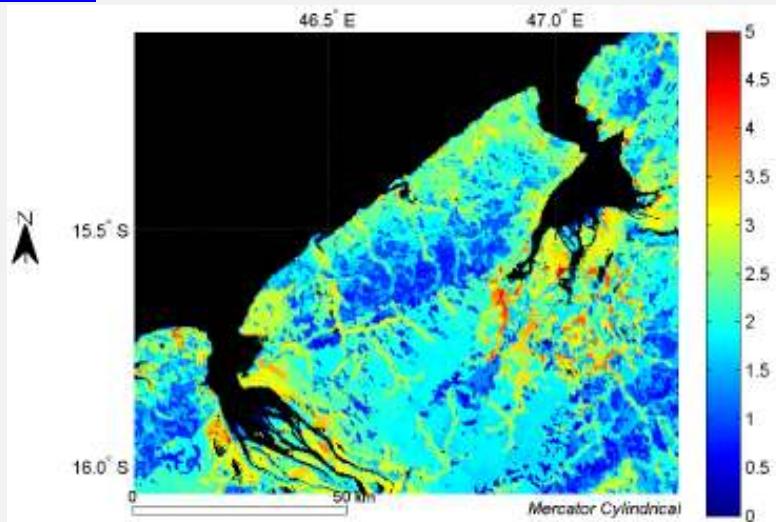
⁴¹ "Le numéraire est l'unité monétaire de mesure dans un modèle macroéconomique abstrait dans lequel il n'y a pas d'argent réel ou des devises. Une utilisation typique consiste à prendre une unité d'un bien particulier comme unité « monétaire » pour mesurer les salaires.." Source : About.com Economics, <http://economics.about.com/cs/economicsglossary/g/numeraire.htm> (consulté le 29 juillet 2014)

Encadré 2.01 Calcul des valeurs écologiques avec l'outil LEFT

LEFT est le *Local Ecological Footprinting Tool* créé par l'Oxford University Biodiversity Institute. Son but est d'"évaluer la valeur écologique des paysages au delà des aires protégées" afin de donner aux responsables de l'aménagement du territoire une alerte précoce concernant les zones de grande valeur écologique.

"La méthode utilise des bases de données et des modèles basés sur le Web disponibles au niveau mondial pour fournir un score écologique basée sur cinq principales caractéristiques écologiques (biodiversité, fragmentation, menace, connectivité et résilience) pour chaque pixel de 300 m dans une région donnée dans le monde."

<http://www.biodiversity.ox.ac.uk/researchthemes/biodiversity-technologies/assessing-ecological-value-of-landscapes-beyond-protected-areas-left/>.



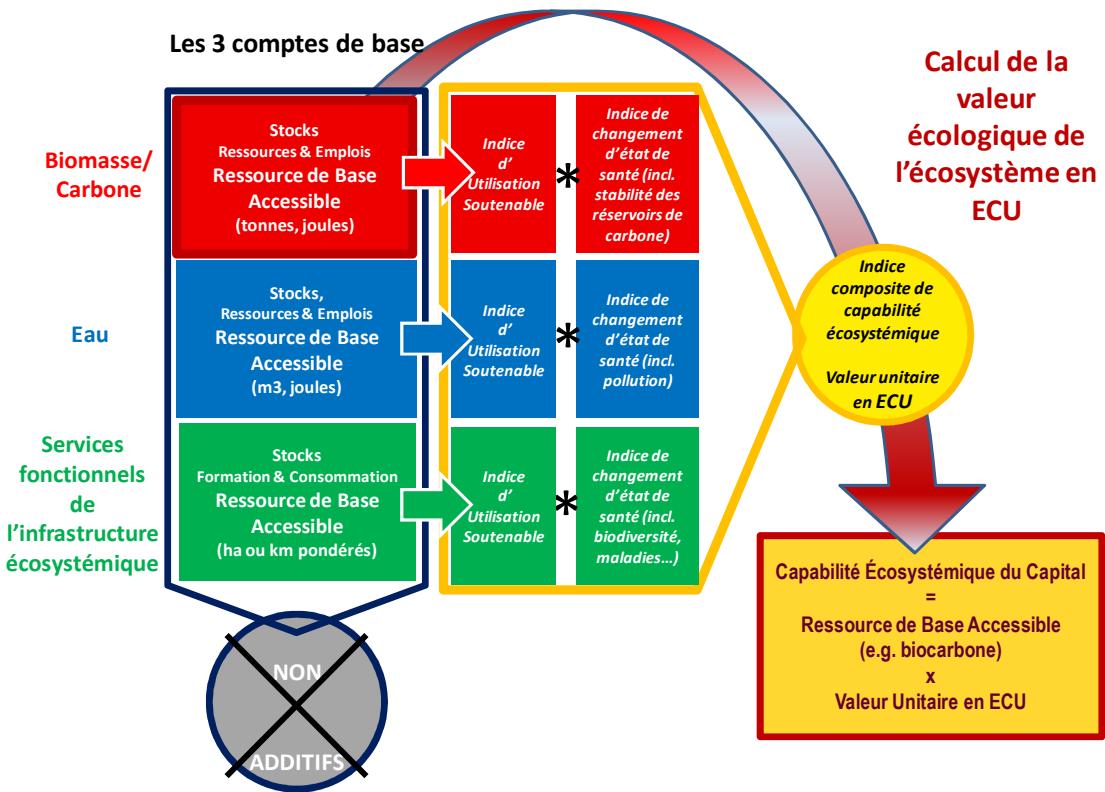
Cette carte présente la valeur écologique synthétique d'un site d'étude LEFT à Mahamavo, Madagascar (2012). Les zones en rouge indiquent une valeur écologique relative élevée; les zones en bleu indiquent une valeur écologique relative plus faible.

Source : http://www.biodiversity.ox.ac.uk/wp-content/uploads/2012/09/Mahamavo_GBIF.pdf (consulté le 18 août 2014)

2.27 L'unité utilisée pour mesurer la valeur écologique dans la CECN, à savoir l'ECU, permet de quantifier la dégradation ou l'amélioration de l'écosystème. De cette façon, il est possible dans la prise de décisions de passer d'ajustements spécifiques sur la base d'indicateurs autonomes à une approche macro permettant de contrebalancer les indicateurs macro-économiques⁴². Le calcul des valeurs en ECU est résumé dans la figure 2.01

⁴² Le SCEE-CEE décrit en termes généraux l'idée selon laquelle différents indices de caractéristiques écosystémiques peuvent être combinés en utilisant une monnaie commune ou un indice composite, mais il ne donne aucun conseil spécifique dans ce domaine. Une raison de cet état de choses est un manque de consensus quant à la manière d'agrégier les variables écosystémiques. L'agréat proposée de capacité du capital écosystémique et l'utilisation de la métrique ECU pour sa mesure ne devraient donc pas être considérés à ce stade comme s'inscrivant dans le cadre du SCEE-CEE mais comme une extension de celui-ci. Dans la CECN, cette extension est nécessaire pour calculer la capacité totale du capital écosystémique et sa dégradation ou son amélioration.

Figure 2.01 : Calcul de la valeur écologique du capital écosystémique en ECU



2.28 Dans la forme dans laquelle ils sont présentés, les comptes de base en tonnes ou en joules (biomasse/carbone), en mètres cubes (eau) ou en hectares pondérés (paysages et biodiversité) ne peuvent pas être additionnés. En revanche, des indices sans dimension peuvent être combinés pour produire un indice composite de la valeur écologique unitaire (équivalente à un prix écologique) exprimée dans une unité-équivalente monétaire, à savoir l'ECU. La procédure est la suivante : chacun des trois comptes quantitatifs de ressources accessibles est résumé par un indice de base d'utilisation durable. Cet indice de base est le ratio ressources accessibles sur utilisation ; il devrait toujours être ≥ 1 ; dans le cas contraire, il y a 'épuisement des ressources. Dans un deuxième temps, , chacun des trois indices quantitatifs de base est ajusté avec des indices qualitatifs qui traduisent les changements en matière de santé (stabilité des réservoirs de carbone, pollution de l'eau, changement de la biodiversité des espèces, etc.). Pour un écosystème donné, la quantité physique (en tonnes, m³, joules ou hectares) d'une ressource accessible de base multipliée par son prix-équivalent en ECU est sa capacité totale, sa valeur écologique. Cette valeur reflète tout ensemble les changements de quantité (soutenabilité de l'utilisation) et de qualité (santé) de l'ensemble de ses éléments.

2.29 C'est ainsi par exemple qu'un programme de reboisement qui exerce des pressions sur les ressources en eau et est accompagné d'un appauvrissement de la diversité biologique des espèces, durant les premières années au moins, sera mesuré comme une augmentation de la biomasse/carbone mais peut-être aussi comme une diminution de la valeur en ECU. Pour combler les écarts révélés par la performance mesurée en ECU, une forme de gestion est nécessaire qui tient compte des trois dimensions écosystémiques de base considérées ensemble au lieu de cibler une uniquement ressource particulière.

2.30 Les valeurs unitaires de capacité du système écosystémique (équivalents-prix) peuvent être multipliées par les quantités physiques d'une ressource accessible de base pour calculer les valeurs de la capacité de la biomasse/carbone, de la capacité de l'eau ou de la capacité des services fonctionnels de

la biodiversité mais les trois valeurs obtenues ne peuvent toujours pas être additionnées; l'une d'entre elles doit être choisie selon l'objectif des comptes. Ayant en vue de l'arbitrage d'ensemble à faire entre économie et écosystèmes, la proposition pour les CECN est de donner la prédominance au carbone écosystémique pour le calcul de la capacité totale du capital écosystémique. Ce faisant, l'agrégat écosystémique se raccorde plus directement à un éventail d'importantes questions comme la sécurité alimentaire, la demande d'énergie (en particulier de biocarburants), l'efficacité de l'utilisation des ressources et le réchauffement de la planète.

2.31 Comparées aux prix fictifs (shadow prices) en termes monétaires, les valeurs unitaires en ECU (équivalents-prix) présentent des similitudes dans la mesure où elles permettent une comparaison et une agrégation des valeurs d'objets hétérogènes. Toutefois, elles ne répondent pas au critère général de substituabilité de produits et d'actifs qui sous-tendent les prix monétaires fictifs. En termes de politique, la perspective d'une valorisation monétaire des services et actifs écosystémiques renvoie à la notion de soutenabilité faible où l'objectif est le maintien du revenu et de la richesse. L'ECU est conçu pour mesurer les distances aux objectifs à des fins de soutenabilité écologique, ce qui signifie qu'il y a une substituabilité limitée entre les écosystèmes et d'autres formes de capital. La perspective d'une valorisation écologique en ECU renvoie à la notion de soutenabilité forte. L'ECU vise à mesurer la valeur écologique des écosystèmes alors que les prix fictifs en monnaie visent à généraliser (au delà des marchés réels) leur valeur économique.

2.32 L'ECU est une construction; il est conventionnel et il doit être acceptable pour de nombreux acteurs, décideurs, entreprises et citoyens en tant qu'une représentation utile qui peut être prise en compte pour évaluer leur responsabilité vis-à-vis des écosystèmes, des biens public qu'ils utilisent. Le format doit donc être clair dans sa formulation, vérifiable pour ce qui est de sa mesure et juste pour ce qui est de ses conséquences. Le concept et le format de l'ECU sont examinés plus en détail à l'annexe III.

2.33 Un calcul en ECU est assez facile une fois que les éléments constitutifs sont en place. Différentes formules peuvent être expérimentées pour évaluer la sensibilité de l'indice. Cela est important puisqu'un agrégat comme la capacité totale du capital écosystémique doit mesurer la dégradation et l'amélioration d'une manière qui en permet l'utilisation dans des cadres de comptabilité nationale ou de comptabilité d'entreprise.

2.34 La nécessité d'avoir une devise (currency) pour mesurer l'état de l'écosystème est également préconisée par le Wentworth Group of Concerned Scientists en Australie : *"présenter des informations complexes en utilisant différents indicateurs pour une gamme de différents actifs est déroutant même pour les experts. Imaginez combien c'est est impossible pour les non-experts qui comptent sur cette information pour former des jugements avec toute cette complexité. La simple vérité est qu'ils ne le peuvent pas, et sont donc obligés de recourir à des opinions, et par conséquent nous avons un conflit quand nous devrions avoir un accord. La création d'une monnaie environnementale offre la possibilité de simplifier la complexité sans réduire les normes scientifiques qui créent cette information. En faisant ainsi, des états de comptes de l'état de l'environnement peuvent changer fondamentalement notre compréhension du développement et de l'environnement."* (Cosier, 2013). Cette devise ou monnaie est appelée Econd et mesure, sur une échelle de 0 à 100, la distance entre l'état actuel des écosystèmes de n'importe quel type et un critère de référence à n'importe quelle échelle. Ce critère est arrêté en référence à l'état de l'Australie à l'époque de sa découverte par les européens.

2.35 Dans l'Econd, l'état est mesuré selon la théorie de la santé de l'écosystème élaborée par David J. Rapport⁴³ à laquelle la CECN fait également référence. Rapport caractérise un syndrome de détresse écosystémique qui peut être identifié au moyen d'un diagnostic fondé sur une liste limitée de types de symptôme qui repose sur les notions d'organisation (intégrité, fonctionnement), de vitalité (robustesse,

⁴³ Rapport, D.J. et Singh, A. (2006). An Ecohealth-based framework for state environment reporting, *Ecological Indicators* 6, pp. 408–429, Elsevier, Pays-Bas, et David J. Rapport et Walter G. Whitford, 1999, How Ecosystems Respond to Stress, *BioScience*, Vol. 49, No. 3, pp. 193–203, American Institute of Biological Sciences, <http://www.jstor.org/stable/1313509> (consulté le 21 juillet 2014)

productivité) et de résilience. La prévalence des maladies (capacité d'héberger des populations en bonne santé) et le degré dépendance à l'égard d'apports artificiels sont incluses dans ce diagnostic. Le chapitre 7 discute la métaphore de la santé de l'écosystème en termes d'analogies et de différences avec la santé des organismes, et de son usage, au même titre que la santé de la population, un concept utilisé dans les sciences sociales.

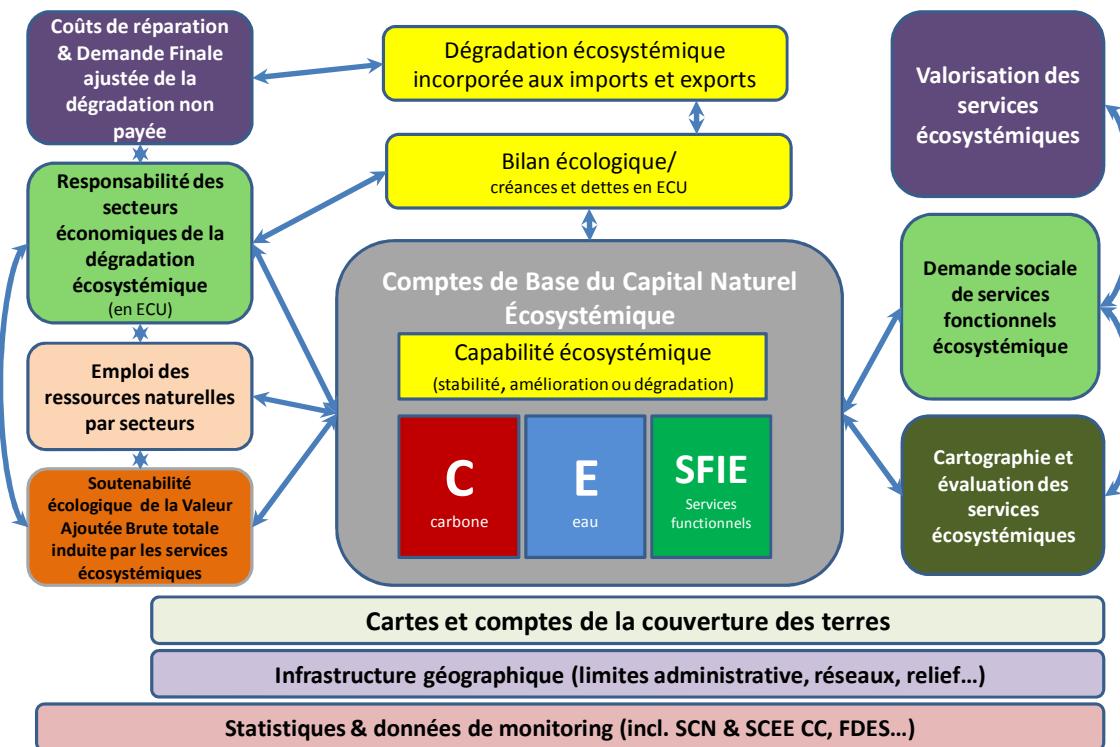
2.36 Aussi bien l'ECU que l'Econd traitent du même problème rencontré dans le domaine de la comptabilité environnementale, à savoir l'agrégation. Les deux intègrent la comptabilité environnementale et l'évaluation de la santé de l'écosystème telle qu'elle est mesurée par rapport à un critère de référence. Il y a cependant une différence dans le choix du critère nécessaire pour calibrer la mesure. L'Econd est mesuré par rapport à une situation historique qui correspond au potentiel naturel dégradé par des activités humaines⁴⁴. Un ECU est évalué à l'aide d'objectifs sociétaux. La dégradation du capital écosystémique en ECU a lieu principalement sur une base annuelle, de même que la consommation de capital fixe. Un deuxième critère de référence concerne les objectifs politiques généraux visant l'état de l'environnement tels qu'ils sont arrêtés dans les règlements, les lois ou les conventions. Ces objectifs sont en général définis par les organismes gouvernementaux chargés de l'environnement sur la base d'évaluations scientifiques et d'un débat social faisant intervenir les ONG; ils sont ratifiés par les parlements. Des critères de référence historiques peuvent être adoptés comme objectifs mais il arrive plus souvent que des objectifs soient fixés en tenant compte de l'irréversibilité du changement et des possibilités concrètes de restauration. C'est parce que les potentiels naturels ont différentes significations dans différentes parties du monde qu'un ECU est *à priori* préféré à l'Econd pour la -CECN-TDR.

2.1.7. Structure des comptes du capital naturel écosystémique

2.37 La structure des CECN (Figure 2.02) comprend une infrastructure de données et quatre groupes de tableaux. L'infrastructure se compose de couches de référence géographiques (limites administratives, réseaux, reliefs, etc.), de données de surveillance et de statistiques (y compris le SCN et le SCEE-CC, le FDES, les statistiques sectorielles, etc.). Le premier groupe de tableaux est celui des comptes centraux qui appuie le bilan écologique (deuxième groupe), lequel comptabilise les crédits et dettes d'origine nationale et étrangère. À gauche se trouve le troisième groupe qui est en rapport plus étroit avec le SCN, en particulier les tableaux qui ventilent l'utilisation des ressources et la dégradation de l'écosystème par secteurs. À droite, le quatrième groupe de tableaux couvre l'éventail tout entier des comptes des services écosystémiques : offre par les écosystèmes, demande sociale et valorisation en monnaie.

⁴⁴ Cette approche est similaire à celle de la production primaire potentielle nette utilisée comme critère de référence pour mesurer l'indicateur NPP (HANPP) de l'appropriation humaine. Elle se réfère implicitement au concept de climax utilisé en écologie, "the final stage of biotic succession attainable by a plant community in an area under the environmental conditions present at a particular time" (Encyclopédie britannique).

Figure 2.02 : Structure des comptes du capital naturel écosystémique



2.2. Une infrastructure simple et robuste

2.2.1. Définition des unités statistiques à des fins comptables

Unités théoriques et unités d'observation

2.38 Étant donné que les unités statistiques sur lesquelles le SCN repose (entreprises, ménages, administrations publiques, etc.) ne comptabilisent pas la dégradation de l'écosystème⁴⁵, il est nécessaire de définir à cette fin des unités appropriées, sur la base des caractéristiques des écosystèmes eux-mêmes.

2.39 À ce stade, il est important de faire une distinction entre les unités théoriques qui fondent le cadre analytique, et les unités d'observation qui en sont des représentations approchées pouvant être utilisées pour des raisons pratiques pour collecter des données.

2.40 Les unités statistiques théoriques pour les écosystèmes sont des systèmes typiques dans lesquels les éléments naturels et socio-économiques interagissent pour transformer des fonctions écosystémiques en biens et services. Dans la littérature, ils sont appelés systèmes socio-écologiques, socio-écosystèmes, géo-systèmes, éco-complexes ou paysages de production socio-écologiques (les *satoyama* et *satoumi* japonais).

⁴⁵ Dans les meilleurs cas, elles comptabilisent uniquement l'épuisement des ressources (bois ou stocks de poisson), puisqu'il affecte leur propre richesse mais pas la dégradation des fonctions écosystémiques, qui est une perte pour d'autres ou pour la communauté, une externalité.

Ce sont des unités fonctionnelles qui produisent des groupes de services écosystémiques élémentaires et qui peuvent être abordés à différentes échelles.

Figure 2.03 : Exemples de systèmes socio-écologiques : satoyama et satoumi



- 1) Un satoyama (*à gauche*) est une mosaïque d'écosystèmes terrestres et aquatiques composée d'espaces boisés, de plantations, de prairies, de terres agricoles, de pâturages, d'étangs d'irrigation et de canaux, l'accent étant mis sur les écosystèmes terrestres.
- 2) Un satoumi (*à droite*) est une mosaïque d'écosystèmes terrestres et aquatiques composée de littoraux maritimes, de littoraux rocheux, de vasières, de récifs coralliens, et de lits d'algues/herbes, l'accent étant mis sur les écosystèmes aquatiques.
- 3) Les paysages satoyama et satoumi sont gérés avec un mélange de savoirs traditionnels et de science moderne (réflétant le contexte socio-écologique).
- 4) La diversité biologique est un élément clé de la résilience et du fonctionnement des paysages satoyama et satoumi⁴⁶.

2.41 L'idée des systèmes socio-écologiques (SSE, en. SES) vient du fait qu'il est impossible de comprendre la nature sans la société et la société sans la nature. Les SSE sont des systèmes adaptatifs complexes. Il existe de nombreuses définitions plus ou moins équivalentes comme par exemple: "Un système socio-écologique se compose d'une unité bio-géo-phérique et de ses acteurs et institutions sociales associées. Les systèmes socio-écologiques sont complexes et adaptatifs et délimités par des frontières géographiques ou fonctionnelles délimitant des écosystèmes particuliers dans le contexte des problèmes rencontrés.". (Glaser et al. 2008). Le SSE est un puissant concept qui génère d'importantes recherches sur les thèmes de la résilience et de l'adaptation, pour ce qui ressortit par exemple aux changements climatiques.

2.42 Toutefois, pour être prises en compte dans la comptabilité, les SSE théoriques doivent être traduits en catégories statistiques qui peuvent être identifiées en termes pratiques. La solution consiste à utiliser des unités spatiales pouvant être cartographiées comme unités d'observation : géo-systèmes, unités de couverture terrestre, unités administratives fonctionnelles, unités de propriété, etc.

2.43 Le SCEE-CEE, 2.49 définit "Les unités statistiques de la comptabilité écosystémique sont des unités spatiales au sujet desquelles des informations sont collectées et des statistiques compilées". Une distinction est faite entre "les unités spatiales de base (USB), les unités fonctionnelles de couverture des terres écosystémiques (UCTE) et les unités comptables écosystémiques (UCE ; en. EAU)" (paragraphe 2.50). À des fins d'application, la CECN interprète et définit plus en détail ces types d'unités.

2.44 Grilles d'assimilation (USB) : une série de données est disponible sous la forme de fichiers images (raster) ou de grille vectorielle qui enregistrent pour chaque cellule une référence géographique et une

⁴⁶ *Satoyama-Satoumi Ecosystems and Human Well-being: Socio-ecological Production Landscapes of Japan – Summary for Decision Makers*. Université des Nations Unies, Tokyo (Japon), 2010
http://archive.ias.unu.edu/resource_centre/SDM-EN_24Feb2011.pdf (consulté le 29 juillet 2014)

valeur, comme une valeur radiométrique par exemple dans le cas de la télédétection. Ces grilles ont une échelle qui va de quelques centimètres (ortho-photographie et très haute résolution) à quelques mètres (images satellitaires à haute résolution), à des centaines de mètres (résolution moyenne), à un kilomètre (faible résolution) ou à quelques kilomètres (quelques données météo). Les unités spatiales de base peuvent être de telles cellules raster mais elles peuvent également encapsuler des statistiques regroupées ou agrandies en échelle en conséquence. Le cas échéant, des couches d'objets vectoriels peuvent facilement être converties en grilles⁴⁷. Dans la CECN, les grilles comptables vont de 10 m à 100 m (ou une grille de 1 ha) pour l'occupation des terres, et de 100 m à 1 km (la grille de 1 km²) pour l'assimilation des données.

2.45 Les unités analytiques utilisées dans la CECN sont des objets spatiaux définis à différents niveaux : unités assez homogènes correspondant aux services écosystémiques d'approvisionnement (comme par exemple les unités de couverture des terres écosystémiques (UCTE), systèmes socio-écologiques (comme par exemple les unités paysagères socio-écologiques (UPSE) et des zones topographiques de base (comme par exemple les sous-bassins fluviaux) où il est possible de saisir de larges interactions.

2.46 Les unités fonctionnelles de couverture des terres écosystémiques (UCTE) sont des objets géographiques biophysiques qui peuvent être cartographiés comme cela est recommandé dans le SCEE 2.50. Dans la CECN, elles comprennent des zones spatiales ainsi que des éléments linéaires comme les cours d'eau et les écotones.

2.47 Écotones : bien que rarement utilisée jusqu'ici en matière comptable et bien qu'elle ne figure pas dans la TDR de la -CECN, une autre catégorie d'objets géographiques biophysiques à prendre en compte est celle des **écotones**, les interfaces entre unités d'occupation des terres. Les littoraux, les berges des rivières ou les bordures entre forêts et champs sont des écotones. Etant donné que maintes espèces nécessitent plus d'un type de couverture terrestre, les écotones sont riches en biodiversité⁴⁸. Leur comptabilisation est une amélioration importante lorsqu'on prend en compte la biodiversité spatiale écosystémique qui ne peut pas être réduite à une statistique de surfaces.

2.48 Couverture des terres et utilisation des terres : étant donné que la couverture (ou l'occupation) des terres est tout à la fois une image des écosystèmes et de l'utilisation des terres, il n'y a pas de distinction stricte en termes d'unités statistiques. La distinction entre la couverture des terres et l'utilisation des terres a trait davantage au contenu et à la manière dont les données sont collectées. Compte tenu des utilisations potentiellement multiples d'une parcelle de terre donnée, cartographier celles-ci d'une manière complète n'est en général pas possible et la carte d'occupation des terres est souvent utilisée comme une représentation de la principale utilisation. L'occupation des terres, sauf lorsqu'elle est cartographiée à la résolution spatiale la plus fine, décrit des zones qui sont plus ou moins hétérogènes ou mixtes. Les statistiques d'utilisation des terres, collectées par le biais d'enquêtes administratives ou d'échantillonnage aréolaire, complètent donc l'occupation des terres avec des attributs utiles, utilisables à des fins comptables.

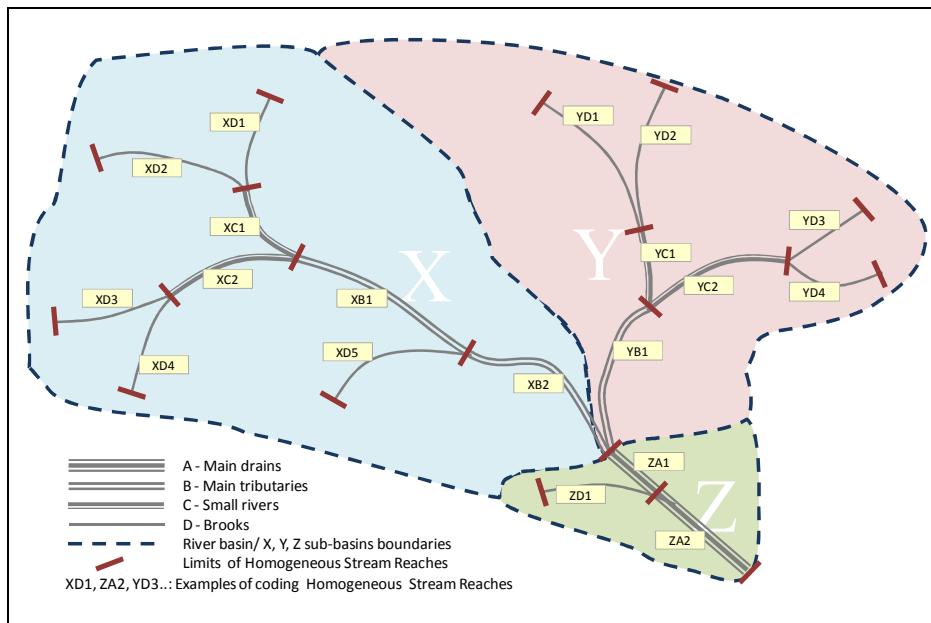
⁴⁷ La carte de CORINE Land Cover (CLC) est produite par photo-interprétation d'images satellitaires et ses produits typiques sont des polygones qui façonnent les unités et les changements d'occupation des terres. La base de données CLC est distribuée en format vectoriel et dans deux formats de grille (raster). Le premier raster est produit par une rastérisation des fichiers vectoriels avec des pixels de 100 m x 100 m qui sont proches de la résolution géographique originale de la carte. Une autre couche est une trame de 250 m x 250 m qui peut être utilisée lorsqu'une moins grande exactitude est nécessaire, son avantage étant qu'elle permet des calculs plus rapides. Enfin, les données CLC sont généralisées dans une grille de 1 km x 1 km au moyen de la méthodologie CORILIS pour laquelle chaque les statistiques de chaque cellule pour couche sont lissées pour obtenir des valeurs dans le voisinage et réduire les artefacts résultant du processus de conversion en grille. Les grilles de 100 m, 250 m et 1 km sont strictement conformes à la norme définie dans la réglementation européenne INSPIRE. Etant donné que d'autres institutions européennes et nationales utilisent les mêmes normes, les données maillées peuvent être échangées en toute sécurité et les tâches de reprojection antérieurement nécessaires éliminées.

⁴⁸ "En écologie du paysage, un écotone est la zone frontalière où deux patchs de composition écologique différente se rencontrent. L'écotone contient des éléments des deux communautés riveraines ainsi que les organismes qui sont caractéristiques du seul écotone et limités à lui!." Source : R. Graves in Earth Encyclopedia, <http://www.eoearth.org/view/article/152345/> (consulté le 14 juillet 2014).

2.49 Occupation du fond des mers : par extension de la couverture des terres (au sens étroit), les zones côtières pour lesquelles l'occupation du fond des mers peut être cartographiée constituent les UCTE qui correspondent aux pâties marines et aux lits d'algues, aux récifs coralliens, etc.

2.50 Les cours d'eau sont un autre type d'unité spatiale qui est sous-divisée en sections homogènes, de la manière proposée dans le chapitre VII du SCEE-Eau consacré aux comptes de qualité de l'eau⁴⁹. Les tronçons (ou biefs) de cours d'eau homogènes (TCH ; en. HSR) sont des segments délimités par deux confluences. Ils sont mesurés en kilomètres et dans des unités standard de mesure des rivières (USMR ; en. SRMU) initialement appelées kilomètres standardisés de rivière (SRKm)⁵⁰, définis comme $1 \text{ km} \times 1 \text{ m}^3 \times 1 \text{ second}^{-1}$. Cette unité permet l'agrégation de rivières, des très petites aux très grandes, la valeur des premières étant plutôt fonction de leur longueur et celles des secondes de leur débit. Elles sont utilisées dans le SCEE-Eau pour pondérer les indices de qualité de l'eau observés par stations de mesure ainsi que pour la comptabilisation du capital écosystémique. Les biefs de cours d'eau homogènes sont classés selon leur rang dans le graphique de Strahler et en fonction de leur taille. Le SCEE-Eau propose quatre classes de sections : principales rivières (drains principaux), principaux affluents, petites rivières et ruisseaux. Les tronçons de cours d'eau homogènes (TCH) sont des sous-ensembles des unités de système rivière (USR ; en. RSU) qui sont elles-mêmes des partitions du réseau hydrographique tout entier contenu dans les limites d'un bassin ou sous-bassin fluvial (Figure 2.04).

Figure 2.04 : Bassins fluviaux, rivières et tronçons de cours d'eau homogènes



2.51 Les unités de couverture des terres écosystémiques (UCTE; en. LCEU) sont assez homogènes et bien corrélées aux services d'approvisionnement. Toutefois, elles ne sont pas suffisantes à elles seules pour décrire les fonctions écosystémiques et les services qui dépendent de plus d'une UCTE, ce qui est le cas de plupart des services écosystémiques de régulation et socioculturels. De là, la nécessité d'avoir des unités d'un niveau de complexité plus élevé : USR (décrisées ci-dessus dans la présentation des unités de rivière), UPSE et UMC.

⁴⁹ SEEA Water, VII, Water Quality Accounts

<http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaw/seeawaterwebversion.pdf> (consulté le 14 juillet 2014).

⁵⁰ Également appelées unités standard des rivières (USR) dans le SCEE-Eau. Pour éviter les risques de confondre les acronymes, la CECN utilise dans ce cas USMR au lieu de USR.

2.52 En termes pratiques, les unités paysagères socio-écologiques (UPSE) et les unités marines côtières écosystémiques (UMC ; en. : MCU) sont définies par une combinaison de caractéristiques géophysiques et d'occupation/utilisation des terres. Par rapport aux classifications écosystémiques, elles se trouvent à un niveau très agrégé, une simplification nécessaire à des fins statistiques. Le choix de zones géographiques pour intégrer les comptes écosystémiques dépend principalement du contexte géographique. Il n'est pas possible à ce stade de proposer une norme unique mais il est possible d'énoncer des principes communs.

2.53 S'agissant des écosystèmes intérieurs, les unités paysagères socio-écologiques (UPSE) reposent sur le relief et une couverture dominante des terres. Le relief est utilisé pour cartographier les limites des bassins et sous-bassins versants ainsi que des classes d'altitude corrélées avec le climat. Les bassins et sous-bassins versants définissent les limites des unités de système rivière (USR) qui sont comptabilisées séparément des UPSE. De la même manière que les UPSE peuvent être décomposées en UCTE, les RSU sont décomposées en tronçons (ou biefs) de cours d'eau homogènes (TCH ; en. : HSR) (Figure 2.04).

2.54 Les bassins fluviaux peuvent être sous-divisés selon le relief afin d'identifier par exemple les zones côtières intérieures, les basses terres, les hautes terres et les montagnes. Dans des contextes géographiques où les eaux souterraines sont la principale ressource, les bassins peuvent également être sous-divisés selon les limites des aquifères.

2.55 La composante biophysique des UPSE est calculée à partir de la carte des UCTE qui est généralisée pour produire des types dominants de couverture des terres. La méthodologie est présentée au chapitre 3.

2.56 La méthodologie des UPSE a été appliquée dans deux contextes différents, à savoir en Europe et à Maurice, avec des variantes concernant les échelles géographiques et le choix des dimensions. Dans les deux cas, les types dominants de couverture des terres ont été calculés et recoupés avec les limites de bassins versants. Les figures 2.05 et 2.06 illustrent l'approche suivie.

**Figure 2.05 La production d'UPSE pour les comptes du capital écosystémique
(CCE ; en. : ECA) de l'Europe (AEE)**

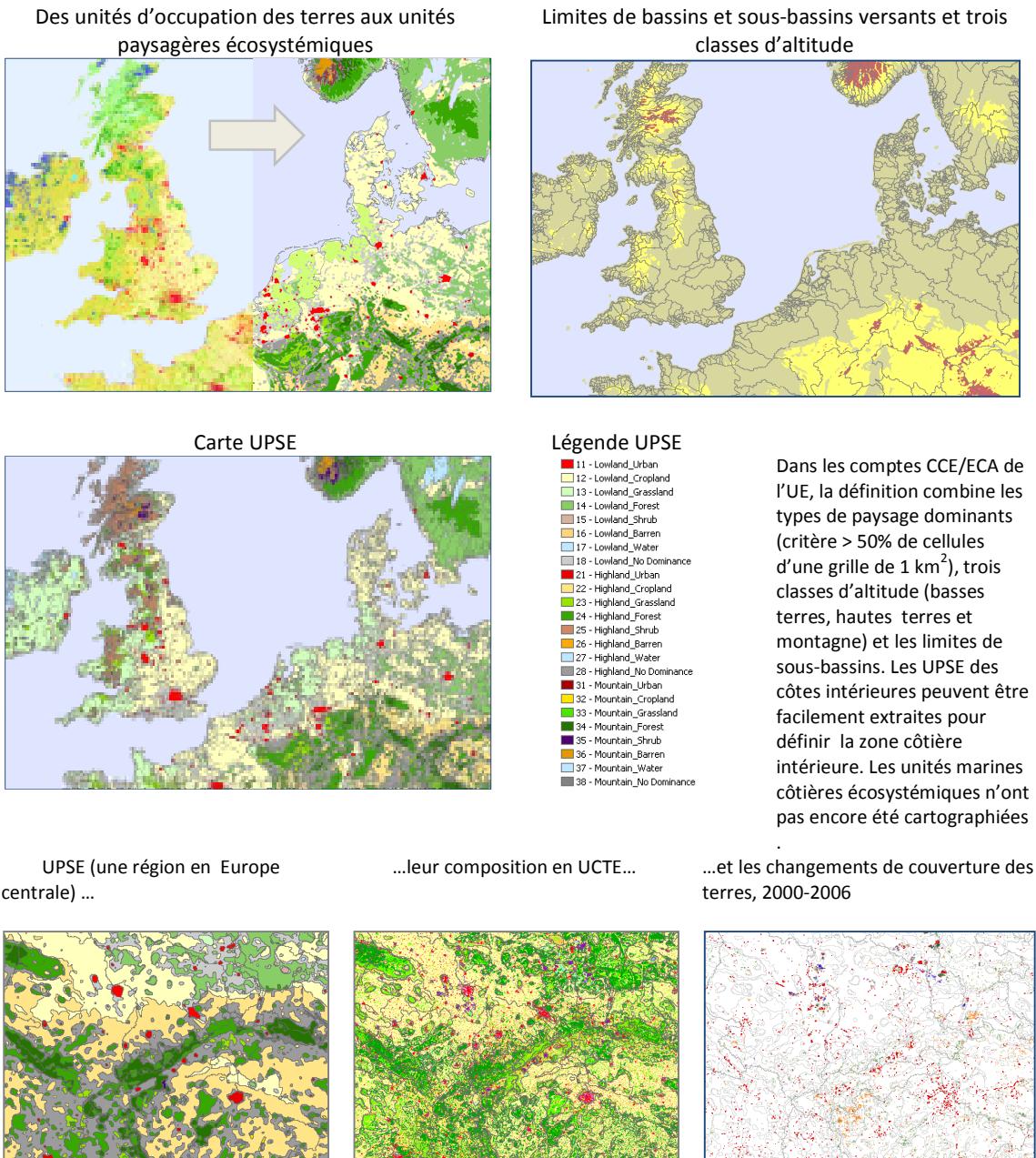
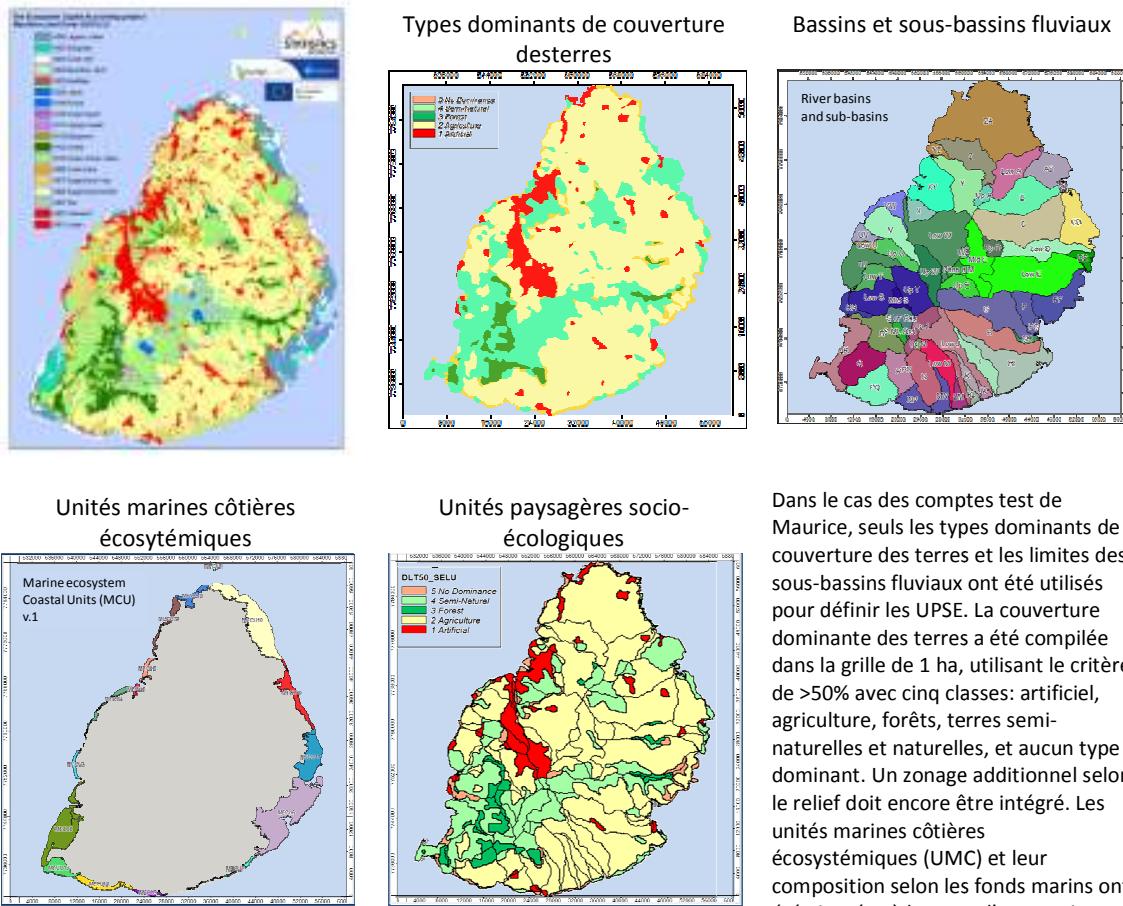


Figure 2.06 : La production de la carte et du répertoire des UPSE pour la CECN à Maurice (version préliminaire 2013)



Dans le cas des comptes test de Maurice, seuls les types dominants de couverture des terres et les limites des sous-bassins fluviaux ont été utilisés pour définir les UPSE. La couverture dominante des terres a été compilée dans la grille de 1 ha, utilisant le critère de >50% avec cinq classes: artificiel, agriculture, forêts, terres semi-naturelles et naturelles, et aucun type dominant. Un zonage additionnel selon le relief doit encore être intégré. Les unités marines côtières écosystémiques (UMC) et leur composition selon les fonds marins ont été ajoutées à la carte d'occupation des terres.

2.57 La référence aux unités comptables écosystémiques est importante pour comprendre les résultats comptables car elle donne un contexte clair pour l'analyse. C'est ainsi par exemple qu'un même montant d'étalement urbain dans une zone à prédominance urbaine sera très différent du même montant dans un paysage agricole ou, bien sûr, dans une zone boisée. Les zones où aucune dominance n'a été identifiée revêtent un intérêt particulier puisqu'elles correspondent souvent à un stade précoce de transition.

2.58 Des critères additionnels peuvent être inclus comme un accès possible à l'eau souterraine qui est important dans les régions arides. Les limites d'entités administratives comme les parcs naturels peuvent être assez facilement utilisées comme UPSE, puisqu'elles sont en général assez homogènes. D'autres zonages comme les biorégions, les écozones ou les écorégions et les cartes écosystémiques existantes peuvent être prises en compte. En raison des différences d'échelle et pour éviter de produire un nombre excessif d'intersections, ces catégories seront en général mieux prises en compte comme attributs dans la classification des UPSE que dans la définition même de leurs limites.

2.59 Le modèle de données utilisé pour la CECN où les données sont dans un premier temps assimilées selon des grilles emboîtées donne la souplesse nécessaire pour la présenter des rapports par UPSE, bassins fluviaux et unités administratives – pays, régions, zonages utilisés à des fins de planification, etc.

2.2.2. Utilisation de sources de données régulières

2.60 Un démarrage rapide requiert l'utilisation de données existantes, même si elles peuvent être dans de nombreux cas insuffisantes, plutôt que d'attendre que des données idéales deviennent disponibles. Les objectifs de la TDR sont d'ouvrir un dialogue avec les différents acteurs concernés sur la base de données concrètes afin de les aider à comprendre le potentiel de l'outil comptable et, dans le même temps, d'aider les producteurs (statisticiens, géographes, économistes, scientifiques, etc.) à comprendre les besoins et priorités de parties prenantes potentielles. Les premiers résultats seront imparfaits certes mais ils aideront à identifier là où des travaux additionnels doivent être fait en raison de l'utilité sociale des comptes et de la qualité statistique et scientifique qu'attendent les utilisateurs.

2.61 En principe, aucune collecte de nouvelles données primaires n'est nécessaire pour la TDR, la réutilisation de données collectées à d'autres fins par différentes organisations étant préférée. Cela inclut en particulier les données collectées (et traitées le cas échéant) pour d'autres programmes – GIEC, Météo, FAO, Observation de la Terre par satellite, statistiques environnementales et socio-économiques nationales, programmes de surveillance et de monitoring, etc. Une exception à ce principe peut concerner la couverture des terres. Pour en tenir compte, il faut des cartes de stocks et un suivi des changements qui soit de bonne qualité. Dans la plupart des cas, une simple soustraction entre deux cartes peut être trompeuse puisque le changement réel peut être confondu avec le bruit résultant d'imperfections cartographiques dans chacune des sources. Du fait de l'importance de l'information sur la couverture des terres pour les comptes et de la nécessité d'avoir des séries chronologiques cohérentes pour principaux changements (développement urbain, déboisement et boisement, changements du paysage agricole, etc.), il peut s'avérer nécessaire d'améliorer ou de réviser les données actuellement disponibles sur l'occupation des terres. Cette question est examinée dans le chapitre 4 où des solutions possibles sont proposées, selon ce qui est actuellement disponible dans le pays et dans les programmes internationaux. Les données étant souvent collectées à d'autres fins que des fins comptables, leur pertinence devra être vérifiée.

2.62 Les statistiques socio-économiques sont beaucoup utilisées à des fins comptables : statistiques locales/régionales sur les établissements humains, la population, l'agriculture et la foresterie, la pêche, etc. Et c'est parce qu'elles sont des statistiques officielles que les décideurs dans leurs zones respectives les connaissent bien, ce qui facilite leur compréhension des variables correspondantes du capital écosystémique. Pour la CECN, ces statistiques seront collectées à l'échelle la plus détaillée disponible (municipalités, pays, régions) et retraitées en fonction de l'occupation/utilisation des terres afin d'alimenter la grille standard (les "unités spatiales primaires" (USP) de la SCEE-CEE). Lorsqu'il existe des statistiques socio-économiques, elles doivent être la principale entrée comptable.

2.63 Un autre ensemble de données utilisé à des fins comptables est la série de statistiques environnementales collectées de par le monde soit par les offices statistiques nationaux soit par des organismes environnementaux. La révision 2013 du Cadre des Nations Unies pour le développement des statistiques de l'environnement (FDES) a fait intervenir plusieurs comptables de l'environnement dans son groupe de travail pour assurer la plus grande cohérence entre les programmes. Les statistiques de l'environnement sont par conséquent une autre source de données importante pour la comptabilité.

2.64 Les données de monitoring ou de surveillance varient selon les pays. Les réseaux réguliers recouvrent la météorologie, la pollution, la biodiversité et la santé humaine. Des études à intervalles réguliers comme les inventaires forestiers effectués tous les 5 à 10 ans sont également des sources de données importantes car elles produisent des évaluations exhaustives qui peuvent servir à calibrer les comptes de référence. Le cadre CECN ne précise pas les données particulières à utiliser, ce qui incombe aux organismes et scientifiques nationaux, mais il explique le but des variables comptables (le résultat attendu) afin d'aider les spécialistes à soumettre comme source pour comptes les résultats de surveillance disponibles les meilleurs.

2.65 L'observation de la Terre par satellite est une vaste source de données collectées avec de nombreux instruments (capteurs des satellites et systèmes coordonnés de vérité terrain), à différentes fins de surveillance (occupation des terres, végétation en général, forêts, zones humides, variables climatiques, état de l'eau...) et par de nombreuses agences qui sont maintenant coordonnée au sein du Système mondial des systèmes d'observation de la Terre (GEOSS) du Groupe intergouvernemental sur

l'observation de la Terre (GEO). Un aspect important est que de grands ensembles de données pour de longues périodes sont mis gratuitement à disposition par plusieurs de ces agences et qu'ils sont faciles à utiliser comme source de données pour la TDR et probablement plus tard.

2.66 La source des données géographiques de base (limites administratives, topographie, relief, réseaux routiers et fluviaux, etc.) est normalement les agences cartographiques et souvent les agences de l'eau, ainsi que les ministères de l'aménagement du territoire et des travaux publics. Comme dans le cas des statistiques, la priorité devrait être accordée aux données géographiques officielles. Dans la mesure où elles sont utilisées par les départements système d'information géographique (SIG) de nombreux ministères techniques, ces données constituent une norme juridique ou *de facto* et leur respect dans l'établissement des comptes facilitera l'utilisation de ceux-ci par les parties prenantes. Attention particulière doit être portée à la grille régulière (ou au système de grilles) doit être définie. Si elle n'existe pas déjà⁵¹ et doit être produite à partir de zéro, il est recommandé de la faire valider par l'agence autorisée (origine, système de projection et géoïde de référence). Cette grille, avec laquelle les bases de données et comptes de la -CECN-TDR sont gérés, sera utilisée plus tard de manière systématique pour l'échange de données entre partenaires.

2.2.3. Un modèle de données simple qui combine des grilles pour l'assimilation des données et des objets géographiques pour l'intégration des données

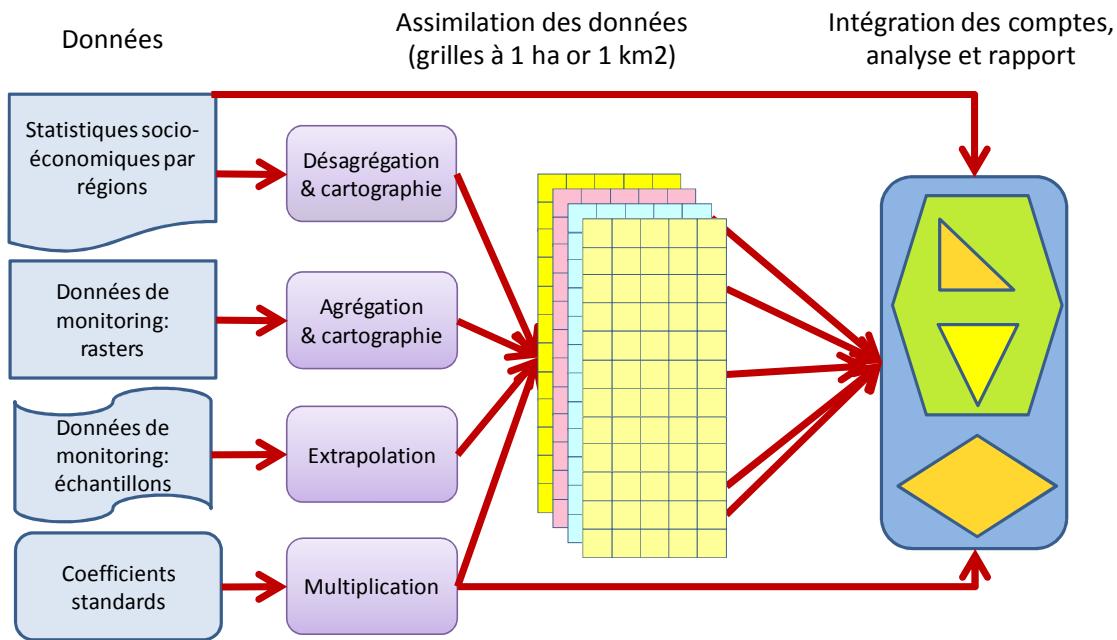
2.67 Les sources de données sont très diverses et comprennent notamment des statistiques socio-économiques régulières, des données de stations de monitoring de l'eau, de l'air, de la biodiversité et de la sécurité sanitaire, des études périodiques par sondage, des inventaires, des images satellitaires d'observation de la Terre ou des observations de botanistes ou d'ornithologues amateurs ... Les données comprennent également les résultats de modèles physiques (dans le domaine de la météo en particulier) ainsi que des coefficients et valeurs par défaut estimés par la recherche.

2.68 Dans la mesure du possible, les données sont converties en grilles (rasters) et stockées à différentes tailles, typiquement 10 m, 100 m, 250 m et 1 km. Les grilles facilitent une série de calculs nécessaires pour la comptabilité, y compris le lissage gaussien utilisé pour les analyses de voisinage et la généralisation statistiques de données à haute résolution. Les statistiques collectées par des unités institutionnelles sont rééchantillonnées par grilles.

2.69 Les unités comptables écosystémiques (UCTE, UPSE, UMC, RSU, BH, bassins versants et autres unités spatiales) sont des objets géographiques. Dans le SIG, elles sont comptabilisées comme polygones ou polylignes avec des attributs, qui sont leur identifiant, leur classification et toutes les données stockées principalement comme des fichiers par grilles et extraites pour produire les comptes.

⁵¹ La directive INSPIRE de 2007 établit une infrastructure pour l'information spatiale en Europe à l'appui des politiques environnementales de la Communauté ainsi que des politiques ou activités qui peuvent avoir un impact sur l'environnement. Elle comprend une grille standard qui est maintenant utilisée d'une manière systématique.

Figure 2.07 : Le modèle de données CECN : principaux flux de données pour compiler des comptes



2.2.4. Exécution non liée à des logiciels particuliers

2.70 Les logiciels utilisés pour la comptabilité écosystémiques sont les suivants :

- tableurs;
- systèmes de gestion des données (facultatif initialement);
- SIG, capacités de traitement des vecteurs, rasters ou grilles;
- logiciels d'analyse statistique (facultatif);
- systèmes de traitement des images satellitaires (facultatif).

2.71 Les logiciels (ou progiciels) commerciaux et les logiciels gratuits ou libres (notamment à code source ouvert) peuvent être utilisés à des fins de comptabilité écosystémique d'une manière professionnelle. Le choix d'une solution dépend de la politique du service informatique de l'organisation quant aux investissements logiciels et aux questions (et frais) de maintenance et de formation. Dans des organisations déjà bien équipées, il n'y a pas à ce titre de problème particulier. Les organisations qui n'ont pas déjà de logiciel adapté peuvent être en mesure d'utiliser des logiciels gratuits. Tous les logiciels devraient être exploités sur un bon ordinateur portable, sachant que la base de données devrait être d'environ quelques centaines de gigabits (plusieurs centaines si elle inclut des images satellites à haute résolution pour de longues séries chronologiques). Les logiciels commerciaux ainsi que les logiciels gratuits ont des interfaces conviviales qui permettent un démarrage rapide mais une formation peut être nécessaire, en particulier pour ce qui est des calculs SIG. Le traitement des images satellites exigera des compétences spécifiques mais les images prétraitées ne soulèvent pas de grandes difficultés par rapport à d'autres ensembles de données SIG.

Annexe I : Dégradation du capital écosystémique et consommation de capital dans les comptes nationaux

Dans le SCN 2008, l'épuisement des ressources naturelles est essentiellement comptabilisé comme une dépréciation dans le compte d'accumulation, un "*autre changement de volume*"⁵². La consommation de capital naturel, qui serait la contrepartie flux de l'épuisement, ne fait pas partie des comptes centraux du SCN bien que sa possibilité soit examinée dans ce contexte (chapitre 20) comme étant la mesure facultative des stocks de capital basée sur la théorie des services du capital⁵³. Le but est d'améliorer la mesure des stocks, pour ce qui est en particulier des questions liées à la productivité des facteurs. La valorisation des ressources naturelles est traitée dans les paragraphes 20.46 à 20.50 mais il n'est pas envisagé de prendre en compte ses conséquences pour le calcul des agrégats du SCN (en particulier la déduction de la consommation de capital naturel du revenu net et de l'épargne nette) : "Ceci mène clairement au domaine de la comptabilité dite "verte" et à la possibilité de comptabiliser la consommation de capital naturel ainsi que la consommation de capital fixe dans un compte satellite, un autre mode de présentation des comptes nationaux" (SCN 20.48). Un seul petit paragraphe dans les comptes satellites du chapitre 29 mentionne cette possibilité.

Le SCEE Cadre Central élargit donc la proposition du SCN 2008 et définit les règles de mesure en unités physiques et les principes de valorisation de l'épuisement. "L'épuisement se rapporte à l'utilisation physique complète de ressources naturelles par le biais de l'extraction. En termes monétaires, il représente la diminution des recettes futures pouvant être tirées d'une ressource du fait de l'extraction" (SCEE CC paragraphe 5.69). Tandis que l'épuisement physique a trait au champ élargi des actifs naturels, la valorisation des actifs et l'épuisement monétaire concordent strictement avec la définition du SCN: "Dans le Cadre central, conformément au SCN, la portée de l'évaluation est limitée aux avantages revenant aux propriétaires économiques. Un propriétaire économique est l'unité institutionnelle habilitée à revendiquer les avantages découlant de l'utilisation d'un actif dans le cadre d'une activité économique parce qu'elle accepte les risques associés à celle-ci. De plus, conformément au SCN, un actif est une réserve de valeur représentant un avantage ou une série d'avantages revenant au propriétaire économique du fait de la détention ou de l'utilisation d'un bien pendant une période donnée." (SCEE CF paragraphe 5.32). Une des conséquences est que la dégradation de l'écosystème, qui est liée non seulement à l'extraction d'une ressource dans un actif mais aussi à la perte connexe d'un ensemble d'autres services produits par l'écosystème ainsi qu'aux impacts externes sur d'autres écosystèmes avoisinants, régionaux et même mondiaux (par exemple les effets des émissions de GES sur le climat et l'atmosphère sont une dégradation), n'est pas couverte.

La dégradation due aux activités humaines est comptabilisée dans le SCEE-CEE. La CECN comptabilise la dégradation (et de la même façon, l'amélioration) de tous les écosystèmes en unités physiques comme une perte (ou un gain) de capacité, qui est la capacité durable de fournir des services. Les services considérés sont les ressources épuisables comptabilisées dans le SCEE-CC ainsi que tous les autres services mis potentiellement à disposition par les fonctions écosystémiques. Dans de nombreux cas, ces autres services ne sont pas "*extraits*" ou ne fournissent pas des "*avantages*" aux "*propriétaires économiques*". Pour le propriétaire économique, leur dégradation est dans la plupart des cas une externalité, ce qui signifie un coût pour d'autres ou la communauté, un coût qu'il ne doit pas payer lui-même. Lorsque ces autres services sont importants pour le renouvellement de l'écosystème lui-même ou pour l'écosystème élargi dans lequel il est incorporé, ils peuvent être considérés comme des "*biens publics*".

La mesure du capital écosystémique selon la théorie économique "standard" où la valeur du capital est égale à la valeur nette actualisée des bénéfices attendus requiert l'estimation de la valeur marchande des services non commercialisés, utilisant pour ce faire des prix monétaires fictifs. Si cette valorisation est faite, il est en principe possible de calculer la richesse « totale » ou « inclusive ». Le patrimoine écosystémique fait dans ce cas partie de cet agrégat et la dégradation est similaire à l'épuisement, une contrepartie de la dépréciation mesurée en tant que perte de bénéfices. Une importante conséquence de l'utilisation de prix monétaires virtuels est la nécessité d'accepter la substituabilité complète entre le capital écosystémique et d'autres formes de capital et de limiter la dégradation de l'écosystème à ses conséquences en termes de perte de bien-être économique.

Options pour ajuster les agrégats des comptes nationaux de l'épuisement et de la dégradation du capital naturel

Si l'épuisement d'actifs économiques naturels et la dégradation du capital écosystémique peuvent être estimés et valorisés,

⁵² "Par exemple, on inclut dans le compte des autres changements de volume d'actifs l'épuisement de réserves minérales ou énergétiques résultant de leur utilisation dans la production, ainsi que la destruction d'actifs fixes à la suite de catastrophes naturelles (inondations, séismes, etc.)". SCN 1.47

⁵³ SCN 2008, 20 : Services de capital et comptes nationaux

le montant obtenu pourrait être utilisé pour ajuster les agrégats du SCN. Il n'y a pas une seule possibilité mais deux options.

La première option consisterait à soustraire l'épuisement des actifs économiques naturels ainsi que la dégradation du capital écosystémique du produit intérieur net ou du revenu national net et des agrégats suivants (excédent d'exploitation et épargne nette). Cette soustraction est similaire à celle de la consommation de capital fixe (CCF) qui est également soustraite lorsqu'on passe des valeurs agrégées brutes aux valeurs nettes. C'est ce qui est fait avec l'épuisement des ressources dans le SCEE-CC : une déduction du revenu net comme il est suggéré dans le SCN 2008, 20, *Services de capital et comptes nationaux*. Il y a cependant une différence entre les deux ajustements. L'épuisement des ressources fait partie des recettes générées par la production mais il est comptabilisé à tort comme un revenu alors qu'il devrait être traité comme une perte d'actifs économiques des producteurs. La dégradation de l'écosystème quant à elle concerne la perte de fonctions liées davantage à une capacité de renouvellement futur et au vaste éventail des services, qui sont principalement des biens publics. Cette perte additionnelle n'est pas pour le propriétaire des actifs mais pour d'autres. Elle est une externalité et ne fait pas partie de ses recettes, ni du PIB. Si la soustraction de l'épuisement du produit ou du revenu net peut être considérée comme rationnelle, l'utilisation de la même méthode avec la dégradation du capital écosystémique serait artificielle et l'agrégat final ajusté en termes opérationnels une signification incertaine.

La deuxième option pour comptabiliser la consommation de capital écosystémique consiste à ajouter ce coût impayé à la demande finale de biens et services. L'agrégat ajusté de consommation révélerait que les prix d'achat ne couvrent pas le coût intégral ou complet de la consommation. Dans cette approche, la dégradation incorporée dans des biens importés de pays qui dégradent leurs écosystèmes devrait être comptabilisée de la même façon et ajoutée à la dégradation intérieure. Pour ce qui est du message, le calcul du coût intégral de la demande finale donne à penser qu'il devrait être payé⁵⁴. À noter que, s'agissant de l'épargne nette, l'ajustement serait le même que lors de l'ajustement portant sur le produit ou le revenu au lieu de la demande finale.

Avec ces deux options, les coûts impayés d'entretien de l'écosystème devraient être équilibrés par un poste approprié puisqu'ils ne sont pas inclus dans le total des recettes. Ces coûts sont dans la réalité transférés à d'autres, des acteurs privés au public, et aux générations futures. C'est par conséquent une dette qui devrait être comptabilisée comme une création de dettes écologiques dans le bilan.

Annexe II : Sur la « monnaie » Econd

“Un système de comptes (écosystémiques) de l’environnement devrait être construit autour d'une unité de mesure commune qui est capable d'attribuer une valeur à tous les actifs environnementaux et indicateurs de la santé des écosystèmes.

L'adoption d'un système de comptes (écosystémiques) de l'environnement fondée sur des repères des états de référence crée cette monnaie commune du point de vue de la santé de l'écosystème. Cela signifie qu'un actif environnemental comme une forêt peut avoir à la fois une valeur monétaire et une valeur écologique. Le résultat est un système transparent de comptabilité où l'impact de l'activité économique (à la fois positif et négatif) sur la santé environnementale peut réellement être mesuré.”

“De la même manière que les pays identifient leurs monnaies économiques avec un titre (Dollar, Yuan, Euro, etc.), il est également utile de donner un nom à l'unité de mesure de la santé de l'écosystème. Dans cet article, nous appelons l'unité de mesure de la santé des écosystèmes un Econd. (de « Ecosystem Condition » ndt)

Un Econd une mesure accréditée, une métrique ou un modèle qui sur une échelle de 0 à 100 qui exprime l'état de santé d'un actif environnemental ou un indicateur de l'écosystème basé sur un repère de l'état de référence..”

A Common Currency for Building Environmental (Ecosystem) Accounts

Peter Cosier et Jane McDonald, Wentworth Group of Concerned Scientists

Paper LG/16/22, 16^e réunion du London Group on environmental accounting, 25–28 octobre 2010, Santiago (Chili)

http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/londongroup/meeting16/LG16_22a.pdf (consulté le 14 juillet 2014).

⁵⁴ Si le CCE incorporé dans les importations est comptabilisé et ajouté au CCE intérieur, le calcul du coût complet ou intégral de la demande finale se ferait l'écho des préoccupations des mouvements des consommateurs qui visent à organiser une distribution commerciale équitable où les bas prix de produits importés ne sont pas la simple conséquence d'une rémunération excessivement basse des producteurs, de conditions sociales inférieures aux normes internationales, du travail d'enfants et du non-respect de l'environnement.

"Nous pouvons mesurer la dégradation par la mesure de l'état de nos actifs environnementaux. L'état est une mesure scientifique de la capacité d'un actif environnemental de continuer à offrir des avantages à la société et incorpore des éléments à la fois de quantité d'un actif (la zone d'une forêt par exemple) et qualité de cet actif (par exemple, la diversité des espèces végétales et animales qui peuplent cette forêt).

Nous avons besoin d'une approche agréée en commun, réalisable et abordable pour mesurer l'état des biens environnementaux (rivières, les sols, la végétation indigène, eaux souterraines, etc.) à tous les niveaux où les décisions économiques et politiques sont prises..

Vous ne pouvez pas gérer ce que vous ne mesurez pas..

En 2008, le Wentworth Group of Concerned Scientists et d'autres experts dans les domaines scientifiques, l'économie, les statistiques et les politiques publiques en Australie, ont développé le modèle Comptabiliser la Nature pour replacer l'information scientifique sur l'état de notre environnement dans un cadre comptable..

Le but principal de la comptabilité environnementale est de répondre à la préoccupation que l'on ne peut pas prendre des décisions qui mènent à un environnement sain et productif, si nous n'avons pas un système de comptes de l'environnement qui intègrent le maintien de notre capital naturel dans les décisions économiques de tous les jours..

Le modèle Comptabilité de la Nature le fait en utilisant la science bien établie de l'analyse comparative et des systèmes de référence pour créer une devise commune environnementale (non monétaire) qui nous permette de:

- 1. Comparer l'état relatif d'un actif environnemental avec un autre, et*
- 2. Agréger les informations à différentes échelles et pour différents actifs. "*

Accounting for Nature: A Common Currency for Measuring the Condition of Our Environment

Discours liminaire de Peter Cosier et Carla Sbrocchi , Wentworth Group of Concerned Scientists
OUR PLACE, State of the Environment 2013, Environmental Defence Society Conference, 7–8 août 2013,
Auckland (Nouvelle-Zélande)

http://www.edscopy.org/content/docs/2013_presentation/Cosier,%20Peter%2020130808%20FINAL.pdf (accessed 14 July 2014).

Annexe III : Examen du concept et du format de l'ECU

Toute unité-équivalente est conventionnelle et requiert un consensus, ce qui signifie un accord sur le but (les conséquences de la nouvelle mesure), sur une méthodologie claire indiquant sans ambiguïté qu'est ce qui est équivalent à quoi et comment le calcul est effectué, et des assurances de mesurabilité ainsi que de comparabilité et de qualité des données⁵⁵.

Comme dans le cas d'autres agrégats de ce genre, l'ECU renvoie à des valeurs-cibles qui sont une expression d'une valeur de référence. Des références similaires sont utilisées pour plusieurs indicateurs de la biodiversité, ou pour les définitions de la monnaie Econd (7) et de l'HANPP (5) qui toutes renvoient à un environnement vierge. Toutefois, pour l'évaluation des coûts énergétiques de gestion et de restauration des bassins fluviaux, Naredo calibre la mesure EcoinTEGRADOR⁵⁶ en fonction d'objectifs de politique déclarés. Cette deuxième solution est préférée dans la CECN pour les calculs en ECU, en particulier dans les pays où des changements écosystémiques survenus dans le passé sont irréversibles.

Pour l'ECU, les principes comptables donnent une première valeur de référence. Du point de vue de la comptabilité d'exercice, le véritable revenu doit être mesuré net de tous les coûts, y compris le coût de maintien du capital qui devrait inclure les dépenses réelles ainsi qu'une estimation de la dépréciation du capital qui n'est pas payée mais pour laquelle une

⁵⁵ L'activité "REDD+ MRV – Measurement/Reporting/Verification" suit ces principes (Chapitre 5, section 5.2.2., Figure 5.10 et encadré 5.16)

⁵⁶ Manuel Naredo J. M. et Valero A., (eds.), (1999), *Desarrollo económico y deterioro ecológico*. Collección Economía e Naturaleza, Fundación Argentaria e Visor, Madrid (Espagne). Voir en particulier la partie 3, téléchargeable de <http://www.fcmanrique.org/publiDetalle.php?idPublicacion=113> (consulté le 18 août 2014). Dans de récents ouvrages sur la comptabilité des eaux en Espagne, Naredo renvoie à l'objectif de la Directive-cadre européenne sur l'eau qui est de restaurer la bonne qualité environnementale des bassins fluviaux, et calcule les coûts énergétiques de l'utilisation de l'eau (concernant en particulier la consommation induite par l'irrigation et la pollution de l'eau); ces coûts physiques peuvent être convertis plus tard en coûts monétaires. http://www.upo.es/ghf/giest/GIEST/otros_documentos/867_PonenciaKD_Naredo.pdf (consulté le 14 juillet 2014)

provision est comptabilisée année après année dans les livres comptables. Un premier objectif est donc le maintien de la capacité écosystémique totale des écosystèmes (CEC). Une diminution de la CTE est similaire est à une dépréciation du capital ou à une consommation de capital, au sens de la manière dont les comptes nationaux définissent la consommation de capital fixe (CCF). La consommation de capital écosystémique (CCE) est mesurée en ECU. Étant donné qu'elle correspond à un coût impayé et qu'aucune provision n'est faite, la CCE est la mesure d'une création de dettes. De même, une augmentation de la CEC est une formation de capital écosystémique, une accumulation; dans un cadre institutionnel approprié, la CEC peut être comptabilisée soit comme une réduction de dette, soit comme un crédit écologique.

La méthode de comptabilité d'exercice n'empêche pas la reconnaissance d'autres critères de référence ou valeurs cibles. Elle peut être un état naturel vierge défini par la science, comme le propose la comptabilité Econd, une référence historique plus conditionnelle ou un objectif optimal dans la situation actuelle. La -CECN-TDR renvoie à des objectifs consacrés par des lois, des réglementations ou des conventions puisqu'ils sont fondés sur la science tout en reflétant les valeurs sociales des écosystèmes et de la biodiversité ; elle tient compte du caractère irréversible des changements en de nombreux endroits ainsi que du caractère abordable des coûts de restauration. Ces valeurs cibles peuvent être définies et convenues à l'échelle nationale ou mondiale comme le +2° C du GIEC et constituer une base pour mesurer des dettes additionnelles ou procéder à des allocations de crédits.

Agrégat versus indicateur composite

Idéalement, les agrégats devraient résulter de simples additions et soustractions. Dans la comptabilité nationale, l'agrégation de transactions observées a pour résultat des agrégats comme le PIB ou la consommation finale au prix d'acquisition, qui sont calculés à partir de statistiques indépendantes des opinions de statisticiens aussi longtemps que les valeurs observées sont définies par le marché. C'est pour cette raison que la combinaison de véritables agrégats avec des indicateurs composites où les fonctions d'équivalence entre les éléments sont conventionnelles a toujours été l'objet de controverses. Ceci étant, il ne faut pas exagérer le problème. Même les comptes nationaux utilisent des éléments non observés. Le cas le plus notable est celui de la consommation de capital fixe (CCF) qui ne peut pas être enregistrée comme statistique mais qui est estimée à partir d'une modélisation économétrique complexe. La consommation de capital fixe est déduite de la production brute (p.ex. le produit national brut ou PNB) pour estimer l'agrégat du revenu net (p.ex. le revenu national net ou RNN).

En fait, le problème avec les indicateurs composites ou agrégats réside dans leur solidité et leur utilité. La clarté de la fonction d'équivalence sous-jacente est à cet égard essentielle puisque des hypothèses cachées peuvent être très trompeuses. La qualité des mesures doit également être clairement évaluée et garantie et les résultats doivent être vérifiables.

En ce qui concerne l'ECU et les valeurs écologiques, le but explicite est de mesurer le changement de la capacité de l'écosystème de fournir des services, sa dégradation ou son amélioration et d'évaluer les bénéfices et la responsabilité des secteurs en vue de la mise en place de politiques et de mécanismes permettant de conserver les valeurs des écosystèmes et de la biodiversité. La valorisation écologique de la nature en ECU est une autre manière de définir des prix fictifs sur la base de variables biophysiques, différents des prix fictifs en termes monétaires utilisés pour exprimer la valeur économique du capital naturel. Lorsque c'est approprié, des mécanismes budgétaires, financiers ou commerciaux peuvent être définis sur la base des valeurs en ECU comme ils le sont pour les valeurs en CO2-équivalents; ces mécanismes pourraient encourager au maintien de l'écosystème en intégrant dans le calcul économique les coûts réels impayés de la dégradation.

La méthode de calcul des valeurs ECU dans le contexte de la -CECN-TDR reconnaît la difficulté et, à un certain stade, l'impossibilité d'additionner des mesures en différentes unités physiques et/ou de faire un total utile du carbone, de l'eau et du potentiel de l'infrastructure écosystémiques. Au lieu de cela, des indices de changement de état en termes d'intensité soutenable de l'utilisation et de santé peuvent être calculés et combinés dans une évaluation globale. Ces indices combinés mesurent des valeurs écologiques unitaires. Ils sont l'équivalent de prix en ECU qui peuvent être appliqués à chacune des ressources accessibles d'un écosystème. Il y aura des mesures de l'ECU-carbone, de l'ECU-eau et de l'ECU-potentiel de l'infrastructure écosystémique. Dans chaque cas, chaque mesure isolée en ECU traduit à la fois ce qui arrive à l'élément lui-même et ses impacts sur les deux autres.

Toutefois, même exprimés en ECU, les trois éléments ne peuvent toujours pas être additionnés pour produire une valeur écologique agrégée de l'écosystème. La solution est par conséquent de choisir un des éléments pour représenter la CEC totale. En raison de l'importance que revêt la biomasse pour mesurer la quantité de matières vivantes et les ressources destinées à l'alimentation, les matériaux et l'énergie ainsi que les interactions du climat et de la biosphère, il est proposé de choisir le carbone écosystémique pour représenter la CEC totale.

3. L'INFRASTRUCTURE DE DONNÉES

3.01 La trousse de démarrage rapide (TDR) de la CECN a pour objectif d'impulser la mise en œuvre sans tarder de la comptabilité du capital naturel. La première étape vise à évaluer deux choses : la pertinence des comptes pour les acteurs concernés et leur faisabilité par les institutions responsables de leur production.

3.02 Le premier test consistera à déterminer si le modèle comptable fournit l'information requise pour les politiques actuelles et à venir, et s'il peut être adopté par des acteurs tels que les ministères de l'économie, des finances, de la planification, de l'agriculture, des forêts et de la pêche, et bien entendu les agences environnementales. Cette acceptation est essentielle à l'établissement des priorités de la deuxième étape du développement, notamment en ce qui concerne l'analyse fonctionnelle, qui dépendra fortement des circonstances nationales.

3.03 Le second test portera ensuite sur la faisabilité des comptes. Des comptes expérimentaux peuvent être créés à partir des données existantes, assurément, mais la qualité de ces comptes dépendra de la qualité et de la quantité des données disponibles. Le cadre de comptabilité nationale intégré en partie double ou quadruple a l'avantage d'exiger le recouplement des ensembles de données collectées par diverses organisations pour des raisons très diverses. Lorsque les écarts ne sont pas trop importants, le statisticien effectue une opération dite d'arbitrage entre deux chiffres ou plus. Lorsque les écarts sont plus importants, il peut être nécessaire d'enregistrer un ajustement explicite pour le tableau. Dans un cas comme dans l'autre, le repérage des écarts aide à vérifier la qualité des données utilisées et à améliorer les futures collectes de données.

3.04 Les prochains chapitres de ce rapport porteront sur les questions techniques et les données. Ils ne prétendent pas apporter des solutions définitives. Les conditions, les pratiques et les compétences varient d'un endroit à l'autre et les changements technologiques accélèrent l'obsolescence des savoirs. Il est donc important de ne pas concentrer les efforts sur les données comme telles, mais sur la capacité des données à répondre aux exigences de la comptabilité. De meilleures données, c'est-à-dire des données plus précises, de qualité garantie et contrôlées permettront la création de meilleurs comptes.

3.05 Il est important de préciser que le premier utilisateur principal de ces lignes directrices est une personne impliquée dans la production des CECN, et il est possible qu'elle ne soit pas une spécialiste de toute les données et dans leur traitements. Le démarrage rapide repose donc entre les mains d'un comptable qui, idéalement, tentera de former des partenariats avec des spécialistes des divers domaines concernés. Les lignes directrices techniques des chapitres 3-7 ont pour but de fournir aux comptables les cadres et le vocabulaire nécessaire pour exprimer leurs demandes aux spécialistes. De plus, s'il arrive que des spécialistes ne répondent pas à la demande, les lignes directrices permettront aux comptables d'exécuter le démarrage eux-mêmes, ou du moins de faire un premier essai. Dans ce cas, les premiers résultats obtenus devront être soumis aux spécialistes aux fins d'examen et pour les aider à comprendre la nature de la demande de données. Ainsi, des données de premier choix et le meilleur deuxième choix (mais d'accès plus facile) seront habituellement nécessaires lors du démarrage.

3.06 Données nationales et données internationales. Dans un monde idéal, la CECN est produite à partir d'ensembles de données nationales, validées par les agences nationales et utilisées dans le pays. L'accès à ces données peut être problème si elles n'existent pas dans le pays ou encore, si elles existent, mais que l'accès à celles-ci est restreint ou qu'elles sont diffusées sur une base commerciale à des prix qui dépassent les limites budgétaires du projet expérimental. La mise en place rapide d'un partenariat institutionnel et des décisions gouvernementales peut apporter une solution à ce problème, mais peut engendrer des retards. Par conséquent, suivant la logique d'un démarrage rapide des comptes écosystémiques expérimentaux, l'accès aux données rendues librement accessible à l'échelle mondiale par de nombreux organismes devrait être pris en considération. Au cours des dernières années, cet accès a été facilité par des programmes tels que GEO-GEOSS (figure 3.01).

Encadré 3.01 GEO/GEOSS



Le Groupe sur l'observation de la Terre (GEO), créé en 2005, coordonne les efforts pour développer un réseau mondial de systèmes d'observation de la Terre (GEOSS). GEO est un partenariat volontaire des gouvernements et des organisations internationales. Il regroupe 87 gouvernements et la Commission européenne, ainsi que 61 organisations intergouvernementales, internationales et régionales participantes.

Les données sont diffusées au sein de GEOSS sur une base de contenu libre. Les programmes de GEO portent sur plusieurs domaines concernés par la comptabilité écosystémique.

<http://www.earthobservations.org/index.shtml>

(consulté le 14 juillet 2014)

3.07 Des fichiers de géo-données utiles peuvent être téléchargés à partir de diverses sources. Certaines données sont diffusées à l'aide d'un logiciel, tandis que d'autres sont publiés directement sur le Web. Les partenaires de GEO, surtout des organisations spatiales, ont développé des sites Web et facilité l'accès à d'énormes quantités de données. Les organisations internationales, telles que l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) diffusent elles aussi des géo-données utiles à des fins de comptabilité. Elles consistent souvent en des séries chronologiques, un avantage important pour les besoins de la comptabilité, qui permettent d'évaluer la qualité des produits. Les sources de données internationales sont présentées comme une option dans les prochains chapitres, ce qui signifie qu'en l'absence de données nationales plus précises, il sera néanmoins possible d'effectuer le démarrage au moyen de données internationales. Certaines précautions s'imposent néanmoins. En général, les fichiers de données mondiales sont de bonne qualité, mais ils peuvent parfois présenter certains problèmes, tels qu'une qualité variable d'un endroit à l'autre, et des problèmes locaux. Un contrôle s'impose donc au niveau national avant que les données puissent être utilisées. De plus, certains ensembles de données mondiales ne répondent pas aux exigences de la comptabilité écosystémique. C'est le cas notamment des données mondiales sur les changements dans la couverture des terres, qui sont très fragiles au niveau des pixels. Les récentes approches par thèmes individuels (au lieu du trop grand nombre de catégories des classifications habituelles de la couverture des terres), surtout forestier et urbain, semblent donner de meilleurs résultats, mais la vérification est quand même nécessaire. Le domaine des géo-données connaît un niveau d'activité intense et d'importants progrès, et de nouveaux produits sont mis sur le marché chaque année. Des produits commerciaux de haute résolution sont parfois disponibles dans certains pays afin de fournir des détails pour certains écosystèmes.

3.08 La comptabilité du capital naturel écosystémique combine des données de monitoring, des statistiques et des données géographiques. Il est donc important de commencer en définissant l'échelle type à laquelle la comptabilité sera produite.

3.09 En Europe, par exemple les CEC produits par l'AEE présente une large image de plus de 30 pays avec une grille standard de cellules de 1 km x 1 km. Les cellules sont groupées en unités paysagères socio-écologiques (UPSE) et sous-bassins-versants (environ 600 unités pour l'ensemble de l'Europe).

3.1. Couches géographiques de référence

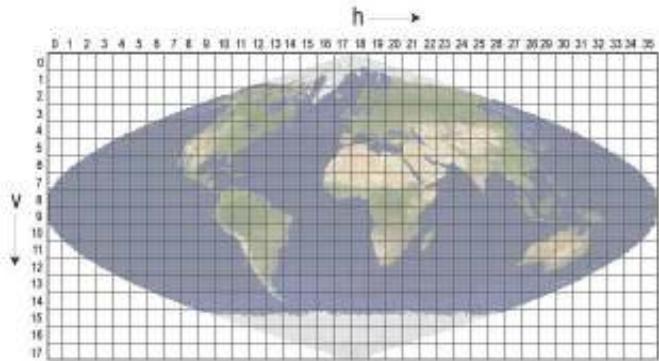
3.10 Les paragraphes suivants définissent les données à recueillir au début du projet ainsi que leurs caractéristiques : données nationales, auxquelles on doit donner priorité et, en l'absence de données

nationales, données internationales téléchargeables à partir de sites d'agences nationales ou d'organisations internationales. Comme les sources possibles sont nombreuses, les indications ci-dessous sont des suggestions de démarrage et non de recommandations formelles.

Encadré 3.02 Exemple de téléchargement de géo-données sur le Web

Système de pavage sinusoïdal MODIS

MODIS Sinusoidal Tiling System



Most standard MODIS Land products use this Sinusoidal grid tiling system. Tiles are 10 degrees by 10 degrees at the equator. The tile coordinate system starts at (0,0) (horizontal tile number, vertical tile number) in the upper left corner and proceeds right (horizontal) and downward (vertical). The tile in the bottom right corner is (35,17).

La plupart des produits terrestres MODIS sont basés sur le système de dallage sinusoïdal. Les dalles mesurent 10 degrés sur 10 degrés à l'équateur. Le système de coordination des dalles débute à (0,0) (coordonnée horizontale et coordonnée verticale du pavé) dans le coin supérieur gauche et se déplace ensuite vers la droite (à l'horizontale) et vers le bas (à la verticale). La dalle du coin inférieur droit a l'identifiant (35,17).

Télécharger des données sur le Web est assez facile de nos jours, lorsqu'on sait où aller et que l'on connaît certains principes relatifs aux formats, aux systèmes de projection et à la manière dont les données sont organisées. Les questions liées au format et à la projection sont abordées ci-dessous. Les conseils d'un expert en SIG peuvent permettre, au début, de sauver du temps. La même recommandation s'applique à l'organisation des données (les dalles ; en. tiles). Les personnes qui souhaitent trouver les données par elles-mêmes sont invitées à le faire, en sachant qu'elles devront trouver le système de pavage utilisé sur chacun des sites. Les caractéristiques techniques et les métadonnées reliées aux différents ensembles de données fournissent de l'information sur la qualité.

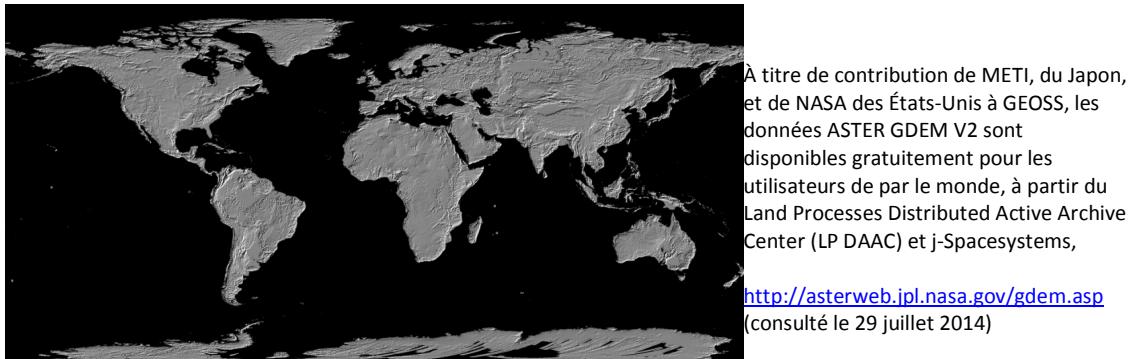
3.1.1. Topographie physique

3.11 Ligne de côte : En principe, les fichiers officiels des côtes sont distribués par les agences de cartographie. Par contre, il faut savoir que les institutions n'utilisent pas toutes les mêmes côtes, à cause des mises à jour périodiques ou de définitions différentes. La situation doit être réglée, car la comptabilité n'a besoin que d'une seule. En principe, la carte de couverture des terres fournit la référence à utiliser dans la mesure où elle présente la côte à marée basse et montre les zones intertidales (battures).

3.12 Altitude : Modèles numériques de terrain (MNT; en. DTM) et modèles numériques d'élévation (MNE; en. DEM) fournissent de l'information sur les altitudes et les pentes. Ils sont utilisés pour cartographier des unités comptables écosystémiques (UCE-UPSE) afin de prendre en compte le relief (plaines, hautes terres, montagnes, etc.). Les agences nationales offrent généralement des MNT/MNE de haute résolution. En cas de problème concernant d'éventuels copyright et de coûts associés, des données convenant à la CECN-TDR peuvent être téléchargées gratuitement sur le Web. L'utilisation de ces données à cette étape contribue essentiellement à la cartographie des UPSE, de sorte que la précision de ces MNT/MNE est généralement suffisante, 30 m dans le cas du modèle numérique du monde (GDEM) d'ASTER (voir

illustration, figure 3.01) ou le MNE créé par le programme de mission topographique par radar (SRTM) de la NASA produit par la navette *Endeavour*. (<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>)

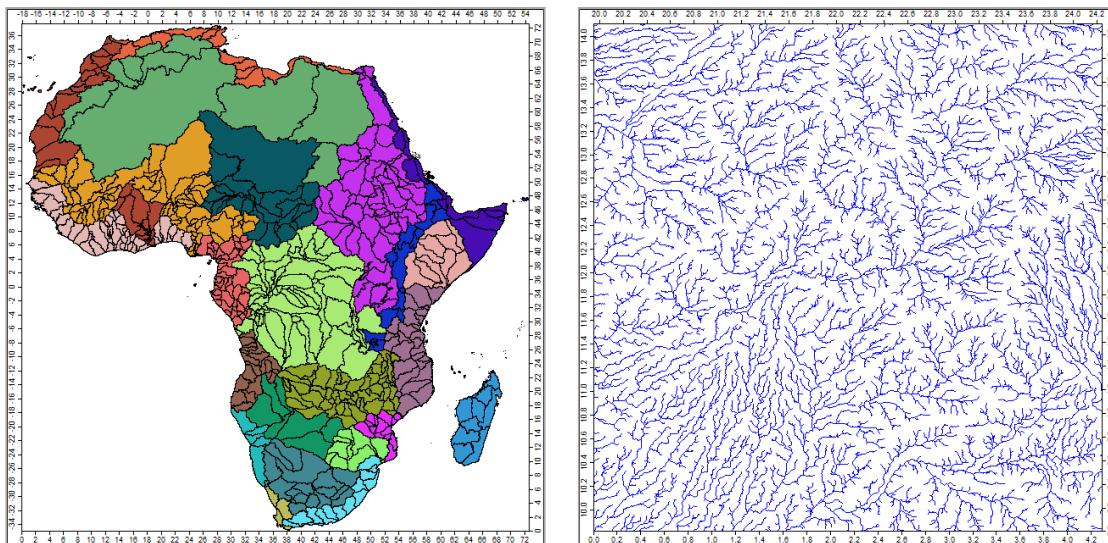
Figure 3.03 Exemple d'un MEN téléchargeable gratuitement sur le Web



Source : <http://asterweb.jpl.nasa.gov/images/GDEM-10km-BW.png> (consulté le 18 août 2014)

3.13 Les données sur **les bassins hydrologiques ou les limites des bassins-versants** sont disponibles auprès des agences de l'eau, qui constituent la meilleure source. Lorsqu'elles n'existent pas déjà, des cartes de bonne qualité peuvent être produites à partir du MNT/MEN, , mais ce travail doit être fait par un spécialiste. Pour les grands pays, on peut utiliser le produit HydroSHEDS, développé par le programme de science de la conservation du WWF, l'organisation de conservation mondiale⁵⁷, et à partir duquel la FAO/AQUASTAT a dérivé es bases de données accessibles sur la page de géo-réseau de la FAO (<http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/main.home>).

Figure 3.04 : Bassins fluviaux hydrologiques et sous-bassins-versants d'Afrique (extrait)



⁵⁷ Données téléchargeables à partir du site <http://hydrosheds.cr.usgs.gov/dataavail.php> (consulté le 14 juillet 2014).

3.14 Les cartes des rivières et les limites des bassins versants peuvent être obtenues auprès de sources nationales (agences pour l'eau ou agences de cartographie), et par défaut auprès de la source WWF-HydroSHEDS/FAO-AQUASTAT. Certains fichiers de données sont purement graphiques et peuvent être source de problèmes pour le calcul et la modélisation hydrologiques. La priorité doit être donnée aux bases de données de rivières où les tronçons (arcs dans le langage des SIG) sont connectés, de la source à l'exutoire, avec un nombre de Strahler⁵⁸ pour chaque arc du réseau de rivière, plus un attribut pour le Sous-bassin fluvial. Les connections avec les lacs sont aussi nécessaires. HydroSHEDS, ECRINS, la géo-base de données européenne des bassins versants et des rivières utilisée pour la comptabilité de l'eau, et souvent, mais pas toujours, par les bases de données nationales, satisfont à ces conditions. Ces cartes numériques serviront à produire l'infrastructure des données des bassins versants, des rivières et des tronçons de cours d'eau homogènes décrite au chapitre 2, par. 2.50 et figure 2.04.

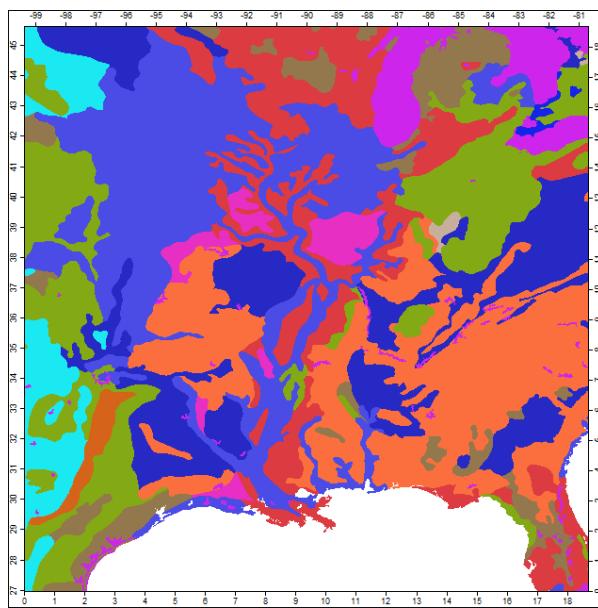
3.1.2. Autres couches d'arrière-plan

3.15 Les autres couches de données d'arrière-plan à recueillir portent sur le sol, la géologie, la bathymétrie, la météorologie et les frontières administratives, auxquelles il est possible d'associer immédiatement des cartes et des statistiques locales sur la population et les facteurs socio-économiques, qui sont plus faciles à obtenir auprès des offices de statistique.

3.16 Les cartes des sols sont utilisées de façon très particulière en CECN. En principe, les sols n'entrent pas dans la définition des UPSE, parce que d'une part cela augmenterait considérablement le nombre de catégories, et d'autre part parce que les cartes des sols couramment disponibles proposent une échelle très différente des autres éléments. De ce fait, leur intersection avec d'autres couches produirait un très grand nombre d'unités fictives, qui seraient en fait de simples artefacts sans signification. Les données sur les sols sont principalement utilisées dans les comptes de carbone, et dans une certaine mesure dans les comptes de l'eau et du paysage. Les variables habituellement disponibles sont carbone organique du sol, présenté en tant que pourcentage, ce qui exige une connaissance de la profondeur du sol (par défaut, les comptes se limitent par convention à la première couche des 30 cm, , là où se déroulent les principaux processus), de la densité du sol et de son contenu en pierres. L'érosion est une variable importante à suivre ou à évaluer à l'aide de modèles fondés sur les cartes du sol. Les cartes du sol existent dans la plupart des pays ; elles sont habituellement complexes et l'aide d'un spécialiste des sols est nécessaire afin d'extraire les quelques variables (importantes) enregistrées dans les comptes. À l'échelle internationale, il est possible de télécharger la carte numérique des sols du monde de la FAO et la base de données produite par l'Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués (IIASA) en collaboration avec la FAO et d'autres partenaires participant au monitoring des sols, appelée base de données harmonisée des sols du monde (HWSD). L'échelle de ces cartes est assez grossière, mais elles demeurent thématiquement complexes et le comptable aura besoin d'aide, au début, pour les utiliser.

⁵⁸ En hydrologie, le **nombre de Strahler** sert à définir le rang d'un cours d'eau dans la hiérarchie des affluents.

Figure 3.05 Extrait de la carte numérique des sols du monde de la FAO



3.17 **Les données météorologiques** jouent un rôle important dans la compilation des comptes pour l'eau et le calcul de la production primaire nette de biomasse. La plupart des données nécessaires à la comptabilité sont recueillies et analysées par les bureaux de météorologie, et le travail supplémentaire nécessaire à la comptabilité est habituellement limité lorsqu'un partenariat est formé avec ces organismes.

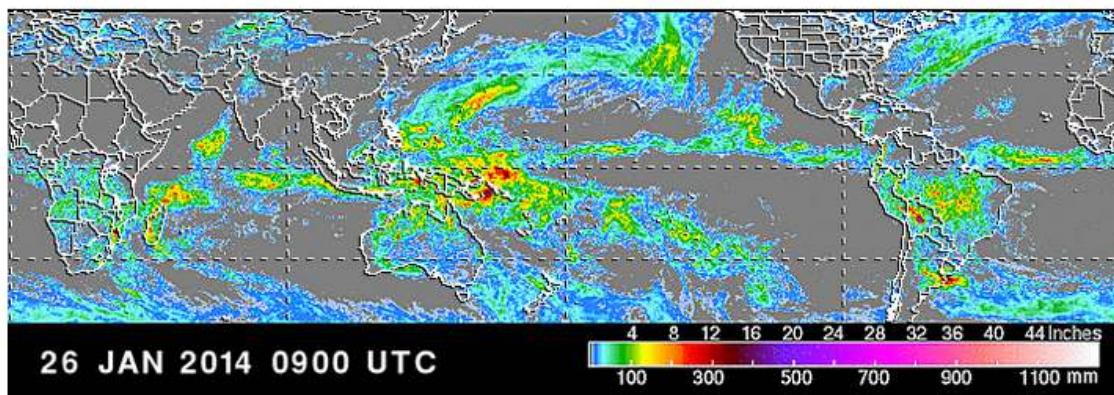
3.18 Une des difficultés persistera, à savoir le calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR), qui exige une modélisation complexe. On peut dans ce cas utiliser les estimations du Projet sur l'évapotranspiration modiale de MODIS (MOD16). Ce produit, développé par le Groupe de simulation terradynamique numérique de l'Université du Montana, aux États-Unis, pour la NASA, est fourni sur une base hebdomadaire, mensuelle et annuelle pour la période 2000-2012 (l'année complète la plus récente au moment d'écrire ces lignes) à <http://www.ntsg.umt.edu/project/mod16> (consulté le 18 août 2014).

3.18 bis Même lorsque les services météorologiques nationaux ne sont pas en mesure de fournir toutes les données requises ou s'ils ne peuvent fournir que des données brutes, le comptable doit être en mesure de déterminer le minimum de données nécessaire, à savoir le niveau des précipitations dans la grille d'assimilation. Dans ce cas, une solution consiste à combiner les isohyètes (régions où le niveau de précipitation est le même) et les données ponctuelles des stations de monitoring. Isohyètes et données des stations météorologiques doivent être fournies par les services météo. Comme il est possible d'évaluer l'ETR à l'aide de MOD16, il est inutile de se lancer dans des calculs complexes, et les autres données météorologiques utilisées pour ce type de modélisation (température et vent) ne sont pas nécessaires. En cas de difficultés particulières pour la collecte rapide de données sur les précipitations, les données recueillies par satellite peuvent être utilisées. La mission de mesure des pluies tropicales (TRMM) qui propose des produits d'analyse des précipitations multi-satellite⁵⁹ depuis janvier 1998, offrant une couverture quasi mondiale (50° S – 50° N), est une source possible.
http://trmm.gsfc.nasa.gov/data_dir/data.html (consulté le 29 juillet 2014).

⁵⁹ Le produit mensuel 3B43 TRMM a été mentionné comme le plus pertinent aux fins de comptabilité lors de la réunion du groupe d'experts sur les comptes pour l'eau et les statistiques tenue à New York en 2014.

Figure 3.06 Exemples de données sur les précipitations du TRMM

7 Day Accumulated Global Rainfall Data



Données mondiales sur les accumulations de précipitations en 7 jours

Source : <http://pmm.nasa.gov/TRMM/realtime-3hr-7day-rainfall> (consulté le 29 juillet 2014)

3.19 La NASA et la JAXA ont lancé une mission satellitaire internationale en février 2014. Elle établit de nouvelles normes de mesure des précipitations à l'échelle mondiale fondées sur l'utilisation d'un réseau de satellites coordonné par l'Observatoire central de suivi des précipitations mondiales (en. : GPM, Global Precipitation Monitoring Core Observatory)⁶⁰.

3.20 Une autre source de données météorologiques est constituée des données dites de ré-analyse diffusées par le Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (en. : ECMWF, European Centre for Medium Term Weather Forecasts) est. Elle contient des variables sur les précipitations totales et l'évaporation fournies quotidiennement sur une longue période de temps. La base de données intérimaire ERA de l'ECMWF est fondée sur la modélisation météorologique. Malgré sa faible résolution spatiale, les données peuvent être très utiles afin de recouper d'autres sources. http://data-portal.ecmwf.int/data/d/interim_full_daily/ (consulté le 18 août 2014).

3.21 Lorsque les données satellitaires utilisées pour les précipitations, elles doivent être ajustées afin que le total des précipitations des comptes des soit égal aux total calculé par les bureaux météorologiques nationaux. Ces chiffres nationaux, qui constituent des données officielles, sont étalonnés avec plus de données de stations de mesure in situ que les modèles mondiaux. Ils sont utilisés dans les rapports officiels et les applications telles que SCEE-Eau. Les données sur les précipitations suivies par satellite serviront alors à ventiler les totaux officiels agrégés selon la grille géographique utilisée pour les comptes.

3.22 Les données de **bathymétrie** sont des informations standards nécessaires pour la délimitation et la cartographie des unités écosystémiques marines côtières. Elles doivent être recueillies auprès des institutions nationales compétentes. La carte bathymétrique générale des océans (GEBCO ; téléchargeable du site Web du Centre britannique de données océanographiques https://www.bodc.ac.uk/data/online_delivery/gebco/) peut être utilisée par défaut pour cartographier le

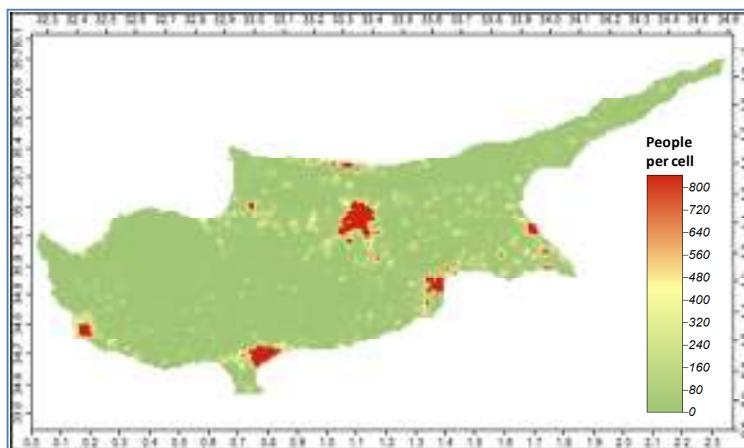
⁶⁰ Les données sur la mesure des précipitations mondiales de septembre 2014 peuvent être obtenues du système de traitement des précipitations de la NASA à <http://pps.gsfc.nasa.gov>. (consulté le 29 juillet 2014)

plateau continental et cartographier grossièrement les écosystèmes marins côtiers (résolution des ensembles de données en ligne de 1/2 arc-minute, équivalent à ~ 2 km à l'équateur, ~ 1 km au 45^e parallèle).

3.23 Les données sur les **limites administratives** des municipalités, cantons, régions, etc., doivent être recueillies auprès d'agences de cartographie ou de bureaux de statistiques nationaux. Lorsqu'il existe plusieurs ensembles de données, la préférence doit être accordée aux données utilisées par le bureau de statistique, car leur système de codification sera utilisé plus tard. Le géographique des limites administratives peut être diffusé sur une base commerciale, ce qui pourrait exiger des arrangements spéciaux ou le paiement d'une licence. Une solution pratique pour démarrer consiste à extraire cette couche (avec l'aide d'un expert en SIG) du site Web Open Street Map (OSM), un projet coopératif de d'accès gratuit aux données qui propose des géo-données de haute qualité pour de nombreux pays (<http://www.openstreetmap.org>).

3.24 **Les statistiques locales de fond** sont des géo-données portant sur de petites unités administratives (municipalités, quartiers, etc.); elles devraient être collectées dès les premières étapes d'un projet de TDR-CECN. Les données sur les populations obtenues par recensement, actualisées pour les années intermédiaires, sont les plus importantes. Les données sur la population seront utilisées pour ventiler diverses données selon la grille de comptabilité, notamment pour la consommation d'eau municipale et l'évacuation des eaux usées. Elles seront aussi utilisées pour analyser la demande sociale de services écosystémiques. Dans certains pays, les statisticiens ont commencé à redistribuer les données de population en fonction de grilles géographiques standards. Cette information, lorsqu'elle existe, doit être recueillie en priorité; à défaut, le ré-échantillonnage des statistiques de population selon la grille de comptabilité devra être faite pendant le projet. Les grands pays peuvent utiliser les données sur la population LandScan, réduites sur une grille de 1 km², produites par le laboratoire national Oak Ridge (gratuit aux États-Unis et payante ailleurs) <http://web.ornl.gov/sci/landscan/index.shtml>).

Figure 3.07 Exemple de données sur la population LandScan ; Chypre 2011



Source : http://web.ornl.gov/sci/landscan/landscan2011_sample.shtml (consulté le 18 août 2014).

3.25 Les routes et les lignes de chemins de fer sont des caractéristiques importantes. Dans les comptes de base, elles représentent des éléments importants utilisés pour évaluer la fragmentation des écosystèmes. Dans les analyses fonctionnelles, elles représentent des éléments importants pour évaluer la capacité d'accès de la population aux services écosystémiques. Les données peuvent être obtenues auprès d'agences nationales. Il est important de préciser la taille des routes lors du calcul de la fragmentation. En cas de difficulté d'accès, les données peuvent être téléchargées sur le site Open Street Map.

Figure 3.08 Exemple de la couche de routes importantes disponible sur le site OpenStreetMap



Source : <http://www.openstreetmap.org/#map=8/46.740/19.814&layers=T> (consulté de 29 juillet 2014)

3.1.3. Couverture des terres

3.26 La couverture des terres jouit d'un statut spécial en comptabilité écosystémique. Elle est une image qui reflète à la fois les caractéristiques biophysiques et l'utilisation des terres. Elle est donc corrélée avec plusieurs aspects des systèmes socio-écologiques : l'étendue et la configuration spatiale des écosystèmes, les services écosystémiques, en particulier nourriture et bois etc., les habitats de la faune et de la flore, les peuplements humains et les infrastructures. Parce que l'information de la couverture terrestre est complète et régulièrement mise à jour, elle permet de se concentrer sur les problèmes ou les zones prioritaires sans perdre de vue l'image d'ensemble et les problèmes émergents.

3.27 Dans le système de comptabilité écosystémique, les données de couverture des terres sont d'abord utilisées pour définir les unités de comptabilité écosystémiques (UPSE), qui sont en quelque sorte des unités paysagères où des types de couverture des terres coexistent dans des combinaisons particulières : couverture exclusive, couverture dominante ou couverture mixte sans caractère dominant.

3.28 La couverture des terres aide à cartographier l'origine des services écosystémiques, plus particulièrement les services d'approvisionnement, provenant d'unités paysagères plutôt homogènes. C'est la raison pour laquelle les données sur la couverture des terres sont souvent utilisées en agriculture afin d'évaluer les récoltes, soit en multipliant les surfaces par des rendements ou pour stratifier des enquêtes par échantillonnage aréolaire. De façon générale, les cartes de couverture des terres sont utilisées comme source d'information rapide pour divers sujets reliés aux terres.

3.29 Les changements de la couverture des terres en disent long sur les processus qui se déroulent sur Terre. Les changements de couverture des terres sur une longue période sont très instructifs en eux-mêmes et peuvent être utilisés pour repérer les changements de nombreuses autres variables environnementales.

3.30 Le potentiel de l'information sur la couverture des terres a été accru par le lancement des satellites d'observation de la Terre, au début des années 1970, qui ont commencé à transmettre des données objectives, mises à jour régulièrement et offrant une couverture exhaustive des terres et des océans. Le développement des SIG et de la technologie du traitement des images a familiarisé le public avec les données sur la couverture des terres, qu'il s'agisse des cartes météorologiques présentées à la télévision

ou des images utilisées en ligne pour préparer ses vacances. Les nombreux satellites d'observation de la Terre fournissent d'énormes quantités de données utilisées pour toutes sortes d'applications. Toutefois, il n'y a pas que les données qui comptent ; elles doivent être interprétées et analysées afin d'être transformées en information et en connaissances, et utilisées dans les comptes.

3.31 Dans la CECN-TDR, l'observation de la Terre ne sera pas mise à contribution sous toutes ses nombreuses formes (en évolution), mais d'abord comme un intrant essentiel à la production de données sur la couverture des terres et la compilation de comptes de son changement, deux aspects essentiels de la comptabilité écosystémique. Cela influence en particulier le choix de méthodes d'interprétation des données de télédétection qui soient pertinentes pour la production de comptes fiables. Ce choix est l'aboutissement de plusieurs décennies d'expérience acquise par la communauté scientifique, notamment les agences spatiales et de cartographie, et des divers acteurs ayant investi dans cette technologie pour leurs propres besoins, tout particulièrement la sécurité alimentaire, le monitoring des forêts et la protection de l'environnement.

3.32 Le chapitre 4 aborde la question de la couverture des terres et de sa comptabilisation en détail, dont la cartographie de la couverture des terres et de ses changements ainsi que des sujets connexes tels que la cartographie de la couverture du fond des zones marines côtières et des rivières.

3.2. Production des couches géographiques des unités statistiques

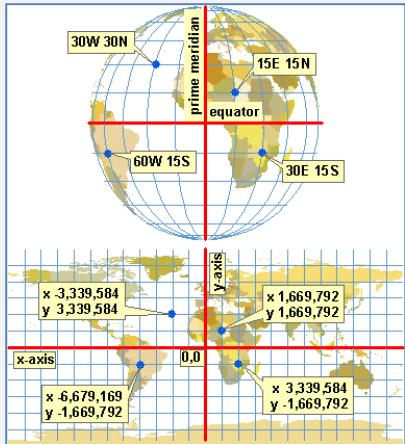
3.2.1. Carroyage des données dans la grille comptable

3.33 **Données d'entrée :** Plusieurs ensembles de données mentionnés dans les sections précédentes sont présentés sous forme de grilles ou de fichiers raster. Ce mode de présentation peut être un avantage pour les futurs travaux, mais il comporte des difficultés qui doivent être résolues.

3.34 La première difficulté concerne les différents formats raster que proposent les fournisseurs de données, et les différents formats utilisés dans les logiciels des SIG que les comptables sont amenés à utiliser. En principe, tous les formats peuvent être convertis entre eux au moyen des programmes de conversion que l'on retrouve couramment dans les boîtes à outils et différents modules. Certains fournisseurs utilisent toutefois des formats exotiques, inhabituels et exclusifs que ne reconnaissent pas la plupart des logiciels de SIG. Il existe sur le Web des programmes dédiés pour convertir ces données dans un des formats couramment utilisés, mais ces programmes peuvent être difficiles à utiliser sans l'assistance d'un informaticien. En tout état de cause, la conversion des données dans la grille de travail doit être réalisée.

3.35 La deuxième difficulté concerne les systèmes de projection, qui peuvent être différents d'un ensemble de données à l'autre. Les logiciels de systèmes d'information géographique comprennent tous les outils nécessaires pour procéder aux projections géographiques ou à la conversion de projections (re-projections). Les paramètres de projection sont : le système de projection (UTM, Kruger-Gauss, LAEA, etc.), la longitude et la latitude d'origine et l'ellipsoïde de référence utilisé. Les solutions sont nombreuses, mais aucune n'est parfaite, et l'optimisation dépend à la fois de la latitude et de l'application (ce qui convient à la navigation ne convient pas toujours à la mesure des surfaces, et vice versa). Quant aux résultats, les différences dans la projection peuvent créer des écarts de 100 m et plus, et causer des erreurs de calcul. Il est donc essentiel d'utiliser le système de projection officiel du pays et si nécessaire de projeter ou re-projeter les couches d'intrants en conséquence.

Encadré 3.09 Illustration du problème des projections géographiques



En haut : Les données d'une surface ronde sont décrites au moyen de méridiens, de parallèles et de valeurs de latitude-longitude.

En bas : Les données d'une surface plate sont décrites au moyen de données x et y. Les paramètres de projection utilisent les deux types de descriptions. La projection du bas est dite Plate Carrée.

Source : Conférence de la City University of New York téléchargée du site <http://www.geography.hunter.cuny.edu/~jochen/GTECH361/lectures/lecture04/concepts/Map%20coordinate%20systems/Projection%20parameters.htm> (consulté le 18 août 2014).

3.36 Grilles d'assimilation des données : Elles doivent être définies en format vecteurs et en format raster, selon les exigences du logiciel de SIG utilisé. Les grilles d'assimilation varient de 10 m à 1 km et offrent des échelles intermédiaires de 100 m et 250 m, selon les dimensions du pays ou de la région, du type de paysage et des détails nécessaires. Les niveaux d'assimilation sont strictement emboités, ce qui signifie que la valeur numérique d'un niveau plus élevé contiendra souvent les statistiques d'un niveau plus détaillé. Ré-échantillonner les données d'entrée, qui comportent souvent leurs propres spécifications, en fonction des grilles d'assimilation utilisées pour la comptabilité est donc une tâche importante.

3.2.2. Généralisation des statistiques et création de la carte des types de couverture des terres dominante (TCTD)

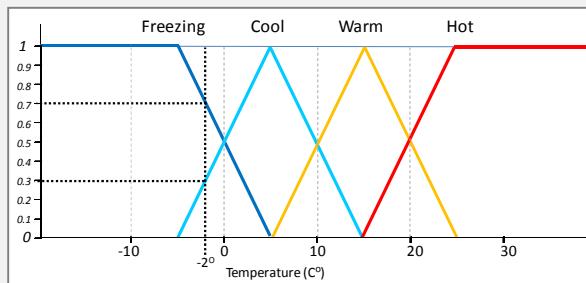
3.37 Il n'y a pas d'échelle idéale et unique aux fins de comptabilité. Certaines variables ne peuvent être observées qu'à haute résolution, voire en utilisant un microscope ; d'autres objets, structures et processus peuvent exiger la prise en compte de grandes unités. L'agrégation et la généralisation des données spatiales sont des étapes importantes de la création d'une base de données de comptabilité. Il existe des outils dans les systèmes d'information géographique pour le faire ; le problème consiste à choisir celui qui convient le mieux à la tâche. Étant donné que la TDR a pour but de permettre la création de comptes en vraie grandeur, l'approche ces outils doit être pragmatique, ayant en vue la pertinence et la fiabilité des couches de données produites, plus que leurs propriétés mathématiques intrinsèques. Le contrôle visuel des cartes, les essais et erreurs, et les ajustements, sont tous nécessaires.

3.38 Une des difficultés concerne l'extrapolation de données ponctuelles, tout particulièrement des résultats des réseaux de stations de monitoring. En principe, le travail du comptable ne remonte aussi loin en amont et part de données généralisées par les scientifiques. Par contre, il peut s'avérer nécessaire de contrôler les caractéristiques de surfaces au moyen de données ponctuelles. Ceci peut se faire à l'aide de statistiques, en utilisant les observations ponctuelles en tant qu'échantillons et en comparant les valeurs

obtenues aux valeurs totales extraites d'une carte généralisée ou encore, en utilisant les techniques d'interpolation et d'extrapolation telles que les algorithmes des « cartes thermiques » gaussiennes (en : heatmap) ou les programmes de krigeage⁶¹.

3.39 Un autre problème provient de la méthode habituelle de production des cartes thématiques, qui segmente un territoire en unités définies ayant des frontières précises alors qu'en réalité, une certaine continuité peut exister. Le problème est le même lorsqu'il s'agit d'analyser des données en les segmentant en catégories discrètes. Cette façon de faire est une simplification et suppose une valeur unique pour chaque catégorie, même lorsqu'il est évident que les deux extrémités de la catégorie sont influencées par les catégories voisines. Cette situation a mené au développement d'une analyse dite de logique floue (encadré 3.10).

Encadré 3.10 Logique floue



Les mathématiques des ensembles flous (ou logique floue) ont été créées par Lotfi Zadeh à l'Université de Berkeley en Californie en 1965 et depuis cette date, leur utilisation est répandue dans certains domaines tels que l'électronique, la robotique, l'intelligence artificielle, la linguistique, la sociologie et la biologie. Une conclusion de logique floue n'est pas présentée comme étant vraie ou fausse, mais plutôt comme étant vraie dans une certaine mesure. Bien que la logique traditionnelle (« ensembles nets ») mène au calcul de données en algèbre de Boole telles que [0,1], selon l'appartenance à une catégorie particulière, la logique floue définit la relation d'appartenance entre 0 et 1, où 0 est FAUX, 1 est VRAI et les valeurs intermédiaires sont « quelque peu vrai ». Dans cet exemple classique, la température de -2°C est enregistrée en analyse nette dans la catégorie 0 à -10 (gel), et de 70 % gel et 30 % froid en logique floue.

3.40 La plupart des unités statistiques utilisées en comptabilité et des surfaces cartographiées sont de fait floues. Compte tenu de leur composition théorique, elles sont rarement pures et elles existent dans un environnement ou dans des configurations spatiales où elles échangent avec d'autres unités qui influencent leur fonctionnement. La logique floue est un moyen de tenir compte de cette réalité en comptabilité écosystémique et, dans une certaine mesure, de compenser les lacunes créées par les simplifications nécessaires à la définition des unités statistiques et des objets géographiques correspondants, et à leur classement. Une approche de logique floue doit être utilisée en comptabilité lorsque l'hétérogénéité doit entrer en ligne de compte et pour obtenir une certaine image des interactions paysagères. Par contre, à cette étape du développement des comptes écosystémiques, l'utilisation de la logique floue demeure très élémentaire et la théorie mathématique des ensembles flous ne sera pas

⁶¹ Les cartes thermiques gaussiennes (heatmaps) extrapolent les valeurs mesurées en certains points vers leur voisinage, en fonction inverse de la distance. Le krigeage est une méthode d'extrapolation qui permet de prévoir des données inconnues entre des points observés de façon aléatoire.

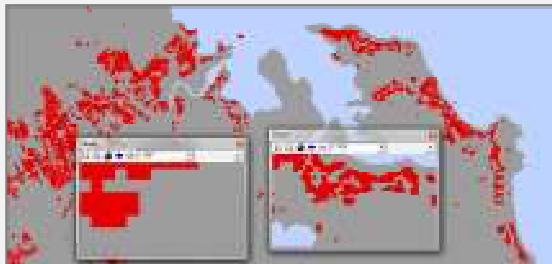
utilisée. Il y aura seulement conversion des ensembles de données nettes en données floues, si nécessaire, en utilisant des outils de lissage.

3.41 Le lissage des données est couramment pratiqué en traitement des images, souvent appelé filtrage gaussien, flou gaussien ou convolution. Gaussien fait référence à l'algorithme le plus couramment utilisé et recommandé pour la comptabilité de la -CECN-TDR. La méthode d'analyse multi-échelle du potentiel d'influence dans le voisinage⁶² ne sera pas décrite en détail dans la TDR. On n'y décrira que son objet, sa façon de fonctionner, les résultats attendus et les outils disponibles.

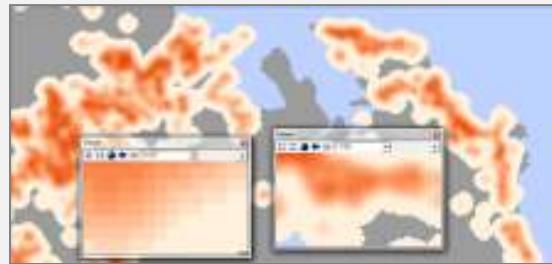
3.42 Le principe du lissage des données est de prendre en considération l'hétérogénéité interne et les influences externes, et de généraliser les données sans biais statistique. Ce dernier point est particulièrement important car les méthodes de généralisation cartographique ne respectent pas toutes les valeurs statistiques des données cartographiées. Une des méthodes, qui consiste à donner à une agrégation de cellules la valeur de la catégorie la plus représentée, produit des distorsions arbitraires, ce qui peut être évité en procédant à la généralisation par lissage.

**Encadré 3.11 Utilisation de la technique du lissage pour créer des zones urbaines
(concept d'unité écosystémique de couverture des terres)
à partir d'une base de données haute résolution des bâtiments**

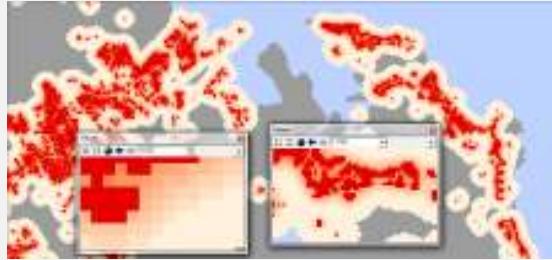
(1) Carte de bâtiments produite par la rastérisation d'une carte vectorielle de haute résolution. Les pixels sont de 10 m x 10 m.



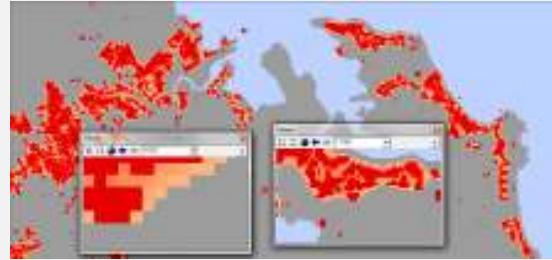
(2) Carte des bâtiments lissés (filtre gaussien) dans un voisinage de rayon 100 m.



(3) Superposition des deux cartes précédentes afin de choisir une valeur de lissage pour aggrémérer les bâtiments dans des zones urbaines.



(4) Sélection visuelle, après itérations, d'une valeur seuil convenable (25 % dans ce cas). Les pixels de bâtiments isolés demeurent à l'extérieur des zones urbaines.



(Source des données : Statistics Mauritius ; données traitées à l'aide du SIG SAGA)

⁶² Pour en savoir plus sur le lissage des géo-données et des statistiques, on peut consulter le site <http://hyantes.gforge.inria.fr/> (consulté le 14 juillet 2014)

3.43 Le lissage des cartes peut être effectué en appliquant divers rayons, habituellement 5 ou 10 fois la taille du pixel ou une distance appropriée. Le calcul peut être effectué à partir de pixels élémentaires ou de statistiques de pixels à l'intérieur de pixels à assimilation supérieure. Le calcul peut être illustré au moyen de l'image ci-dessous d'un noyau d'un rayon x5.

Encadré 3.12 Exemple d'un « noyau » utilisé dans les programmes de SIG pour calculer les cartes lissées

0	0	0	0	0.0001	0.0001	0.0001	0	0	0	0
0	0	0.0001	0.0004	0.0009	0.0012	0.0009	0.0004	0.0001	0	0
0	0.0001	0.0007	0.0027	0.006	0.0078	0.006	0.0027	0.0007	0.0001	0
0	0.0004	0.0027	0.0101	0.0224	0.0292	0.0224	0.0101	0.0027	0.0004	0
0.0001	0.0009	0.006	0.0224	0.0496	0.0696	0.0496	0.0224	0.006	0.0009	0.0001
0.0001	0.0012	0.0078	0.0292	0.0696	0.0842	0.0696	0.0292	0.0078	0.0012	0.0001
0.0001	0.0009	0.006	0.0224	0.0496	0.0696	0.0496	0.0224	0.006	0.0009	0.0001
0	0.0004	0.0027	0.0101	0.0224	0.0292	0.0224	0.0101	0.0027	0.0004	0
0	0.0001	0.0007	0.0027	0.006	0.0078	0.006	0.0027	0.0007	0.0001	0
0	0	0.0001	0.0004	0.0009	0.0012	0.0009	0.0004	0.0001	0	0
0	0	0	0	0.0001	0.0001	0.0001	0	0	0	0
SUM of values								1.0		

La valeur initiale de 1 de la cellule centrale (grise) a été distribuée à ses voisines en proportion inverse au carré de leur éloignement. Le total des valeurs éparsillées de cette façon demeure de 1. Dans les itérations suivantes, la cellule centrale recevra des valeurs de ses voisines. Dans le cas où elle est entourée de cellules ayant une valeur de 1, le total final sera encore de 1. Sinon, le total sera < 1, signe d'une influence externe. Une cellule vide peut acquérir de la valeur de ses voisines. Le résultat devra être interprété comme étant la probabilité de trouver le type donné dans le voisinage retenu aux fins de comptabilité. Dans le cas des zones urbaines, il s'agit de la mesure de la température sur le paysage externe (p. ex, la pression potentielle que subissent les aires protégées). Pour les forêts, il indiquera un potentiel (la possibilité de trouver des arbres dans leur voisinage), une information intéressante utile pour les citoyens, les forestiers ou les espèces animales dont les forêts font partie de l'habitat.

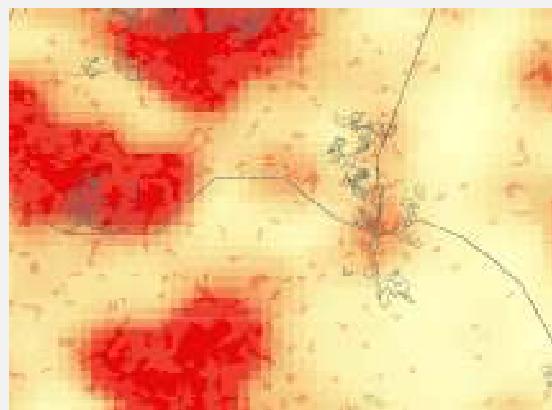
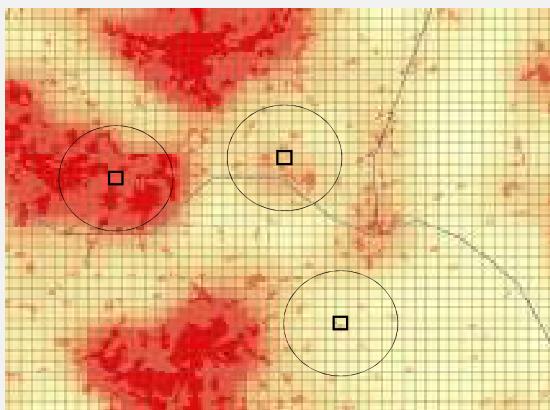
3.44 En Europe, les méthodes de lissage ont surtout été élaborées dans le but de trouver une solution au problème dit de l'unité de surface variable ou modifiable (en. : Modifiable Area Unit Problem, MAUP) rencontré lors de la production des premières cartes de densités de population par pays, régions et communes. Lorsque des municipalités avec des populations de taille similaire ont des superficies très différentes, les densités de population par zone administratives ont de peu de sens en termes de comparaison et les cartes peuvent être trompeuses. La méthode pour lisser les cartes de couverture des terres CORINE a été appliquée plus tard et est devenue un produit courant de l'Agence européenne pour l'environnement⁶³ appelé CORILIS.

⁶³ Lacaze M. et al. (1999). CORILIS, *Lissage de Corine land cover pour l'Europe*. Rapport méthodologique, Ifen-EEA 1999. Institut français de l'environnement, Orléans, et Lacaze M. et Nirascou F. (2000) *Ces terres qui nous entourent...*, Les données de l'environnement n° 51, IFEN, Orléans, France, 2000, téléchargeable à http://www.side.developpement-durable.gouv.fr/cda/portal.aspx?INSTANCE=exploitation&PORTAL_ID=medd_P0_D_ProdServ_Publications_CGDD.xml Collection : « Le point sur... », année 2000. (consulté le 4 août 2014).

Encadré 3.13 Exemple de l'utilisation de données lissées pour évaluer la « température » urbaine dans les aires protégées (source : AEE)

Les cellules de couverture des terres urbaines à 1 ha (petites tâches rouge foncé) sont assimilées dans une grille de 1 km² et lissées (rayon x5)

La carte lissée est superposée aux aires désignées pour la conservation de la nature. La superposition n'affecte pas les cellules rouge foncé (couverture urbaine réelle), comme prévu, mais plusieurs cellules se trouvent sur les sections rouge clair (valeur lissée, température urbaine élevée).



Source : Agence européenne pour l'environnement

3.45 Types de couverture des terres dominante (TCTD). Une application importante des données lissées de couverture des terres est notamment la production d'indicateurs clés qui sont l'Indice de fond du paysage vert (IFPV/GBLI) et le Potentiel écosystémique net des paysages (PENP/NLEP) qui en est dérivé dans les comptes de l'intégrité du paysage (voir ci-dessous, chapitres 4 et 7). Les données land cover lissées servent aussi à produire deux cartes de types de couverture des terres dominante (TCTD). La première (TDCT51) ne tient compte que du thème représentant plus que 50 pour cent de la cellule ; l'autre carte (TDCT34) regroupe ceux qui représentent plus de 1/3 de la cellule – et dont la classification tient compte des classes à deux thèmes.. Dans les deux cas, les TCTD sont établis à un niveau agrégé, une catégorie additionnelle spécifique (au moins) étant requise pour les zones sans caractère dominant.

3.46 Les étapes de la production des TCTD sont :

assimilation des données de couverture des terres dans la grille comptable de travail (outils de rastérisation ou de création de grilles) ;

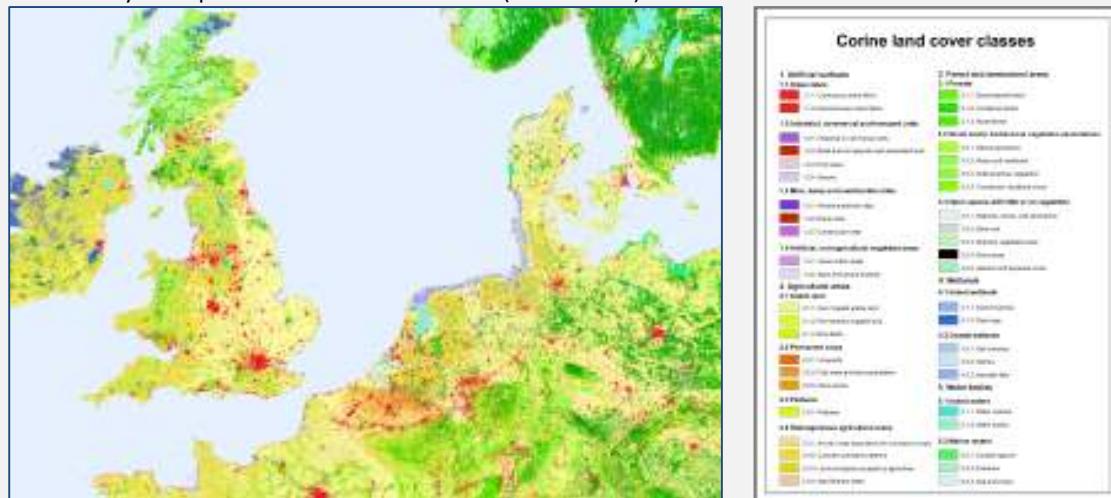
lissage à un rayon de 5 à 10 fois la taille de la cellule de la grille (filtre gaussien ou l'équivalent). L'expérience empirique révèle que 5 fois le rayon donne de bons résultats sur une grille de 1 km², tandis que 10 fois le rayon convient mieux pour les grilles de 1 ha ; chaque grille doit être lissée séparément ;

extraction, au moyen d'un outil de calcul de grilles, des cellules > 50 p. cent, les autres étant mises à zéro ;

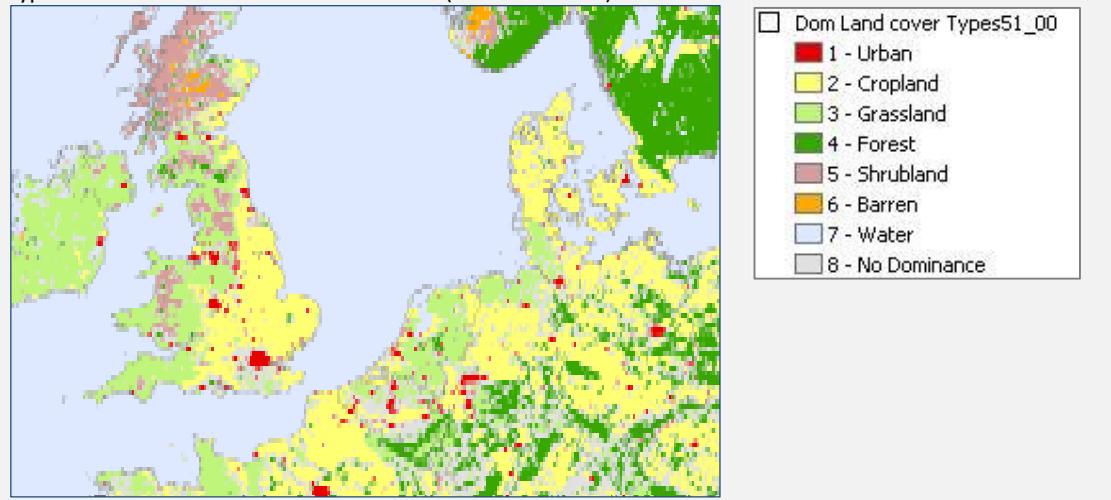
mosaïquage des différentes couches par addition ou au moyen d'un outil de mosaïquage

Encadré 3.14 Couverture des terres et couverture des terres dominante en Europe

Unités écosystémiques de couverture des terres (Corine 2000)



Types de couverture des terres dominante (critère : > 50 %)



3.47 La classification des types de couverture des terres dominante doit demeurer simple car elle a pour objet d'aider à organiser les comptes et non de décrire la variété des écosystèmes. Elle est du type :

- UR aires urbaines et zones développées associées;
- LA agriculture à grande échelle ;
- AM associations agricoles et mosaïques ;
- GR prairies, surfaces en herbe ;
- FO couverture forestière ;
- NA autre couverture des terres naturelle dominante ;
- ND aucune couverture des terres dominante.

3.48 Des subdivisions peuvent être envisagées si nécessaire pour les catégories NA et ND. Dans ce cas, un deuxième traitement doit être appliqué pour chacune des deux catégories, afin d'identifier la caractéristique sous-dominante. Par exemple, les autres couvertures terrestres naturelles dominantes peuvent être subdivisées dans certains pays afin de faire la distinction entre les zones d'arbustes, la

brousse et les landes ; la végétation éparses et les terres nues ; la neige permanente et les glaciers ; et les zones humides.

3.49 La classe composite, où aucune couverture des terres dominante n'est identifiée au premier niveau, est constituée de paysages intéressants car elles correspondent souvent à une situation de transition. Par exemple, dans un contexte d'étalement urbain, il peut s'agir de paysages susceptibles de muter. Dans les montagnes et autres zones plus naturelles, elles reflètent d'autres types de transition. Elles peuvent donc être subdivisées de manière utile afin de faire la distinction entre des caractéristiques sous-dominantes telles que les zones bâties et aires connexes, l'agriculture et les couvertures terrestres naturelles et semi-naturelles.

3.2.3. Cartographie des unités comptables écosystémiques

3.50 Le concept d'unité paysagère socio-écologique (UPSE), un prolongement de la catégorie des unités statistique du SCEE, appelées unités comptables écosystémiques, a été présenté au chapitre 2.

3.51 Lorsque les composants sont disponibles et convenablement assimilés dans la grille de travail des comptes, la production d'une carte et d'un répertoire des UPSE est assez simple. Les données suivantes sont utilisées :

- rivière et limites des sous-bassins-versants (obligatoire) ;
- TCTD (obligatoire) ;
- catégories d'altitude (recommandé) ;
- accès à l'eau souterraine (facultatif).

3.52 Ces ensembles de données sont superposés (raster). Le raster final est ensuite vectorisé afin de cartographier les unités elles-mêmes (qui sont des objets). C'est assez facile à faire, en théorie, en utilisant des outils de SIG courants. L'une modalités ou l'autre sera utilisée ultérieurement dans les divers calculs. Une dernière étape sera sans doute nécessaire afin d'éliminer, au moyen du programme de dissolution (en : dissolve) ou équivalent, les petites unités d'une ou deux cellules qui peuvent rester à la fin du traitement dans la mesure où elles représentent davantage un artefact qu'une unité analytique.

3.53 La classification doit demeurer simple car les UPSE ont pour but d'organiser les comptes et non de décrire la variété des écosystèmes. Toutes les UPSE seront éventuellement identifiées et recevront un nom qui précisera son appartenance à un bassin et du sous-bassin-versant et son TCTD, et peut-être même sa catégorie d'altitude ou tout autre attribut utilisé pour sa création.

Encadré 3.15 Exemple d'une classification d'UPSE fondée sur sept TCTD et quatre catégories d'altitude

UR Aires urbaines et zones artificielles associées	FO Forêts
UR.1 UR montagne	FO.1 FO montagne
UR.2 UR hautes terres	FO.2 FO hautes terres
UR.3 UR basses terres	FO.3 FO basses terres
UR.4 UR zone côtière	FO.4 FO zone côtière
LA Agriculture à grande échelle	NA Autre couverture des terres dominante
LA.1 LA montagne	NA.1 NA montagne
LA.2 LA hautes terres	NA.2 NA hautes terres
LA.3 LA basses terres	NA.3 NA basses terres
LA.4 LA zone côtière	NA.4 NA zone côtière
AM Associations agricoles et mosaïques	ND Aucune couverture terrestre dominante
AM.1 AM montagne	ND.1 ND montagne
AM.2 AM hautes terres	ND.2 ND hautes terres
AM.3 AM basses terres	ND.3 ND basses terres
AM.4 AM zone côtière	ND.4 ND zone côtière
GR Prairie, surfaces en herbe	
GR.1 GR montagne	
GR.2 GR hautes terres	
GR.3 GR basses terres	
GR.4 GR zone côtière	

Les catégories ND peuvent être plus détaillées selon le type sous-dominant, p. ex., urbain, agricole ou autre.

3.54 **Une unité de système de rivières (USR)** est une unité unique définie par sous-bassin-versant (chapitre 2). Elle reflète l'interconnexion des tronçons de rivières qui la constituent et de leur relation aux systèmes terrestres en termes de ruissellement de surface ou de mise en relation par les rivières. Cette définition reconnaît que certaines variables sont mieux évaluées à l'échelle du sous-bassin-versant qu'à celle des différents tronçons ou des unités de couverture des terres. Les unités de système rivières font partie de la base de données standard des rivières. Aucune proposition de classification n'est présentée à cette étape, mais les unités de tronçons homogènes de rivière sont classées en fonction de leur taille et de leur rang dans le graphe de Strahler⁶⁴.

3.55 **Les unités marines côtières (UMC)** ont été très peu analysées dans le contexte de la comptabilité écosystémique. Le -SCEE-CEE mentionne « *la délimitation des aires marines en tenant compte que non seulement de leur superficie mais aussi le fonctionnement des écosystèmes à différentes profondeurs et le sol marin sont importants* » (SCEE P2, 1.29), mais aucune définition est proposée.

3.56 Pour les lagunes et des autres plans d'eau de mer entourés par des éléments terrestres, la délimitation physique, par exemple sur la base des récifs coralliens ou de l'existence de chenaux les reliant à la mer, est facile à décrire et à mettre en œuvre. Il existe souvent des zonages officiels de lagunes homogènes qui peuvent être utilisés, en les subdivisant s'il y a lieu.

3.57 Les frontières des écosystèmes marins côtiers ouverts sont plus difficiles à cartographier⁶⁵. Si des zonages existent, par exemple dans le cas des *Satoumi* (chapitre 2), ils peuvent être utilisés, sinon une

⁶⁴ Voir 3.1.1, 3.07

⁶⁵ Comme indiqué dans une présentation du projet de Cadastre marin multifonctionnel “Geology and Seafloor, Marine Habitat and Biodiversity and Human Use” les couches présentent *d'importants manques de données* <http://www.centerforoceansolutions.org/Spatial-Data-and-Tools/Workshop-2009/7-MultiMarineCadastre.pdf> (consulté le 14 juillet 2014).

solution intérimaire s'impose afin de définir et de cartographier les unités de comptabilité des écosystèmes marins côtiers. La combinaison (intersection) de plusieurs zonages existants doit envisagée pour la production de telles cartes intérimaires, entre autres :

- bathymétrie : plateau continental ou profondeur maximum;
- frontières légales relatives à l'étendue des terres submergées, habituellement à 5-15 km de la côte (en leur absence, des périmètres semblables peuvent être définis);
- les habitats des fonds marins lorsqu'ils sont cartographiés, et les zones de protection naturelle du milieu marin lorsqu'elles concernent des habitats (p. ex., les herbiers de posidonies de Méditerranée ou les frayères de poissons).

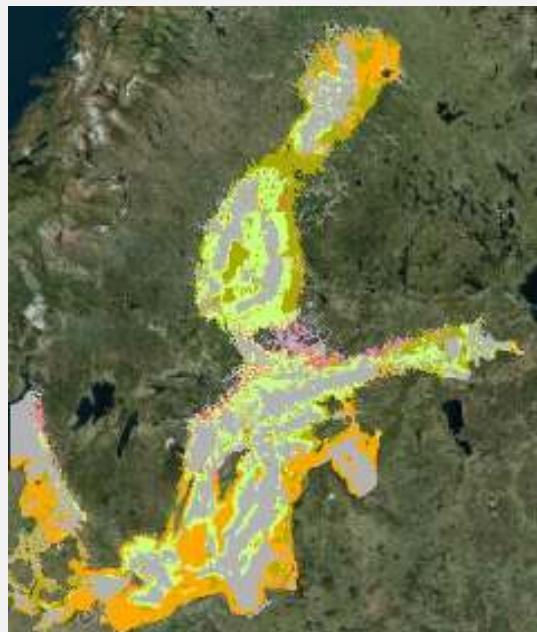
3.58 Les encadrés 3.16, 3.17 et 3.18 illustrent le type d'information pouvant être recueillie sur les aires marines côtières. Elle provient du US Marine Cadastre (site Web BOEM), d'un programme de recherche européen sur la mer Baltique (BALANCE) et d'une autre programme de recherche européen sur la mer Méditerranée et la mer Noire (PESAGO). Bien que l'on soit encore loin d'une approche harmonisée, ces exemples démontrent que de premiers pas peuvent être faits dès aujourd'hui, afin de produire des cartes expérimentales d'unités comptables écosystémiques pour les aires marines côtières (UMC).

Encadré 3.16 Illustration des variables pouvant être utilisées pour cartographier les unités marines côtières



Cette carte est produite à l'aide du visualiseur du Bureau de gestion de l'énergie océanique et de la Direction nationale des océans et de l'atmosphère des États-Unis. Le visualiseur se trouve sur le site <http://csc.noaa.gov/mmcviewer/> (consulté le 29 juillet 2014)

Encadré 3.17 Carte du paysage benthique de la mer Baltique

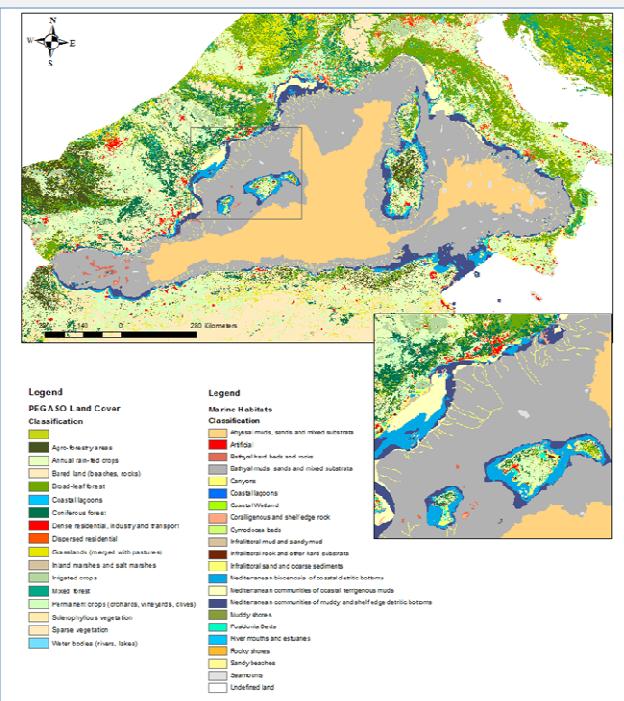


Cette base de données a été produite dans le cadre du projet *Gestion de la mer Baltique – Conservation de la nature et développement durable de l'écosystème grâce à la planification spatiale* (BALANCE), financé par l'Union Européenne et mené dans le contexte de la Convention internationale HELCOM sur la mer Baltique. Il cartographie les paysages benthiques de signification écologique (habitats benthiques à petite échelle) de la mer Baltique, identifiés par la salinité, les sédiments et la profondeur photique (le fond de la mer atteint par la lumière). La carte du paysage benthique marin comprend 60 types d'habitats de petite échelle définis en fonction de diverses combinaisons de substrat du fond, de zone photique et de salinité

<http://www.helcom.fi/baltic-sea-trends/data-maps/habitat/balance/> (consulté le 29 juillet 2014)

Données téléchargées du site Web de HELCOM et traitées avec le SIG QGIS

Encadré 3.18 Carte de la couverture des terres des écosystèmes benthiques du secteur ouest de la Méditerranée



Source: Rapport final de PEGASO 2014 (à venir)

Cette carte a été produite dans le contexte du programme PEGASO financé par l'Union Européenne. Les comptes de couverture des terres ont été produits pour la partie intérieure. La partie marine est utilisée pour calculer l'indice de l'impact sur les écosystèmes.

PEGASO est un programme « pour une gouvernance fondée sur les écosystèmes pour évaluer le développement durable des océans et des côtes ». Il s'agit d'un programme de recherche collaboratif mené en appui à la politique de développement durable de l'UE pour la gestion intégrée des zones côtières.

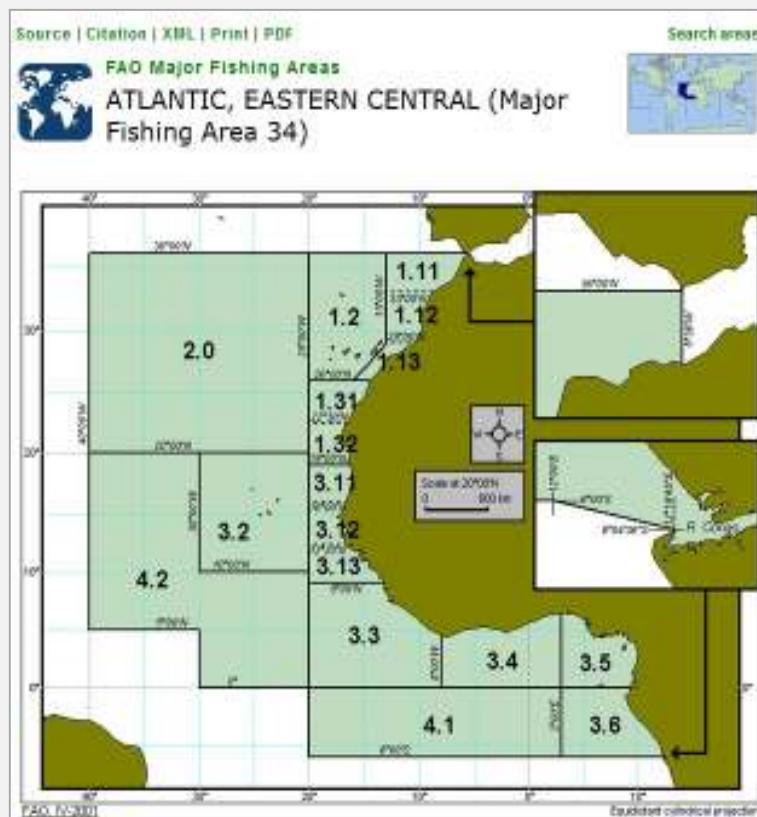
La carte des écosystèmes benthiques comprend les canyons des fonds marins.

<http://www.pegasoproject.eu/project-overview>
(consulté le 14 juillet 2014)

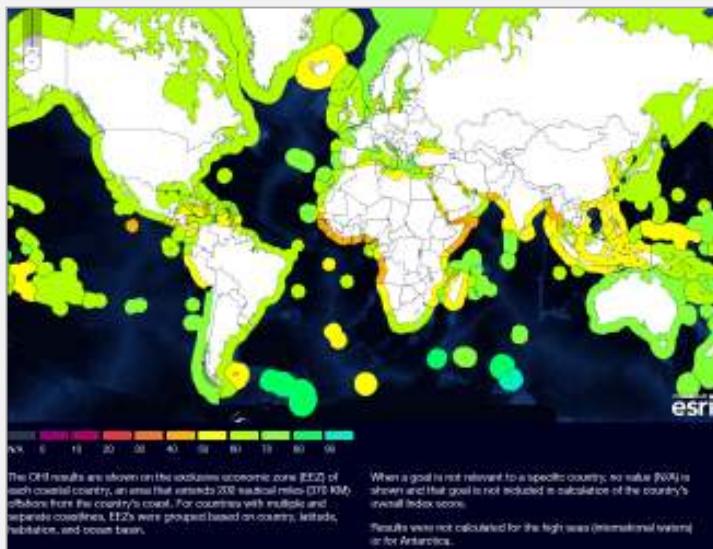
3.59 Il n'y a pas de définition concertée des unités de comptables écosystémiques pour la **haute mer**. Afin d'assurer la cohérence avec la règle du SCN, le SCEE recommande de faire référence aux zones économiques exclusives (ZEE) comme étant une dimension de ces zones. Une solution pratique pour le démarrage rapide peut être de superposer les ZEE et les principales zones de pêche de la FAO, utilisées pour présenter des séries chronologiques longues sur les pêches.

3.60

Encadré 3.19 Extrait de la carte des principales zones de pêche de la FAO



Encadré 3.20 Exemple d'indicateurs par ZEE : Indice de la santé des océans



Source : Ocean Health Index
<http://www.oceanhealthindex.org/Countries/>
(consulté le 18 août 2014).

3.61 Atmosphère : Il n'y a pas de définition claire des unités atmosphériques. La solution consiste à suivre la méthode du GIEC qui fait référence aux échanges atmosphériques avec la terre et les océans. La partie 2 du SCEE adopte la même approche : « *les limites de l'atmosphère d'un pays devraient s'aligner sur les frontières terrestres et marines utilisées dans les comptes écosystémiques. Ainsi, en principe, cela consisterait en tous les volumes d'air situés directement au-dessus de l'aire retenue pour les comptes, potentiellement jusqu'aux limites de la ZEE. À l'intérieur de ces limites, il pourrait être utile de délimiter l'atmosphère en unités plus petites, par exemple en « bassins atmosphériques » associés aux différentes villes.* » (par. 2.80)

4. LE COMPTE DE LA COUVERTURE DES TERRES

4.1. CARTES, STOCKS ET CHANGEMENTS DE LA COUVERTURE DES TERRES

4.1.1. *Rôle(s) spécifique(s) des comptes d'occupation des terres dans le cadre de la CECN*

4.01 La couverture des terres est une image observable des nombreux processus qui se déroulent à la surface de la terre. Elle traduit la couverture des terres par divers systèmes naturels, modifiés ou artificiels et, dans une certaine mesure, la manière dont la terre est utilisée par ces systèmes. Les informations cartographiques et statistiques jouent donc un rôle central dans la description et la quantification des interactions entre l'économie et la nature :

- **Unités statistiques** : l'observation des caractéristiques biophysiques de la couverture des terres fournit les descripteurs de la composition et de la structure des écosystèmes.
- **Intégration des données** : la couverture des terres pouvant être observée de nombreuses manières, y compris par satellite ou par télédétection aéroportée, par sondage aréolaire, et par recensements et par le biais de données administratives, elle constitue le socle de descriptions plus détaillées qui combinent couverture et l'utilisation des terres et couverture des terres et données biologiques.
- **Localisation** : les données de couverture des terres sont en général géo-référencées avec une grande précision pour être utilisées dans des systèmes d'information géographiques avec d'autres données. Avec une résolution spatiale plus faible, elles sont souvent utilisées comme une variable représentative ou un outil pour modéliser la distribution spatiale de données moins précises. Mentionnons à titre d'exemple la réaffectation de statistiques à une grille régulière, sur la base de la corrélation supposée entre un phénomène observé et une classe de couverture des terres observée (p.ex. population et tissu urbain, abattage d'arbres et massif forestier).
- **Monitoring des changements** : les changements de la couverture des terres sont une donnée de base sur ce qui s'est réellement passé plutôt que sur des questions émergentes mais ils donnent une description juste et robuste d'importants processus comme le développement urbain, l'extension de l'agriculture sur des terres marginales et les changements du couvert arboré forestier. L'abondance d'images fournies par les satellites d'observation de la Terre ainsi que les progrès accomplis en matière de diffusion libre et d'accès aux outils de traitement des images font du changement ou du flux de couverture des terres (au sens des "autres flux" du système de comptabilité nationale (SCN 2008), qui enregistrent les "autres changements de volume" des actifs non financiers) une des bases des comptes écosystémiques.

4.02 Si suffisamment de données et de cartes sont disponibles dans différentes organisations chargées du cadastre, du transport, de l'agriculture, de la sylviculture, de la gestion des eaux et de l'environnement ainsi que dans les centres de recherche, celles-ci peuvent être utilisées pour un démarrage rapide de la comptabilité écosystémique du capital naturel. Des indications sont données de méthodes possibles pour combiner diverses cartes en une première carte de couverture des terres. Cela peut être utilement fait pour définir les unités statistiques (UPSE) nécessaires pour entreprendre la comptabilité comme cela est expliqué dans le chapitre 2. Toutefois, il pourrait s'avérer plus difficile de surveiller de cette façon le changement de couverture des terres. Même si les diverses cartes thématiques sont mises à jour, la fréquence de ces mises à jour, les dates et les méthodologies utilisées peuvent varier d'un domaine à un autre, rendant difficiles une synthèse et la production de comptes fiables de couverture des terres.

4.03 En règle plus générale, l'hétérogénéité des dates pose le défi de choisir pour la comptabilité une année de base ou de référence. Étant donné que tous les comptes écosystémiques sont dans une certaine mesure liés à la couverture des terres, la carte de référence de la couverture des terres jouera un rôle très important dans la structuration du système d'information tout entier.

4.04 Lorsqu'il est nécessaire de produire de nouvelles cartes des stocks et des changements à des fins comptables, il faut considérer que cela constituera un investissement non seulement pour la comptabilité mais aussi pour le système d'information géographique national dans son ensemble, ce qui exige la participation de l'agence cartographique nationale et des autres parties prenantes. L'examen de la cartographie de la couverture des terres dans le présent chapitre dépassera donc le cadre des exigences rigoureuses d'un démarrage rapide de comptabilité écosystémique et traitera de cette question dans un contexte élargi.

4.1.2. Classification de la couverture des terres⁶⁶

4.05 Une base de données exhaustive sur la couverture des terres ne peut avoir qu'un nombre limité de variables, tout comme un recensement de la population, mais elle peut être complétée par d'autres études exhaustives ou par échantillonnage. Il n'est donc pas nécessaire d'introduire une trop grande complexité dans la classification de la couverture des terres.

4.06 Il n'y a pas de classification parfaite de la couverture des terres mais des classifications ont été créées pour répondre à des besoins particuliers d'utilisateurs dans des contextes particuliers. Simultanément, l'élaboration et l'utilisation généralisée des SIG ainsi que la facilité d'accès à un nombre appréciable de géo-données sur l'Internet ont progressivement accru les nécessités d'interopérabilité et de normalisation. L'étendue, le changement et l'état de grands types, comme les terres artificielles ou agricoles, les forêts, les zones recouvertes d'herbes et de broussailles, les zones humides ou les surfaces en eau, requièrent un certain niveau de comparabilité dans les comptes écosystémiques.

4.07 Dans ce contexte, une classification de la couverture des terres pour les besoins de la comptabilité écosystémique a été élaborée : la classification des unités de couverture des terres écosystémiques (UCTE). Elle s'inspire de l'expérience acquise dans le cadre de programmes internationaux menés par la FAO (AFRICOVER *et al.*), ou l'Agence européenne pour l'environnement (CORINE Land Cover), de cartes mondiales produites par des agences spatiales (MODIS Land cover par la National Aeronautics and Space Administration (NASA) et GLOBCOVER par l'Agence spatiale européenne) et de programmes nationaux mis en œuvre sur divers continents.

4.08 La classification des UCTE a bénéficié de récents progrès du système pour la classification de la couverture des terres de la FAO (LCCS) et de sa version 3 établie comme une application des règles de

⁶⁶ Les développements de ce chapitre sur la classification des stocks et les flux d'occupation des terres ont bénéficié du soutien fourni par l'Agence européenne pour l'environnement via son Centre thématique européen pour l'information et l'analyse spatiale. Les études faites par Gabriel Jaffrain (Centre thématique européen pour l'information et l'analyse spatiale) et l'Institut géographique national France international (IGN FI) sur les applications du projet CORINE land cover au delà de l'Europe, la traduction croisée des différentes légendes d'occupation des terres utilisées à l'échelle internationale et les conseils prodigues pour ce chapitre ont été très précieux. Au cours d'années antérieures, les débats sur la classification de la couverture et l'utilisation des terres auxquels activement participé l'Agence européenne pour l'environnement et la FAO dans le contexte de la révision de la SCEE ont contribué à élucider la plupart des questions et permis les propositions présentées ici.

géomatique⁶⁷ adoptées au niveau international par la norme ISO TC211 définie sur la base du métalangage pour l'occupation du sol (Land Cover Meta Language, LCML) élaboré par la FAO.

Encadré 4.01 Sur le système pour la classification de la couverture des terres (LCCS)

Le but du LCML est de définir une structure de référence commune à des fins de comparaison et d'intégration de données pour les légendes ou nomenclatures génériques de couverture des terres. En termes simples, le modèle conceptuel et le logiciel LCCS permettent de définir, d'une manière rigoureusement logique et sans aucune ambiguïté, des classifications à différents niveaux de détail, conservant les propriétés essentielles d'interopérabilité de bases de données et de comparabilité d'objets géographiques très différents.

L'approche LCCS ne contient aucune prescription concernant le contenu de la classification. Le logiciel LCCS3 élaboré par la FAO à l'appui de la mise en œuvre des classifications de couverture des terres permet l'intégration dans la définition des classes toutes les variables que l'utilisateur a besoin de connaître, y compris des aspects relatifs à l'utilisation des terres et aux configurations spatiales où, dans le monde réel, se combinent les objets de base de la couverture des terres. Certaines classifications de couverture des terres, fondées principalement sur des variables biophysiques, en particulier sur des caractéristiques de la végétation, sont parfois qualifiées de classifications LCCS alors qu'elles ne reflètent qu'une des manières possibles d'utiliser les règles LCCS. Il existe d'autres façons de définir une classification compatible avec LCCS, comme l'approche utilisée pour la SCCE et suivie par la CECN-TDR.

Étant donné que les classes agrégées de couverture des terres utilisées pour la TDR sont plutôt simples, il est probable qu'elles ne changeront guère dans un avenir proche. Des niveaux plus détaillés seront vraisemblablement nécessaires en raison des activités de normalisation en cours, qui peuvent avoir des conséquences (marginales) sur la manière dont les classes sont définies. Il faut noter que les classifications du SCEE de couverture des terres sont prises en compte dans l'approche du projet de la FAO Global Land Cover-SHARE⁶⁸ qui a pour but d'améliorer l'exactitude des informations qui contiennent les bases de données mondiales sur la couverture des terres. Le GLC-SHARE intègre les meilleures données disponibles sur la couverture des terres aux niveaux sous-national, national, régional et mondial (y compris CORINE land cover pour l'Europe) en une seule base de données harmonisée. Il utilise des normes internationales : ISO TC211-19144-2:2013 LMCL, et fait explicitement référence au processus SCEE.

Le logiciel LCCS3 v. 1.7.0 peut être téléchargé du site suivant : <http://www.geovis.net/Home.htm>. La fonction Help donne accès à un guide d'initiation très utile.

4.09 Le principe de la classification des UCTE est de recommander un niveau agrégé de 14 classes (plus la mer) comme un niveau commun pour les tests du SCEE-CEE-. Il est utilisé pour la CECN-TDR. Ce niveau agrégé peut ensuite être sous-divisé, en fonction de besoins spécifiques, tout en préservant une cohérence globale en suivant les règles LCCS. Lorsqu'il existe d'autres systèmes de classification qui sont bien développés comme CORINE Land Cover en Europe ou le système de classification de l'utilisation des terres qu'emploie l'Institut brésilien de géographie et de statistiques (IBGE), ils fournissent les détails nécessaires à la comptabilité. Pour de futures comparaisons et dans un contexte plus large que la CECN-TDR, il est possible de vérifier la correspondance entre ces systèmes et les règles du LCCS comme cela a été fait pour CORINE.

⁶⁷ La géomatique est une science relativement nouvelle qui porte sur l'analyse, l'acquisition, la gestion et la visualisation de données géographiques afin d'acquérir des connaissances et de mieux comprendre les milieux construits et naturels. (Source : <http://www.tudelft.nl/en/study/master-of-science/master-programmes/geomatics/>)

⁶⁸ Cumani R. et Latham J., 2013, *FAO and Land Cover Mapping: methodology, tools and standards and GLC-SHARE database*, International Symposium on Land Cover Mapping for the African Continent, 25-27 juin 2013, UNEP HQ et RCMRD, Nairobi (Kenya). http://www.glcn.org/downs/pub/ppts/Kenya_lcAfrica/FAO_GLCSHARE_LC_Africa_Cumani-Latham.pdf (consulté le 14 juillet 2014).

4.10 Le LCCS3 de la FAO permet la description de toutes les occupations des terres à n'importe quelle échelle en combinant des objets biophysiques de base comme l'herbe, les arbustes, les arbres, les roches, le sable, la neige, la glace et l'eau. Les objets de base peuvent être identifiés selon leurs caractéristiques (type ou taille d'un arbre par exemple) et leurs propriétés (herbe naturelle ou espèce cultivée). Ils peuvent également être combinés selon leur disposition spatiale dans le monde réel où ils existent sous la forme d'unités géographiques qui peuvent être observées, cartographiées et analysées en tant que systèmes. Cela est réalisé avec le LCCS en combinant des objets selon des règles qui définissent des configurations verticales et horizontales.

4.11 La classification des UCTE vient de la classification des types de couverture des terres (TCT, en. : LCT) présentés dans le SCEE-CC⁶⁹. La principale différence est que, comme le SCEE-CC se réfère à des actifs naturel et à la fourniture et l'utilisation des ressources qu'ils fournissent, l'accent est mis principalement sur les objets qui forment les classes de couverture des terres. Dans la partie 2 du SCEE sur la comptabilité écosystémique expérimentale, l'accent est mis sur les écosystèmes dont la couverture des terres est une image, ce qui signifie que l'existence de systèmes complexes doit être prise en compte dans la classification.

4.12 Pour fournir une bonne passerelle entre classifications de la couverture des terres, la FAO et l'Agence européenne pour l'environnement ont développé plus avant la classification SCEE-CC⁷⁰ (Encadré 4.02) de telle sorte que la classification de la couverture des terres à des fins de comptabilité écosystémique puisse prendre en compte des schémas spatiaux horizontaux supplémentaires nécessaires pour identifier les mosaïques paysagères typiques. Cette normalisation de la méthode guidera l'ajout de détails selon que de besoin. Elle facilitera également la traduction entre UCTE et d'autres classifications comme celles utilisées dans les cartes de couverture des terres de la FAO ou CORINE Land Cover.

4.13 La classification des UCTE produite sur cette base comporte 14 classes (plus la mer) :

Classe	Intitulés
01	Zones urbaines et surfaces artificielles associées
02	Terres agricoles herbacées homogènes
03	Plantations agricoles, cultures permanentes
04	Associations et mosaïques agricoles
05	Prairies, surfaces en herbe naturelles
06	Couverture forestière
07	Couverture de végétation arbustive, broussailles, landes...
08	Zones de végétation clairsemée
09	Associations et mosaïques de végétation naturelle
10	Terres nues
11	Neige et glaciers permanents
12	Zones humides ouvertes
13	Surfaces en eau intérieures
14	Surfaces en eau littorales et zones intertidales
	Mer (interface avec la terre)

⁶⁹ SCEE-CC, Chapitre V Comptes des actifs, classes d'occupation des terres, paragraphes 5.257 à 5.262

⁷⁰ Di Gregorio, A., Jaffrain, G. et Weber, J.-L. *Land cover classification for ecosystem accounting*, document établi par Antonio di Gregorio (FAO), Gabriel Jaffrain (IGN FI) et Jean-Louis Weber (CEE), Expert Meeting on Ecosystem Accounts, 5-7 décembre 2011, Londres (Royaume-Uni).

<http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaLES/egm/lod.htm> (consulté le 14 juillet 2014)

4.14 La composition des classes d'UCTE en termes de types de couverture des terres figure dans l'encadré 4.02. Pour plus de clarté, la table de correspondance des unités et types écosystémiques de couverture des terres est présentée à trois niveaux hiérarchiques. Ceci ne doit pas être interprété comme une recommandation mais comme une illustration. Le niveau 1 de l'UCTE peut être subdivisé différemment ou les comptes peuvent être tout simplement produits au niveau 1.

Encadré 4.02 Classification des UCTE et correspondance avec les types de couverture des terres

UCTE : Nomenclature des unités de couverture des terres écosystémiques	Contenu des UCTE : Couverture principale et autres types de couverture	Classification détaillée des types de couverture des terres (TCT)
01 Zones urbaines et surfaces artificielles associées	TCT.1	
011 Tissu urbain et surfaces artificielles associées	TCT.01.b	
012 Habitat humain dispersé	TCT.01.a	
02 Terres agricoles herbacées homogènes	TCT.02.c et TCT.02.d	continuums de TCT.02.a et TCT.02.b
021 Cultures herbacées homogènes pluviales	TCT.02.c	continuums de TCT.02.a
0211 Moyens à grands champs de cultures herbacées pluviales		
0212 Petits champs de cultures herbacées pluviales		
022 Cultures herbacées homogènes irriguées ou inondées	TCT.02.d	continuums de TCT.02.b
0221 Moyens à grands champs de cultures herbacées irriguées ou inondées		
0222 Petits champs de cultures herbacées irriguées ou inondées		
03 Plantations agricoles, cultures permanentes	TCT.03.b	continuums de TCT.03.a
031 Plantations agricoles, cultures permanentes, pluviales	partie de TCT.03.b	partie des continuums de TCT.03.a
0311 Moyens à grands champs de cultures ligneuses pluviales		
0312 Petits champs de cultures ligneuses pluviales		
032 Plantations agricoles, cultures permanentes, irriguées	partie des continuums de TCT.03.a	partie des continuums de TCT.03.a
0321 Moyens à grands champs de cultures ligneuses irriguées		
0322 Petits champs de cultures ligneuses irriguées		
04 Associations et mosaïques agricoles	TCT.4	
041 Cultures multiples et petits pâturages	discontinu TCT.02.a, TCT.02.b, TCT.03.a, TCT.05.b	
042 Cultures étagées	partie de TCT.4	
043 Mosaïques de petite agriculture et de milieux naturels	partie de TCT.4	
05 Prairies, surfaces en herbe naturelles	TCT.5	partie de TCT.05.a, et classes naturelles
051 Prairies	continuums de TCT.05.b	
052 Surfaces en herbe naturelles	TCT.05.a	
06 Couverture forestière	TCT.7	
061 Forêts de feuillus	partie de TCT.06.b & TCT.06.c	
062 Forêts de conifères	partie de TCT.06.b & TCT.06.c	
063 Forêts mixtes	partie de TCT.06.b & TCT.06.c	
064 Mangroves	TCT.7	
07 Couverture de végétation arbustive, broussailles, landes...	TCT.8	
08 Zones de végétation clairsemée	TCT.10	
09 Associations et mosaïques de végétation naturelle	discontinu TCT.05.a, TCT.6, TCT.8	
10 Terres nues	TCT.11	
11 Neiges permanentes et glacières	TCT.12	
12 Zones humides ouvertes	TCT.9	
13 Surfaces en eau intérieures	TCT.13	
131 Rivières et canaux	TCT.13 partie	
132 Lacs et réservoirs	TCT.13 partie	
14 Surfaces en eau côtières et zones intertidales	TCT.14	
141 Estuaires	TCT.14.a partie	
142 Lagunes	TCT.14.a partie	
143 Zones intertidales (plages et vasières)	TCT.14.b partie	
144 Récifs coralliens	TCT.14.b partie	
Mer (interface avec la terre)	-	-

4.1.3. Cartographie de la couverture des terres

4.15 En principe, le comptable devra utiliser les cartes de couverture des terres produites à l'échelle nationale ou internationale par les agences cartographiques, les agences spatiales ou des programmes scientifiques. Toutefois, comme ces cartes ne conviennent pas toutes à la production de comptes, les demandes de données adressées aux spécialistes de la couverture des terres devront être très explicites. Cela peut s'avérer encore plus important lorsque de telles données n'existent pas et qu'une ou plusieurs cartes doivent être produites.

4.16 Un point essentiel est que, pour la comptabilité, les **changements sont aussi importants que les stocks**.

4.17 La règle générale est que, dans la plupart des cas, il **n'est tout simplement pas possible de mesurer les changements comme différence entre deux cartes** à des dates différentes. Les cartes de

couverture des terres ont une précision qui va de 60 % (classifications automatiques à faible résolution) à 90 % ou plus – jamais 100 %. Cela peut être acceptable à des fins statistiques mais, localement, il y a des incertitudes quant à la qualité, ce qui crée du bruit. Des erreurs peuvent affecter différents pixels des cartes produites à différentes dates et le résultat d'une soustraction entre deux cartes ajoutera des erreurs qui peuvent alors être plus grandes que le changement lui-même. Pour l'éviter, il est nécessaire d'avoir un suivi spécifique direct du changement.

Encadré 4.03 Illustration des changements de la couverture des terres de 1990 à 2000 et de 2000 à 2006, région de Montpellier (France)

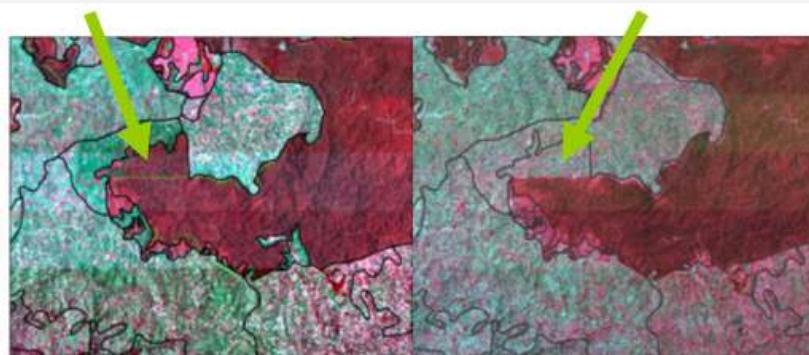


Dans cette image, les changements de la couverture des terres de 1990 à 2000 et de 2000 à 2006 ont été regroupés. La détection de ces changements a été faite de manière visuelle en comparant cartes et images satellites. Elle montre un reboisement dans les montagnes et, surtout, le développement de zones résidentielles (en rouge) et économiques (en pourpre) dans la plaine. On peut voir en jaune (est de la région) une extension des terres arables.

Source : Visualisation de la base CORINE Land Cover au MEDD, France: <http://clc.developpement-durable.gouv.fr/> (consulté le 20 avril 2015)

Encadré 4.04 Exemple de détection visuelle des changements de la couverture des terres (déboisement au Kenya)

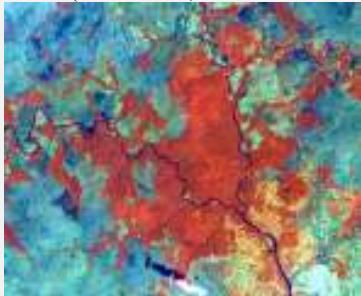
Il est possible d'observer les changements de la couverture des terres au moyen de produits de télédétection (voir l'exemple ci-dessous au Kenya, Landsat 1990/2000) où la détection de ces changements peut être mise en relief à l'aide de séries chronologiques d'images satellites. Dans l'image à droite, la carte initiale de couverture des terres (polygones) est superposée à la nouvelle image satellitaire pour détecter les changements.



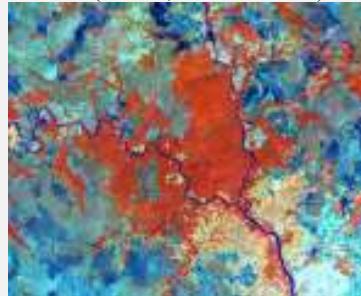
Source : FAO-GLCN http://www.glcn.org/databases/ke_change_en.jsp (consulté le 14 juillet 2014)

Encadré 4.05 Exemple de détection du changement binaire des surfaces forestières/non forestières à partir d'images satellites

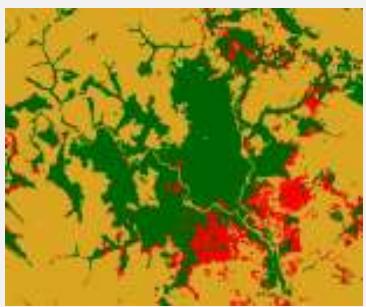
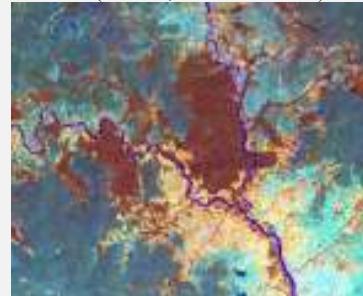
1990 (Landsat TM, résolution 30 m)



2000 (SPOT4, résolution 20 m)

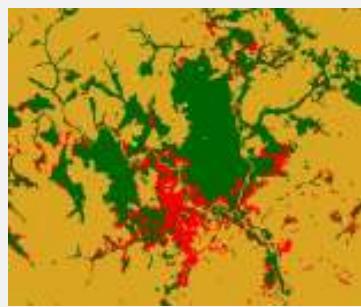


2010 (SPOT5, résolution 10 m)



Déboisement entre 1990 et 2000 (en rouge)

Extrait : Préfecture de Mambere Kadei
– République centrafricaine



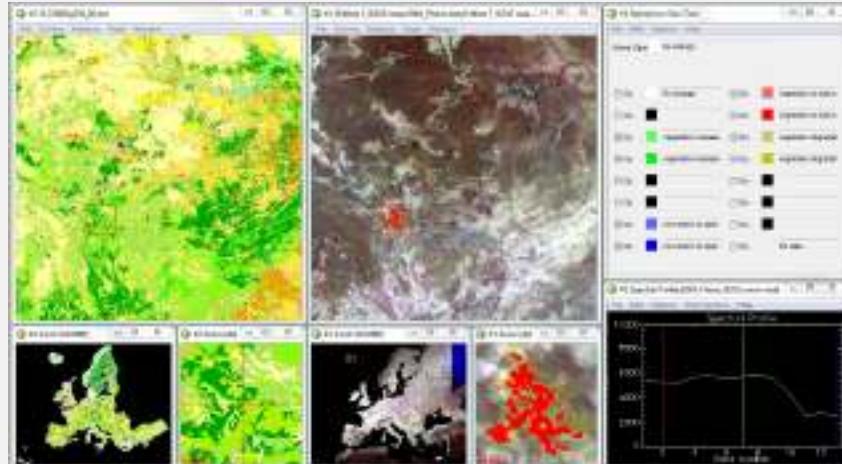
Déboisement entre 2000 et 2010 (en rouge)

L'Observatoire spatial des forêts tropicales (OSFT) a pour but de mettre à disposition l'archive complète des images SPOT de la région du bassin du Congo à l'appui du programme REDD+ et d'étudier le déboisement historique (classification binaire forêt/non-forêt et cartes dérivées du changements, méthodologie de traitement biophysique) à trois dates pivot (1990, 2000 et 2010)

<http://bassinducongo.reddspot.org>
(consulté le 14 juillet 2014).

4.18 Les recherches sur la détection automatique des changements se poursuivent. L'approche basée sur la méthodologie d'analyse harmonique des séries chronologiques (en. : Harmonic ANalysis of Time Series, HANTS) (paragraphe 4.36) vise à détecter les points noirs. Son intérêt à ce stade est de faire un dépistage systématique et de donner une première indication du type de changement observé. Dans un deuxième temps, l'interprète des photos sera en mesure de valider les changements et de les identifier d'une manière plus précise.

Encadré 4.06 Utilisation de la méthodologie HANTS pour détecter les points noirs des changements de couverture des terres



L'écran montre l'identification d'une forêt brûlée en Espagne au moyen de la méthodologie HANTS. La phase automatique a été suivie d'une interprétation visuelle du changement. Source : Gerbert Roering et Mathis Danes, Alterra, 2013.

4.19 D'autres recherches sont effectuées en Russie, sur la base (notamment) d'une couverture pluriannuelle d'images satellites et de l'utilisation de l'algorithme LAGMA⁷¹ (voir 4.35). Elles permettent de suivre sur plusieurs années les changements de la couverture des terres et notamment comme ceux causés par des incendies de forêt.

Figure 4.01 Surveillance de zones incendiées par IKI (Institut russe de recherche spatiale)



Source : Bartalev, S. et Loupian, E. (2012). *Moderate- and high-resolution Earth Observation data based forest and agriculture monitoring in Russia using VEGA Web-Service, ESA Sentinel 2 Preparatory Symposium*. http://www.congrexprojects.com/docs/12c04_doc/1-sentinel2_symposium_bartalev.pdf?sfvrsn=2 et <http://pro-vega.ru/eng/> (consulté le 14 juillet 2014)

⁷¹ Le LAGMA (algorithme de cartographie du monde à adaptation locale) a été créé par l'Institut de recherche spatiale de l'Académie russe des sciences (IKI).

4.20 Il est recommandé de s'intéresser à la qualité de la détection des changements en soi. Une méthodologie – saisie et classification des données – qui peut fournir des cartes relativement précises pouvant être utilisées par exemple pour produire des TCTD et des UPSE (Chapitre 3) et caractériser une région à grands traits, peut ne pas être appropriée pour détecter les changements de couverture des terres. Il est donc important de savoir quels sont les principaux pièges et lacunes méthodologiques à éviter.

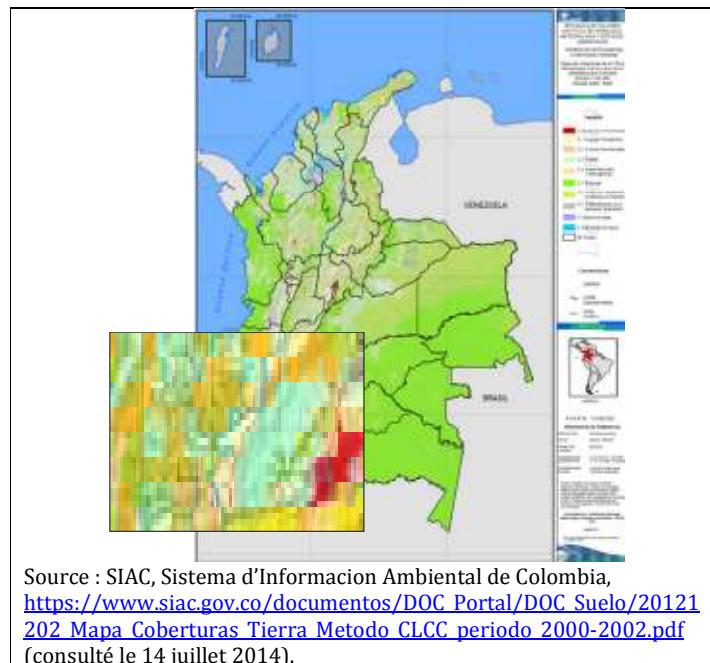
4.21 Plusieurs approches fondamentales sont possibles pour cartographier les stocks de couverture des terres et produire des cartes d'UCTE selon la classification agrégée qui est présentée dans la section 4.1.2 : photo-interprétation visuelle, classification automatique orientée-objets, méthodologies classiques et nouvelles de classification automatique de pixels, et généralisation de données administratives. Les problèmes liés à l'utilisation d'images satellitaires à faible résolution doivent être signalés.

a) Photo-interprétation visuelle d'images satellitaires

4.22 **La photo-interprétation des images satellitaires** convient pour les classifications multithématisques de couverture des terres comme celles qui sont nécessaires pour la comptabilité écosystémique. C'est en particulier vrai dans tous les cas où les objets géographiques sont des entités similaires à des paysages plutôt que des unités pures pouvant être facilement corrélées à la valeur radiométrique d'un pixel donné. Le photo-interprète est en mesure d'observer et de dessiner ces objets du paysage en fonction de leur forme, de leur couleur, de la texture, de la configuration et du contraste général de l'image alors que les pixels qui les composent peuvent avoir des couleurs ou des nuances de gris différentes. En outre, il peut à tout moment vérifier la classification avec des données auxiliaires (autres cartes ou photos aériennes).

4.23 La méthodologie d'interprétation visuelle de photos a été pour la première fois élaborée par des agences cartographiques au moyen de photographies aériennes pour être ensuite transférée à la classification des images satellitaires. Elle est utilisée dans les projets de couverture des terres que dirige la FAO, dans le cadre de procédures de classification orientées-objets comme dans AFRICOVER et ASIACOVER, dans le CORINE land cover de l'Union européenne ainsi que dans d'autres applications comme MEDGEOBASE (Tunisie et Maroc), BDOT (Burkina Faso) et en Colombie.

Figure 4.02 : Carte de couverture des terres produite par photo-interprétation visuelle – Colombie



4.24 La présente section n'a pas pour objet de décrire en détail la méthodologie de photo-interprétation visuelle. Les références aux meilleures pratiques sont les suivantes :

4.25 FAO/Global Land Cover Network (GLCN):

divers manuels à : http://www.glcn.org/pub_5_en.jsp;
logiciels à http://www.glcn.org/sof_5_en.jsp;

Version 2 du système de classification de couverture des terres (LCCS) (et version 3 à venir, LCML) qui permet l'élaboration d'une classification de couverture des terres selon des normes internationales;

GeoVIS, qui offre un grand nombre de fonctions conçues spécifiquement pour faire avec efficacité une interprétation visuelle d'images de télédétection (à utiliser uniquement dans des projets liés à la FAO);

MApping Device–Change Analysis Tool (MAD-CAT) et autres outils (à utiliser uniquement dans des projets liés à la FAO).

4.26 Agence européenne pour l'environnement : Guides CORINE land-cover

CORINE Land cover – Partie 1 : Méthodologie
<http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-part1>;

CORINE Land cover - Partie 2 : Nomenclature
<http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-part2>;

CORINE land cover technical guide - Addendum 2000
<http://www.eea.europa.eu/publications/tech40add>;
CLC2006 technical guidelines (land cover update)

http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2007_17.

4.27 **Colombie**, IDEAM : National land cover legend: CORINE Land Cover methodology adapted to Colombia⁷² <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/021521/LIBROCORINEFINAL.pdf>

4.28 **Burina Faso**, Deuxième Programme National de Gestion des Terroirs/Base de données de couverture des terres (BDOT) : Évolution de la couverture des terres entre 1992 et 2002 au Burkina Faso. http://www.fidafrique.net/IMG/pdf/BDOT_Analyse_Comptes_Langage_accessible_Janvier_2007 -2.pdf

4.29 Des tentatives pour automatiser la photo-interprétation d'images ont été faites sous le nom de **classification orientée objets**. La méthode comprend deux étapes : segmentation de l'image en zones cohérentes et classification de ces zones. Ce faisant, les zones composites peuvent être cartographiées comme des entités et le résultat de la classification orientée objets est par conséquent très similaire à celui qu'obtient un photo-interprète. Une fois calibrée, la production est beaucoup plus rapide. Il y a cependant une certaine instabilité dans le processus de segmentation de l'image, qui peut conduire à des incohérences entre les images satellitaires de différentes zones ou entre les images des mêmes zones à des dates différentes. Pour la comptabilité écosystémique où les comparaisons dans l'espace et dans le temps revêtent réellement une grande importance, cela signifie qu'il faut faire preuve de la plus grande attention lorsque sont utilisés des logiciels de classification orientée objets. La FAO, qui a travaillé de cette façon, utilise des logiciels orientés comme GeoVIS et MadCAT⁷³ en appui au travail des photo-interprètes. L'approche suivie par l'IBGE intègre la méthodologie dans un processus élargi ; elle est décrite dans les paragraphes 4.45 et 4.46 de la Section 4.1.2, e.

b) *Utilisation de la classification automatique de pixels pour les stocks de couverture des terres*

4.30 **La classification automatique de pixels**, supervisée avec des données de terrain ou non supervisée, est populaire pour le traitement des images satellitaires puisqu'elle se présente comme une solution bon marché. Les progiciels de traitement des images et plusieurs programmes SIG généralistes utilisent des algorithmes de classification automatiques. Le principe consiste à établir une corrélation entre la radiométrie d'un pixel donné et un type de couverture des terres. Lorsqu'on travaille sur des classifications multithématiques comportant davantage qu'un très petit nombre de classes, un problème surgit dans la classification automatique qui est que le choix d'un seuil de valeur radiométrique pour une classe donnée a des conséquences sur la définition d'autres classes. Cela est particulièrement vrai pour les pixels qui font partie de paysages complexes ou mixtes. Même si des itérations et une supervision poussée aboutissent à un degré de fiabilité acceptable (calculé statistiquement), le résultat final a une signification plus statistique que cartographique. Il doit être utilisé avec le plus grand soin pour la comptabilité au niveau des UPSE puisque les valeurs des pixels sont très incertaines. Dans tous les cas, la classification automatique des pixels requiert une assurance qualité et un contrôle rigoureux.

4.31 Dans une certaine mesure, des cartes de classification automatique de pixels peuvent être utilisées dans un premier temps pour faire une esquisse des UPSE. Dans la mesure où les types dominants de couverture des terres sont définis à partir de données agrégées en un petit nombre de classes (Chapitre 3, paragraphe 3.47), des classifications existantes peuvent être utilisées pour un test préliminaire. Elles doivent dans tous les cas être vérifiées pour repérer d'éventuels biais comme la confusion entre zones artificielles et sol nu. En tout état de cause, la détection de changements par simple soustraction entre les

⁷² IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA. 2008. Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi y Corporación Autónoma Regional del río Grande de La Magdalena. Bogotá, D.C., 200 p. + 164 hojas cartográficas.

⁷³ GeoVIS est un système d'édition vectoriel conçu spécifiquement pour l'interprétation thématique. MAD-CAT est un logiciel principalement consacré à l'optimisation de la production de cartes fondées sur des polygones vectoriels. Voir <http://www.geovis.net/Home.htm> (consulté le 16 août 2014)

classifications automatiques de pixels multithématiques conventionnelles à deux dates n'est pas une option.

4.32 Plusieurs approches permettent d'obtenir de meilleurs résultats dans la classification automatique de pixels : classification orientée objets, détection classe par classe, supervision améliorée et analyse de séries chronologiques.

4.33 **La classification orientée objets** a été discutée avec les méthodes de classification visuelles car elle en est dans une certaine mesure leur modélisation et est souvent utilisée en liaison avec elles (paragraphe 4.29).

4.34 La détection automatique classe par classe (binaire) est plus fiable que la classification multi-classe de la couverture des terres. Elle peut être effectuée directement sur l'imagerie satellitaire ou après dérivation de variables comme l'indice de végétation. Elle peut également être mise en œuvre en utilisant un masque d'image fourni par une carte (validée) préexistante. De bons résultats ont été obtenus pour les forêts, les lacs et les zones artificielles. La classification binaire indique l'existence [0,1] ou la densité du thème pixel par pixel. On trouvera ci-dessous plusieurs exemples de classifications binaires pixel par pixel, avec des liens, lorsqu'ils sont disponibles, pour télécharger les produits :

- A : carte JAXA des aires forestières et non forestières, une vue de Kalimantan;
- B : MODIS « Champs continus de végétation » (Vegetation Continuous Fields – VCF) /forêt, (pourcentage d'arbres);
- C : Couverture forestière mondiale (pourcentage d'arbres, Landsat);
- D : Couverture des terres à haute résolution/imperméabilisation des sols;

La méthodologie du “traitement biophysique” utilisée pour le programme d'appui REDD+ du bassin du fleuve Congo (Encadré 4.05) est de ce type.

Encadré 4.07 : Exemple de classification pixel par pixel (A)
Carte JAXA des aires forestières/non forestières, une vue de Kalimantan



http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/guide/forestmap_oct2010.htm (consulté le 14 juillet 2014)

L'Agence japonaise d'exploration aérospatiale (JAXA) a produit les premières images et cartes mondiales de distribution des aires forestières et non forestières à résolution de 10 m (en 2007 et 2009), utilisant pour ce faire le Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar (PALSAR) à bord du Satellite d'observation avancée de la terre (ALOS) DAICHI.

http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/guide/forestmap_oct2010.htm (consulté le 14 juillet 2014)

Les cartes 2007 à 2010 des aires forestières et non forestières d'une résolution de 50 m peuvent être téléchargées gratuitement à des fins d'usage non commercial. Elles constituent un produit intéressant pour les pays tropicaux où les nuages sont un problème (que ne connaissent pas les capteurs radar).

http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/palsar_fnf/fnf_index.htm (consulté le 14 juillet 2014)

Encadré 4.08 : Exemple de classification pixel par pixel (B) MODIS Champs continus de végétation/ Forêt VCF

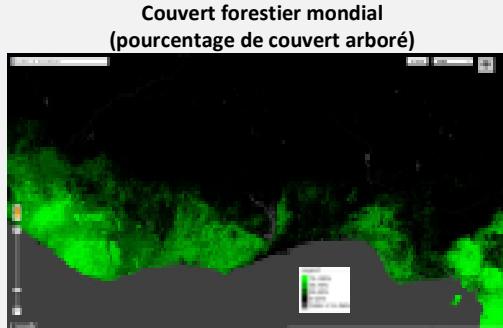


Les champs continus de végétation (VCF) sont des estimations proportionnelles de couverture, élaborées à partir de données d'apprentissage mondiales provenant de l'utilisation d'imagerie à haute résolution. Les données d'apprentissage et les métriques phénologiques sont utilisés avec un arbre de régression pour obtenir le pourcentage de couverture à l'échelle mondiale.

La version actuellement disponible pour téléchargements contient uniquement une couche en pourcentage de couvert arboré pour 2000–2010. D'autres couches, le pourcentage de couvert herbacé et le pourcentage de la couche de couvert nu, devraient devenir disponibles dans un proche avenir. Ces résultats sont obtenus à partir des composites mensuels de données MODIS à une résolution de 250 m.

MODIS VCF est également désigné par l'équipe MODIS des sciences de la terre comme le produit "MOD44B". Les données peuvent être téléchargées de l'adresse suivante : <http://glcf.umd.edu/data/vcf/> (consulté le 14 juillet 2014)

Encadré 4.09 : Exemple de classification pixel par pixel (C) Couvert forestier mondial (en.: Global Forest Cover)



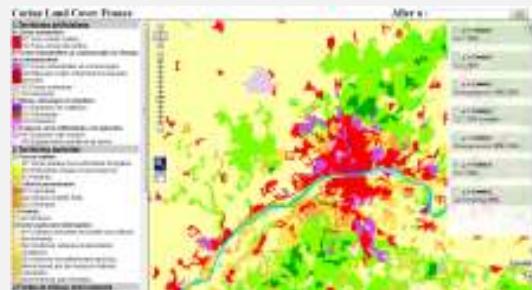
NASA Goddard, sur la base des données de Hansen et al., 2013.
<http://www.nasa.gov/content/goddard/nasa-usgs-landsat-data-yield-best-view-to-date-of-global-forest-losses-gains/> (consulté le 14 juillet 2014)

Résultats de l'analyse chronologique de 654 178 images Landsat qui caractérisent l'ampleur et l'évolution des forêts, 2000–2012. Les arbres sont définis comme étant toute la végétation plus haute que 5 m et ils sont exprimés en pourcentage de couvert arboré par maille de 30 m. pour l'année 2 000. La perte de forêt est définie comme une perturbation du couvert forestier ou comme le passage d'un état forestier à non forestier. Le gain forestier est défini comme l'inverse de la perte ou le passage d'état non forestier à forestier pendant la période d'étude. Les images de référence 2000 et 2012 sont des observations médianes tirées d'une série validée d'observations en saison de croissance de la végétation.

<http://earthenginepartners.appspot.com/google.com/science-2013-global-forest> (consulté le 14 juillet 2014)

Encadré 4.10 : Exemple de classification pixel par pixel (D) Couche à haute résolution sur l'imperméabilisation des sols, Europe

CORINE Land Cover, 2006
Région d'Orléans, France



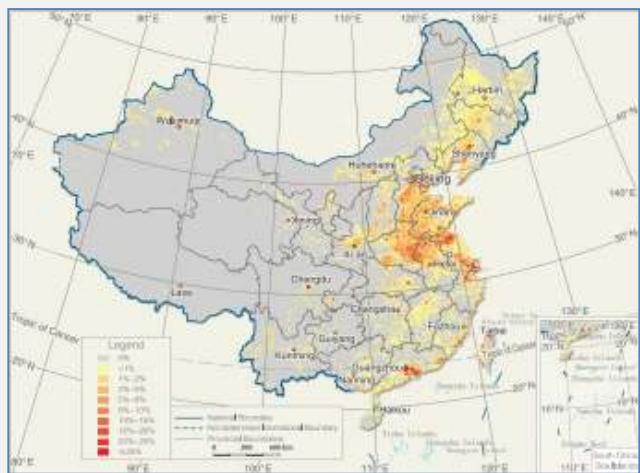
Source : Visualisation de la base CORINE Land Cover au MEEDD, France: <http://clc.developpement-durable.gouv.fr/>
(consulté le 20 avril 2015)

La couche à haute résolution sur l'imperméabilisation des sols est un produit dérivé des images satellites utilisées pour CORINE land cover.



C'est une classification automatique produite par le projet de surveillance des terres COPERNICUS/GIO que coordonne l'Agence européenne pour l'environnement. Il y a une très bonne concordance avec les classes artificielles CORINE. Dans les zones urbaines, cette couche donne des informations additionnelles sur la densité.

Encadré 4.11 : Exemple de classification pixel par pixel (E) Base de données de la distribution et des changements de couverture des terres des établissements ruraux et urbains dans le monde



À l'appui des études sur les changements dans le monde et de la coopération internationale dans le Réseau mondial des systèmes d'observation de la Terre, le Centre national chinois de télédétection (NRSCC) a produit différentes bases de données dont celui de la distribution et des changements de couverture des terres des établissements ruraux et urbains dans le monde. La classification repose sur Landsat-TM et ETM+ ainsi que sur le CCD de China Satellites for Environment and Disaster Mitigation.

Les données peuvent être téléchargées du site Web du NRSCC :
<http://www.chinageoss.org/gee/2013/en/index.html> (consulté le 14 juillet 2014)

4.35 Supervision adaptative contextuelle – LAGMA⁷⁴ : un des problèmes avec la classification automatique des pixels est que les valeurs radiométriques sont en général définies comme étant des valeurs moyennes pour une zone, une région ou même un pays plutôt grands. Étant donné la variabilité des configurations spatiales (comme par exemple la variation de la densité des forêts), la valeur moyenne peut être trompeuse en certains endroits et conduire à des confusions. Une solution proposée est la méthodologie LAGMA, utilisée par l'Institut russe de recherche spatiale (IKI) pour établir la carte

⁷⁴ LAGMA : Locally Adaptive Global Mapping Algorithm

TerraNorte de couverture des terres de la Russie toute entière. Le principe consiste à utiliser un algorithme localement adaptatif pour re-calibrer les valeurs seuils de manière continue dans l'espace. Comme avec l'Analyse harmonique des séries temporelles (HANTS) ci-dessous, des images satellitaires de fréquence infra-annuelle (couverture hebdomadaire) sont utilisées pour tenir compte de la couverture nuageuse et suivre le cycle phénologique. Cette recherche est l'exemple d'une manière possible de rationaliser le processus de production de la couverture des terres dans le futur.

Figure 4.03 : TerraNorte, le Couvert végétal de la Russie



Sources : Institut russe de recherche spatiale (IKI) <http://www.iki.rssi.ru/eng/2011investig.htm> et <http://pro-vega.ru/eng/> (consulté le 14 juillet 2014)

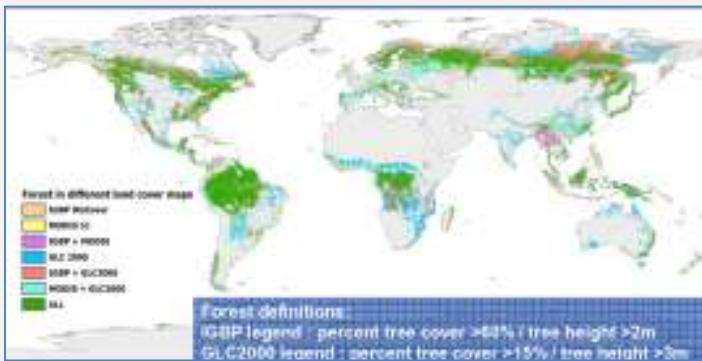
4.36 Analyse harmonique des séries temporelles (HANTS) : comme l'approche pour TerraNorte, la méthodologie HANTS fait usage des livraisons multi-dates d'images satellitaires, en général hebdomadaires à bihebdomadaires pour les satellites de résolution spatiale à moyenne et haute résolution. Elle permet de suivre les cycles phénologiques et, partant, de faire une bien meilleure analyse des types de végétation que les classifications fondées sur une seule image par an. Comme mentionné ci-dessus, les anomalies (points noirs) révèlent les changements de couverture des terres et peuvent être un apport très précieux à l'analyse par les photo-interprètes.

Encadré 4.12 Problèmes avec l'utilisation d'images à faible résolution pour la cartographie de la couverture des terres

Les images satellitaires à faible résolution abondent mais leur utilisation pour la comptabilité de la couverture des terres doit être prise en considération avec soin, en particulier lorsqu'il s'agit de détecter les changements. La cartographie de la couverture des terres avec des images satellitaires à faible résolution consiste en général à utiliser une classification automatique pour identifier différentes classes sur la base de leur facteur de réflexion. À faible résolution, les pixels élémentaires refléteront un composé de types élémentaires qu'il est difficile de démêler, sauf dans le cas de vastes zones très homogènes. Il y a une différence entre d'une part l'assimilation de données collectées avec une haute résolution dans une grille de 1 km² où chaque cellule contient une statistique de types de couverture des terres et, d'autre part, l'utilisation d'images satellitaires d'une résolution pixel de 1 km avec une radiométrie incertaine. Les questions de qualité sont essentielles dans le cas de paysages complexes. Des méthodologies améliorées ont été expérimentées qui utilisent le potentiel de répétition des satellites à faible résolution mais des problèmes demeurent, en particulier lorsqu'on essaie d'évaluer les changements de couverture des terres au niveau du pixel. Le résultat

d'une cartographie de couverture des terres à faible résolution doit être considéré comme une statistique – et peut être utilisé comme tel – mais il est une pauvre mesure pixel par pixel, bien que les résultats soient souvent présentés comme des cartes imprimées. De plus, les résultats d'essais de détection des changements par comparaison deux de ces cartes sont très incertains et même trompeurs. Les images satellitaires à faible résolution ne peuvent donc pas être utilisées pour la comptabilité de la couverture des terres.

Superficie forestière dans différents ensembles de données de couverture des terres dans le monde



Source : Di Gregorio, FAO – GLCN, LPIS Workshop, Tallinn 2009

Cet énoncé ne s'applique pas à l'emploi d'images satellitaires à faible résolution en général, uniquement au problème résultant de pixels d'hétérogénéité inconnue pour la cartographie de la couverture des terres. Pour suivre une seule variable comme par exemple la pluie ou des indices de végétation, la faible résolution spatiale compense cette limitation par la fréquence des observations, quotidiennes ou même plus fréquentes dans le cas de la pluie.

Résolution moyenne : il ressort de l'expérience empirique que la résolution minimale qui peut être utilisée pour la cartographie de la couverture des terres à des fins comptables est celle des satellites à résolution moyenne, MODIS et MERIS étant les plus populaires. Même dans ce cas, il faut vérifier comment la résolution moyenne répond à l'objectif de comptabilité dans une région donnée. On peut trouver des exemples d'excellentes cartes dans de grands pays à vastes paysages continus (comme dans les exemples russe et brésilien ci-dessus). Pour un démarrage rapide d'un test CECN, il peut s'avérer souhaitable d'utiliser de telles cartes – dûment contrôlées – pour produire des UPSE (Chapitre 3), lorsqu'aucune autre carte de couverture des terres n'est disponible. Une attention particulière devrait être accordée à la cartographie correcte des zones urbaines, lesquelles sont souvent confondues avec des sols nus dans les classifications automatiques. S'agissant de la détection des changements de couverture des terres, des méthodologies automatiques fondées sur des soustractions pixel par pixel de cartes classifiées devraient en principe être évitées car elles multiplient les erreurs. La solution est d'avoir une surveillance indépendante des changements, sur la base d'une analyse d'images satellitaires.

c) Sources cartographiques de l'information sur la couverture des terres

4.37 Le suivi de la couverture des terres a lieu dans le cadre de différentes activités de cartographie aux niveaux national ou régional, en rapport notamment avec la planification urbaine, l'agriculture et la sylviculture, les transports et la protection de l'environnement. Ces données peuvent être utilisées comme une source d'informations sur la couverture des terres à des fins de comptabilité écosystémique. La création de grandes bases de données nationales, régionales et mondiales a guidé la normalisation pour permettre l'interopérabilité et l'utilisation sur une même plateforme de différentes séries de données. Les normes géomatiques ISO comme la norme ISO TC 211-19144-2:2013 pour le métalangage de couverture des terres (LCML) à laquelle la classification SCEE de couverture des terres renvoie, sont des exemples de ces réalisations.

4.38 En Europe, la directive INSPIRE⁷⁵ de 2007 a mis en place une infrastructure pour l'information spatiale en Europe à l'appui des politiques environnementales de la Communauté ainsi que des politiques ou activités qui peuvent avoir un impact sur l'environnement. Son but est de faire en sorte que les infrastructures de données spatiales des Etats membres soient compatibles et utilisables dans un contexte communautaire et transfrontière. Cette directive requiert que des règles communes de mise en oeuvre soient adoptées dans un certain nombre de domaines spécifiques : métadonnées, spécifications des données, services de réseau, partage de données et de services, et monitoring et établissement de rapports. Dans ce contexte, l'intégration des données de couverture des terres, produites de haut en bas pour des programmes comme CORINE Land Cover et de bas en haut par la généralisation de cartes produites par les différentes agences cartographiques, a eu pour résultat un processus qui vise à créer un cadre uniifié de suivi des terres. Le projet EAGLE⁷⁶ en particulier propose la définition d'une matrice de traduction et d'un modèle orienté objets afin de permettre la future production du bas vers le haut de cartes de couverture des terres à partir de données nationales à très grande échelle⁷⁷ lorsque les pays sont disposés à le faire.

d) Utilisation de statistiques en appui à la comptabilité de la couverture des terres

4.39 La couverture des terres et, bien sûr, l'utilisation des terres, peuvent être suivies au moyen d'études statistiques de différents types : enquêtes auprès d'entreprises, d'institutions et de ménages, données de cadastre et sondages aréolaire. Les statistiques permettent de compléter les données de couverture des terres avec des variables d'utilisation des terres, elles peuvent fournir une manière efficace d'évaluer la qualité de la base de données sur l'occupation et le changement d'utilisation des terres. Cependant, elles ne peuvent que rarement remplacer la cartographie de la couverture des terres. Les chapitres suivants montrent que des statistiques de différents types sont d'importantes sources pour la comptabilité du capital écosystémique et comment elles peuvent être re-ventilées au niveau de la couverture des terres.

4.40 Des études statistiques périodiques par municipalités ou quartiers par exemple sont utiles car elles fournissent des données détaillées. C'est le cas des recensements agricoles qui sont une riche source d'informations. Les recensements de population et les inventaires forestiers sont du même type.

4.41 Les données cadastrales sont utilisées dans plusieurs pays comme une source d'information et à des fins de comptabilité des terres. La numérisation des données cadastrales et le géoréférencement des cartes en font une source de plus en plus intéressante. Des statistiques sur l'utilisation des terres sont compilées à intervalles réguliers à partir des données cadastrales par le Bureau fédéral allemand des statistiques⁷⁸ mais aucune carte détaillée n'a jusqu'ici été produite. Au Queensland (Australie), des parcelles de terre extraites du cadastre (les limites des titres fonciers des exploitations agricoles) ont été utilisées pour définir les UECT afin d'obtenir un lien plus étroit avec des attributs statistiques comme l'utilisation et la valeur des terres⁷⁹. Bien que l'utilisation de données de cadastre soit très utile, il est nécessaire de vérifier les procédures nationales utilisées pour actualiser la base de données du cadastre. Dans plusieurs pays, une actualisation annuelle n'est pas systématique et elle ne se fait que lorsqu'une transaction a lieu pour une propriété donnée.

⁷⁵ <http://inspire.ec.europa.eu/> (consulté le 14 juillet 2014).

⁷⁶ EAGLE - Eionet Action Group on Land monitoring in Europe. <http://sia.eionet.europa.eu/EAGLE> (consulté le 14 juillet 2014)

⁷⁷ http://www.earsel.org/symposia/2013-symposium-Matera/pdf_proceedings/EARSeL-Symposium-2013_10%20Arnold.pdf (consulté le 4 août 2014)

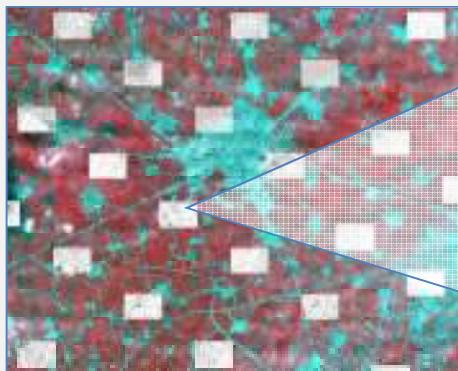
⁷⁸ <https://www.destatis.de/EN/FactsFigures/NationalEconomyEnvironment/Environment/EnvironmentalEconomicAccounting/LandUse/LandUse.html> (consulté le 14 juillet 2014).

⁷⁹ Voir Vardon, M. (Australian Bureau of Statistics). *The building blocks for accounts: basic units and lessons*. Ecosystem Accounting Workshop, WAVES Partners Meeting Washington DC, 12 avril 2012.

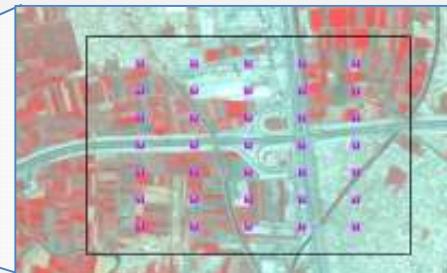
http://www.wavespartnership.org/sites/waves/files/images/WAVES_SEEA%20EEA%20Workshop.pdf (consulté le 14 juillet 2014)

4.42 Les études de couverture des terres par échantillonnage donnent en général de très bons résultats statistiques qui peuvent être utilisés pour vérifier la qualité statistique obtenues à partir des cartes. En règle générale, les études par échantillonnage ne permettent pas la production de cartes autres que la représentation de statistiques au niveau régional. Le problème est que les résultats sont significatifs soit pour chaque point ou segment d'échantillonnage pris individuellement, soit statistiquement pour un nombre minimum d'observations, empiriquement pour un groupe d'environ 300 dans le cas d'un sondage sur grille régulière. Dans ce cas, des classes fortement représentées comme des zones agricoles de grande étendue peuvent avoir de bons résultats, même pour de petites régions. Toutefois, les types plus petits de couverture des terres, qui sont en général importants pour l'évaluation de la diversité des paysages, ne donnent des résultats valides que pour des zones plus larges, ce qui limite les possibilités de cartographie uniquement à des valeurs moyennes. Des efforts ont été faits pour surmonter ce problème en stratifiant des échantillons par rapport à la couverture des terres. Des difficultés peuvent surgir lorsque les objets enquêtés ne sont pas exactement identiques, l'échantillonnage ciblant des objets de base ou des points alors que la cartographie définit des zones qui sont plus ou moins hétérogènes. Les observations par échantillonnage sont plus des attributs des UCTE et/ou des informations utiles pour contrôler leur classification que d'autres moyens de les cartographier.

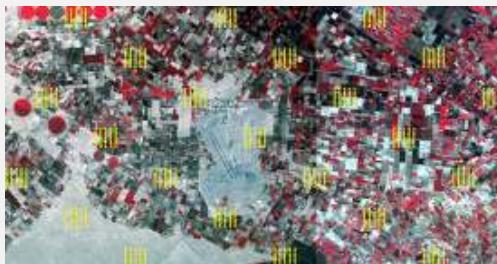
Encadré 4.13 Contrôle et évaluation de terres arables d'Égypte, combinant échantillonnage, analyse de l'imagerie satellitaire et cartes cadastrales



Échantillonnage primaire : distribution d'échantillonnage des cartes cadastrales



Unités d'échantillonnage secondaire pour la collecte de données sur le terrain



Évaluation des changements dans les unités d'échantillonnage primaire avec de l'imagerie satellitaire

Landsat 1985 et SPOT 2005

Reclassification des changements de la couverture terrestre et compilation des comptes.

Land cover class in 1985	Land	cover	class	in 2005	
	1	2	3	4	5
1	Ø	LCFOOTH	LCFOOTH	LCFOOTH	LCFOOTH
2	LCFURB	Ø	LCFVEG	LCFOOTH	LCFWAT
3	LCFURB	LCFAGR	Ø	LCFOOTH	LCFWAT
4	LCFURB	LCFAGR	LCFOOTH	Ø	LCFWAT
5	LCFURB	LCFAGR	LCFOOTH	LCFOOTH	Ø

- (LCFURB) Urbanisation
- (LCFAGR) Agriculture extension
- (LCFWAT) Water bodies management
- (LCFNAT) Afforestation, natural semi-natural conversion
- (LCFOOTHER) Other or unclassified changes

Source : Arable land monitoring and assessment project (ALMA) du Ministère égyptien de l'agriculture/Soil Water Environment Research Institute (SWERI) et IGN-Fl. 2007.

<http://www.ignfi.com/en/content/arable-land-monitoring-and-assessment-project-egypt-0> (consulté le 14 juillet 2014)

e) Méthodes intégrées de cartographie de la couverture des terres

4.43 La carte de couverture des terres ne devrait pas être considérée comme un produit indépendant mais plutôt comme un élément clé du système d'information nécessaire pour produire les comptes. Etant donné qu'elle sera intégrée à un stade ultérieur dans le modèle d'évaluation écosystémique, il est important que sa construction soit fondée sur les meilleures méthodologies de cartographie et qu'elle tienne également compte d'autres informations dans les domaines environnementaux et socioéconomiques. Un exemple est le travail effectué à l'IBGE.

4.44 Les cartes de couverture et d'utilisation des terres produites par l'IBGE partent de la segmentation d'image en objets qui sont d'abord automatiquement classées sur la base de la radiométrie des pixels. Des changements sont également détectés à partir de la radiométrie des images. Des informations en provenance d'autres sources sont aussi incorporées, ce qui est facilité par la structure en objets de la base de données et l'assimilation à des fins comptables des données dans une grille de 1 km². Ces informations additionnelles concernent la surveillance des forêts de l'Amazonie (PRODES et TERRACLASS effectués par Institut national brésilien de recherche spatiale (INPE) et l'Entreprise publique brésilienne pour la recherche agricole (EMBRAPA), les cartes de la végétation et de l'environnement, les études statistiques socioéconomiques, d'autres données en provenance de la surveillance par satellite et les bases de données hydrologiques⁸⁰.

4.45 L'Institut brésilien de géographie et de statistique a également compilé des données et produit des cartes détaillées d'utilisation des terres pour 1996 et 2006 sur la base d'images satellitaires et des statistiques du recensement agricole, ajoutant d'autres informations cadastrales comme les zones d'exploitation minière, les zones cadastrales de récoltes végétales ainsi que des données issues de recensements de la population⁸¹.

⁸⁰ Pour de plus amples informations sur la méthodologie de classification par l'IBGE de l'occupation et de l'utilisation des sols, voir le Manuel http://www.ibge.gov.br/english/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/manual_usodaterra.shtm (consulté le 14 juillet 2014).

⁸¹ La troisième version du Manuel technique d'utilisation des sols de l'IBGE (*Manual Técnico de Uso da Terra*, 2013) peut être téléchargée en portugais à l'adresse suivante : http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/manual_usodaterra.shtm (consulté le 14 juillet 2014).

Figure 4.04 Carte de l'occupation et de l'utilisation des terres au Brésil, 2010



Source : Domingues E. et Moreira M. Z. *LANCOVER/LANDUSE CHANGES: Brasil 2000–2010*, National Seminar of SEEA Implementation, septembre 2013, IBGE, Diretoria de Geociências, Rio de Janeiro (Brésil).
Téléchargé de : <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/workshops/Rio2013/R-N-Brazil.pdf> (consulté le 14 juillet 2014).

f) *Exemple d'une méthodologie possible de cartographie de la couverture des terres dans le contexte d'un démarrage rapide*

4.46 En l'absence de cartes et données de couverture des terres appropriées à la comptabilité, il est possible de commencer à mettre en œuvre la Trouss de démarrage rapide de la CECN en utilisant de manière simple des données existantes. Le principe consiste à travailler classe par classe et à choisir des données qui peuvent être traduites en termes d'UCTE. En général, il est possible de se procurer auprès de différents organismes des cartes des bâtiments et/ou de zones urbaines, des routes, des forêts, de zones agricoles, des lacs, des cours d'eau, de biotopes ou d'habitats (zones humides de différents types, prairies, etc.). Il arrive souvent que ces cartes seront à une échelle trop détaillée pour ce qui est de la définition des UCTE. C'est ainsi par exemple que des cartes détaillées de champs excluront les chemins et les petites routes, les clôtures et les haies, les petits étangs et les petits bois, et parfois aussi les fermes ou les granges isolées qui font partie des classes d'UCTE agricoles homogènes. Par ailleurs, dans le cas des mosaïques paysagères, les unités comptables doivent être définies à partir de la combinaison des intrants détaillés les plus typiques, compte tenu de l'échelle de la carte. La solution consiste donc à lisser⁸² les données très détaillées et à définir classe par classe des seuils correspondant à la classification des UCTE. Les principales étapes sont résumées dans l'encadré 4.14. L'exemple est tiré de l'étude de cas de Maurice⁸³. Une procédure analogue a été utilisée pour quelques classes dans le projet de cartographie de la couverture et de l'utilisation des terres de l'IBGE qui est décrit dans les paragraphes 4.44 et 4.45 (Figure 4.04).

⁸² Voir Chapitre 3, 3.2.2.

⁸³ Weber, J.-L. (2014). *Experimental Ecosystems Natural Capital Accounts, Mauritius Case Study, Methodology and preliminary results 2000 – 2010*. Commission de l'océan indien (Maurice).

http://commissionoceanindien.org/fileadmin/resources/Islands/ENCA_Mauritius.pdf (consulté le 5 août 2014)

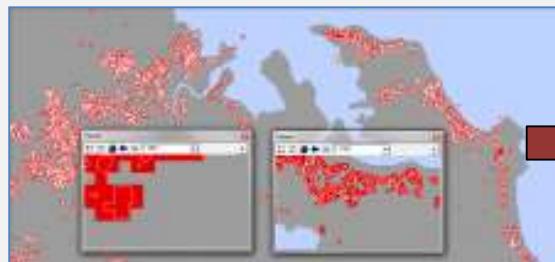
Encadré 4.14 Production d'une carte de couverture des terres à partir de différents ensembles de données géographiques

Les étapes à suivre pour produire une carte de couverture des terres à partir de données géographiques détaillés provenant de sources différentes sont les suivantes :

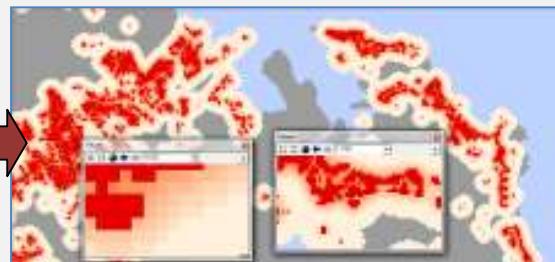
- rastériser les différents ensembles de données géographiques vectorielles; la résolution dépendra de l'échelle des données d'entrée; le choix le meilleur est la haute résolution. Utiliser une couche raster à haute résolution si elle est disponible (pour les forêts par exemple);
- lisser les données rastérisées au moyen d'un outil SIG de filtrage (floutage ou lissage) gaussien;
- choisir un seuil approprié pour chaque classe; le choix doit être fait visuellement, classe par classe; il peut être utile de produire deux variantes pour les couches urbaines : dense/homogène et dispersée;
- combiner les différentes couches. L'outil mosaïque SIG produira un empilage de couches qui nécessitera la définition d'un ordre de priorité. La logique est d'assurer le suivi de la diversité et de l'intégrité des paysages et, par conséquent, de donner la priorité aux thèmes avec de petites surfaces. Le mosaïquage commencera donc par les thèmes avec les plus grandes unités. Le faire minimise aussi l'erreur relative pour chaque classe. Enfin, la couverture urbaine qui génère le stress environnemental le plus grand sur les écosystèmes devrait recevoir la priorité la plus élevée;
- cartographier les classes mixtes: quelques pixels ne seront pas classifiés dans les étapes précédentes en raison de leur contenu mixte. Dans la classification des UCTE, deux classes peuvent être utilisées : 04 Associations et mosaïques agricoles; et 09 Associations et mosaïques de végétation naturelle. Il convient de les distinguer. Il est difficile de donner une valeur seuil précise mais une règle empirique veut que la classe 04 soit choisie lorsque le thème de l'agriculture représente plus de 50 % du seuil utilisé pour la classe 02 (cultures homogènes). Si cette condition n'est pas remplie, la mosaïque sera censée être du type naturel 09;
- dissoudre dans des zones adjacentes les pixels isolés ou les très petites taches en utilisant si possible un outil automatique.

Encadré 4.15 Exemple d'application d'une méthodologie de démarrage rapide à Maurice

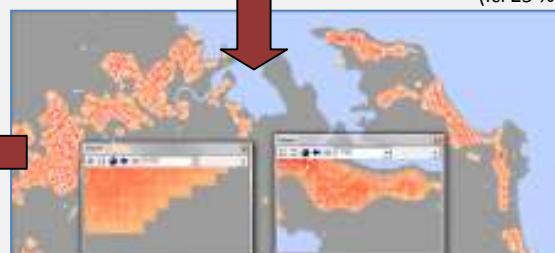
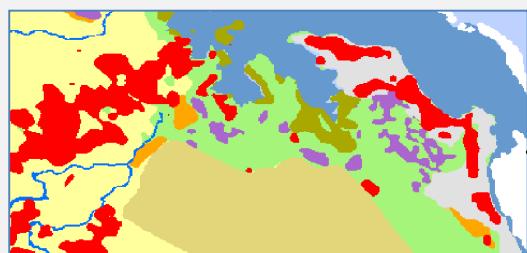
Rastérisation de la carte des bâtiments (pixels de 10 m)



Ajustement du fichier matriciel (rayon : 10 x taille du pixel)



Sélection visuelle d'une valeur seuil pour les zones urbaines (ici 25 %)



Carte finale des UCTE après traitement et mosaïquage de toutes les couches.

Source : Experimental Ecosystem Natural Capital Accounts - Mauritius Case Study, op. cit.

4.47 D'autres sources comme le Couvert forestier mondial de la NASA présenté antérieurement (Encadré 4.09) peuvent être utilisées de la même manière pour produire rapidement une carte de couverture des terres.

4.48 La méthodologie décrite ci-dessus pour produire une carte des UCTE est plutôt simple à appliquer. Cette première carte du stock de couverture des terres peut être utilisée dans plusieurs parties du processus comptable, à commencer par la définition des UPSE et en tant que couche de référence pour une future classification. En effet, étant donné que les données d'entrée sont de grande qualité, cette carte est très utile pour la classification et la validation dans le cas de photo-interprétation visuelle. Une limitation cependant est que, en raison de multiple sources, les divers composants n'ont pas un cycle de mise à jour cohérent. De plus, quelques-unes des cartes peuvent s'améliorer dans le temps, rendant les comparaisons difficiles. Il est par conséquent risqué d'essayer de mettre à jour ce type de carte combinée, ce qui signifie qu'un monitoring robuste des changements de la couverture des terres (normalement de 1990 à ce jour) devra être effectué après la phase de démarrage rapide.

4.2. LE CADRE COMPTABLE DE LA COUVERTURE DES TERRES

4.49 Les premiers comptes de couverture des terres ont été publiés en 2006 par l'Agence européenne pour l'environnement pour la période 1990–2000, comptes qui couvraient 26 pays. Le sous-titre du rapport Towards Integrated Land and Ecosystem Accounting (LEAC) indiquait clairement que les comptes de couverture des terres étaient considérés comme la première étape de cette entreprise. Les comptes de couverture des terres ont été établis à partir de CORINE land cover et mis à jour avec CORINE elle-même pour 2006. La mise à jour pour 2012 effectuée en 2014-2015 couvre plus de 30 pays.

Encadré 4.16 Comptes de la couverture des terres de l'Europe (LEAC), 1990–2000 et 2006

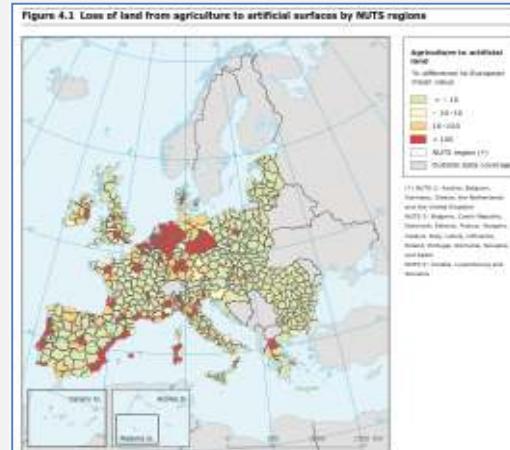


Land accounts for Europe 1990–2000, Towards integrated land and ecosystem accounting, EEA Report No 11/2006 (EN), (Rédigé par Haines-Young, R. et Weber, J.-L.)

http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2006_11
(consulté le 14 juillet 2014)

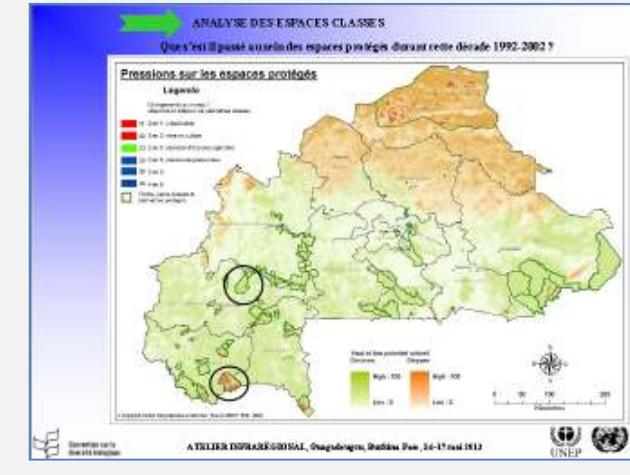
Les comptes de couverture des terres pour 1990–2000 et la mise à jour 2006 peuvent être produits en ligne en utilisant le visionneur de l'Agence européenne pour l'environnement accessible sur son site Web : <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/land-accounts> (consulté le 14 juillet 2014)

Le rapport de l'AEE présente une évaluation du changement de couverture des terres en Europe ainsi que la méthodologie comptable, les classifications détaillées utilisées et les outils méthodologiques nouveaux comme le lissage, le calcul des températures urbaines, de l'indice de base du paysages vert et les types de paysage dominants.



4.50 Dans le contexte du projet de la Base de Données de la couverture des terres (BDOT)⁸⁴, la méthodologie LEAC a été appliquée avec succès au Burkina Faso, 1992–2002, avec des ajustements marginaux des classifications des stocks et des flux⁸⁵.

Encadré 4.17 Application des comptes de changements de couverture des terres aux espaces protégés du Burkina Faso (BDOT)



Le fond de la carte montre l'importance relative des savanes (vert pâle) et des steppes (brun pâle), calculée avec des valeurs de couverture des terres lissées. Dans les périphéries des espaces protégés, les couleurs superposées indiquent les flux de couverture des terres : rouge pour le développement urbain, vert vif pour le retrait de l'agriculture et bleu pour la création de plans d'eau.

Sources : Diallo;
Jaffrain et Diallo, *op. cit.*

4.2.1 Stocks, changements et flux de consommation et de formation

4.51 La CECN-TDR suit largement la méthodologie LEAC de comptabilité de couverture des terres. Un aspect particulier consiste à regrouper en classes de même nature, les changements de couverture des terres de classe à classe entre deux dates selon les processus qui les ont générés, appelés flux de couverture des terres. Une approche similaire a été expérimentée par l'IBGE avec des groupements légèrement différents. L'encadré 4.20 permet une comparaison des deux présentations.

4.52 Les stocks de couverture des terres correspondent aux surfaces de la carte. Ces stocks sont des actifs ou des éléments du capital des différents types. La surface totale d'un pays ne change que d'une manière très limitée par suite de l'érosion côtière mais les différents types de couverture peuvent varier, apparaître ou disparaître.

4.53 Les flux de couverture des terres sont la consommation et la formation. Cette rédaction emploie la terminologie qu'utilise le SCN pour la consommation et la formation de capital fixe. Le mot flux renvoie au concept d' « autres flux » utilisé pour décrire les *“autres changements du volume des actifs”* (SCN 2008, paragraphe 3.102). Dans la CECN-TDR, les changements de couverture des terres ne sont pas de simples

⁸⁴ BDOT – Base de données de la couverture des terres

⁸⁵ Une présentation complète (en français) de la carte et des comptes de la couverture des terres BDOT peut être téléchargée du site Web de la Convention sur la diversité biologique (CDB) : *Comptabilité environnementale et utilisation des terres au Burkina Faso*, par Diallo, A. A. <http://www.cbd.int/doc/meetings/im/rwim-wafr-01/other/rwim-wafr-01-adama-oumar-fr.pdf> (consulté le 14 juillet 2014).

Une présentation similaire en anglais peut être téléchargée du site Web de l'Agence européenne pour l'environnement : *Land cover accounts in Burkina Faso*. Jaffrain G. et Diallo, A. Agence européenne pour l'environnement, 2007 (EN) http://projects.eionet.europa.eu/leac/library/cube/land_cover/presentation_leac_burkina_faso_ppt (consulté le 14 juillet 2014).

changements d'apparence mais le résultat combiné d'activités humaines (utilisation des terres) et de processus naturels sur un élément du capital naturel.

4.54 Les flux de couverture observable des terres ne saisissent pas toutes les modifications de la couverture attribuables à une utilisation intensive et aux changements climatiques, en particulier lorsqu'elles ne se traduisent pas en changement de classe de couverture des terres. Ces changements seront décrits dans d'autres tableaux de la CECN sur le carbone et la biomasse, l'eau et la diversité des paysages.

4.55 Les flux de couverture des terres ne sont pas de simples augmentations ou des diminutions des stocks. Ils sont le résultat de changements d'utilisation des terres et doivent le refléter explicitement, ce qui est fait avec la classification des flux de couverture des terres. La classification des flux de couverture des terres sera également utilisée dans le compte des services fonctionnels dépendant de l'intégrité l'infrastructure écosystémique et la biodiversité des paysages (Chapitre 7).

4.56 La matrice de transition d'une date à une autre entre types de couverture des terres, montre qu'il y a $((14 \times 14) - 14) = 182$ changements élémentaires possibles dans le cas de la classification agrégée des UCTE. Lorsqu'on utilise une classification plus détaillée de la couverture des terres, le nombre théorique de changements possibles peut être très grand et la classification détaillée d'une utilité très limitée. Avec la base CORINE land cover (44 classes) de l'UE, le nombre total de changements possibles est de 1 892, avec la BDOT du Burkina Faso (36 classes) de 1 260, et avec l'application LCCS de la FAO au Sénégal (50 classes) de 2 450.

4.57 La classification des flux de couverture des terres découle de l'analyse détaillée de la matrice de transition. Les changements sont groupés en fonction des processus qui les ont générés. Dans les encadrés 4.18 et 4.19, les mêmes couleurs sont utilisées pour visualiser les classes de flux (codés If xx – n.c.a signifiant « non classé ailleurs ») dans la liste et dans la matrice. Il est important que la matrice de calcul standard produite par le SIG soit légèrement modifiée pour produire la matrice comptable correcte. Dans la matrice de calcul standard, la diagonale est consacrée à « *aucun changement* », ce qui a pour conséquence que ce montant varie selon le niveau de détail de la classification utilisée, augmentant en cas d'agrégation. Dans la matrice comptable (Encadré 4.19), les non-changements réellement observés sont séparés des changements internes à une classe donnée. Techniquement, la solution consiste à extraire les non-changements (If0) de la diagonale et à les enregistrer comme un élément additionnel à la fois en ligne et en colonne.

Encadré 4.18 Classification agrégée (provisoire) des flux de couverture des terres (If)

If1 Artificialisation
If2 Extension de l'agriculture
If3 Conversions et rotations internes
If4 Gestion et altération des espaces forestiers
If5 Restauration et création d'habitats
If6 Changements dus à des causes naturelles et multiples
If7 Autres changements des terres n.c.a. et réévaluation
If0 Aucun changement observé de la couverture des terres

n.c.a: non classés ailleurs

Encadré 4.19 Dérivation des flux de couverture des terres de la matrice de changement (transition) entre deux dates

		Année T1																
		Zones urbaines et surfaces artificielles associées	Terres agricoles herbacées homogènes	Pâturages, cultures permanentes, cultures agro-forestières	Associations et mosaïques	Prairies, surfaces en herbe	Couverture forestière	Couverture de végétation arbustive, broussailles, landes...	Zones de végétation clairsemée	Associations et mosaïques de végétation autre que forestière	Terres nues	Neiges permanentes et éphémères	Zones humides ouvertes	Surfaces en eau intérieures	Mer/Interface avec la Terre	Total, consommation de couverture des terres	Aucun changement	TOTAL t1
		Année T0	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	
Zones urbaines et surfaces artificielles associées	01	If3	If7	If7	If7	If7	If7	If7	If7	If7	If7	If7	If7	If7	If6	If6	If0	
Terres agricoles herbacées homogènes	02	If1	If3	If3	If5	If5	If5	If5	If5	If5	If5	If6	If7	If5	If1	If6	If0	
Plantes agricoles, cultures permanentes	03	If1	If3	If3	If5	If5	If5	If5	If6	If6	If6	If6	If5	If5	If6	If6	If0	
Associations et mosaïques agricoles	04	If1	If2	If2	If3	If5	If5	If5	If6	If6	If5	If6	If7	If5	If1	If6	If0	
Prairies, surfaces en herbe naturelles	05	If1	If2	If2	If3	If5	If5	If5	If6	If6	If5	If6	If7	If5	If1	If6	If0	
Couverture forestière	06	If1	If2	If2	If2	If3	If3	If4	If4	If4	If4	If4	If7	If4	If3	If6	If6	If0
Couverture de végétation arbustive, broussailles, landes...	07	If1	If2	If2	If2	If6	If5	If3	If6	If6	If6	If6	If7	If6	If1	If6	If6	If0
Zones de végétation clairsemée	08	If1	If2	If2	If2	If2	If5	If6	If3	If3	If6	If7	If6	If1	If6	If6	If0	
Associations et mosaïques de végétation naturelle	09	If1	If2	If2	If2	If2	If5	If6	If6	If6	If3	If6	If7	If6	If1	If6	If0	
Terres nues	10	If1	If2	If2	If2	If2	If5	If6	If6	If6	If5	If3	If7	If6	If1	If6	If0	
Neiges permanentes et glaciers	11	If1	If6	If6	If6	If6	If6	If6	If6	If6	If6	If7	If3	If6	If6	If6	If0	
Zones humides ouvertes	12	If1	If2	If2	If2	If2	If5	If6	If6	If6	If6	If7	If7	If3	If6	If6	If0	
Surfaces en eau intérieures	13	If1	If2	If2	If2	If2	If5	If6	If6	If6	If6	If6	If7	If6	If3	If6	If0	
Surfaces en eau côtières et zones intertidales	14	If1	If6	If6	If6	If6	If5	If6	If6	If6	If6	If6	If7	If6	If3	If6	If0	
Mer (interface avec la terre)	15	If1	If6	If6	If6	If6	If6	If6	If6	If6	If6	If6	If6	If6	If6	If3	If0	
Total, formation de couverture des terres																		
Aucun changement	99	If0	If0	If0	If0	If0	If0	If0	If0	If0	If0	If0	If0	If0	If0	If0	If0	
TOTAL t2																		

4.2.2 Classification des flux, questions d'agrégation (enregistrement des flux internes)

4.58 La classification des flux de couverture des terres tient compte de la possibilité pratique d'interpréter l'information fournie par les observations de la couverture à deux dates. Les flux peuvent être généralement liés à des activités anthropiques mais, dans quelques cas, des incertitudes émanent du fait que les changements sont dus à un ensemble de raisons multiples, tant naturelles qu'humaines; une catégorie spéciale est nécessaire dans ce cas.

If1 –Artificialisation

4.59 Par artificialisation, on entend l'étalement ou l'extension des zones urbaines et zones connexes, infrastructures de transport, zones d'activité économique et ainsi que d'autres zones comme les espaces verts urbains et les installations sportives et les mines, les carrières et les décharges.

4.60 La création de masses d'eau qui changent radicalement la couverture des terres est également enregistrée en If1.

4.61 Les principales catégories de If1 sont les suivantes :

- développement artificiel sur des terres agricoles;
- développement artificiel sur des forêts;
- développement artificiel d'une autre couverture de terres naturelle.

4.62 Les conversions à l'intérieur des zones urbaines ne sont pas prises en compte ici mais enregistrées en If3.

If2 – Extension de l'agriculture

4.63 L'extension de l'agriculture comprend la conversion en agriculture de forêts et de terres naturelles et semi-naturelles. La conversion d'agriculture à petite échelle, avec associations de cultures, de

mosaïques et de petits éléments linéaires, en terres cultivées homogènes (par ex. par remembrement agricole) est classée en lf2.

4.64 If2 peut être décrit selon les types de couverture des terres consommés comme par exemple :

- conversion de petites surfaces et mosaïques agricoles en terres d'agriculture homogène;
- conversion de prairies en agriculture;
- conversion de forêts en agriculture;
- conversion de terres marginales en agriculture.

4.65 Les conversions entre cultures sont internes à l'agriculture et ne sont pas comprises ici mais enregistrées dans lf3.

If3 – Conversions et rotations internes

4.66 Les conversions et rotations internes (lf3) sont des changements qui peuvent être observés à l'intérieur les classes de couverture des terres : artificielle, urbaine, forestière et autres. Elles requièrent l'observation de classes de couverture des terres détaillées.

4.67 Les conversions internes peuvent être décrites en détail selon des changements spécifiques dans les domaines suivants :

- conversion interne de surfaces artificielles : réhabilitation de sites industriels désaffectés, développement de zones urbaines vertes, ou conversion de logements en bureaux ou de bâtiments industriels en appartements;
- conversion interne entre types de culture agricole : extension des systèmes d'irrigation, conversion entre cultures herbacées et cultures permanentes d'arbustes ou d'arbres. Les rotations de cultures peuvent être enregistrées comme lf3. Les conversions entre terres d'agriculture homogène et mosaïques agricoles ou pâturages/prairies ne sont pas enregistrées dans lf3 mais dans lf2 (intensification d'utilisation) ou lf5 (extensification);
- conversion interne entre types de forêt : conversions entre arbres à feuilles persistantes et à feuilles caduques, passage de peuplements mixtes à peuplements homogènes;
- conversion interne de types de terres naturelles et semi-naturelles qui peut être observée à un niveau détaillé.

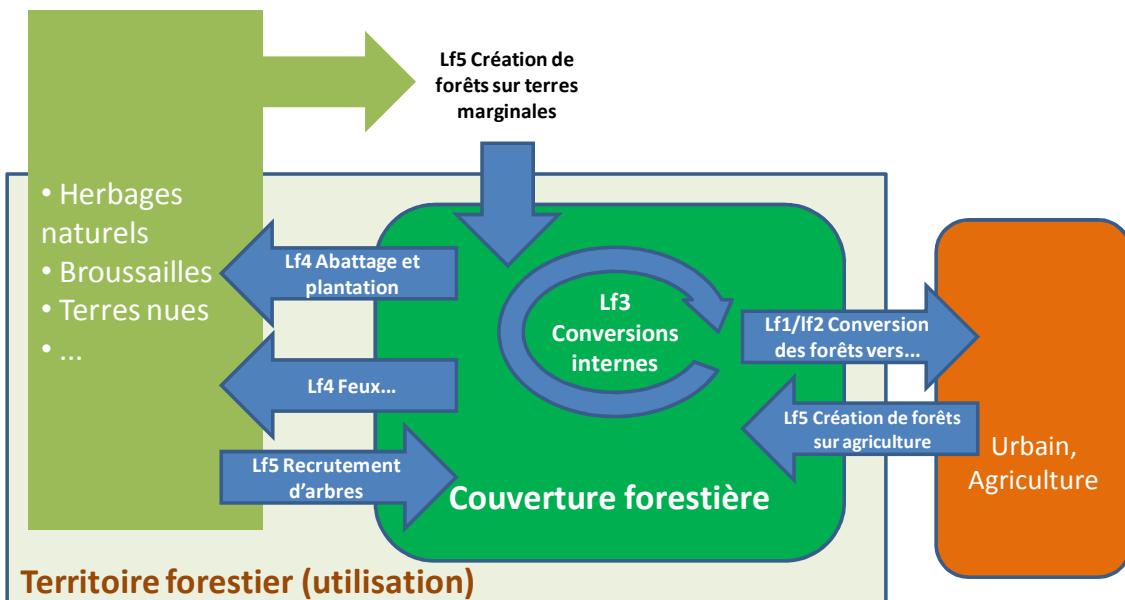
4.68 If3 apparaîtra dans les comptes de couverture des terres lorsque des données détaillées sont agrégées en classes plus larges, cas dans lequel elles sont enregistrées dans la diagonale de la matrice des changements. Dans les comptes directement générés à partir des 15 classes d'UCTE, lf3 ne sera utilisé dans un premier temps que pour enregistrer les changements entre terres de culture herbacées et ligneuses. Toutefois, lf3 peut également être introduit dans les tableaux comptables sur la base de données statistiques additionnelles, cas dans lequel les comptes sont équilibrés avec une réduction du poste « aucun changement observé » (lf0) pour un montant égal au lf3 introduit. C'est pour ces raisons que la CECN présente deux matrices de changement différentes : la matrice informatique qui résulte du traitement de deux cartes de couverture des terres par le SIG et la matrice comptable où le psote aucun changement observé n'est pas enregistré dans la diagonale (réservée pour les agrégations lf3) mais l'est en lignes et en colonnes.

If4 Gestion et altération des espaces forestiers

4.69 Par gestion forestière, on entend de longues périodes de temps accompagnées d'une succession d'étapes. Selon la fréquence des comptes, toutes les étapes sont décrites (comptes annuels) ou les étapes intermédiaires sont consolidées. De plus, les forêts sont des systèmes socio-écologiques qui couvrent des zones d'arbres forestiers (LCF06) et d'autres zones qui sont gérées par des gardes forestiers et considérées comme faisant parties de forêts du point de vue de l'utilisation de terres. Cette distinction est

reflétée dans les comptes de couverture des terres. Les processus qui font intervenir des forêts sont enregistrés dans tous les flux agrégés de couverture des terres.

Figure 4.05 Comptes de couverture des terres et forêts



4.70 If4 inclut les effets de la gestion forestière normale, en particulier l'abattage d'arbres, qu'il soit suivi ou non de replantation. Elle est observée somme étant un passage de couvert arboré à différentes classes de couverture des terres (artificielle et agriculture) utilisées ou non utilisées (sol nu, herbe, buisson, etc.). Dans ce dernier cas la conversion est temporaire, la zone faisant encore partie de la forêt au sens de l'utilisation de terres. La création de forêts sur des terres marginales (non forestières) et le recrutement en arbres du à la croissance de jeunes tiges qui font partie de l'espace forestier au sens de l'utilisation (Figure 4.05) sont tous les deux inscrits dans la même classe (If5).

4.71 La gestion forestière inclut la protection contre les dangers et la restauration après les dommages. La dégradation du couvert forestier par le feu, le vent et les ravageurs est donc enregistrée dans la même classe agrégée que l'abattage d'arbres⁸⁶.

Lf5 – Restauration et création d'habitats

4.72 La restauration et la création de groupes d'habitat représentent des flux qui résultent de processus anthropiques. Les principales rubriques sont les suivantes :

- conversion de cultures en jachères et pâturages;
- conversion de terres cultivées en végétation naturelle éparses et autre dans un contexte de culture itinérante;
- restauration du paysage (replantation de haies vives, etc.);
- retrait de l'exploitation agricole;
- création de forêts, boisement de terres agricoles;
- création de forêts, boisement de terres marginales;
- recrutement forestier.

⁸⁶ Il y a une différence ici par rapport à l'approche du GIEC/UTCATF en vertu de laquelle les incendies qui sont indépendants d'une cause anthropique sont exclus. Il en sera tenu compte dans le compte biomasse-carbone où les deux types d'incendie seront distingués.

If6 – Changements dus à des causes naturelles et multiples

4.73 Dans de nombreux cas, les flux de couverture des terres ne peuvent pas être clairement attribués à une activité humaine en particulier. C'est le cas des modifications causées par les changements climatiques liés à la température, aux précipitations et aux tempêtes. Pour les forêts gérées, les dommages sont classés en If4 (gestion et altération des espaces forestiers) et le développement comme If5 (restauration et création d'habitats). Les transitions naturelles sans non gérés sont enregistrées en If6. Les principaux flux de If6 sont les suivants :

- effets du stress climatiques : sécheresses, régimes saisonniers, etc.;
- effets de désastres climatiques et autres (sauf les effets sur les forêts) : tempêtes, crues, glissements de terrains;
- érosion côtière;
- fusion de neige et glaciers permanents;
- éruptions volcaniques, tremblements de terre, tsunamis;
- effets indirects de la surexploitation de ressources naturelles (comme par exemple la dégradation progressive causée par le surpâturage ou l'agriculture sur brûlis);
- transitions naturelles dans des terres sans gestion.

If7 Autres changements de couverture des terres non classées ailleurs (n.c.a.) et réévaluation

4.74 Cette classe enregistre les changements peu probables comme la conversion de zones urbaines ou de neige et glaciers permanents en agriculture ou en forêts. La réévaluation est également enregistrée dans If7. Elle correspond à des changements de classification dus à des erreurs dans la base de données initiale. Aussi longtemps que la base de données initiale n'est pas révisée et mise à niveau, ces faux changements sont enregistrés comme une réévaluation. Une fois effectuée la révision, la réévaluation sera reclassée, en général comme aucun changement observé.

4.75 Un deuxième niveau de détail peut être introduit dans la classification des flux de couverture des terres. Il doit être entrepris en tant que de besoin et nécessitera de disposer d'une classification de couverture des terres plus détaillée. L'annexe II donne un exemple à titre d'illustration.

Encadré 4.20 Classification des changements de couverture/utilisation des terres par processus – une approche IBGE

La classification que l'IBGE utilise des changements un à un est très similaire aux flux de couverture des terres du compte de couverture des terres CECN-TDR. Dans les deux cas, la méthodologie commence par une analyse systématique de chaque cellule de la matrice de transitions entre deux dates. Le regroupement des changements individuels est effectué dans les deux cas selon des processus similaires à ceux qui sont décrits dans les CECN-TDR. Des catégories générales de formation/d'expansion, de consommation/rétraction sont reconnues dans les deux classifications ainsi que la restauration/régénération. Toutes deux contiennent un élément de réévaluation pour les changements qui ne se produisent probablement pas et la correction des erreurs d'interprétation. L'absence de changements observables à l'échelle de la carte produite est clairement enregistrée dans les deux cas comme aucun changement observable/entretien. Le changement de zones mixtes est abordé de la même manière en identifiant le principal processus en jeu.

Classification provisoire (2014) de l'IBGE :

Expansion des surfaces artificielles	Rétraction agricole
Expansion agricole	Rétraction de l'agriculture dans les zones forestières
Expansion de l'agriculture dans les surfaces forestières	Rétraction de l'agriculture dans les surfaces vertes
Expansion de l'agriculture dans les surfaces vertes	Rétraction du pâturage par le bétail dans les surfaces vertes
Expansion des plantations forestières	Rétraction de pâturages plantés
Expansion du pâturage par le bétail	Rétraction du pâturage par le bétailRégénération de forêts
Expansion de l'agriculture dans les plantations forestières	Régénération de prairies
Expansion des masses d'eau dans les surfaces artificielles	Réévaluation
Expansion des masses d'eau dans les surfaces agricoles	Maintien
Expansion des masses d'eau dans les pâturages plantés	
Expansion des masses d'eau dans les surfaces forestières	
Expansion des masses d'eau dans les surfaces vertes	
Expansion des masses d'eau dans les terres nues	

Il existe des différences entre les deux classifications provisoires. La comparaison de la présentation indicative des flux de couverture des terres au niveau 2 (Annexe II du chapitre 4) avec la classification IBGE des processus révèle un ciblage différent de quelques thèmes. Cela est en particulier le cas de la création de masses d'eau qui est une sous-classe de l'artificialisation dans la nomenclature If mais qui est présentée séparément et ventilée en six classes dans la classification IBGE. Comme il est possible de le vérifier avec la matrice de transition présentée dans l'encadré 4.19, ce détail peut être facilement récupéré et introduit comme un niveau additionnel dans la classification If. D'autres différences sont dues au fait que la carte de couverture/utilisation des terres produite par l'IBGE est plus inclusive que les cartes de couverture des terres conventionnelles. En effet, elle fusionne la couverture des terres avec l'information spatiale exogène sur l'utilisation des terres qui permet l'enregistrement des conversions agricoles internes d'une manière plus complète que si l'on se contentait d'observer la couverture des terres et les changements dont sont l'objet la gestion des prairies et l'utilisation à des fins de pâturage. La TDR s'en tient à ce stade à l'information sur l'occupation régulière des terres mais, si des données géographiques plus avancées sur l'utilisation des terres sont disponibles, leur inclusion dans le compte de couverture des terres doit être envisagée.

4.2.3 Modèle type de compte de la couverture des terres

4.76 Le modèle type CECN de compte de couverture des terres au niveau agrégé est présenté dans le tableau comptable 4.01.

Tableau comptable 4.01 Modèle type de compte de couverture des terres au niveau agrégé

Classes d'unités de couverture des terres écosystémiques (UCTE)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	Unité : km ²	TOTAL
	Zones urbaines et surfaces artificielles associées	Terres agricoles herbacées homogènes	Plantations agricoles, cultures permanentes	Associations et mosaïques agricoles	Prairies, surfaces en herbe naturelles	Couverture forestière	Couverture de végétation arbustive, broussailles, landes,...	Zones de végétation clairsemée	Associations et mosaïques de végétation naturelle	Terres nues	Neiges permanentes et glacières	Zones humides ouvertes	Surfaces en eau intérieures et zones intertidales	Mer (interface avec la terre)		
<i>Stocks et flux de couverture des terres</i>																
I. Stocks d'ouverture																
Stocks d'ouverture																
II. Formation de couverture des terres																
F_I1 Artificialisation																
F_I2 Extension de l'agriculture																
F_I3 Conversions internes et rotations																
F_I4 Gestion et altération des espaces forestiers																
F_I5 Restauration et création d'habitats																
F_I6 Changements dus à des causes naturelles et multiples																
F_I7 Autres changements des terres n.c.a. et réévaluation																
Total, formation de couverture des terres																
III. Consommation de couverture des terres																
C_I1 Artificialisation																
C_I2 Extension de l'agriculture																
C_I3 Conversions internes et rotations																
C_I4 Gestion et altération des espaces forestiers																
C_I5 Restauration et création d'habitats																
C_I6 Changements dus à des causes naturelles et multiples																
C_I7 Autres changements des terres n.c.a. et réévaluation																
Total, consommation de couverture des terres																
Changement net de couverture des terres (formation - consommation)																
Aucun changement																
IV. Stocks de clôture																
Stocks de clôture																

4.77 Le tableau peut être sous-divisé de deux manières : par UCTE et/ou par classes de If. L'annexe III donne l'exemple d'un tableau qui combine des flux agrégés de couverture des terres et une classification détaillée des UCTE.

4.3. PRODUIRE ET ANALYSER LES COMPTES DE COUVERTURE DES TERRES

Calcul des flux de couverture des terres à partir de tableaux de couverture des terres

4.78 Une fois que des cartes numériques solides des stocks et changements de couverture des terres sont disponibles dans un format raster ou grille, il est assez simple d'en extraire les comptes de couverture des terres. La tâche consiste à attribuer des valeurs de changement de couverture des terres aux cellules de la grille d'assimilation (Chapitre 3) choisie pour intégrer les comptes écosystémiques. Cela passe par la création d'une table avec des identifiants et des attributs pour les types de stocks de couverture des terres et de flux de changement.

4.79 Le calcul de la matrice de transition à partir de deux tableaux de couverture des terres requiert une table pour coder toutes les paires de changements qui surviennent dans chaque cellule. C'est ce qu'on appelle une « matrice plate » qu'il est possible de produire avec des modules ou des outils disponibles dans plusieurs programmes SIG. Un exemple de matrice plate pour des UCTE et If agrégés est donné dans l'encadré 4.21.

Encadré 4.21 : Matrice plate - niveau 1 (extrait)

LC_t1	LC_t2	Flux LC												
01	01	AC	03	01	If1	05	01	If1	07	01	If1	09	01	If1
01	02	If7	03	02	If3	05	02	If2	07	02	If2	09	02	If2
01	03	If7	03	03	AC	05	03	If2	07	03	If2	09	03	If2
01	04	If7	03	04	If5	05	04	If2	07	04	If2	09	04	If2
01	05	If7	03	05	If5	05	05	AC	07	05	If6	09	05	If2
01	06	If7	03	06	If5	05	06	If5	07	06	If5	09	06	If5
01	07	If7	03	07	If5	05	07	If5	07	07	AC	09	07	If6
01	08	If7	03	08	If6	05	08	If6	07	08	If6	09	08	If6
01	09	If7	03	09	If5	05	09	If5	07	09	If6	09	09	AC
01	10	If7	03	10	If6	05	10	If6	07	10	If6	09	10	If6
01	11	If7	03	11	If7	05	11	If7	07	11	If7	09	11	If7
01	12	If7	03	12	If5	05	12	If5	07	12	If6	09	12	If6
01	13	If1	03	13	If1	05	13	If1	07	13	If1	09	13	If1
01	14	If6	03	14	If6	05	14	If6	07	14	If6	09	14	If6
01	15	If6	03	15	If6	05	15	If6	07	15	If6	09	15	If6
02	01	If1	04	01	If1	06	01	If1	08	01	If1	10	01	If1
02	02	AC	04	02	If2	06	02	If2	08	02	If2	10	02	If2
02	03	If3	04	03	If2	06	03	If2	08	03	If2	10	03	If2
02	04	If5	04	04	AC	06	04	If2	08	04	If2	10	04	If2
02	05	If5	04	05	If5	06	05	If4	08	05	If2	10	05	If2
02	06	If5	04	06	If5	06	06	AC	08	06	If5	10	06	If5
02	07	If5	04	07	If5	06	07	If4	08	07	If6	10	07	If6
02	08	If5	04	08	If6	06	08	If4	08	08	AC	10	08	If6
02	09	If5	04	09	If5	06	09	If4	08	09	If6	10	09	If5
02	10	If6	04	10	If6	06	10	If4	08	10	If6	10	10	AC
02	11	If7	04	11	If7	06	11	If7	08	11	If7	10	11	If7
02	12	If5	04	12	If5	06	12	If4	08	12	If6	10	12	If6
02	13	If1	04	13	If1	06	13	If1	08	13	If1	10	13	If1
02	14	If6	04	14	If6	06	14	If6	08	14	If6	10	14	If6
02	15	If6	04	15	If6	06	15	If6	08	15	If6	10	15	If6

4.3.2. Achèvement des comptes

4.80 Une fois les tableaux en place, ils peuvent être consultés pour produire des comptes de couverture des terres selon différentes unités statistiques : régions administratives, bassins fluviaux, zones géographiques spécifiques (comme par exemple les zones côtières ou les montagnes), zones protégées, etc.

4.81 Avant d'analyser les résultats, une étape de validation est encore nécessaire. Différentes méthodes peuvent être envisagées comme des comparaisons visuelles de cartes ou l'analyse statistique des tendances pour détecter des anomalies. Si des sources exogènes sont disponibles (cadastre, enquêtes par sondage aréolaire, etc.), elles peuvent être utilisées pour déterminer la précision des résultats obtenus au niveau régional.

4.82 Des améliorations additionnelles peuvent être introduites directement dans les comptes. Elles peuvent concerner par exemple If3 – conversions et rotations internes. Bien qu'elles ne puissent pas faire l'objet de cartes à l'échelle de la grille comptable, quelques enquêtes avec des données de niveau local (recensements agricoles ou de la population par exemple) peuvent fournir des données supplémentaires (changements dans les types de culture ou densification des zones urbaines par exemple) qui peuvent être introduites directement dans les comptes sous la rubrique If3.

4.3.3. Gestion de la base de données des comptes de couverture des terres

4.83 Il est possible de gérer la base de données des comptes de couverture des terres avec les outils disponibles dans l'organisme en charge de la comptabilité. L'informatique dite en nuage (en.: cloud computing) sera vraisemblablement une option dans l'avenir bien, qu'il n'y ait encore aucune expérience en la matière.

4.84 Une illustration de ce à quoi les comptes des terres pourraient ressembler est fournie avec le tableau 4.01⁸⁷, qui a été produit à partir de la base de données CORINE Land Cover 1990, 2000 et 2006 au format européen et du cube OLAP⁸⁸ utilisé pour produire les tableaux comptables LEAC. Le tableau a été produit par l'Agence Européenne pour l'Environnement à titre de test des classifications SCEE-CECN des comptes de couverture des terres.

⁸⁷ Par courtoisie du Centre thématique européen de l'AEE pour l'analyse de l'information spatiale, rapport interne.

⁸⁸ OLAP est le sigle pour 'online analytical processing'. Un cube peut être considéré comme la généralisation d'un tableur à trois dimensions; c'est un raccourci pour des ensembles de données pluridimensionnels, les données pouvant en effet avoir un nombre arbitraire de dimensions. Un cube OLAP peut être utilisé via un tableur et un tableau croisé dynamique (pivot table) qui permet la production rapide de tableaux statistiques avec une grande variété de présentations. En raison de sa souplesse, la technologie OLAP est utilisée, en particulier à des fins d'analyse financière, et elle s'avère très commode pour gérer les comptes des terres et des écosystèmes.

Tableau 4.01 Exemple du compte de couverture des terres 2000-2006 pour trois régions biogéographiques européennes

LCEU classes	01 Urban and associated developed areas	02 Homogeneous herbaceous cropland	03 Agriculture plantations, permanent crops & orchards	04 Agriculture associations & meadows	05 Pastures and natural grassland	06 Forest tree cover	07 Shrubland, bushland, heathland	08 Sparsely vegetated areas	09 Natural vegetation associations & mosaics	10 Bare land	11 Permanent snow and glaciers	12 Open wetlands	13 Inland water bodies	14 Coastal water bodies and intertidal area	Grand Total
	Sea														
Land cover flows															
Alpine biogeographical region															
Opening Stock (2000)	835351	1262124	132251	1980655	5441864	23362742	7164163	8313846	2115950	3808022	561998	2364764	1743630	7262	169563
I1 Artificial development	12189													82	
I2 Agriculture development		1499		5827	381										12271
I3 Internal conversions, rotations	623	248	107	752	54	3828								35	7707
I4 Management and alteration of forested land					1043		74	50	120026	72					5647
I5 Restoration and development of habitats					250	1389	33354	23		3289					121316
I6 Changes of land-cover due to natural and multiple causes						104		401	132	454	9338				38305
I7 Other land cover changes n.e.c. and revaluation		67		78	50				36					14	10450
Total formation of land cover	12812	1814	107	6907	3021	37182	498	182	123805	9410	0	65	124	0	0
I1 Artificial development		1627	148	1669	3218	4305	460	114		557				173	
I2 Agriculture development				355	5939	178				908	292			35	
I3 Internal conversions, rotations	623	107	248	752	54	3828									5647
I4 Management and alteration of forested land						121316									
I5 Restoration and development of habitats															121316
I6 Changes of land-cover due to natural and multiple causes															38305
I7 Other land cover changes n.e.c. and revaluation														8	10450
Total consumption of land cover	854	2908	562	3402	13875	129627	1445	247	33140	827	8723	233	84	0	0
Net change in land cover (= Formation - Consumption)	11958	-1094	-455	3505	10854	-92445	-947	-65	9065	8583	-8723	-168	40	0	0
I0 No observed land-cover change	834497	1259216	131689	1977253	5427989	23233115	7162718	8313599	2082810	3807195	553275	2364531	1743546	7262	169563
Closing stock (2006)	847309	1261030	131796	1984160	5431010	23270297	7162126	8313781	2206615	3816605	55275	2364596	1743670	7262	169563
Atlantic biogeographical region															
Opening Stock (2000)	5633944	24117861	503443	8629847	1978563	13621299	4356595	1910432	1885143	409742	4420	3020338	1157357	240368	705531
I1 Artificial development	160651													5083	
I2 Agriculture development		14324	178	7797	1896										165734
I3 Internal conversions, rotations	32923	852	244	299	1870	5053	11								24195
I4 Management and alteration of forested land				3786		2940			271931	5016					43022
I5 Restoration and development of habitats					1275	6833	198588	297		30701					284549
I6 Changes of land-cover due to natural and multiple causes		1174	166	614	4537		37	19	31634	72					241873
I7 Other land cover changes n.e.c.					12	127	948	114	41	463	8723	8	14		10450
Total formation of land cover	193574	19984	447	11478	25718	205451	14312	890	335121	12673	0	9020	5478	13355	63
I1 Artificial development	893	67756	594	29774	48738	9221	3111	274	2798	18		420	338	257	1542
I2 Agriculture development			2505	13488	3220	254	316	2523	619			1090	180		24195
I3 Internal conversions, rotations	32923	333	763	299	1870	5053	11								43022
I4 Management and alteration of forested land				284549											284549
I5 Restoration and development of habitats		9039	65	10994	27234		2017	12	181649	9861					241873
I6 Changes of land-cover due to natural and multiple causes	95	72	9	138	767	17	5854	611	4912	5170		26733	644	53	31808
I7 Other land cover changes n.e.s.	11308														11308
Total consumption of land cover	45219	77200	1431	43710	92097	302060	11247	1213	191882	15668	0	31015	1162	310	33350
Net change in land cover (= Formation - Consumption)	148355	-57216	-984	-66379	-32232	-66379	-96609	-323	-14329	-2995	-0	-21995	4316	13045	-33287
I0 No observed land-cover change	5588275	24040661	502012	8586137	19693466	13319239	4345348	1999219	1693261	394074	4420	2989323	1156195	24058	672181
Closing stock (2006)	578299	24060645	502499	8597615	19719184	13524690	4359660	1910109	202882	406747	4420	2998343	1161673	253413	672244
Mediterranean biogeographical region															
Opening Stock (2000)	2650320	23367091	7319778	18558676	5777193	21395848	8295907	3322661	9631607	787841	0	271038	626408	139492	438907
I1 Artificial development	201125													26622	
I2 Agriculture development		47405	32431	65944	9109										227747
I3 Internal conversions, rotations	48050	69602	110792	3684	361	6159	816								154889
I4 Management and alteration of forested land					5190		14785	1414	561587	47435		226	1372	108	241348
I5 Restoration and development of habitats				25364	1619	194846	9533	172	156310			505			630413
I6 Changes of land-cover due to natural and multiple causes		58		23	13453	63	41699	3649	62192	43000		446	537	41	190
I7 Other land cover changes n.e.c.	1578	1139	1463	1570	563	409	536	2108	42			20			165351
Total formation of land cover	249175	118643	144362	96478	31302	201631	67242	5771	782197	90655	0	1199	28531	149	190
I1 Artificial development	988	76788	22971	52358	17889	19622	17967	3713	13346	851		335	260	2	657
I2 Agriculture development				33396	19189	22805	22394	9394	40820	4727		1553	611		154889
I3 Internal conversions, rotations	48050	171552	8842	3684	361	6159	816			178		226	1372	108	241348
I4 Management and alteration of forested land					630413										630413
I5 Restoration and development of habitats		52619	6669	27176	29337		1925	134	181352	89134			3		388349
I6 Changes of land-cover due to natural and multiple causes	130	381	116	1111	2127		96186	2757	28916	32145		592	425	145	320
I7 Other land cover changes n.e.s.	9428														9428
Total consumption of land cover	58596	301340	38598	117725	68903	678999	139288	15998	264434	127035	0	2706	2671	255	977
Net change in land cover (= Formation - Consumption)	190579	-182697	105764	-21247	-37601	-477368	-7204	-1027	51763	-36380	0	-1507	25860	-106	-787
I0 No observed land-cover change	2591724	23065791	7281180	18404951	5708290	20716849	8156613	3306663	9367173	668086		268332	623737	139237	437930
Closing stock (2006)	284089	23184394	7425542	18537429	5739592	20918480	822386	3312434	10149370	751461	0	269531	652268	139386	438120

Couverture : pays membres de l'AEE (sauf Grèce), 2000-2006 – Source des données : Agence européenne pour l'environnement. Les données CORINE et LEAC dans la classification AEE sont accessibles à l'adresse suivante : <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/land-accounts> (consulté le 5 août 2014). Conversion à la classification CECN-TDR faite par le Centre thématique européen pour l'analyse de l'information spatiale.

Annexe I : Classification détaillée des types de couverture des terres utilisés pour définir la nomenclature UCTE

Code	Intitulé
TCT.1	Surfaces artificielles (y compris les zones urbaines et associées)
TCT.01.a	Surfaces artificielles de 10 à 50 %
TCT.01.b	Surfaces artificielles de 51 à 100 %
TCT.2	Cultures herbacées
TCT.02.a	Petits champs de cultures herbacées pluviales
TCT.02.b	Petits champs de cultures herbacées irriguées ou inondées (riz)
TCT.02.c	Moyens à grands champs de cultures herbacées pluviales
TCT.02.d	Moyens à grands champs de cultures herbacées irriguées ou inondées (riz)
TCT.3	Cultures ligneuses
TCT.03.a	Petits champs de cultures ligneuses
TCT.03.b	Moyens à grands champs de cultures ligneuses
TCT.4	Cultures multiples ou stratifiées
TCT.5	Surfaces en herbe
TCT.05.a	Surfaces en herbe naturelles
TCT.05.b	Surfaces en herbe améliorées
TCT.6	Zone recouverte d'arbres
TCT.06.a	Zone recouverte d'arbres de 10 à 30-40 %
TCT.06.b	Zone recouverte d'arbres de 30-40 à 70 %
TCT.06.c	Zone recouverte d'arbres de 70 à 100 %
TCT.7	Mangroves
TCT.8	Zone recouverte d'arbustes
TCT.08.a	Zone recouverte d'arbustes de 10 à 60 % (ouverte)
TCT.08.b	Zone recouverte d'arbres de 60 à 100 % (fermée)
TCT.9	Arbustes et/ou végétation herbacée aquatique ou régulièrement innondée
TCT.09.a	De 2 à 4 mois
TCT.09.b	Plus de 4 mois
TCT.10	Zones à végétation naturelle clairsemée
TCT.11	Surfaces terrestres nues
TCT.11.a	Sable et/ou dunes boulants et mobiles
TCT.11.b	Sol nu, graviers et roches
TCT.12	Neige et glaciers permanents
TCT.13	Masses d'eaux intérieures
TCT.14	Masses d'eaux côtières et zones intertidales
TCT.14.a	Masses d'eaux côtières (lagunes et/ou estuaires)
TCT.14.b	Zones intertidales (battures côtières et récifs coralliens)

Annexe II : Un exemple subdivision de la classification des flux de couverture des terres

If1	Artificialisation
If11	Développement artificiel sur des terres agricoles
If12	Développement artificiel sur des forêts
If13	Développement artificiel d'une autre occupation de terres naturelles
If14	Création de masses d'eau
If19	Autres ...
If2	Extension de l'agriculture
If21	Conversion de petites surfaces agricoles en agriculture à grande échelle
If22	Conversion des prairies en agriculture
If23	Conversion de forêts en agriculture
If24	Conversion de terres marginales en agriculture
If29	Autres ...
If3	Conversions internes et rotations
If31	Conversion interne de surfaces artificielles
If32	Conversion interne entre types de culture agricole
If33	Conversion interne entre types de forêts
If34	Conversion interne de terres naturelles
If39	Autres ...
If4	Gestion et altération des espaces forestiers
If41	Gestion, coupe et replantation
If42	Incendies, épidémies et autres
If49	Autres ...
If5	Restauration et création d'habitats
If51	Conversion de cultures en jachères et pâturages
If52	Retrait de l'exploitation agricole, restauration du paysage
If53	Création de forêts, boisement de terres agricoles
If54	Création de forêts, boisement de terres marginales
If55	Régénération des forêts dû au recrutement d'arbres
If56	Restauration des terres dégradées
If59	Autres ...
If6	Changements dus à des causes naturelles et multiples
If61	Changements liés aux processus climatiques
If62	Impacts des catastrophes climatiques et autres catastrophes naturelles
If69	Transitions naturelles non classées ailleurs
If7	Autres changements des terres n.c.a. et réévaluation
If0	Aucun changement observé de la couverture des terres

5. LES COMPTES DU CARBONE ÉCOSYSTÉMIQUE

5.01 En termes de connaissances générales et de collecte de données, la comptabilité du carbone, au sens entendu dans la CECN-TDR, n'est pas nouvelle. Les inventaires d'émissions de gaz à effet de serre et les budgets carbone mis en place par les pays et les entreprises aux fins de communication de données au titre du Protocole de Kyoto relatif à la CCNUCC sont des comptes⁸⁹. Certaines informations recueillies dans les lignes directrices du GIEC ci-après ne sont pas directement utilisables, mais une grande partie de ces informations contribuent utilement à la comptabilité écosystémique. Les principes du GIEC tiennent compte des différentes situations et proposent une approche progressive. S'agissant du carbone, les données disponibles varient ainsi d'un endroit à un autre. Puisque la CECN-TDR recommande d'utiliser les meilleures données disponibles dans chaque pays, il n'existe pas une seule solution pour tous. Cette diversité de circonstances est prise en compte dans le présent chapitre.

5.02 Un compte du carbone écosystémique enregistre la capacité durable d'un écosystème à produire de la biomasse, mesurée comme biocarbone, et la façon dont elle est utilisée par récolte de produits agricoles et forestiers, ou stérilisée par des infrastructures artificielles, et détruite par l'érosion des sols et les feux de forêt. Il enregistre aussi le carbone absorbé par l'atmosphère et les océans. Le compte enregistre, en tonnes de carbone, les stocks disponibles dans le sol, dans la végétation souterraine et aérienne, et dans l'eau (poissons et espèces végétales), le flux de production primaire brute (PPB) de biomasse par la végétation naturelle et cultivée, et son utilisation comme produits de l'agriculture et comme bois, ainsi que par la nature elle-même. La production secondaire de biomasse animale est ajoutée à la production primaire.

5.03 En plus des écosystèmes intérieurs, les comptes couvrent aussi les mers – les ressources halieutiques, les herbes marines et les algues, le plancton et l'accumulation nette de carbonate de calcium (CaCO_3) produit par les coraux et d'autres organismes calcifiants, et la capacité de régulation des océans. Le service écosystémique de régulation du climat est pris en compte également. Pour cela, la capacité du système à absorber du carbone (dans la biomasse) ou des gaz à effet de serre (mesuré en équivalents-dioxyde de carbone (CO_2)) pour atteindre l'objectif convenu par la CCNUCC⁹⁰ de limiter la hausse des températures à 2°C au plus, définit les limites de l'utilisation totale de carbone possible sans dégradation écosystémique. Cependant, la CECN-TDR n'aborde expressément que les questions relatives au biocarbone (y compris les émissions et absorptions de carbone), puisque le compte complet des composés de carbone gazeux est couvert dans les rapports du GIEC.

5.04 De manière formelle, le compte du biocarbone a été défini dans le cadre du SCEE et il est relié en conséquence au SCN. Cette cohérence est améliorée par l'emploi de statistiques officielles concernant l'agriculture, la foresterie et la pêche. Le compte inclut un lien vers le calcul du total de l'utilisation du carbone d'origine biologique et fossile, qui correspond à un sous-ensemble des comptes de flux de matières habituellement utilisés pour appuyer des stratégies comme l'utilisation efficace des ressources (Union européenne) ou la croissance verte (OCDE). Dans le même temps, les comptes du biocarbone écosystémique cherchent à optimiser leur cohérence avec les rapports du GIEC, en particulier en ce qui concerne le secteur LULUCF et l'agriculture, la foresterie et les autres utilisations des terres (AFOLU)⁹¹. La

⁸⁹ Les comptes mis en place pour cette convention concernent plutôt des débits et crédits établis conformément aux objectifs énoncés ou aux engagements pris.

⁹⁰ https://UNFCCC.int/essential_background/items/6031.php (consulté le 14 juillet 2014).

⁹¹ L'agriculture, la foresterie et les autres utilisations des terres (AFOLU) est un terme issu des lignes directrices du GIEC de 2006, décrivant une catégorie d'activités qui contribuent aux émissions anthropiques de gaz à effet de serre. Utilisée dans les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, la catégorie AFOLU conjugue deux secteurs auparavant

perspective écosystémique est très spécifique au regard de la gestion économique des ressources naturelles et des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère; cependant, le fait d'assurer une cohérence entre les comptes du carbone écosystémique, les comptes nationaux et le programme lié aux changements climatiques permet d'intégrer facilement ces outils dans les processus décisionnels.

5.05 Les comptes sont produits en utilisant différentes sources de données disponibles dans chaque pays ou au niveau international. Ces sources incluent différents types de données de monitorage et des statistiques sur l'environnement, les ressources naturelles et la météorologie, ainsi que des statistiques officielles, en particulier sur l'agriculture, la foresterie et la pêche. L'observation de la Terre par satellite est une importante source de données, qui est utilisée en même temps que les données de monitorage *in situ* et les statistiques. Les données nationales consolidées par des programmes internationaux comme GIEC-UTCATF/AFOLU, les inventaires sur les sols et les forêts FRA2010 de la FAO⁹² et FishStat sont des sources utiles pour commencer à mettre en œuvre la CECN-TDR, bien que l'échelle de ces données doive être ramenée à celle des unités comptables écosystémiques.

5.06 Les données recueillies par les programmes d'observation de la Terre nationaux et internationaux sont aujourd'hui faciles à télécharger et gratuites dans de nombreux cas; elles peuvent être utilisées comme sources directes pour estimer des variables comme la couverture des terres, et comme données intermédiaires pour réduire l'échelle des statistiques nationales. Autant que possible, des sources de données sont suggérées dans l'ensemble du chapitre. Puisque l'accès aux données peut varier considérablement selon les circonstances nationales, ces suggestions devraient être prises en compte comme illustration du type de données à recueillir et comme moyen de faciliter un dialogue avec les experts thématiques qui devraient aider les experts comptables. Certaines données constituent des sources acceptables pour un programme de démarrage rapide (Quick Start), tandis que d'autres données peuvent être testées comme valeurs par défaut lorsqu'aucune autre information n'est disponible.

5.07 Les soldes comptables et les indicateurs caractéristiques des comptes du capital écosystémique de carbone/biomasse sont:

- L'accumulation nette de carbone écosystémique (ANCE ou NECB en anglais), qui indique la viabilité environnementale de l'utilisation du carbone/biomasse; en principe, l'ANCE devrait toujours être $\geq 0^{93}$, ce qui signifie qu'il y a une absorption nette de carbone dans l'écosystème. Ce chiffre peut être calculé soit comme la différence entre les flux entrants et sortants, soit comme la différence entre les stocks d'ouverture et de clôture.
- L'excédent net de carbone écosystémique accessible (ENCEA, NEACS en anglais), qui mesure le pourcentage de services écosystémiques de production de biocarbone disponibles qui satisfont aux exigences de viabilité environnementale de maintien des stocks dans le sol, la végétation (principalement les arbres) et la pêche. En plus du biocarbone, l'ENCEA inclut un ajustement pour pouvoir mesurer la capacité de l'atmosphère à stocker du carbone dans le contexte de la régulation du climat. Cet ajustement mesure la quantité de carbone fossile accessible, dans le cadre des exigences énoncées par les objectifs de la CCNUCC.
- L'intensité soutenable de l'utilisation du carbone écosystémique (ISUC) est mesurée par le quotient de ENCEA par UTCE, l'utilisation totale de carbone écosystémique par les écosystèmes

distincts - LULUCF (utilisation des terres, changements d'affection des terres et foresterie - UTCF en français) et l'agriculture.

⁹² L'évaluation mondiale des ressources forestières (FRA) est effectuée par la FAO (avec les pays membres et d'autres organisations) tous les cinq ans.

⁹³ Au moins en moyenne dans la mesure où les forêts, qui sont gérées d'une façon durable, ont une ANCE négative pendant les années où certaines parcelles sont exploitées.

terrestres et aquatiques. Pour l'atmosphère, il s'agit du quotient ENCEA sur Exigence totale en carbone. Cet indicateur donne une mesure de la viabilité de l'utilisation d'une ressource. L'indicateur devrait être ≥ 0 .

- Un deuxième indicateur de biocarbone est calculé dans le cadre de l'évaluation de la santé des écosystèmes. Il s'agit du quotient du total des entrées de biocarbone écosystémique par l'exigence totale en carbone ; il mesure l'indépendance des écosystèmes terrestres et aquatiques par rapport au total des apports de carbone biologique et fossile. La dépendance de la production de biomasse à l'égard d'intrants artificiels directs et indirects de carbone (carburants, engrains chimiques, etc.) est un symptôme de faible résilience des écosystèmes. L'indicateur devrait être ≥ 0 .

5.08 Il existe à l'heure actuelle des cadres qui tiennent compte du biocarbone, tout particulièrement les lignes directrices du GIEC pour LULUCF et AFOLU, et leur extension REDD+⁹⁴ (paragraphe 5.2.2).

L'appropriation humaine de la production primaire nette (AHPPN, en anglais HANPP) est un autre exemple de solde du biocarbone consolidé pour calculer un indicateur phare. Les statistiques de la FAO sur les forêts incluent des tableaux sur le carbone. Ces cadres présentent des similitudes avec les comptes de la CECN, mais aussi des différences dues à des objectifs spécifiques différents : les premiers sont axés sur des soldes du carbone qui examinent les concentrations de CO₂ dans l'atmosphère ou la ressource écosystémique de biomasse, tandis que les seconds visent à évaluer la capacité des écosystèmes et leur possible dégradation d'une façon plus large.

5.09 Cependant, les différents cadres existants de comptabilité du carbone couvrent une grande partie des comptes du carbone écosystémique et constituent une source de données utile pour la comptabilité. Ils peuvent fournir des données pouvant être réutilisées dans la CECN-TDR, soit comme données de départ, soit pour vérifier les résultats obtenus à partir de sources différentes. Puisque le monitorage du carbone ne signifie pas seulement additionner des données observées, mais procéder également à des modélisations physiques, il est souvent nécessaire d'utiliser des procédures d'estimation, voire même des valeurs par défaut. C'est en particulier le cas au stade expérimental où certains programmes de collecte de données ne sont pas encore en place, notamment pour un programme de démarrage rapide. Autant que possible, ces connaissances fourniront une contribution utile à la comptabilité du carbone écosystémique. D'autre part, en plus d'une plus grande efficacité et cohérence dans la collecte de données, un meilleur ajustement entre les comptes du carbone et les comptes écosystémiques placera les premiers dans le contexte plus général des seconds – un moyen d'intégrer les approches en matière, d'une part, d'atténuation et de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, et d'autre part d'adaptation, qui est tributaire en grande partie de la résilience des écosystèmes.

5.10 Il est important de bien comprendre les objectifs spécifiques de chaque cadre de comptabilité, afin de pouvoir réutiliser les données d'une façon adéquate. Tel est le but de la section 5.2 du présent chapitre.

5.1. LE CADRE DE COMPTABILITÉ DU CARBONE ÉCOYSTEMIQUE

5.11 Le compte du biocarbone dans la CECN-TDR comprend quatre tableaux:

- Compte de base des stocks et des flux de carbone écosystémique;
- Excédent de ressources accessibles;
- Utilisation totale de carbone (intérieur et importé, carbone biologique et carbone fossile);
- Indices de santé et/ou détresse des écosystèmes.

Ce cadre est compatible avec les comptes de l'eau et des services fonctionnels des infrastructures écosystémiques.

⁹⁴ Réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts (REDD).

Figure 5.01 Structure du compte du carbone écosystémique CECN-TDR-TDR



5.12 Cette série de quatre comptes du carbone écosystémique peut être établie par unités de couverture des terres écosystémiques (UCTE ou LCEU en anglais) et unités paysagères socio-écologiques (UPSE ou SELU en anglais). Du fait que les classes d'UCTE sont étroitement corrélées à la végétation, elles correspondent le mieux aux classifications d'utilisation des terres du GIEC. La répartition des unités comptables écosystémiques (UC ou EAU en anglais) des comptes du carbone écosystémique est la même que celle des comptes de l'eau et des services fonctionnels des infrastructures écosystémiques.

5.13 La série de comptes agrégés présentée dans le Tableau 1 utilise l'approche par UCTE. La Figure 2 illustre la ventilation par UC. Des modèles de tableaux de comptabilité agrégés et détaillés, dans un format de type tableur, peuvent être téléchargés à l'adresse : <http://www.cbd.int/accounting>

Tableau 5.01 Comptes agrégés du carbone écosystémique

Unité de couverture des terres écosystémiques du SCEE-CEE et de la CECN-TDR										Unité: tonnes ou joules											
										SL = Habitat	CL = Terres cultivées	GL = Prairies	FL = Terres boisées	OL = Autres terres	WL = Zones humides	Masses d'eau, rivières	Total écosystèmes intérieurs et côtiers	Pleine mer, océans	Atmosphère	TOTAL	Secteurs économiques, fournisseurs des ressources et emplois
<i>Catégories d'utilisation des terres du GIEC</i>																					
I. Bilan de base du carbone écosystémique																					
C1 Stocks d'ouverture																					
C2.3 <i>PPN (Production primaire nette)</i>																					
C2.4 <i>Respiration secondaire des écosystèmes (hétérotrophe)</i>																					
C2.a <i>PEN (Production écosystémique nette) = C2.3 - C2.4</i>																					
C2.b <i>Sous-total de la ressource en biocarbone secondaire</i>																					
C2 Total des apports nets de biocarbone (gains) = C2.a+C2.b																					
C3.a <i>Récolte de produits agricoles, de bois et d'autres végétaux</i>																					
C3.b <i>Prélèvements de biocarbone secondaire</i>																					
C3 Prélèvements total de biocarbone = C3.a+C3.b																					
C4 Pertes nettes indirectes anthropiques de biocarbone et combustion de biocarburants																					
C5 <i>Utilisation totale de carbone écosystémique [UTCE] = C3+C4</i>																					
C6 Processus et perturbations naturels																					
C7 Total des sorties nettes de biocarbone (pertes)																					
C8.1 <i>Accumulation Nette de Carbone Écosystémique 1 [ANCE1, flux] = Gains - Pertes = C2-C7</i>																					
C8.2 Ajustement et réévaluations																					
C8.3 <i>ANCE 2 [Stocks] = Changements dans les stocks de biocarbone</i>																					
C9 Stocks de clôture = C1+C8.1+C8.2 ou = C1+C8.3																					
II. Compte de la ressource écosystémique accessible																					
C2 Total des apports nets de biocarbone (gains) = C2.a+C2.b																					
C10 Ajustement net de l'accessibilité																					
C11 <i>Excédent net de carbone écosystémique accessible [ENCEA] = C2+C10</i>																					
III. Compte de l'utilisation totale de biocarbone et géocarbone																					
C5 <i>Utilisation totale de carbone écosystémique [UTCE] = C3+C4</i>																					
C12.1 <i>Importations de biocarbone/marchandises et déchets</i>																					
C12.2 <i>Exportations de biocarbone/marchandises et déchets</i>																					
C12a Utilisation directe de biocarbone = C5+C12.1																					
C12.3 <i>Biocarbone virtuellement incorporé dans les marchandises importées</i>																					
C12c Exigence en biocarbone = C12a+C12.3																					
C12b <i>Consommation intérieure de biocarbone = C5+C12.1-C12.2</i>																					
C13a Utilisation directe de carbone fossile																					
C13.3 <i>Carbone fossile virtuellement incorporé dans les marchandises importées</i>																					
C13b Exigence en carbone fossile = C13a+C13.3																					
C14a Utilisation directe de carbone = C12a+C13a																					
C14b Exigence totale en carbone = C12c+C13b																					
IV. Tableau des indices d'intensité d'utilisation et de santé écosystémique																					
C11 <i>Excédent net de carbone écosystémique accessible [ENCEA] = C2+C10</i>																					
C5 <i>Utilisation totale de carbone écosystémique [UTCE] = C3+C4</i>																					
C15 [ISUC] Intensité soutenable de l'utilisation du carbone écosystémique = C11/C5																					
C16 [ICES] Indice composite de l'état de santé du carbone																					
VUEI <i>Valeur unitaire écosystémique interne (changt) = AVG(C15 [ISUC]+C16 [ICES])</i>																					

Tableau 5.01b : Répartition par unités comptables écosystémiques (UCE)

Unités paysagère socio-écologiques (UPSE) / Type de couverture des terres dominante (TCTD)							Unités de système rivière (USR) / catégories de tronçons de cours d'eau					Unités marines côtières				Unité: tonnes de C					
UR Zones urbaines / artificielles	LA Grande agriculture	AM Moyennes agricultures	GR Prairies	FO Couverte forestier	NA Autre couverture naturelle	ND Aucune couverture des terres dominante	Sous-total des paysages socio-écologiques	TCH1 Grands cours d'eau, draine principaux	TCH2 Cours d'eau moyens, principaux affluents	TCH3 Petits cours d'eau	TCH4 Ruisseaux, petites rivieres	TCH5 Canaux	Sous-total des systèmes fluviaux	Total des écosystèmes intérieurs	Herbiers marins	Récifs coralliens	MC_GR Autre	MC_CR écosystèmes intérieurs et côtiers	MC_NC Pleine mer	Atmosphère	Secteurs économiques, fourniture des ressources et emplois
								Grands cours d'eau, draine principaux	Cours d'eau moyens, principaux affluents	Petits cours d'eau	Ruisseaux, petites rivieres	Canaux	Sous-total des systèmes fluviaux	Total des écosystèmes intérieurs	Herbiers marins	Récifs coralliens	MC_GR Autre	MC_CR écosystèmes intérieurs et côtiers	MC_NC Pleine mer	Atmosphère	

5.14 En plus des écosystèmes, une colonne supplémentaire est ajoutée pour tenir compte du système de fourniture de ressource et d'emploi. Il ne s'agit pas de l'ensemble de l'économie, dans la mesure où un grand nombre d'activités humaines ont lieu *in situ*, au sein d'un écosystème. La colonne « secteurs économiques, fourniture des ressources et emplois » enregistre les éléments qui ne peuvent pas être attribués à un écosystème spécifique. Tout particulièrement, elle permet d'enregistrer des données sur les rapports avec le reste du monde, et d'équilibrer l'extraction et les retours de biocarbone. De cette façon, ce ne sont pas tous les liens éventuels qui doivent être enregistrés. Dans le cas de la combustion du carbone fossile, le compte de base enregistrera seulement un échange entre les secteurs de fourniture de ressource et d'emploi des ressources et emplois et l'atmosphère.

5.15 Les colonnes du tableau du compte de basecompte de base écosystémique classent les écosystèmes intérieurs en fonction du type de couverture ou d'utilisation des terres. Par souci de simplicité, elles sont regroupées ici selon les catégories supérieures du GIEC/AFOLU. En pratique, elles devront se référer aux UCTE et, probablement, aux subdivisions qui correspondent aux conditions nationales et aux données disponibles. Les masses d'eau, les océans et l'atmosphère ont été ajoutés.

5.16 A un niveau agrégé, la classification de l'occupation des terres des UCTE correspond de façon simple aux catégories AFOLU (Tableau 5.01). Comme expliqué au chapitre 3, il conviendra de subdiviser les catégories UCTE en fonction des conditions nationales. Il faudra aussi assurer une correspondance avec les catégories détaillées utilisées pour les rapports du GIEC.

Tableau 5.02 Correspondance entre les classifications des terres SCEE/SECN et AFOLU

Classification des unités fonctionnelles de couverture des terres écosystémiques		Utilisations des terres AFOLU
1	Zones urbaines et surfaces artificielles associées	SL = Établissements
2	Terres agricoles herbacées homogènes	CL = Terres cultivées
3	Plantations agricoles, cultures permanentes	
4	Associations et mosaïques agricoles	
5	Prairies, surfaces en herbe naturelles	GL = Prairies
6	Couverture forestière	FL = Terres forestières
7	Couverture de végétation arbustive, brousse, landes...	
8	Zones de végétation clairsemée	
9	Associations et mosaïques de végétation naturelle	OL = Autres terres
10	Terres nues	
11	Neiges permanentes et glaciers	
12	Zones humides ouvertes	WL = Zones humides
13	Surfaces en eaux intérieures	Non désignées ailleurs
14	Surfaces en eaux côtières et zones intertidales	

5.17 Le cadre du programme de démarrage rapide de la CECN tient compte des orientations générales du SCEE, ainsi que d'autres cadres et systèmes de reporting, comme les lignes directrices du GIEC (LULUCF/AFOLU) et leur application à REDD+, le cadre de l'AHPPN et les statistiques de la FAO, en particulier pour les évaluations des ressources forestières (FRA). Autant que possible, les données provenant de ces cadres devraient être réutilisées, soit directement, lorsque des ventilations géographiques suffisantes sont disponibles, soit après une réduction de l'échelle adéquate et, dans tous les cas de figures, comme moyen de contrôle de qualité des comptes de capital écosystémique. Ces cadres et leur utilité pour la comptabilité sont examinés plus avant dans la section 5.2.2.

5.18 Chaque cadre poursuit son propre but légitime et des différences peuvent apparaître, qui ne sont pas en réalité des divergences, mais plutôt des perspectives différentes. A titre d'exemple, l'absorption de carbone peut être comprise et mesurée de plusieurs façons. Pour le GIEC, qui considère l'élimination du CO₂ de l'atmosphère comme moyen d'atténuer les émissions de gaz à effet de serre, ainsi que comme objectif pour les Parties qui souhaitent respecter leurs engagements au titre de la CCNUCC, l'absorption de carbone est mesurée comme l'accroissement d'un réservoir de carbone stable ou permanent. Il s'agit de la différence entre les stocks de clôture et d'ouverture, que l'on trouve essentiellement dans les forêts. De façon symétrique, la déforestation, qui correspond à une réduction des stocks, est considérée comme une émission retardée de CO₂. Dans une perspective écosystémique, cette approche est valide, mais elle ne correspond pas à toute la réalité. L'absorption de carbone est en effet un service écosystémique qui doit aussi être mesuré comme un flux. Ceci est important pour pouvoir refléter le lien entre l'absorption de carbone et la performance de l'écosystème du point de vue du carbone, ainsi que d'autres services écosystémiques et l'état de l'écosystème en général. L'absorption de carbone sera donc mesurée deux fois : absorption nette, comme recommandé par le GIEC, et absorption brute.

5.19 Le cadre du programme de démarrage rapide de la CECN prend en considération les sources de données disponibles aux niveaux national et international. Le cadre est présenté de façon agrégée, avec des indications sur la façon dont il peut être détaillé pour répondre à différents besoins. Malgré les progrès importants réalisés dans la collecte de statistiques et de données d'observation de la Terre, des lacunes subsistent dans les connaissances. Les propriétés de contrôle d'un cadre de comptabilité seront utilisées lorsque cela est possible pour vérifier les données et, dans certains cas, reconnaître le besoin de faire des ajustements.

5.1.1. Tableau I : Le compte de base du carbone écosystémique

Description

5.20 Le compte de base du biocarbone écosystémique décrit les stocks et les flux, et les rapports entre les deux. Ce modèle est semblable à celui qui est utilisé dans le SCEE. A titre d'exemple, il présente des similitudes avec le SCEE-Eau, qui décrit les liens entre un système naturel et un système de fourniture de ressource et d'emploi. Les stocks de biocarbone sont augmentés par la photosynthèse dans la végétation, qui transforme l'énergie solaire et les apports naturels en biomasse. Ce processus naturel consomme lui-même de la biomasse et sous-tend toute la chaîne de la vie, une autre source de consommation. La première mesure évalue ce qui est mis à disposition pour d'autres utilisations et accumulations : elle est appelée 'production nette de l'écosystème' dans la documentation. Le terme 'absorption nette de carbone' pourrait être utilisé également. Cet excédent de biomasse est en grande partie extrait aux fins d'utilisation par les êtres humains, par le biais des récoltes de cultures, de l'abattage d'arbres et de la pêche. Ces activités productives peuvent s'accompagner de rejets qui réintègrent le processus naturel. Le biocarbone extrait entre dans le système économique (et dans les tableaux de fourniture de ressources et d'emplois du SCEE-Cadre central (SCEE-CC)). Il retournera dans la nature sous forme de gaz à effet de serre, de boues ou de déchets solides, souvent générés par un autre écosystème, comme le système urbain par

exemple. D'autre part, les activités anthropiques peuvent perturber le cycle de base du biocarbone, en raison de feux de forêt, de l'érosion des sols ou de changements d'utilisation des terres comme l'imperméabilisation des sols ou la plantation d'arbres, comme peuvent le faire également les perturbations naturelles. Lorsque ces différents flux ont été soustraits ou ajoutés à la production nette de l'écosystème, un deuxième solde comptable peut être calculé : l'accumulation nette de carbone écosystémique (ANCE, ou NECB en anglais). Cet élément correspond à la mesure de l'absorption de carbone dans les rapports du GIEC, ici appelée absorption nette de carbone⁹⁵.

5.21 En principe, on devrait trouver à ce stade que stock d'ouverture + solde net du carbone écosystémique = stock de clôture. Cependant, du fait que les données disponibles pour les nombreuses composantes des comptes soient de qualité inégale et que certaines d'entre elles soient 'fragiles', cette égalité doit être vérifiée. La solution est de faire une comparaison du solde mesuré par les flux avec la différence entre deux stocks mesurés séparément.

5.22 L'ANCE peut être calculé à partir des données d'observation concernant l'augmentation et la réduction des stocks. L'accroissement naturel des stocks de biocarbone entre deux dates différentes concerne essentiellement les arbres, dont les exploitants forestiers connaissent les taux moyens de croissance, qui peuvent être utilisés pour ces calculs. Dans l'agriculture, les stocks de cultures ligneuses (comme les arbres fruitiers, les vignes, les palmiers, etc.) peuvent être stables, ou bien peuvent changer rapidement en raison de la croissance rapide de nouvelles plantations ou d'une réduction des stocks après une conversion à d'autres types d'occupation des terres, ce qui rend possible l'évaluation des stocks en fonction de l'occupation des terres. Les stocks *in situ* de cultures herbacées sont nuls ou plutôt stables (herbages) et dans ce contexte l'ANCE concerne principalement le carbone du sol. En ce qui concerne les sols, qui en moyenne changent lentement, les évaluations des experts scientifiques des sols et des experts agronomes aideront en particulier à mesurer les endroits où on observe une légère augmentation ou réduction des stocks. La plupart des pertes de carbone dans les sols seront liées à une imperméabilisation des sols dans le cadre de travaux de construction et d'aménagement d'infrastructures. En principe, le calcul de l'ANCE (stocks) est plus robuste que celui de l'ANCE (flux), mais en même temps assez difficile à relier aux flux et donc plus difficile à interpréter. Si les incertitudes concernant certaines variables sont connues, alors on peut tenter d'arbitrer entre ces deux estimations en corrigéant certaines données d'entrée. Il est probable qu'un poste d'ajustement subsistera à la fin du calcul.

Tableaux

5.23 Tableau comptable I : le compte de base du carbone écosystémique est le compte de ressource type utilisé pour le biocarbone, le carbone contenu dans la biomasse et les produits de la biomasse, et celui du carbonate des coquilles d'organismes aquatiques. Le carbone fossile n'est pas abordé dans sa totalité, mais seulement pour ce qui est de sa présence et de son rôle dans l'écosystème.

5.24 Le Tableau 5-I-A présente le tableau comptable I à son niveau le plus agrégé ; des détails sont fournis dans chaque sous-section correspondante. Les codes indiqués dans la première colonne ci-dessous sont les identifiants du sous-tableau détaillé.

⁹⁵ Une autre appellation utilisée dans la documentation est celle de 'production nette du biome'.

a. Stocks de biocarbone

Tableau comptable 5-I-A: Stocks de carbone écosystémique

Unités de couverture des terres écosystémiques du SCEE-CEE et de la CECN-TDR	Catégories d'utilisation des terres du GIEC	UCTE 1	UCTE 2, 3, 4	UCTE 5	UCTE 6	UCTE 7, 8, 9, 10, 11, 12	UCTE 12	UCTE 13, 14	Total écosystèmes intérieurs et côtiers	Pleine mer, océans	Atmosphère	TOTAL	Unité: tonnes ou joules	Secteurs économiques, fourniture de ressources et emplois
		SL = Habitat	CL = Terres cultivées	GL = Prairies	FL = Terres boisées	OL = Autres terres	WL = Zones humides	Masses d'eau, rivières						
I. Bilan de base du carbone écosystémique														
C1.11	Arbres													
C1.12	Arbustes													
C1.13	Végétation herbacée													
C1.1	Biocarbone dans la biomasse aérienne vivante													
C1.2	Biocarbone dans la litière et le bois mort													
C1.3	Biocarbone dans les sols													
C1.41	Biocarbone dans les systèmes d'eau													
C1.42	Biocarbone dans l'atmosphère													
C1.43	Biocarbone dans d'autres réservoirs de carbone non désignés ailleurs													
C1.4	Autres réservoirs de biocarbone écosystémique													
C1.5	Biocarbone dans le système de ressources et d'emploi économiques													
C1	Stocks d'ouverture													

5.25 Les stocks de biocarbone se composent de biomasse aérienne vivante, de litière et de bois mort, de carbone dans les sols, et d'autres sources telles que les stocks de poissons. Cette ventilation regroupe les réservoirs de carbone du GIEC qui sont utilisés dans les évaluations sur les forêts de la FAO (FRA2010), où les racines des arbres sont dans le sol. Elle correspond à la façon dont la collecte de statistiques forestières est réalisée en pratique, comme volume de bois sur écorce et autres éléments dérivés. Un regroupement supplémentaire peut être effectué pour le carbone dans le sol, incluant la litière et le bois mort, car les mesures et les calculs de la respiration appréhendent ces sources ensemble. D'autres catégories incluent le carbone stocké dans le système économique et le carbone dans les systèmes d'eau. La correspondance entre les catégories de biocarbone est illustrée dans l'encadré 5.01.

Encadré 5.01 Correspondance approximative entre les stocks de biocarbone dans l'évaluation des ressources forestières (FRA) de la FAO, du GIEC et de la CECN

FAO FRA	GIEC
Carbone dans la biomasse aérienne vivante	AB = biomasse aérienne
Carbone dans la litière et el bois mort	DW = bois mort
	LI = litière
Carbone du sol	BB = biomasse souterraine
	SO = sols
Catégories additionnelles, SCEE et CECN	
Autres réservoirs de carbone	
Stocks de biocarbone dans le système économique / bois	HWP = produits du bois récolté
Autres stocks de biocarbone dans le système économique	
Biocarbone dans les systèmes d'eau/ poisson	
Biocarbone dans les systèmes d'eau/ autre	

5.26 Une estimation des stocks de biocarbone par type d'occupation des terres sera faite en utilisant différentes méthodes décrites dans les paragraphes ci-après. Lorsque des méthodes simples ne sont pas disponibles ou n'existent pas, des valeurs par défaut doivent être trouvées, de préférence avec l'aide d'experts du domaine concerné. Certaines méthodes sont indiquées pour illustrer ce qu'il faut rechercher, plutôt que comme une réponse précise aux questions posées.

Encadré 5.02 Exemple de valeur par défaut pour les stocks et les flux de biocarbone

Une estimation des stocks et des flux de biocarbone devrait être faite avec l'aide des organismes nationaux chargés de l'agriculture, de la foresterie, de la pêche et des rapports du GIEC, ainsi qu'avec des organismes scientifiques spécialisés dans ces domaines. Un certain nombre de méthodes et d'estimations sont disponibles dans la documentation scientifique. Elles doivent être considérées comme des ordres de grandeur, et leur utilisation devrait être soumise à l'examen d'experts nationaux qui connaissent les conditions locales. Le tableau ci-dessous donne à titre d'illustration des estimations approximatives pour les États-Unis.

Vegetation Type (based on Olson ecosystem legend)	Aboveground Mature Biomass ^a (MT/ha)	Organic Carbon ^b (MT/ha)	Belowground Biomass ^c (MT/ha)	Organic Carbon (MT/ha)	Net Primary Productivity (MT/ha/yr)	Organic Carbon Fixed ^d (MT/ha/yr)
Forest, Coniferous	350	157.5	44.00	19.80	12.00 ^f	3.40
Forest, Broadleaf (UNESCO Cold-Deserted)	350	157.50	42.00	18.90	10.00	4.50
Forest, Mixed	285 ^g	128.25	43.00	19.35	11.00 ^h	4.95
Woodland	112	49.50	43.00	19.35	8.00	2.70
Grassland (temperate)	30	13.50	14.00	6.30	5.00	2.25
Shrub/Scrub (UNESCO Scrub)	20	9.00	48.00	21.60	.90	.40
Tundra/Desert	0	0	9.33	4.20	.01	.005
Cropland (annual crops)	35	15.75	1.50	.67	6.50	2.90

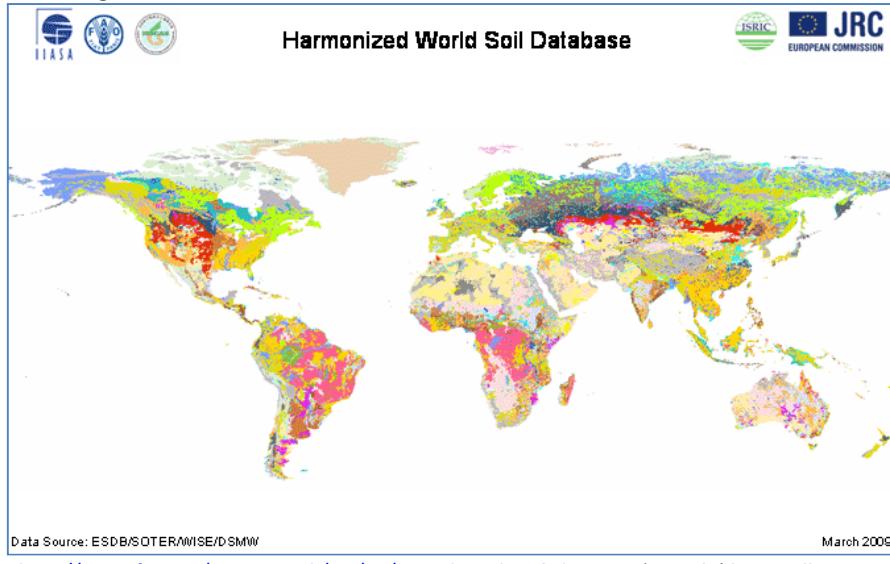
^aValues taken from Leth (1975) except where noted.
^bData quite variable, but suggests standing biomass can equal or exceed that of temperate broadleaf forest (McGuire et al., 1992), so assumed value equal to Forest, Broadleaf.
^cAssumed 0.45% organic carbon in dry biomass (Leth, 1975).
^dEstimated from McGuire et al. (1992) data and Barber (1987).
^eAverage of values from Leth (1975) and McGuire et al. (1992).
^fFrom Jackson et al. (1996). Forest, Mixed was computed as average of Forest, Coniferous and Forest, Broadleaf. Woodland was taken as equivalent to Forest, Mixed; and Tundra/Desert was taken as average of Jackson et al. (1996) values for Tundra, Cold and Warm Desert.
^gTaken as average of Forest, Coniferous and Forest, Broadleaf.

Source: Follett, R.F., Kimble, J.M. and Lal, R. 2001. *The Potential of U.S. Grazing Lands to Sequester Carbone and Mitigate the Greenhouse Effect*, Lewis Publishers, 457 pp.

http://eco.ibcas.ac.cn/group/baiyf/pdf/gxzy/9_The_Potential_of_U.S._Grazing_Lands_to_Sequester_Carbon_and_Mitigate_the_Greenhouse_Effect.pdf (consulté le 14 juillet 2014)

5.27 « *Le carbone organique des sols, qui est le principal élément constitutif de la matière organique des sols, est extrêmement important dans tous les processus des sols. La matière organique des sols résulte essentiellement des résidus de matière végétale et animale, synthétisés par des microbes et décomposés sous l'influence de la température, de l'humidité et des conditions ambiantes du sol. Le taux de perte annuel de matière organique peut varier considérablement, selon les pratiques culturales, le type de couvert végétal et/ou de cultures, l'état de drainage des sols et les conditions météorologiques* » (JRC, Base de données européenne sur les sols, <http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/wrb/help/OCTOP80.htm>). Le carbone organique des sols figure essentiellement dans les cartes nationales des sols détenues par les ministères de l'agriculture et des forêts et des organisations connexes (instituts agronomiques et forestiers, bureaux de recherche géologique et instituts cartographiques). Par défaut, des estimations sur les concentrations de carbone dans les sols peuvent être extraites de la Base de données harmonisée sur les sols du monde. Les chiffres indiqués peuvent être ajustés pour les sols forestiers, en utilisant les densités du carbone dans les sols provenant de l'évaluation des ressources forestières (FRA) de la FAO.

Figure 5.02 Base de données harmonisée sur les sols du monde



<http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/metadata.show?id=37140> (consulté le 14 juillet 2014)

Figure 5.03 Teneur en carbone organique de la couche arable du sol (OCTOP) (en pourcentage) dans la base de données sur les sols d'Europe



<http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/wrb/> (consulté le 14 juillet 2014)

Encadré 5.03 Étapes pour faire une estimation du carbone des sols

Pour utiliser les bases de données sur les sols, il convient de suivre les étapes ci-après :

1. Télécharger les variables sur les concentrations de carbone dans les sols;
2. Télécharger les variables sur la profondeur (qui devrait être en principe < 30 cm), le type de roche et la densité du sol;
3. Calculer le volume type du sol, qui sera multiplié dans l'étape suivante par le coefficient de concentration du carbone;
4. Faire cette multiplication pour avoir les premières estimations et procéder à des ajustements en utilisant des sources exogènes (comme les études forestières ou agronomiques), lorsqu'elles sont disponibles;
5. Ajuster à la grille d'assimilation utilisée pour la comptabilité (par exemple, 1 ha ou 1 km²).

5.28 Stocks et croissance du biocarbone forestier : les études forestières fournissent des données précises sur les stocks de bois qui sont mesurés en utilisant les conventions généralement acceptées par la communauté forestière. Des informations sont disponibles sur les sites Internet d'organisations nationales ou régionales, ou de la FAO (<http://www.fao.org/forestry/46203/en/>). L'évaluation mondiale FRA FAO donne des estimations concernant les réservoirs de carbone forestier (voir la section 5.2.3). Du fait de difficultés concrètes pour mesurer le bois et d'un intérêt prioritaire pour à la production de bois, les données de base concernent principalement le bois rond, tandis que des estimations sont faites pour les autres composantes des arbres (tiges, racines, bois mort) ou des sols. La croissance des arbres peut être déduite des inventaires ou des échantillonnages d'arbres qui peuvent être disponibles à l'échelon national.

5.29 La litière forestière, le bois mort et le sol forestier sont abordés comme questions accessoires dans les études forestières qui fournissent des données et/ou les rapports LULUCF/AFOLU du GIEC. Ces informations sont disponibles dans l'évaluation mondiale FRA FAO (encadré 5.04).

Encadré 5.04 Données sur le biocarbone forestier dans FRA 2010

TABLE 2.21
Carbon stock in forest by region and subregion, 2010

Region/subregion	Carbon in biomass		Carbon in dead wood and litter		Carbon in soil		Total carbon stock	
	million tonnes	t/ha	million tonnes	t/ha	million tonnes	t/ha	million tonnes	t/ha
Eastern and Southern Africa	15 762	58.9	3 894	14.6	12 298	46.0	31 955	119.4
Northern Africa	1 747	22.2	694	8.8	2 757	35.0	5 198	66.0
Western and Central Africa	38 349	116.9	3 334	10.2	19 406	59.1	61 089	186.2
Total Africa	55 859	82.8	7 922	11.7	34 461	51.1	98 242	145.7
East Asia	8 754	34.4	1 836	7.2	17 270	67.8	27 860	109.4
South and Southeast Asia	25 204	85.6	1 051	3.6	16 466	55.9	42 722	145.1
Western and Central Asia	1 731	39.8	546	12.6	1 594	36.6	3 871	89.0
Total Asia	35 689	60.2	3 434	5.8	35 330	59.6	74 453	125.7
Europe excl. Russian Federation	12 510	63.9	3 648	18.6	18 924	96.6	35 083	179.1
Total Europe	45 010	44.8	20 648	20.5	56 924	56.4	162 583	161.8
Caribbean	516	74.4	103	14.8	416	60.0	1 035	149.2
Central America	1 763	90.4	714	36.6	1 139	58.4	3 616	185.4
North America	37 315	55.0	26 139	38.5	39 643	58.4	103 097	151.8
Total North and Central America	39 594	56.1	28 956	38.2	41 198	58.4	107 747	152.7
Total Oceania	10 480	54.8	2 937	15.3	8 275	43.2	21 692	113.3
Total South America	102 190	118.2	9 990	11.6	75 473	87.3	187 654	217.1
World	288 921	71.6	71 888	17.8	291 662	72.3	652 371	161.8

TABLE 2.25
Trends in total carbon stocks in forests, 1990–2010

	Total carbon stock (million tonnes)				Carbon stock (t/ha)			
	1990	2000	2005	2010	1990	2000	2005	2010
Carbon in biomass	299 224	293 843	291 299	288 821	71.8	71.9	71.7	71.6
Carbon in dead wood	34 068	33 172	32 968	32 904	8.2	8.1	8.1	8.2
Carbon in litter	38 855	38 748	38 825	38 984	9.3	9.5	9.6	9.7
Carbon in soil	300 425	295 073	293 232	291 662	72.1	72.2	72.2	72.3
Total carbon stock	672 571	660 836	656 323	652 371	161.4	161.8	161.5	161.8

“Les forêts du monde stockent plus de 650 milliards de tonnes de carbone par an, 44 % dans la biomasse, 11 % dans le bois mort et la litière, et 45 % dans les sols. A l'échelle mondiale, les stocks de carbone diminuent en raison de la perte de surface forestière; cependant, les stocks de carbone par hectare sont restés constants durant la période 1990–2010.

D'après ces estimations, les forêts du monde sont donc une source nette d'émissions, du fait de la diminution de la surface forestière totale.” <http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e02.pdf> (consulté le 14 juillet 2014)

5.30 L'utilisation des données de FRA FAO pour le compte du carbone forestier et des sols du SCEE a été examinée à la réunion du Groupe de Londres de l'ONU sur la comptabilité environnementale, en 2009⁹⁶. Comme pour le SCEE, les données de FAO FRA visent les forêts primaires, d'autres forêts qui se régénèrent naturellement et les forêts plantées⁹⁷, tandis que les données communiquées sur les gaz à effet de serre abordent uniquement les forêts gérées par l'homme. Pour les besoins de comptabilité, la solution consiste donc à utiliser les réservoirs de carbone forestier primaire et les facteurs de conversion LULUCF des forêts gérées par l'homme pour faire des estimations. Le document présenté au Groupe de Londres fournit un exemple de facteurs d'expansion et de conversion du bois rond (encadré 5.05).

Encadré 5.05 Un exemple de facteurs de conversion. Finlande 2009				
Conversion factors:				
Species	ef	dw(Mg/m ³)	cc	cf(MgC/m ³)
pine	1,527	0,39	0,519	0,3091
spruce	1,859	0,385	0,519	0,3715
non-coniferous	1,678	0,49	0,505	0,4152

Conversion equation: cf = ef * dw * cc
ef = expansion factor from stem volume to total tree biomass
dw = conversion factor to dry matter
cc = C-content
cf = conversion factor from stem volume to total biomass C content

Source: Muukkonen, op. cit.

5.31 Des données sur les stocks ou les réservoirs de carbone forestier sont communiquées conformément aux lignes directrices du GIEC, où, pour un programme de démarrage rapide, des valeurs par défaut et des méthodes d'estimation utiles peuvent être trouvées. (http://www.IPCC-nngip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf).

5.32 Il faut ensuite réduire l'échelle des données sur les stocks et la croissance des stocks qui ont été obtenues par une modélisation ou comme statistiques, en tenant compte des zones forestières pour lesquelles les comptes sont produits. A ce stade, le fait de connaître le détail des types de forêts des unités de couverture des terres écosystémiques (UCTE) (par exemple, feuillus/conifères/mixtes, ou une classification plus détaillée ou pertinente) permettra d'améliorer l'exactitude des estimations. Les résultats ramenés à une échelle adéquate seront de meilleure qualité si les données de départ sont à une échelle infrarégionale ou locale, plutôt que nationale.

5.33 Du fait de variations dans la densité des forêts, la procédure de réduction de l'échelle pourra utiliser des cartes sur la densité des arbres, telles que les données annuelles MODIS VCF pour 2000–2010 ou bien le « pourcentage de couvert forestier 2000 » (« percent tree cover 2000 ») de Global Forest Change et les pertes et les gains durant la période 2000–2012. Ces séries de données sont décrites dans le chapitre 4 comme contributions possibles à une cartographie du couvert forestier. Bien qu'elles soient de haute qualité, ce sont des séries de données mondiales, dont il convient de vérifier le caractère pertinent au niveau local. Il convient à ce stade d'utiliser ces données à titre d'informations supplémentaires pour le masque forêt des UCTE. Leur rôle sera de redistribuer par pixels les chiffres sur les stocks provenant des statistiques forestières, convertis en stocks de biocarbone forestier.

⁹⁶ Muukkonen, J. 2009. *Forest and soil*. Issue Paper on carbon sequestration, Statistics Finland.

http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/londongroup/meeting14/LG14_12a.pdf (consulté le 14 juillet 2014).

⁹⁷ A l'échelle mondiale, les pourcentages sont respectivement 36 %, 57 % et 7 %; ceci signifie que plus de 90 % de toutes les forêts se régénèrent naturellement (FRA2010).

5.34 Les stocks de biocarbone des terres cultivées et des prairies se trouvent essentiellement dans les sols. Les estimations concernant les stocks de cultures ligneuses, de cultures pérennes et d'agroforesterie sont faites d'une façon semblable aux estimations concernant les forêts. A l'heure actuelle, les stocks de végétation herbacée sont enregistrés dans les rapports du GIEC en prenant en considération uniquement les changements dus à une conversion des terres et les émissions de CO₂ qui en résultent; ces stocks ne fournissent pas d' nette de carbone (CO₂). La valeur par défaut des changements dans le carbone des sols, autres que ceux qui résultent de la conversion des terres, est zéro; ceci représente une valeur approximative raisonnable du point de vue du CO₂, mais non acceptable du point de vue des écosystèmes, où le carbone des sols est un indicateur clé.

5.35 Les lignes directrices du GIEC pour les terres cultivées et les prairies se trouvent à l'adresse :

http://www.IPCC-nngip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_05_Ch5_Cropland.pdf

http://www.IPCC-nngip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_06_Ch6_Grassland.pdf

(sites consultés le 14 juillet 2014)

5.36 La catégorie « autres terres » du GIEC est une catégorie relativement hétérogène qui inclut les terres à faible productivité en biomasse, comme les UCTE des zones de végétation clairsemée, des sols dénudés et des neiges permanentes et des glaciers, ainsi que les terres plus productives de végétation arbustive, de brousse, de landes, et les associations et mosaïques de végétation naturelle. L'utilisation d'arbustes comme le *Jatropha Curcas* pour les biocarburants nécessitera peut-être d'isoler une sous-catégorie, pour les besoins de comptabilité.

5.37 Les zones humides détiennent les stocks les plus riches de biocarbone, sous forme de tourbe et de végétation. Cette catégorie est hétérogène et des subdivisions devraient être utilisées, si besoin. Il convient de noter que certaines zones humides, telles que définies par la Convention relative aux zones humides d'importance internationale, particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau (Convention de Ramsar), ne sont pas incluses dans cette catégorie. A titre d'exemple, les prairies temporairement humides se trouvent dans la catégorie des prairies, et les forêts humides se trouvent dans la catégorie des forêts.

5.38 Le sol des zones marines côtières se compose de différentes couches situées au-dessous des herbiers marins. « ... les herbiers marins utilisent du carbone pour construire leurs lames d'herbe. Lorsque leurs feuilles riches en carbone meurent et se décomposent, elles s'accumulent sur les fonds marins et sont enterrées dans le sol, piégées par les sédiments. Il est estimé que les prairies sous-marines de la planète capturent 27,4 millions de tonnes de carbone chaque année! Le carbone stocké dans les sédiments des écosystèmes côtiers, y compris les prairies sous-marines, les forêts de mangroves, et les marais salants, est connu sous le nom de carbone bleu »⁹⁸. « Etant donné que les prairies sous-marines disparaissent chaque année à un rythme d'environ 1,5 %, ce sont 299 millions de tonnes de carbone qui sont rejetées chaque année dans l'environnement, d'après les recherches publiées dans *Nature Geoscience* (DOI: 10.1038/ngeo1477). [...] environ 19,9 milliards de tonnes de carbone sont actuellement stockées dans les herbiers marins et dans la couche supérieure du sol jusqu'à un mètre de profondeur au-dessous des herbiers »⁹⁹.

5.39 Le biocarbone des océans n'est pas comptabilisé entièrement. Des estimations concernant une partie de ce biocarbone ont été faites par des modèles nationaux ; ces estimations fournissent des données générales qui sont difficiles à relier avec certitude aux activités anthropiques. Une autre partie du biocarbone des océans est constitué de stocks qui sont directement exploitables (stocks halieutiques) ou

⁹⁸ Smithsonian National Museum of Naturel History, Ocean Portal, <http://ocean.si.edu/seagrass-and-seagrass-beds> (consulté le 14 juillet 2014).

⁹⁹ Slezak, M. 2012. Mowing down seagrass meadows will cut loose carbon. *New Scientist* portal <http://www.newscientist.com/article/dn21825-mowing-down-seagrass-meadows-will-cut-loose-carbon.html> (consulté le 14 juillet 2014).

modifiables (plancton, algues et herbiers marins). Le premier type de stocks sera enregistré comme données d'arrière-plan, tandis que le deuxième type de stocks fera intégralement partie des comptes écosystémiques nationaux concernant la zone économique exclusive (ZEE). D'autre part, une grande partie des stocks qui se trouvent en dehors des ZEE nationales devra être enregistrée dans des comptes internationaux spéciaux pour lesquels il conviendra de définir des règles d'inclusion dans la comptabilité du capital écosystémique. La règle du SCN et du SCEE-CC est que les zones situées en dehors des ZEE peuvent être enregistrées « *dans les cas de figure où le contrôle de l'exploitation a été établi et les droits d'accès sont définis par des accords internationaux* » (SCEE-CEE, 6.63). En ce qui concerne l'exploitation des océans, le SCEE suit le SCN, qui définit l'économie comme étant la somme d'unités résidentes. En conséquence, l'extraction de biocarbone par de telles unités dans les mers internationales devrait être enregistrée dans les comptes nationaux.

5.40 En ce qui concerne l'atmosphère, il convient de faire une distinction entre les systèmes locaux (qui ne sont pas importants du point de vue du stockage de carbone) et le système atmosphérique et/ou climatique mondial dont les concentrations de gaz à effet de serre sont mesurées et dont l'augmentation d'équivalents-CO₂ est corrélée à la hausse des températures, qui peut être considérée comme indicateur de santé du système. Pour des raisons pratiques, le GIEC calcule les émissions de gaz à effet de serre pour les territoires nationaux. Ce point est critiqué dans le SCEE, puisque la règle du GIEC interdit la comparaison stricte des émissions et du PIB calculé sur la base de la résidence des unités économiques. Les résultats obtenus seraient biaisés, notamment en raison de différences dans la comptabilisation du transport maritime et aérien. La Comptabilité expérimentale des écosystèmes du SCEE ne propose pas une règle claire dans ce cas-là. Une solution pour la CECN pourrait être de calculer les stocks nationaux de carbone dans l'atmosphère comme pourcentage des émissions mondiales de gaz à effet de serre, en suivant la définition du SCEE-CC basée sur la résidence.

b. Total des apports nets de biocarbone (gains ou augmentation des stocks)

5.41 Le compte du total des apports nets de biocarbone décrit la quantité de biomasse produite par une végétation gérée et non gérée, la quantité de biomasse disponible aux fins d'utilisation, la quantité perdue comme conséquence indirecte des activités anthropiques et des perturbations naturelles, et il mesure l'accumulation nette de carbone écosystémique (ANCE) dans chaque écosystème. L'ANCE équivaut à l'absorption de carbone (élimination de CO₂) enregistrée par le GIEC.

5.42 Les entrées de biocarbone sont appelés « gains » dans les lignes directrices du GIEC et simplement « augmentation des stocks » dans le SCEE. Ils représentent la production nette de l'écosystème, c'est-à-dire la quantité totale de ressource en biocarbone primaire et secondaire.

Tableau comptable 5-I-B: Apports de carbone écosystémique

Unités de couverture des terres écosystémiques du SCEE-CEE et de la CECN-TDR	UCTE 1	UCTE 2, 3, 4	UCTE 5	UCTE 6	UCTE 7, 8, 9, 10, 11, 12	UCTE 12	UCTE 13, 14	Total écosys- tèmes intérieurs et côtières	Pleine mer, océans	Atmosphère	TOTAL	Secteurs économiques, fourniture de ressources et emplois
	SL = Habitat	CL = Terres cultivées	GL = Prairies	FL = Terres boisées	OL = Autres terres humides	WL = Zones humides	Masses d'eau, rivières					
<i>Catégories d'utilisation des terres du GIEC</i>												
C2.1 PPB (Production primaire brute)												
C2.2 Respiration de la végétation dans l'écosystème (autotrophe)												
C2.3 PPN (Production primaire nette)												
C2.4 Respiration secondaire des écosystèmes (hétérotrophe)												
C2.a PEN (Production écosystémique nette) = C2.3 - C2.4												
C2.51 Augmentation nette des stocks de poisson/pêches												
C2.52 Augmentation nette des stocks de poissons/fermes aquacoles												
C2.53 Augmentation nette du bétail												
C2.54 Autre production secondaire de biocarbone												
C2.5 Augmentation nette des stocks de biocarbone secondaire												
C2.61 Apports de la mer/poissons et autres produits animaux												
C2.62 Apports de la mer/produits végétaux												
C2.63 Importations de biocarbone/marchandises et déchets												
C2.64 Apports naturels de biocarbone non désignés ailleurs												
C2.6 Apports de biocarbone venant d'autres pays et de la mer												
C2.71 Retours de résidus agricoles												
C2.72 Retours et applications de fumier												
C2.73 Retours de résidus forestiers												
C2.74 Rejets des pêches												
C2.7 Retours de production (résidus, fumier, rejets)												
C2.81 Boues et eaux usées												
C2.82 Déchets solides												
C2.8 Retours de consommation (boues, eaux usées, déchets solides)												
C2.b Sous-total de la ressource en biocarbone secondaire												
C2 Total des apports nets de biocarbone (gains) = C2.a+C2.b												

- Production primaire brute, production primaire nette, production écosystémique nette**

5.43 La production primaire brute est le total de la photosynthèse par écosystème. Elle est calculée de deux manières différentes, à partir de modèles basés sur des images satellites et des données d'observation *in situ* fournies par les tours de mesure Eddy¹⁰⁰. Les modèles satellitaires combinent les mesures de l'indice de végétation (NDVI, EVI¹⁰¹ or FAPAR¹⁰²) avec d'autres données sur la température et l'humidité, et souvent, des données sur la couverture des terres, l'indice de surface des feuilles et le commencement et la durée de la saison de croissance des feuilles. Les mesures effectuées *in situ* sont utilisées pour calibrer les modèles fondés sur des images satellites, ou bien des échantillons aléatoires sont extrapolés à des zones qui utilisent des méthodes comme le krigage¹⁰³. La respiration totale de l'écosystème (RTE), à savoir le retour dans l'atmosphère d'une partie du carbone absorbé (comme CO₂) durant la photosynthèse, est calculée parallèlement à la production primaire brute (PPB). Production primaire brute (PPB) – Respiration totale de l'écosystème (RTE) = Production nette de l'écosystème (PNE), qui représente la mesure de l'excédent de biomasse disponible aux fins d'utilisation. La production nette de l'écosystème est le service écologique d'absorption du carbone, en valeur brute (processus), tandis que l'accumulation nette de carbone écosystémique (ANCE) est une mesure nette (de toutes les sorties).

5.44 La respiration totale de l'écosystème (RTE) est divisée en deux parties : la respiration autotrophe (RA), définie comme la respiration de la végétation durant la photosynthèse, et la respiration

¹⁰⁰ Les modèles de covariance Eddy sont utilisés pour mesurer les variables atmosphériques. Le réseau mondial FLUXNET regroupe 500 stations de surveillance gérées au niveau national, qui travaillent avec cette méthode. <http://daac.ornl.gov/FLUXNET/fluxnet.shtml> (consulté le 14 juillet 2014).

¹⁰¹ L'indice de végétation par différence normalisé (NDVI) est un indicateur utilisé pour analyser les mesures de télédétection et pour évaluer si la cible observée contient une végétation verte vivante. Le sigle EVI (IVA en français) signifie Indice de végétation amélioré.

¹⁰² FAPAR: Fraction du rayonnement photosynthétiquement actif absorbé.

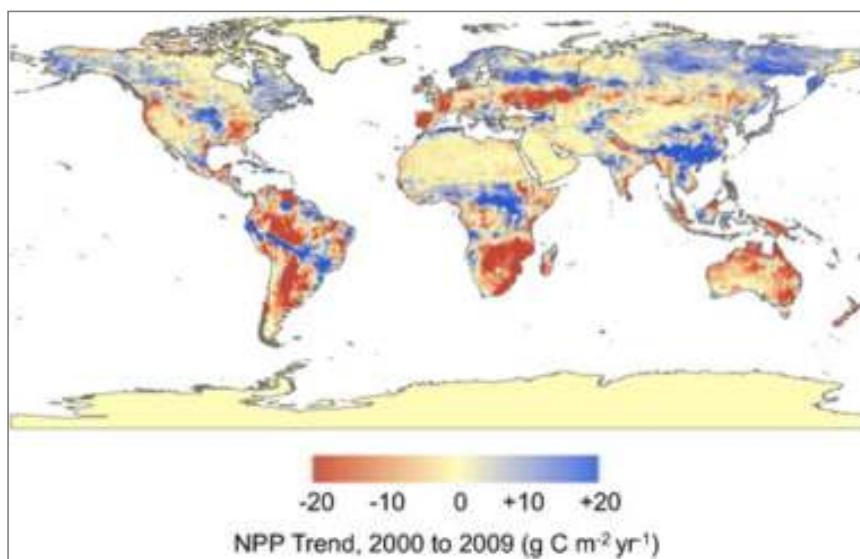
¹⁰³ « *Le krigage est un groupe de techniques géostatistiques qui permettent d'interpoler la valeur d'un domaine aléatoire (comme l'élévation, z, du paysage comme fonction de l'emplacement géographique) à un endroit non observé, à partir d'observations de sa valeur dans des endroits situés à proximité* ». (Wikipedia). Voir le chapitre 3, section 3.2.2.

hétérotrophe (RH), définie comme la respiration des organismes vivants qui consomment ou décomposent la biomasse primaire et secondaire.

5.45 La respiration autotrophe est la consommation intermédiaire, semblable à celle du compte de production du SCN. La production primaire nette (PPN) = Production primaire brute (PPB) – Respiration autotrophe (RA). La PPN est une mesure de la création de biomasse écosystémique, et correspond à la valeur ajoutée brute (VAB) pour la production économique.

5.46 La production primaire nette (PPN) est « *une accumulation photosynthétique nette de carbone dans les plantes ... elle fournit l'énergie qui gouverne la plupart des processus biotiques sur Terre. La PPN représente une grande partie de la matière organique qui est consommée par les microbes et les animaux. Les contrôles climatiques sur les flux de PPN sont une question qui intéresse au plus haut point la société, principalement en raison de préoccupations sur le point de savoir dans quelle mesure la PPN des écosystèmes gérés par l'homme peut fournir une alimentation et des fibres suffisantes à une population humaine croissante* »¹⁰⁴.

Figure 5.04 Production primaire nette des écosystèmes terrestres, 2000–2009



Source: Potter *et al.* 2012, *op. cit.*
Modèle CASA de la NASA et de Stanford University

5.47 La respiration hétérotrophe est la deuxième partie de la respiration totale de l'écosystème. Les organismes hétérotropes trouvent leur alimentation uniquement dans la matière organique. Contrairement aux organismes autotropes, ils sont incapables d'utiliser la matière non organique pour créer des protéines et des glucides. La respiration hétérotrophe est parfois considérée comme l'équivalent de la respiration des sols, qui représente effectivement la plus grande partie de cette respiration. Dans le cas de la respiration des sols, ceci inclut la décomposition de biomasse aérienne morte dans les sols. La production primaire nette (PPN) – Respiration hétérotrophe (RH) = Production nette de l'écosystème (PNE).

5.48 Il est important de connaître la séquence des événements, dès lors qu'il n'y a pas qu'une seule source d'information. En pratique, les comptes peuvent commencer par la production primaire nette, pour

¹⁰⁴ Potter *et al.* 2012. *Net Primary Production of Terrestrial Ecosystems from 2000 to 2009*. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-012-0460-2> (consulté le 14 juillet 2014).

laquelle on dispose de meilleures mesures. La respiration hétérotrophe (ou des sols) n'est pas mesurée avec le même niveau de qualité que la respiration de la végétation, car elle ne dépend pas directement du flux de biomasse, mais aussi des réservoirs de biomasse. En pratique, le réseau mondial FLUXNET des tours de mesure Eddy *in situ* peut fournir des données sur la PPB, la PPN et la RTE. En utilisant les estimations approximatives (habituellement utilisées) selon lesquelles la PPN = 0,5 PPB et la RTE = 0,8 PPB, la respiration des sols apparaît comme un solde comptable d'environ 0,3 PPB. Ces pourcentages sont seulement des ordres de grandeur qui doivent être utilisés avec prudence, sachant que la PPB va de 1 à 10, depuis les zones boréales jusqu'aux zones tropicales. Le fait de connaître la PPB peut néanmoins aider à détecter des chiffres aberrants dans certaines séries de données. Un moyen de réduire ces incertitudes est proposé, en faisant une deuxième mesure de l'accumulation nette de carbone écosystémique (NECB) à partir d'observations directes de la croissance des stocks (identique à la méthode de la différence des stocks proposée par le GIEC – voir ci-dessous). Ceci permettra au moins d'estimer l'ordre de grandeur de l'écart entre l'ANCE (flux) et l'ANCE (stocks) et, en conséquence, de procéder à un arbitrage en révisant les données de départ et/ou en enregistrant finalement un poste d'ajustement.

5.49 Pour les besoins de comptabilité, des données de départ de la PPN peuvent être téléchargées sur les sites Internet des agences spatiales. Des séries de données mondiales sont disponibles à des grilles de 1 km² (produites par NOAA/HVHRR, SPOT/VEGETATION/PROBA-V ou MODIS/TERRA), ou à d'autres résolutions avec d'autres systèmes d'imagerie. Des longues séries chronologiques sont disponibles et sont utiles pour vérifier la cohérence d'ensemble des données. Une telle vérification est nécessaire lorsque des données sont produites à l'échelle mondiale et qu'il peut y avoir des variations locales dans la qualité, dues à des conditions particulières. Cette vérification inclura une comparaison avec les données sur la couverture des terres utilisées pour la comptabilité. Ceci nécessitera d'effectuer un ré échantillonnage en utilisant des indices de couverture des terres et/ou des indices de végétation à plus haute résolution. Enfin, une estimation distincte de la PPN des zones urbaines est parfois nécessaire, puisque plusieurs modèles les retirent (ainsi que les roches à nu, les neiges et glaciers, et les lacs) dans le calcul de la PPN et des indices de végétation. Puisque les tissus urbains discontinus sont une caractéristique fréquente, il est possible de trouver la PPN urbaine significative.

5.50 Des données sur la productivité primaire brute et la productivité primaire nette peuvent être téléchargées sur les sites Internet d'institutions nationales. Des séries de données mondiales peuvent être téléchargées gratuitement sur le site Internet de la NASA, ou de Copernicus Global Land Service (sous le titre « productivité de la matière sèche »). A titre d'information, la célèbre série de données sur la PPN de l'Université de Montana peut être téléchargée, comme indiqué dans l'encadré 5.06.

Encadré 5.06 Exemple de données téléchargeables sur la production primaire nette



<http://www.ntsg.umt.edu/project/mod17> <http://www.ntsg.umt.edu/project/mod17#data-product>
Exemple: MODIS 17 A3 (annuel, de 2000 à 2012)

```
field name: Npp
data type: uint16
scale_factor: 0.000100
valid_range: 0 65500
FillValue: 65535
long_name: MOD17A3 NPP--MODIS Gridded 1KM Annual Net Primary
Productivity (NPP)
units: kg_C/m^2
```

La PPB et la PPN sont fournies sous forme de fichiers GEOTIFF avec des cellules de 30 degrés d'arc seconde (ordre de grandeur du km).

Le NTSG appartient à l'Université de Montana (Dir. Steve Running)

5.51 Il n'existe aucune source de données de ce type pour la respiration hétérotrophe ou des sols. Des données fondées sur des mesures par parcelle peuvent être consultées, par exemple, dans la Base de données sur la respiration des sols du monde, accessible sur Figshare¹⁰⁵. De telles bases de données peuvent aider à améliorer les coefficients par défaut utilisés pour calculer la respiration des sols.

La ressource en biomasse secondaire

5.52 La ressource en biomasse secondaire se compose de quatre éléments : l'augmentation nette des stocks de biocarbone secondaire; les entrées de biocarbone venant d'autres pays et de la mer; les retours de production (résidus, fumier, rejets, etc.); et les retours de consommation (boues, eaux usées et déchets solides).

5.53 L'augmentation nette des stocks de biocarbone secondaire résume les flux liés à la production de biomasse secondaire par les animaux (et, en principe, par les êtres humains). Les entrées et les sorties qui génèrent cette augmentation peuvent être suivies dans certains cas, comme le pacage du bétail, les autres consommations d'aliments pour animaux et les retours du fumier, ainsi que l'aquaculture. Dans d'autres cas, comme les stocks de poissons dans les océans, l'augmentation (ou la diminution) des stocks est la seule variable surveillée. Il est donc plus réaliste, dans la CECN-TDR, d'enregistrer seulement les flux nets dans ce cas-là. Des données peuvent être fournies par les statistiques agricoles et des pêches.

5.54 Les apports de biocarbone venant d'autres pays et de la mer (C2.6, Tableau comptable I-B) sont des apports en biocarbone végétal et animal qui sont essentiels pour l'alimentation humaine et animale, ainsi que des engrains dans certains cas. Ils incluent les entrées de produits halieutiques marins et d'autres produits d'origine animale, ainsi que des produits végétaux et des importations de biocarbone incorporé aux produits (et aux déchets dans certains cas,). Il convient de noter que les prises de poissons effectuées

¹⁰⁵ Bond-Lamberty, B. 2013. Global Soil Respiration Database (srdb_20120510a).
<http://dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.868954> (consulté le 14 juillet 2014)

dans les eaux intérieures (EEZ) devraient être considérées comme des flux entrants de la mer, tandis que les prises effectuées dans des eaux étrangères ou internationales sont des importations.

5.55 Dans le poste C2.6 (Tableau comptable I-B), seule la teneur en biocarbone des importations est prise en compte, au sens entendu par le concept d'apport de matières premières (DMI) dans la comptabilité des flux de matières premières pour l'ensemble de l'économie pour l'ensemble de l'économie. Le biocarbone intégré (ou incorporé), qui est la biomasse requise pour ces importations (comme l'herbe broutée par le bétail exporté comme viande) n'est pas enregistré ici, mais il l'est dans le Tableau III : Utilisation totale de biocarbone et géocarbone écosystémique (voir la section 5.1.3).

Retours de production et de consommation

5.56 Les retours de production et de consommation dans l'écosystème doivent être enregistrés comme ressources secondaires, afin de correspondre à la présentation du SCEC concernant l'augmentation et la diminution des stocks. Il s'agit des ressources utilisées par l'écosystème. Les retours de production ont lieu au même endroit que les récoltes et autres prélevements, tandis que les retours de consommation ont lieu après une utilisation dans les secteurs de fourniture de ressource et d'emploi, en général en un lieu différent.

5.57 Les retours de production (résidus, fumier, rejets, etc.) (C2.7) incluent les retours de résidus agricoles (paille, tiges, etc.), les retours de fumier (dans les pâturages) et l'application de fumier (sur les terres cultivées), les retours de résidus forestiers, et les rejets de la pêche. Uniquement ce qui retourne dans l'écosystème est enregistré. Lorsque des résidus sont utilisés comme sous-produits qui ne sont pas expressément enregistrés dans les statistiques, ils doivent être ajoutés aux récoltes. Les résidus et les retours de production doivent être enregistrés en utilisant des coefficients calculés par les experts en agronomie, foresterie ou pêcheries. Des informations sur ces coefficients peuvent être obtenues auprès d'organismes ou ministères nationaux, ou de la FAO.

5.58 Il existe deux types d'application de fumier, dans les pâturages et les terres cultivées. Les retours de fumier dans les pâturages (et autres terres broutées) sont estimés en pourcentage d'herbe broutée. Ces coefficients sont disponibles auprès des agronomes, ou peuvent être trouvés dans la documentation. Le calcul peut être appliqué à la grille d'estimation du pacage (paragraphe 5.78 et Figure 5.05).

5.59 Le fumier du bétail élevé en batterie est estimé en pourcentage du bétail. Le fumier des cochons et des poulets doit être ajouté en conséquence. Des valeurs par défaut peuvent être trouvées dans le GIEC/AFOLU et dans la documentation. Après avoir calculé le montant total, il convient de ramener ce total à l'échelle des terres cultivées et des pâturages.

5.60 Des estimations concernant les prises accessoires et les rejets de poissons figurent dans les statistiques de la FAO¹⁰⁶, mais ne sont pas incluses dans FishStat.

5.61 Les retours de consommation du biocarbone dans l'écosystème (C2.8, Tableau comptable 5-I-B) sont inclus dans les eaux usées, les boues et les déchets solides. Ils peuvent retourner comme résidus vers les rivières et la mer ou les terres. Selon la façon dont ces résidus sont utilisés, ils peuvent faire partie d'un processus d'économie circulaire ou de déchets réels, entraînant une baisse de la santé de l'écosystème receveur. La réutilisation circulaire des résidus de production/consommation est explicitement enregistrée dans le poste C10.5 du tableau, avant le calcul de l'excédent de ressources accessibles.

¹⁰⁶ Kelleher, K. 2005. *Discards in the World's Marine Fisheries, An Update*, FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER 470 <http://www.fao.org/docrep/008/y5936e/y5936e00.htm> (consulté le 14 juillet 2014)

5.62 Des statistiques sur les boues extraites par les stations d'épuration sont disponibles dans de nombreux pays. Ces boues peuvent être utilisées comme engrais dans certaines conditions, qui varient selon les endroits et incluent le type de sol (qui ne devrait pas permettre une infiltration dans l'aquifère), le type d'agriculture, et la distance à laquelle se trouvent des villes (pas trop près et pas trop loin), ainsi que les contraintes juridiques. Des cartes sur les déversements de boues d'épuration sont disponibles dans certains pays. En l'absence de telles cartes, des modèles existent pour définir les zones susceptibles de recevoir des boues d'épuration, et peuvent être utilisés pour réduire l'échelle des statistiques. Ceci doit être envisagé car, lorsque ces boues sont utilisées, elles constituent une partie importante du bilan du biocarbone.

5.63 Lorsque des déchets solides organiques sont transformés en compost, ils constituent une contribution importante au bilan du carbone agricole. Lorsque le compostage est encouragé par des organismes environnementaux et/ou agricoles, des données peuvent être recueillies pour la comptabilité.

5.64 Le total des entrées de biocarbone est la somme de la production nette de l'écosystème (PNE) et de la ressource en biomasse secondaire nette.

b. Total des sorties nettes de biocarbone (pertes ou diminution des stocks)

5.65 Les sorties de biocarbone incluent la récolte de cultures agricoles, l'extraction de bois, les autres prélèvements de végétation, les prélèvements de biocarbone secondaire (en particulier dans la pêche), la combustion des biocarburants, et les pertes (nettes) indirectes anthropiques de biocarbone résultant de l'utilisation des terres.

Tableau comptable 5-I-C: Sorties de biocarbone

Unités de couverture des terres écosystémiques du SCEC-CEE et de la CECN-TDR	Catégories d'utilisation des terres du GIEC	UCTE 1	UCTE 2, 3, 4	UCTE 5	UCTE 6	UCTE 7, 8, 9, 10, 11, 12	UCTE 12	UCTE 13, 14	Total écosys- tèmes intérieurs et côtiers	Pleine mer, océans	Atmosphère	TOTAL	Secteurs économiques, fourrure des ressources et emplois
		SL = Habitat	CL = Terres cultivées	GL = Prairies	FL = Terres boisées	OL = Autres terres	WL = Zones humides	Masses d'eau, rivières					
C3.11 Céréales													
C3.12 Cultures de fibres													
C3.13 Fruits sauf melons													
C3.14 Oléagineux													
C3.15 Légumeuses													
C3.16 Racines et tubéreux													
C3.17 Fruits à coque													
C3.18 Légumes et melons													
C3.19 Fourrage													
C3.1 Récolte de produits agricoles													
C3.21 Résidus de la production agricole													
C3.22 [] Retours de résidus agricoles [= C2.7]													
C3.2 Prélevements de résidus agricoles et sous-produits (paille, etc.)													
C3.3 Végétation brouillée par le bétail													
C3.41 Récolte de bois d'industrie													
C3.42 Récolte de bois de chauffage													
C3.4 Récolte de bois													
C3.51 Résidus de la production forestière													
C3.52 [] Retours de résidus forestiers [= C2.82]													
C3.5 Prélevements de résidus forestiers													
C3.6 Autres prélevements de végétation (produits forestiers non ligneux, algues, etc.)													
C3.a Récolte de produits agricoles, de bois et d'autres végétaux													
C3.71 Produits de l'élevage du bétail													
C3.72 Prises de poissons/fermes aquacoles													
C3.73 Prises de poissons/pêches													
C3.74 Autres prélevements d'animaux (y compris la chasse)													
C3.7 Prélevements de biocarbone animal													
C3.81 Extraction de tourbe													
C3.82 Autre extraction de biocarbone secondaire													
C3.8 Autres prélevements de biocarbone (y compris la tourbe)													
C3.b Prélevements de biocarbone secondaire													
C3 Prélevements total de biocarbone = C3.a+C3.b													
C4.11 If1 Artificialisation													
C4.12 If2 Extension de l'agriculture													
C4.13 If3 Conversions et rotations internes													
C4.14 If4 Gestion et altération des espaces forestiers													
C4.15 If5 Restauration et création d'habitats													
C4.16 If6 Changements dus à des causes naturelles et multiples													
C4.17 If7 Autres changements des terres n.c.a. et réévaluation													
C4.1 Perte nette indirecte de biocarbone due à des changements d'affectation des terres													
C4.21 Rejets de biocarbone dans les masses d'eau (y compris déchets et eaux usées)													
C4.22 Pertes de biocarbone du sol dans les masses d'eau (y compris érosion induite)													
C4.2 Rejets et pertes de biocarbone dans les masses d'eau													
C4.31 Feux de forêt et autres feux d'écosystèmes d'origine anthropique													
C4.32 Autres émissions dans l'atmosphère (VOC, CH4) d'origine anthropique (GIEC)													
C4.33 Combustion de biocarburants													
C4.3 Emissions de biocarbone écosystémique dans l'atmosphère													
C4 Perdes nettes indirectes anthropiques de biocarbone et combustion de biocarburants													
C5 Utilisation totale de carbone écosystémique [UTCE] = C3+C4													
C6.1 Sorties naturelles vers d'autres territoires et la mer													
C6.2 Transferts nets internes entre les réservoirs de biocarbone non désignés ailleurs													
C6.3 Autres perturbations naturelles													
C6 Processus et perturbations naturelles													
C7 Total des sorties nettes de biocarbone (pertes)													

Prélèvement total de biocarbone dans l'écosystème (C3)

5.66 Le prélèvement total de biocarbone inclut la récolte de cultures agricoles, l'extraction de bois, les autres prélèvements de végétation, et les prélèvements de biocarbone secondaire.

5.67 Le prélèvement total inclut les sous-produits, rejets et résidus provenant de l'agriculture, de la foresterie et de la pêche, qui ne sont pas toujours enregistrés dans les statistiques officielles, auquel cas des estimations doivent être faites les concernant. Ceci est justifié au moins pour deux raisons, la première étant le rôle des résidus dans la conservation de la fertilité des sols, l'autre raison étant l'intérêt croissant à l'égard des résidus de la biomasse comme ressource pour les biocarburants de deuxième génération.

5.68 Les sous-produits de l'agriculture et de la foresterie ne sont pas tous des résidus de enregistrés auparavant. Une partie de ces résidus est utilisée comme litière pour les animaux et, de plus en plus, comme combustible. Une estimation de ce qui retourne réellement à l'écosystème doit être faite par des experts en agronomie et en foresterie. Cette estimation des résidus de production couvrira plusieurs

aspects de l'ensemble du compte du carbone écosystémique CECN-TDR-TDR : total des résidus générés, retours effectifs dans l'écosystème, retours circulaires de biocarbone réutilisable, et importations et exportations.

5.69 Dans le tableau comptable 5-I-C, C3a Récolte de produits agricoles, de bois et d'autres végétaux, la production (récolte de cultures et extraction de bois) enregistrée par les statistiques officielles est complétée par les autres prélèvements. Le total des résidus est mesuré pour l'agriculture et la foresterie, et divisé entre ce qui est effectivement prélevé (la paille, par exemple) et ce qui retourne dans l'écosystème. Les prélèvements de résidus agricoles et de sous-produits (paille, etc.) sont enregistrés dans le poste C3.2 et les prélèvements de résidus forestiers dans le poste C3.4. D'autres prélèvements de végétation (y compris produits forestiers non ligneux et algues) sont enregistrés comme C3.6.

5.70 Les statistiques agricoles sur la récolte devraient être recueillies de façon suffisamment détaillée et regroupées selon des nomenclatures standard et en fonction des caractéristiques communes de biomasse et de teneur en biocarbone par tonne. Un exemple est fourni dans l'encadré 5.07. L'encadré 5.08 illustre comment faire une estimation de la teneur en carbone des cultures.

Encadré 5.07 Détails possible de C.3.1 : Récolte de produits agricoles

C3.11	<i>Céréales</i>
C3.12	<i>Cultures de fibres</i>
C3.13	<i>Fruits sauf melons</i>
C3.14	<i>Oléagineux</i>
C3.15	<i>Légumineuses</i>
C3.16	<i>Racines et tubéreux</i>
C3.17	<i>Fruits à coque</i>
C3.18	<i>Légumes et melons</i>
C3.19	<i>Fourrage</i>
C3.1	Récolte de produits agricoles

5.71 Les récoltes de produits agricoles, de bois et d'autres produits forestiers, les prises de poissons et d'autres prélèvements comme l'extraction de tourbe, sont connus des statistiques courantes. Des estimations peuvent être faites pour le pacage, en calculant la pression exercée par les animaux brouteurs sur les pâturages et autres prairies. Il est très important d'utiliser des statistiques officielles, plutôt que des estimations ad hoc (par ex. dérivées d'images satellites), car les comptes écosystémiques doivent être reliés aux tableaux de fourniture de ressource et d'emploi du SCEE-CC par secteur économique et au-delà, au SCN. Des images satellites seront utilisées par contre pour réduire l'échelle des totaux statistiques.

5.72 Les prélèvements de biocarbone secondaire (C3b) incluent les prélèvements de biocarbone animal (les produits de l'élevage du bétail, les prises de poissons dans les fermes aquacoles, les prises de poissons dans la mer, et d'autres prélèvements d'animaux, y compris par la chasse et la pêche à la ligne). D'autres prélèvements de biocarbone (C3.8) incluent l'extraction de tourbe et d'autres extractions de biocarbone.

5.73 Pour remplir les tableaux des comptes concernant les prélèvements de biocarbone, plusieurs tâches doivent être accomplies :

- Faire la collecte des statistiques par unités administratives locales ou des recensements, avec la répartition spatiale la plus fine;
- Réduire l'échelle des statistiques officielles à la grille utilisée pour l'assimilation des données;

- Faire une estimation du total des prélevements, qui représentent une quantité supérieure aux cultures commerciales enregistrées dans les statistiques, et incluent la production de résidus;
- Convertir les tonnes de produits en tonnes de biocarbone.

5.74 Les statistiques des cultures agricoles doivent ventiler par UCTE. Les principales classes de couverture des terres concernées sont : 2 : Terres cultivées homogènes herbacées, 3 : Plantations agricoles et cultures permanentes, et 4 : Associations et mosaïques agricoles. Certaines statistiques peuvent mesurer la production des jardins familiaux dans les tissus urbains discontinus, classés dans la catégorie 1 : Zones urbaines et surfaces artificielles associées; dans de tels cas, des estimations spécifiques devront être faites. Le fait de commencer par des statistiques régionales (districts, comtés, départements, etc.) constitue une aide importante pour réduire l'échelle des données. L'accès aux données municipales est parfois possible, lorsqu'un recensement agricole a été effectué ; il s'agit à l'évidence d'une excellente source pour la comptabilité écosystémique, au moins pour établir une base de référence.

5.75 Les cultures ont des densités et des teneurs en carbone très différentes, allant des graines oléagineuses et céréales, en passant par les pommes de terre et légumes racines, jusqu'aux tomates et salades. La réduction de l'échelle des statistiques vers la grille comptable doit en tenir compte et doit être effectuée par groupe de cultures ayant des facteurs de conversion semblables en biomasse sèche et en carbone.

Encadré 5.08 Exemple d'estimation rapide du biocarbone des cultures pour les comptes expérimentaux des écosystèmes en Europe

Les statistiques agricoles (production en tonnes) des petites régions européennes, appelées NUTS3, ont été téléchargées sur le site Internet d'Eurostat pour la période 2000–2010. Des regroupements ont été effectués pour un petit nombre de produits correspondant aux postes de la FAO agrégés dans FAOStat (<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>).

Les cultures ont été partagées en deux groupes : cultures sèches (en jaune) et cultures humides (en bleu).

Cereals, Total + (Total)
Fibre Crops Primary + (Total)
Fruit excl Melons, Total + (Total)
Oilcrops Primary + (Total)
Pulses, Total + (Total)
Roots and Tubers, Total + (Total)
Treenuts, Total + (Total)
Vegetables&Melons, Total + (Total)

A partir des publications existantes, des valeurs par défaut pour convertir les tonnes de cultures en tonnes de biomasse sèche ont été choisies, à savoir : 0,8 pour les cultures sèches et 0,2 pour les cultures humides. Un coefficient de 0,5 a été utilisé pour convertir la biomasse sèche en biocarbone.

L'échelle de chaque catégorie agrégée de statistiques sur les cultures a ensuite été réduite, au regard des catégories d'occupation des terres agricoles. Les catégories agricoles mixtes se sont vu attribuer un coefficient correcteur conventionnel de 0,6 pour tenir compte de la proportion de terres cultivées.

Enfin, les récoltes nettes enregistrées dans les statistiques sur les produits agricoles ont été complétées par des estimations concernant les sous-produits, comme la paille, pour la part qui n'est pas incluse dans les statistiques, et les résidus, afin de calculer le total des prélevements de biocarbone.

Source: Ivanov, E. and Weber, J.-L. 2011, document de travail de l'Agence européenne pour l'environnement.

5.76 . Les résidus des récoltes ne sont pas toujours clairement enregistrés dans les rapports statistiques sur les produits de l'agriculture et nécessitent généralement une évaluation spécifique. Les différents moyens d'estimer ces résidus de la biomasse sont décrits dans les publications, en particulier celles qui concernent le potentiel des biocarburants. L'encadré 5.09 donne un exemple des valeurs par défaut utilisées pour les produits de l'agriculture.

Encadré 5.09 Exemple d'estimation des résidus de la biomasse en pourcentage de cultures et en teneur énergétique (gigajoule [GJ]), et conversion des GJ en tonnes de carbone [C])

Table 2.2.1. Parameters used for estimating waste biomass production and amount of resources

Biomass species	Ratio of waste production (t/t)	Coefficient of energy conversion (GJ/t)	Conversion of Gj to tons of coal equivalent (1 t C = 30GJ)
Rice	1.4	16.3	0.54
wheat	1.3	17.5	0.58
Maize (corn)	1	17.7	0.59
Roots and tubers	0.4	6	0.20
Sugar cane residues (tops and leaves)	0.28	17.33	0.58
Industrial log	1.17	16	0.53
Fuel log	0.67	16	0.53
Wood waste	0.784	16	0.53
	t/y/head		
Cattle	1.1	15	0.50
Swine	0.22	17	0.57
Poultry	0.037	13.5	0.45
Horses	0.55	14.9	0.50

Source: Asian Biomass Handbook Ch 2. Japan Institute of Energy, 2008
http://www.jie.or.jp/biomass/AsiaBiomassHandbook/English/Part-2_E.pdf
 sauf pour la conversion en carbone : 1 tonne d'équivalent-carbone = 30 GJ
 (extrait de <http://cdiac.ornl.gov/pns/convert.html#2>) (consulté le 14 juillet 2014)

5.77 Les estimations concernant le pacage sont faites en fonction de la densité du bétail qui broute (bovins, moutons et chèvres, comptabilisés en unités de gros bétail (équivalents-gros bovins ; voir <http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Livestock%20unit>), de l'élevage en batterie (les animaux qui ne broutent pas doivent être soustraits), du temps passé dans les pâturages, de l'étendue des pâturages, et de la consommation moyenne. Il n'y a pas de retour de végétation résultant du pacage ; le solde comptable est la somme de l'augmentation nette du bétail + fumier + rejets dans l'atmosphère.

5.78 La *Carte de densité du bétail dans le monde (2005)* de la FAO est importante pour pouvoir réduire l'échelle des statistiques sur le bétail, le pacage et le fumier. Elle est produite en utilisant un modèle qui combine les meilleures statistiques disponibles sur le pâturage du bétail.

Figure 5.05 Carte de densité du bétail dans le monde de la FAO (2005)



5.79 En l'absence de statistiques locales sur le bétail élevé en batterie – qui constituent la meilleure source, mais ne sont pas souvent disponibles –, une estimation du bétail se trouvant dans des prairies peut être fait pour chaque km², en utilisant le pourcentage de catégories d'occupation des terres qui incluent des prairies et un coefficient de surface de pâturage par unité de bétail (par ex., dans la mise en oeuvre accélérée de comptes écosystémiques de l'Agence européenne pour l'environnement, une valeur moyenne de 1 ha par vache a été retenue comme estimation pour l'Europe). Les experts en agronomie peuvent ensuite fournir des valeurs moyennes pour l'herbe broutée et le fumier rejeté. Les catégories UCTE qui incluent des prairies sont 5 : Prairies, surfaces en herbe naturelles, comme catégorie distincte, et un pourcentage d'autres catégories à déterminer en fonction des conditions particulières du pays. C'est le cas en particulier de la classe 4 : Associations et mosaïques agricoles, où les pâturages peuvent constituer jusqu'à 50 % de cette catégorie ; plusieurs autres classes peuvent comprendre du pâturage¹⁰⁷.

5.80 L'extraction de bois en tonnes de bois rond (bois d'œuvre et de trituration) et de bois de chauffage, et en biocarbone, n'a pas besoin d'être détaillée ici, puisque des données et des règles de calcul sont disponibles auprès de la FAO et du GIEC, et d'autres informations sont disponibles auprès des organismes forestiers nationaux et dans différentes études. Des références sont fournies pour les stocks, et les observations supplémentaires sur les liens existant entre la comptabilité du capital écosystémique, les rapports du GIEC et les statistiques de la FAO sont dans l'ensemble valables pour les flux (section 5.2.). Cependant, deux points particuliers doivent être examinés, à savoir, l'exploitation illégale des forêts et la géo-localisation de l'abattage d'arbres.

5.81 Les statistiques officielles sur l'exploitation forestière couvrent le bois rond et la collecte de bois de chauffage, mais n'incluent pas en général l'exploitation illégale des forêts. Puisque l'exploitation illégale dans certaines régions peut constituer une part importante de l'exploitation forestière totale, elle doit être intégrée dans les comptes, comme poste supplémentaire clairement identifié. Des estimations peuvent être trouvées sur les portails web d'organisations internationales et de différentes organisations non gouvernementales (ONG). Des initiatives récentes, comme le processus sur l'application du droit forestier, la gouvernance et le commerce de la FAO-EU (Forest Law Enforcement, Government and Trade (FLEGT)), devraient aboutir à une amélioration dans la collecte de données. Le monitorage des forêts actuel et son expansion grâce à des programmes comme REDD+ permettent de faire des estimations sur les lacunes

¹⁰⁷ A titre d'exemple, la référence théorique faite par la SCEE aux forêts, comme constituant plus de 10 % du couvert arboré, et même le pourcentage concret de 20–30 % généralement utilisé pour la classification des images satellites, laisse une certaine quantité de terres forestières constituées de zones arbustives et de végétation herbacée qui peuvent être broutées par le bétail.

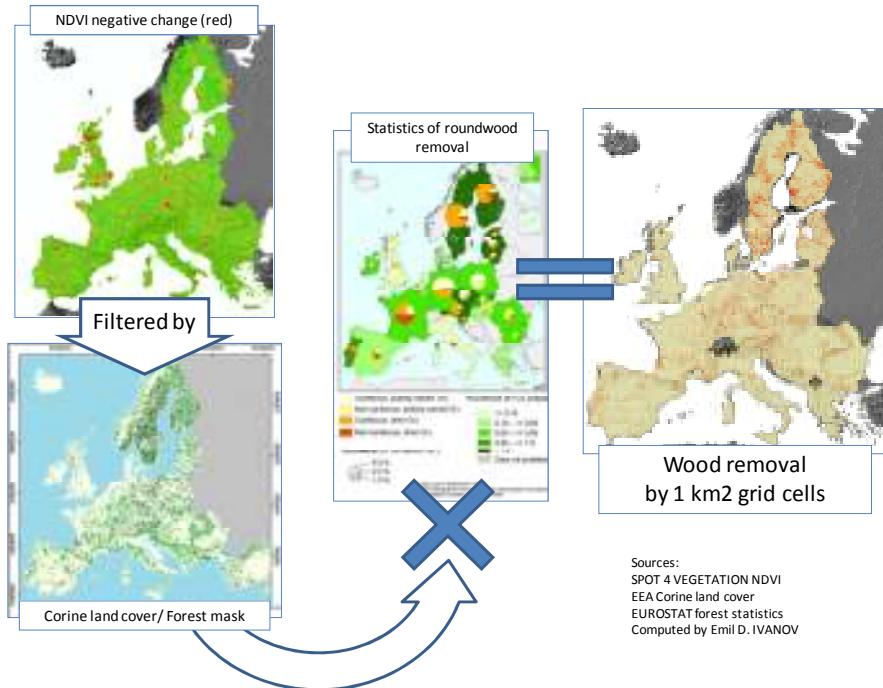
éventuelles entre les statistiques officielles et la réalité de l'exploitation forestière sur le terrain. A ce stade, les statistiques sur l'exploitation illégale des forêts doivent être convenues avec les autorités forestières nationales, pour confirmer leur réalité et faire en sorte qu'il n'y ait pas de double comptabilisation avec les statistiques officielles.

5.82 La géo-localisation de l'abattage d'arbres est importante également. Pour les cultures, l'hypothèse de départ implicite est que toutes les cultures sont récoltées à l'intérieur des catégories d'occupation des terres purement agricoles ou constituées de mosaïques agricoles, mises à part quelques exceptions comme les jardins familiaux dans les tissus urbains discontinus. L'hypothèse de départ d'une extraction uniforme est valable en partie pour le bois de chauffage, notamment lorsque sa collecte est faite par des familles. Cependant, le bois de chauffage n'est pas seulement retiré de la catégorie d'occupation des terres forestière, mais aussi, d'autres terres boisées, en particulier des paysages agricoles mixtes et naturels.

5.83 Dans le cas de l'exploitation forestière industrielle de bois rond, les statistiques se rapportent à un ensemble d'endroits spécifiques où l'extraction a lieu sous forme d'éclaircissement ou de coupe rase, et non pas à un taux moyen d'exploitation forestière uniforme. Pour identifier ces endroits, plusieurs solutions sont disponibles en utilisant des images satellites.

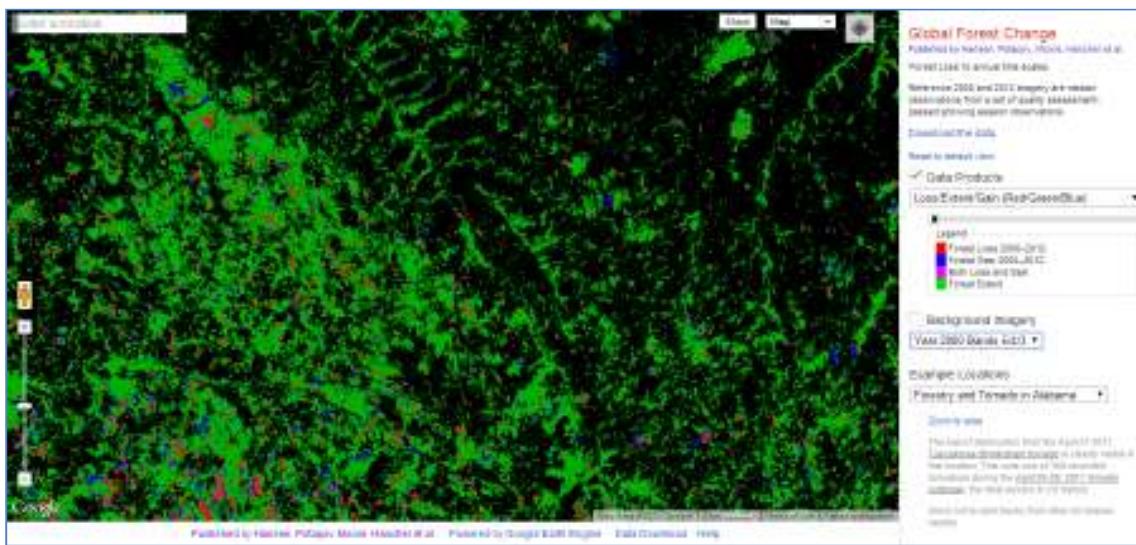
5.84 La première méthode testée par l'Agence européenne pour l'environnement a été d'utiliser le changement de l'indice de végétation (NDVI) entre deux années pour détecter des valeurs négatives. L'indice de changement dans la végétation (NDVI) a été évalué au regard des valeurs moyennes régionales (par type d'occupation des terres dominant), et corrigé des effets climatiques. Les pixels NDVI négatifs ont ensuite été filtrés par le masque cartographique des forêts. Finalement, les statistiques sur l'extraction de bois ont été ventilées selon ces pixels (Figure 5.06).

Figure 5.06 Calcul de l'extraction de bois par cellules de la grille standard à partir des statistiques officielles



5.85 Une autre solution consiste à utiliser les données sur l'étendue des forêts et les changements observés (gains et pertes) dans les forêts durant la période 2000–2012, produites par l'Université de Maryland à partir de plus de 650 000 images Landsat d'une résolution de 30 mètres dans leur projet Global Forest Change¹⁰⁸. Des données ont été téléchargées gratuitement depuis février 2014. De façon prudente, les auteurs ont commencé à cartographier l'étendue des forêts ayant une densité d'arbres de 25 %. Même avec de telles précautions, il est préférable dans un premier temps d'utiliser conjointement le masque UCTE des forêts et les données GFC pour la densité et le changement.

Figure 5.07 Exemple de données téléchargeables sur le Portail de Global Forest Change de l'Université de Maryland



Source: <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest> (consulté le 14 juillet 2014)

5.86 Les prélèvements de poissons dans les exploitations piscicoles doivent être pris en compte séparément des prises de poissons dans les eaux intérieures, les eaux côtières et en pleine mer.

5.87 Les prises de poissons dans les eaux intérieures, à savoir les rivières, fleuves, lacs ou réservoirs, font partie des statistiques régulières. Une répartition statistique par sous-bassin hydrographique doit être effectuée.

5.88 Des données sur les prises de poissons en pleine mer peuvent être obtenues auprès d'organismes nationaux et/ou sur FishStat de la FAO, où des séries chronologiques couvrant une période de plus de 40 ans sont disponibles. Le zonage des mers recommandé au chapitre 3 combine les zones de pêche de la FAO et les limites des zones économiques exclusives (ZEE). Des estimations doivent être faites concernant les prises accessoires, ainsi que pour l'aquaculture.

5.89 Une attention particulière est accordée aux zones côtières. Dans la CECN-TDR, elles sont considérées comme une extension des terres, tout autant que comme faisant partie de la mer. Des unités marines côtières (UMC) écosystémiques sont définies parallèlement aux unités paysagères socio-écologiques (UPSE). Ces unités sont influencées par des concepts comme celui de *satoumi* japonais ou d'aire marine définie pour les besoins de la gestion intégrée des zones côtières (ICZM). La collecte de données

¹⁰⁸ Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R. et al., 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science* 15 November 2013: Vol. 342 no. 6160 pp. 850-853 DOI: 10.1126/science.1244693
<http://www.sciencemag.org/content/342/6160/850> (consulté le 14 juillet 2014).

spécifiques, en particulier concernant les prises de poissons et les prélèvements de coquillages, doit être envisagée.

5.90 D'autres prélèvements de biocarbone (C3.8) incluent l'extraction de tourbe et d'autres extractions de biocarbone. La tourbe est un cas limite en ce qui concerne le biocarbone, parce qu'elle peut être extraite de manière analogue aux ressources en carbone fossile et que son taux de renouvellement est faible. Dans le même temps, il s'agit d'un sol riche et d'une composante vivante essentielle d'écosystèmes florissants (les tourbières), qui fournissent le plus large éventail de services écosystémiques et absorbent des quantités considérables de carbone.

5.91 Les autres extractions de biocarbone sont une catégorie à utiliser pour l'extraction de sols autre que la tourbe, comme par exemple dans le cadre du développement d'espaces verts en milieu urbain.

Pertes nettes indirectes anthropiques de biocarbone et combustion de biocarburants (C4)

5.92 La combustion et les pertes nettes indirectes anthropiques de biocarbone (C4) incluent les pertes de biocarbone causées par des changements d'utilisation des terres, des pertes et rejets de biocarbone dans les masses d'eau, des pertes de biocarbone écosystémique dans l'atmosphère et leur combustion.

5.93 Les pertes nettes indirectes de biocarbone causées par des changements d'utilisation des terres (C4.1) sont la conséquence de changements d'utilisation des terres qui ne sont pas pris en compte dans un prélèvement de biocarbone enregistré. Lorsque les arbres d'une forêt sont abattus pour faire place à des terres agricoles, l'extraction totale de bois est enregistrée dans les postes C3.4 et C3.5 et la combustion des résidus dans le poste C4.31 : feux de forêt et autres feux d'origine anthropique dans les écosystèmes. Si la conversion des terres donne lieu à un développement urbain, il y aura une perte supplémentaire de biocarbone, due à l'imperméabilisation des sols. Un autre exemple de l'impact de l'utilisation des terres se produit lorsque le sol d'une forêt est labouré après un abattage d'arbres, pour préparer des nouvelles plantations : l'oxydation de la matière organique émet du CO₂ qui peut être enregistré dans ce poste. Le drainage des zones humides en vue d'une conversion en terres agricoles ou en aménagement urbain se traduit généralement par des pertes importantes de biocarbone¹⁰⁹.

5.94 La perte de carbone due aux changements d'utilisation des terres est un élément important des lignes directrices du GIEC. Comme expliqué ci-après, l'approche utilisée dans la CECN-TDR est sensiblement différente. Dans l'exemple donné au précédent paragraphe, le GIEC enregistrera l'ensemble de la conversion des terres forestières comme étant due à un changement d'utilisation des terres. Dans la comptabilité écosystémique, l'extraction de bois sera identifiée comme telle.

5.95 La perte de carbone due aux changements d'utilisation des terres est détaillée en fonction de la classification utilisée pour les flux d'occupation des terres (chapitre 4):

- lf1 Artificialisation;
- lf2 Extension de l'agriculture;
- lf3 Conversions internes, rotations;
- lf4 Gestion et altération des espaces forestiers;
- lf5 Restauration et création d'habitats;
- lf6 Changements dus à des causes naturelles et multiples;
- lf7 Autres changements d'occupation des terres non désignés ailleurs n.c.a et reclassifications/réévaluations.

¹⁰⁹ Tubiello, F.N., Salvatore, M. et al. 2014. *Agriculture, Forestry and Other Land Use Emissions by Sources and Removals by Sinks, 1990-2011 Analysis*, FAO Statistics Division, Working Paper Series, ESS/14- 02.
<http://www.fao.org/docrep/019/i3671e/i3671e.pdf> (consulté le 13 août 2014)

5.96 Les autres changements dans les stocks de biocarbone ne sont pas une reclassification, mais plutôt une mesure des conséquences d'une reclassification. Les pertes seront allouées à la couverture des terres d'origine et les gains à la nouvelle couverture des terres.

5.97 Les rejets et pertes de biocarbone dans les masses d'eau (C4.2) sont constitués de rejets intentionnels de résidus et de pertes qui sont des effets non intentionnels d'activités humaines. Les rejets peuvent être effectués dans des masses d'eaux intérieures ou d'eau de mer.

5.98 Les rejets de biocarbone dans les masses d'eau incluent des déchets liquides (eaux usées et boues) et des déchets solides. Les rejets de biocarbone dans les écosystèmes aquatiques ont généralement un impact défavorable sur la qualité de l'eau et ne présentent pas ou peu d'utilité en tant que biocarbone. Les entrées enregistrées ici seront en principe soustraites lors du calcul de l'excédent de ressources accessibles.

5.99 Les pertes enregistrées dans le poste C4.22 incluent, en particulier, les pertes de biocarbone dues à l'érosion des sols. C'est l'augmentation de l'érosion des sols comme impact indirect de diverses activités humaines, et la négligence, qui sont pris en compte ici. Si besoin, les données l'érosion naturelle des sols peuvent être enregistrées séparément dans le poste C6 : perturbations naturelles.

5.100 Les pertes de biocarbone écosystémique dans l'atmosphère et la combustion (C4.3) incluent les feux de forêt et les autres feux d'origine anthropique dans les écosystèmes, d'autres émissions dans l'atmosphère – composés organiques volatils (COV) et méthane (CH_4) – d'origine anthropique (telles que définies dans les lignes directrices du GIEC) et la combustion de biocarburants. Alors que les feux de forêt et les autres feux se produisent dans les écosystèmes, la combustion de biocarburants est un flux sortant du compte du système de fourniture de ressource et d'emploi, où l'extraction de biocarburants a été enregistrée auparavant comme une augmentation des stocks (et leur combustion, comme une diminution).

5.101 Les feux constituent une combustion *in situ* de biocarbone qui ne retourne pas dans l'écosystème pour être réutilisé comme biocarbone, mais génère des résidus, du monoxyde de carbone (CO) et du CO_2 , et aboutit à une réduction des stocks écosystémiques. Les feux englobent les feux gérés et non gérés, ainsi que la combustion des déchets solides lorsqu'ils sont rejetés et enregistrés comme retours. Des lignes directrices et des données sont disponibles dans les rapports du GIEC/LULUCF/AFOLU, sachant que l'objectif du GIEC n'est pas dans ce cas précis identique à celui du SCEE. Le GIEC s'intéresse en priorité aux flux qui relèvent de la responsabilité directe des secteurs économiques, et il traite donc comme perturbations naturelles tous les feux qui ne peuvent pas être directement attribués à des agents économiques identifiables. Dans le SCEE, tous les feux, qu'ils aient une origine anthropique directe ou indirecte, voire même accidentelle, sont par défaut enregistrés comme étant causés par des activités humaines; les feux naturels sont donc l'exception à prouver.

5.102 Les autres émissions dans l'atmosphère (COV, CH_4) d'origine anthropique incluent, en particulier, les émissions provenant de l'agriculture inondée et de l'élevage.

5.103 La combustion de biocarburants a lieu dans les secteurs de fourniture de ressource et d'emploi. Elle inclut le bois de chauffage et d'autres produits ou sous-produits extraits, ainsi que les carburants issus d'une transformation de la biomasse.

5.104 L'utilisation totale de biocarbone écosystémique (C5) est la somme des prélèvements totaux de biocarbone, des pertes nettes indirectes anthropiques de biocarbone et de la combustion de biocarburants.

Processus et perturbations naturels (C6)

5.105 Les processus et perturbations naturels (C6) incluent les transferts internes nets entre la végétation et les sols, les sorties naturelles vers d'autres territoires et la mer, et d'autres perturbations naturelles.

5.106 Les transferts internes entre les réservoirs de biocarbone non désignés ailleurs sont les autres flux qui se produisent à un même endroit ; ce sont essentiellement des transferts entre la végétation et les sols. Ils ne modifient pas le solde net du carbone écosystémique, mais ils ont un impact sur la structure des stocks.

5.107 Les sorties naturelles vers d'autres territoires et la mer sont principalement la conséquence de l'érosion et des rejets de biocarbone dans les rivières et la mer, et des transferts de sédiments. Il convient de noter que, de façon symétrique, les apports naturels ont été enregistrés comme ressource en biocarbone secondaire (C2.64 apports naturelles de biocarbone non désignées ailleurs).

5.108 Les autres perturbations naturelles incluent les changements dans le biocarbone écosystémique dus à des catastrophes naturelles qui ne peuvent pas être décrites comme des processus ordinaires ou des phénomènes périodiques. Elles sont principalement la conséquence de tempêtes exceptionnelles, de tremblements de terre, de raz de marée ou d'éruptions volcaniques. Les feux de forêt ou de brousse récurrents et difficiles à partager entre des causes naturelles et des causes anthropiques sont enregistrés comme feux de forêt et autres feux d'origine anthropique dans les écosystèmes (C4.31).

5.109 Le total des sorties de biocarbone (pertes) (C7) est la somme des prélèvements totaux de biocarbone, des pertes nettes indirectes anthropiques de biocarbone, de la combustion de biocarburants, et des processus et perturbations naturels.

Accumulation nette de carbone écosystémique

5.110 L'accumulation nette de carbone écosystémique (ANCE) mesure l'augmentation ou la diminution des stocks de biocarbone. Elle est calculée en faisant la différence entre la productivité nette de l'écosystème (PNE) et les différentes utilisations de biocarbone auxquelles on a soustrait les retours, les pertes, la combustion *in situ* et les catastrophes naturelles. L'accumulation nette de carbone écosystémique est une mesure de l'absorption nette de carbone, plus complète que celle définie dans les lignes directrices du GIEC, puisque l'ANCE englobe non seulement les effets directs des activités économiques, mais aussi les effets indirects et les perturbations naturelles. Cependant, étant donné le champ d'application habituel de cette mesure, les budgets établis pour le GIEC fournissent une contribution très utile pour les comptes du capital écosystémique.

5.111 **ANCE[flux] et ANCE[stocks].** La mesure de l'ANCE, définie comme la somme algébrique des flux naturels et des flux anthropiques, pose différents problèmes en termes d'estimations ; l'un d'entre eux concerne la mesure de la respiration hétérotrophe, à savoir, la respiration secondaire des organismes qui décomposent la biomasse végétale. Du fait des incertitudes subsistant dans les estimations, celles-ci doivent être soumises à une vérification croisée avec la mesure par les stocks.

5.112 Une deuxième mesure de NECB est proposée, basée sur l'observation directe des changements dans les stocks. En principe, les stocks devraient être mesurés à deux dates différentes et leur différence devrait

être calculée. Lorsque cela n'est pas possible, des estimations peuvent être faites au regard de l'impact des pressions exercées par les activités anthropiques et les perturbations naturelles. Les estimations du GIEC concernant ces activités peuvent être utilisées comme données de départ. Elles devront être élargies pour tenir compte des changements non couverts par la CNUCC et le Protocole de Kyoto (Section 5.2.1).

Tableau comptable 5-I-D. Accumulation nette de carbone écosystémique (ANCE) et stocks de clôture

Unités de couverture des terres écosystémiques du SCEE-CEE et de la CECN-TDR Catégories d'utilisation des terres du GIEC	UCTE 1	UCTE 2, 3, 4	UCTE 5	UCTE 6	UCTE 7, 8, 9, 10, 11, 12	UCTE 12	UCTE 13, 14	Total écosys- tèmes intérieurs et côtiers	Plaine mer, océans	Atmosphère	TOTAL	Secteurs économiques, fourrure des ressources et emplois
	SL = Habitat	CL = Terres cultivée s	GL = Prairies	FL = Terres boisées	OL = Autres terres	WL = Zones humides	Masses d'eau, rivière					
C8.1 Accumulation Nette de Carbone Écosystémique 1 [ANCE1, flux] = Gains - Pertes = C2-C7												
C8.21 Ajustement de l'ANCE = ANCE 2 - ANCE 1												
C8.21 Réévaluations, reclassification												
C8.2 Ajustement et réévaluation												
C8.31 Gains nets de biocarbone dans la biomasse aérienne												
C8.32 Gains nets de biocarbone dans la litière et le bois mort												
C8.33 Gains nets de biocarbone dans les sols												
C8.34 Autres gains de biocarbone												
C8.3 ANCE 2 [Stocks] = Changements dans les stocks de biocarbone												
C9.11 Arbres												
C9.12 Arbustes												
C9.13 Végétation herbacée												
C9.1 Biocarbone dans la biomasse vivante aérienne												
C9.2 Biocarbone dans la litière et le bois mort												
C9.3 Biocarbone dans le sol												
C9.41 Biocarbone dans l'eau												
C9.42 Biocarbone dans l'atmosphère												
C9.43 Biocarbone dans d'autres réservoirs écosystémiques non désignés ailleurs												
C9.4 Autres réservoirs de biocarbone écosystémique												
C9.5 Biocarbone dans le système d'approvisionnement et d'utilisation												
C9 Stocks de clôture = C1+C8.1+C8.2 ou = C1+C8.3												

5.113 Les gains nets en biocarbone dans la biomasse aérienne proviennent essentiellement des arbres¹¹⁰. La croissance des arbres peut être estimée en utilisant les coefficients observés *in situ* dans les échantillons de monitorage. Des données peuvent être obtenues par grand types d'arbres (par exemple, les feuillus et les conifères). Les coefficients de croissance moyenne peuvent être extrapolés tout d'abord la carte quadrillée des stocks de biomasse aérienne vivante constitués des forêts; ce premier résultat peut ensuite être affiné par des données supplémentaires, comme la densité du couvert forestier cartographié chaque année par MODIS¹¹¹. Les estimations concernant l'abattage d'arbres peuvent être utilisées pour calculer les pertes de stocks. Dans le cas des arbustes et des herbes, qui peuvent varier chaque année selon les conditions météorologiques, les changements dans les stocks peuvent être évalués en utilisant des indices de végétation (NDVI, EVI ou FAPAR) produits par différentes images satellites.

5.114 Les gains nets en biocarbone dans la litière et le bois mort sont estimés en fonction des pratiques de gestion (litière) et d'abattage. Le développement des biocarburants de deuxième génération se traduit par une augmentation des prélèvements de résidus, qui devraient être enregistrés. Le bois mort est une composante du cycle des forêts et des statistiques sont disponibles à ce sujet. Il convient d'accorder une attention particulière aux zones forestières qui subissent des risques de chablis graves et des feux de forêt, à leur intensité et aux processus de récupération.

5.115 Les gains nets en biocarbone dans les sols se trouvent principalement dans l'agriculture. Le renouvellement naturel des substances nutritives du sol est effectué par les organismes vivants

¹¹⁰ Du fait de la concurrence des plantes pour bénéficier du rayonnement solaire et des successions naturelles, la croissance de la végétation dans les surfaces en herbes aboutit à des arbustes et, dans les zones arbustives, à des arbres; ces changements sont enregistrés comme changements de la couverture des terres.

¹¹¹ Les données MODIS VCF (champs continus de végétation) peuvent être téléchargées sur le site Internet de Global Land Cover Facility <http://glcf.umd.edu/data/vcf/> (consulté le 14 juillet 2014)

souterrains, connus sous le nom de 'biodiversité des sols'. Le total de la biomasse souterraine équivaut généralement ou dépasse le total de la biomasse aérienne, tandis que la biodiversité des sols dépasse toujours celle à la surface des sols de plusieurs ordres de grandeur, en particulier à l'échelle microbienne. La biodiversité des sols a besoin de nourriture, c'est-à-dire de biomasse.

Figure 5.08 Composition de la biomasse des sols



Source: <http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/library/themes/biodiversite/>
Figure adaptée de Tugel, A.J. and Lewandowski, A.M. (eds.) *Soil Biology Primer*. (consulté le 14 juillet 2014)

5.116 Le maintien de la fertilité naturelle des sols dans les systèmes agricoles traditionnels est assuré au moyen d'engrais biologiques (fumier) et de techniques de rotation des cultures, y compris des terres mises en jachère temporairement. L'agriculture intensive permet d'obtenir des rendements élevés au moyen d'engrais chimiques (et de pesticides) et d'un labourage profond ; la fertilité naturelle des sols est moins une contrainte, et la biodiversité des sols et la teneur en carbone organique diminuent en conséquence. Les processus des sols sont lents et la récupération après une dégradation des sols (lorsqu'une récupération est possible, avant qu'une désertification se produise) est donc lente et constitue une préoccupation croissante¹¹². La surveillance des sols se développe actuellement et des données sur le biocarbone des sols sont disponibles.

5.117 Les autres gains nets en biocarbone sont principalement les changements dans les stocks de poissons.

5.118 Arbitrage entre l'ANCE[flux] et l'ANCE[stocks]. Comme dernière étape, il convient d'effectuer une comparaison entre les résultats obtenus par les deux méthodes, afin d'identifier et de mesurer les lacunes subsistantes, le cas échéant, et de tenter d'effectuer, selon la terminologie retenue par les comptables nationaux, un arbitrage entre les sources. Cet exercice permet de détecter des anomalies et des aberrations, et de les corriger en se reportant à d'autres sources d'information. Le fait de travailler à la fois sur des tableaux statistiques, pour détecter par exemple des anomalies dans les séries chronologiques, et sur des cartes, pour détecter des problèmes locaux, permet dans de nombreux cas de corriger les erreurs. Il est essentiel d'avoir le soutien d'experts dans les domaines où les principaux problèmes ont été identifiés. Puisque ce type de correction n'est pas toujours possible, un poste d'ajustement prendra en compte les lacunes dans les connaissances.

5.119 Un poste comptable final concerne la réévaluation et la reclassification. Il doit être utilisé comme poste d'ajustement supplémentaire lorsque les sources de données diffèrent dans leur quantité et leur

¹¹² http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/projects/soil_atlas/pages/113.html (consulté le 14 juillet 2014)

structure, entre le début et la fin de la période comptable. Lorsque ceci se produit, il est préférable d'essayer de recalculer une série chronologique homogène. Le SCEE prévoit qu'un tel poste sera utilisé essentiellement pour les actifs du sous-sol, qui peuvent être réévalués ou découverts sans aboutir à des changements concrets dans le monde réel.

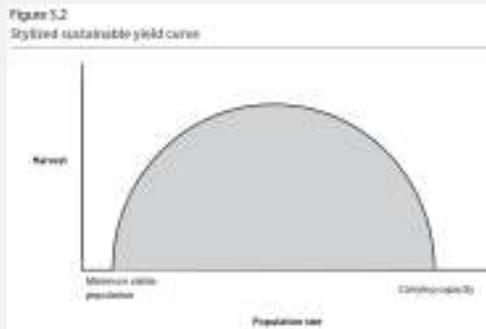
5.1.2. Tableau II : excédent de ressources accessibles

Description

5.120 Ce n'est pas toute la biomasse qui peut être exploitée comme ressource en biocarbone, mais seulement un excédent de cette biomasse. Les stocks de biomasse ne sont pas simplement des stocks qui peuvent être exploités d'une façon semblable aux actifs fossiles ; ils constituent en effet une partie essentielle du système qui reproduit les ressources. L'épuisement de ces stocks n'est pas seulement la perte d'un bien économique ; il représente une détérioration de la capacité de l'écosystème à se renouveler lui-même. La nécessité d'éviter l'épuisement des ressources naturelles renouvelables est prise en compte dans le calcul des rendements durables.

5.121 Le paragraphe 5.78 du SCEE-CC spécifie que: « *la capacité de ces ressources [biologiques] à se régénérer naturellement signifie que dans certaines situations de gestion et d'extraction, il est possible de faire correspondre la quantité de ressources extraites à une quantité de ressources qui sont régénérées et, dans une telle situation, il n'y a pas d'épuisement physique général de l'actif environnemental. Plus généralement, seule la quantité d'extraction qui dépasse le taux de régénération est enregistrée comme diminution* »¹¹³.

Encadré 5.10 Présentation de la courbe de rendement durable dans le SCEE-CC



« En principe, une diminution est enregistrée lorsque la quantité d'extraction est supérieure au rendement durable correspondant à la taille et à la structure de la population. Ceci est pris en compte dans les points situés au-dessus de la courbe dans la figure 5.2 et représente le cas où les quantités extraites sont supérieures au taux de régénération ou de croissance d'une population donnée ». SCEE-CC, paragraphe 148.

5.122 La méthode de calcul des rendements durables est présentée dans le SCEE-CC. Des débats sur l'utilisation des modèles biologiques et la difficulté de les appliquer ont conduit à une recommandation

¹¹³ http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaRev/SCEE_CF_Final_en.pdf (consulté le 18 août 2014)

concrète d'utiliser un taux de régénération normal défini statistiquement. Dans la CECN-TDR, ce taux est défini à partir des postes comptables du compte de base. Il correspond au concept de rendement durable, tout en allant au-delà, dès lors que toutes les ressources en biocarbone sont prises en compte et non seulement les prélevements d'actifs de ressources naturelles – habituellement le bois et les stocks de poissons.

5.123 Ce ne sont pas tous les stocks qui peuvent être exploités, seulement un excédent. Dans le cas des forêts, ceci représente environ 1 à 3 % des stocks, en fonction du taux de croissance des arbres, qui varie selon l'espèce, l'âge et le climat. Les ressources en biocarbone exploitables sont mesurées par l'agrégat du Total des apports nets de biocarbone (gains) (C2), dûment ajusté pour tenir compte des contraintes et possibilités en termes d'accèsibilité.

5.124 Seuls les effets internes sur le cycle du biocarbone sont enregistrés dans le compte du carbone écosystémique. Les effets de la gestion et de la récolte de biomasse sur l'eau et les services fonctionnels tributaires de l'intégrité du paysage et de la biodiversité sont enregistrés dans des comptes distincts. La synthèse de la capabilité totale de l'écosystème combine les résultats particuliers des trois séries de comptes ; elle exprime le résultat général obtenu en termes de dégradation ou d'amélioration du capital écosystémique.

Tableau comptable 5-II: Excédent de ressource écosystémique accessible

Unités de couverture des terres écosystémiques du SCEC-CEE et de la CECN-TDR	Catégories d'utilisation des terres du GIEC	UCTE 1	UCTE 2, 3, 4	UCTE 5	UCTE 6	UCTE 7, 8, 9, 10, 11, 12	UCTE 12	UCTE 13, 14	Total écosys- tèmes intérieurs et côtiers	Pleine mer, océans	Atmosphère	TOTAL	Secteurs économiques, fourrière des ressources						
		SL = Habitat	CL = Terres cultivée s	GL = Prairies	FL = Terres boisées	OL = Autres terres	WL = Zones humides	Masses d'eau, rivières											
II. Compte de la ressource écosystémique accessible																			
C2 Total des apports nets de biocarbone (gains) = C2.a+C2.b																			
C10.1	Stock de base accessible reporté à nouveau des années précédentes [+]																		
<i>C10.21</i>	<i>Croissance des peuplements d'arbres non arrivés à maturité</i>																		
<i>C10.22</i>	<i>Croissance des forêts bénéficiant d'une protection environnementale</i>																		
<i>C10.23</i>	<i>Croissance des stocks de poissons soumis à un moratoire</i>																		
<i>C10.24</i>	<i>Croissance des stocks de poissons dans des aires protégées</i>																		
C10.2	Restrictions d'utilisation [-]																		
<i>C10.31</i>	<i>Résidus de la production agricole [= C3.21]</i>																		
<i>C10.32</i>	<i>Résidus de la production forestière [= C3.51]</i>																		
C10.3	Résidus de la production de biomasse [-]																		
C10.4	Résidus de la consommation de biomasse [= C2.8] [-]																		
<i>C10.51</i>	<i>Retours de résidus agricoles et forestiers dans l'écosystème</i>																		
<i>C10.52</i>	<i>Fumier utilisé comme engrangé</i>																		
<i>C10.53</i>	<i>Compost utilisé comme engrangé</i>																		
<i>C10.54</i>	<i>Boues utilisées comme engrangé</i>																		
<i>C10.55</i>	<i>Gazéification des résidus de produits de la biomasse</i>																		
<i>C10.56</i>	<i>Biocarburants de deuxième génération</i>																		
<i>C10.56</i>	<i>Autre réutilisations circulaire de résidus de la biomasse non désignées ailleurs</i>																		
<i>C10.5</i>	<i>Réutilisation circulaire des résidus de production et de consommation [+]</i>																		
<i>C10.6</i>	<i>Sorties naturelles vers d'autres territoires et la mer = C6.1 [-]</i>																		
<i>C10.7</i>	<i>Autres ajustements du biocarbone accessible [+ or -]</i>																		
<i>C10.8</i>	<i>Ajustement du carbone total stockable dans l'atmosphère</i>																		
C10	Ajustement net de l'accessibilité																		
C11	Excédent net de carbone écosystémique accessible [ENCEA] = C2+C10																		

5.125 Le Total des apports nets de biocarbone (gains) (C2) représente les gains ou l'augmentation des stocks enregistrés dans le compte de base. Il s'agit d'un poste comptable qui inclut des éléments circulaires devant être ajustés, ainsi que des éléments qui ne sont pas accessibles aux utilisateurs, pour des raisons physiques, biologiques, technologiques, économiques ou juridiques.

5.126 Une première correction [+] est faite en tenant compte du stock de base accessible reporté des années précédentes, par exemple dans le cas des stocks qui sont arrivés à maturité la récoltes ou la pêches à la fin de la période comptable précédente.

5.127 Les restrictions d'utilisation [-] limitent l'accès au biocarbone et devraient être exclues du calcul des ressources accessibles, lorsqu'on calcule l'intensité de l'utilisation. Ceci concerne, en particulier, les gains

résultant de la croissance de peuplements d'arbres non adultes, les arbres dans des forêts qui bénéficient d'une protection environnementale, les stocks de poissons soumis à un moratoire aux fins de régénération, et les stocks de poissons se trouvant dans des aires protégées.

5.128 Les résidus de biomasse sont suivis tout au long du compte de base ; la question est résumée dans le compte des ressources accessibles, afin de comptabiliser leur devenir et les gains en biocarbone accessible obtenus grâce à leur réutilisation ou recyclage. Les résidus de production (C10.3) et de consommation (C10.4) sont enregistrés pour calculer leur total, puis sont soustraits au total des apports de biocarbone. Ce traitement permet de mettre en évidence les déchets qui sont réutilisés comme résidus recyclés dans l'écosystème ou comme nouveaux produits. Ils sont enregistrés comme réutilisation circulaire (C10.5) et ajoutés aux ressources accessibles.

5.129 La réutilisation circulaire des résidus de production et de consommation [+] inclut les résidus agricoles et forestiers qui retournent dans l'écosystème, le fumier, le compost et les boues d'épuration utilisées comme engrais, les produits de la gazéification des résidus de biomasse, les biocarburants de deuxième génération et d'autres réutilisations circulaires des résidus de la biomasse.

5.130 Les processus et perturbations naturels non désignés ailleurs peuvent conduire de plusieurs façons à des changements dans le total du biocarbone accessible.

5.131 Les perturbations naturelles de type continu, comme la sécheresse, ont leurs effets capturés dans les comptes de base, au travers de la mesure de la productivité nette de l'écosystème (PNE). Les catastrophes naturelles comme les tempêtes d'une gravité exceptionnelle, les glissements de terrain, les éruptions volcaniques, les tremblements de terre et les raz de marée ont des effets sur les stocks de biomasse ; il s'agit d'une détérioration ou perte de stocks qui n'est pas enregistrée comme dégradation (causée par des activités humaines). Leur impact sur les flux sera enregistré dans la production nette de l'écosystème (PNE). Il n'y a donc aucune correction à apporter au compte d'excédent de ressource écosystémique accessible.

5.132 Les processus naturels non désignés ailleurs sont des transferts naturels entre les écosystèmes et/ou régions, et entre les réservoirs de carbone autres que ceux liés à la photosynthèse. Les transferts naturels entre les écosystèmes et/ou régions sont occasionnés essentiellement par les flux d'eau et se composent de sédiments. Ils sont enregistrés comme poste C10.6 dans le tableau de l'excédent de ressource accessible, pour un même montant que le poste C6.1 du compte de base.

5.133 Les transferts entre les réservoirs de carbone résultent principalement de la décomposition de la litière et du bois mort, et de la création de carbone organique dans le sol qui en résulte. Ils ont été enregistrés dans un premier temps comme C6.2 dans le compte de base et font partie du poste C10.7. D'autres corrections sur le biocarbone accessible [+ ou -] sont apportées au tableau de l'excédent de ressource écosystémique accessible.

5.134 La correction nette de l'accessibilité (C10) est la somme algébrique des éléments décrits ci-dessus. L'excédent net de ressources accessibles [C11] est la somme du total des apports de biocarbone [C2] et de C10. C'est la quantité de ressources qui est comparée au total utilisé, afin de calculer l'indice d'intensité durable de l'utilisation des ressources.

5.1.3. Tableau III : Utilisation totale de biocarbone et géocarbone

Description

5.135 Le biocarbone produit sur le territoire national et dans la zone économique exclusive d'un pays n'est pas la seule ressource utilisée par les écosystèmes nationaux et elle n'est pas toujours utilisée exclusivement dans le pays concerné. L'utilisation de biocarbone a lieu en même temps que l'utilisation de carbone fossile de plusieurs façons, comme combustible ainsi que comme matière : les deux contribuent aux émissions de gaz à effet de serre. Le Tableau III sur l'utilisation totale de biocarbone et géocarbone rassemble ces éléments pour donner une vue d'ensemble faisant correspondre les paradigmes qui sous-tendent les approches en matière de comptabilité des écosystèmes et de la biodiversité et ceux de l'atténuation des changements climatiques (émissions de gaz à effet de serre et absorption de CO₂, et au-delà, calcul de l'empreinte carbone) et l'utilisation efficace des ressources (telle que définie à partir de la comptabilité des flux d'énergie et de matière dans des stratégies comme la Croissance verte de l'Organisation pour la coopération et le développement économiques (OCDE) ou l'Initiative phare sur l'utilisation efficace des ressources de l'Union européenne).

5.136 Lorsque l'on aborde le carbone fossile (appelé géocarbone dans le SCEC), seuls les flux sont pris en compte dans la CCEN. Les stocks de carbone fossile, qui existent uniquement comme actifs économiques, ne sont pas enregistrés ici. Les stocks de calcaire ne sont pas enregistrés non plus, en raison de leur étendue et de leur principal rôle comme substrat physique ; cependant, les flux qui comprennent du carbonate de calcium ont été enregistrés dans le compte de base du carbone écosystémique, lorsqu'ils sont reliés à un processus biologique.

Tableau comptable 5-III : Utilisation totale de biocarbone et géocarbone

Unités de couverture des terres écosystémiques du SCEE-CEE et de la CECN-TDR	UCTE 1	UCTE 2, 3, 4	UCTE 5	UCTE 6	UCTE 7, 8, 9, 10, 11, 12	UCTE 12	UCTE 13, 14	Total écosys- tèmes intérieurs et côtières	Pleine mer, océans	Atmosphère	TOTAL	Secteurs économiques, fourniture des ressources et emplois
III. Compte de l'utilisation totale de biocarbone et géocarbone												
C3 Prélèvements total de biocarbone = C3a+C3.b												
C4 Pertes nettes indirectes anthropiques de biocarbone et combustion de biocarburants												
C5 Utilisation totale de carbone écosystémique [UTCE] = C3+C4												
C12.1 Importations de biocarbone/marchandises et déchets												
C12.2 Exportations de biocarbone/marchandises et déchets												
C12a Utilisation directe de biocarbone = C5+C12.1												
C12b Consommation intérieure de biocarbone = C5+C12.1-C12.2												
C12.3 Biocarbone virtuellement incorporé dans les marchandises importées												
C12c Exigence en biocarbone = C12a+C12.3												
C13.11 Utilisation directe de carbone fossile /Carburant												
C13.12 Utilisation directe de carbone fossile /Autres produits (y compris les produits chimiques)												
C13a Utilisation directe de carbone fossile												
C13.3 Carbone fossile virtuellement incorporé dans les marchandises importées												
C13b Exigence en carbone fossile = C13a+C13.3												
C14a Utilisation directe de carbone = C12a+C13a												
C14b Exigence totale en carbone = C12c+C13b												

5.137 Le Tableau 5-III commence par l'Utilisation totale de carbone écosystémique [UTCE] (C5) calculée dans le Tableau I et par un rappel des deux composantes de cet agrégat : total des prélèvements de biocarbone (C3) et pertes nettes indirectes anthropiques de biocarbone et combustion de biocarburants (C4).

5.138 Le biocarbone contenu dans les importations et exportations de marchandises et de déchets (C12.1 et C12.2, respectivement) sont ensuite enregistrées. Des détails ne sont pas fournis dans le tableau, car ils concernent les classifications des produits des pays, établies par zones géographiques d'origine et de destination dans les statistiques officielles, auxquelles il convient de se référer.

5.139 Deux indicateurs d'utilisation des ressources sont ensuite calculés. Le premier concerne l'utilisation directe de biocarbone (C12a), qui est la somme de l'utilisation de biocarbone écosystémique intérieur (C5) et des importations de biocarbone. L'utilisation directe de biocarbone est un concept compatible avec l'indicateur d'apport direct de matière (ADM, en anglais DMI) dans la comptabilité des flux de matières pour l'ensemble de l'économie (EW-MFA) : « *l'apport direct de matière (DMI) inclut toutes les matières ayant une valeur économique, qui sont directement utilisées dans les activités de production et de consommation. Le DMI est égal à la somme de l'extraction intérieure et des importations* »¹¹⁴.

5.140 Le deuxième indicateur est la consommation intérieure de biocarbone (CIB) (C12b), à savoir, l'utilisation directe de biocarbone moins les exportations. L'utilisation directe de biocarbone est une mesure du total de l'apport de matières premières, tandis que la consommation intérieure concerne l'utilisation nette au sein d'un pays. Cet indicateur est compatible avec le concept de consommation directe de matières (CDM, en anglais DMC) de l'EW-MFA.

5.141 Ce n'est pas seulement l'utilisation directe de biocarbone qui doit être enregistrée comme apport à l'économie ou à la consommation. Les sorties des écosystèmes nationaux incluent la production nette de l'écosystème (PNE) et la production secondaire. Dans le cas des importations, les flux incorporés devraient être pris en compte au même titre les flux réels directs. Un exemple est celui des produits carnés, qui ont nécessité de l'herbe et d'autres aliments pour animaux. La comptabilité du biocarbone virtuellement contenu dans les matières premières importées (C12.3) permet de calculer l'exigence totale en biocarbone (C12.c), qui est la somme des postes C12a et C12.3. Cet indicateur est compatible avec l'exigence totale en matières (ETM, TMR en anglais), définie pour la comptabilité EW-MFA. Il s'agit d'une mesure partielle de l'empreinte écologique du biocarbone.

5.142 Le Tableau 5-III ajoute les flux de carbone fossile et de biocarbone.

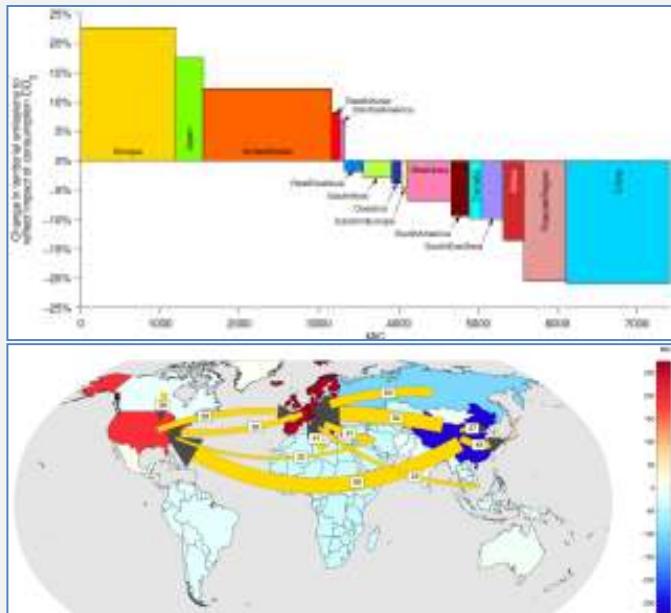
5.143 Le premier sous-tableau inclut l'utilisation directe de carbone fossile (C13a), qui correspond au poste C12a pour le biocarbone. Il comprend, quelle que soit l'origine, l'utilisation directe de carbone fossile comme combustible et autres (y compris les produits de l'industrie pétrochimique). L'apport à l'écosystème est équilibré entièrement par le compte du secteur de fourniture de ressource et d'emploi, de sorte qu'il ne soit pas nécessaire d'établir une distinction formelle entre l'origine intérieure et étrangère du carbone fossile. Une telle distinction peut être faite, bien sûr, pour des raisons de politique générale.

5.144 Le deuxième sous-tableau (C13.3) concerne le carbone fossile virtuel incorporé aux biens et services utilisés, qu'ils soient d'origine nationale ou importées. La somme des postes C13.3 et C13a donne l'exigence totale en carbone fossile, un indicateur de type ETM (en anglais TMR, pour exigence total de matières).

5.145 Les flux du carbone intégré dans le commerce international sont importants, car leur importation peut être analysée comme une exportation supplémentaire d'impacts environnementaux. L'encadré 5.11 montre l'ampleur de ces flux.

¹¹⁴ <http://www.materialflow.net/background/accounting/indicators-on-the-economy-wide-level/> (consulté le 14 juillet 2014).

Encadré 5.11 Importance dans le commerce international du carbone total incorporé aux marchandises



Source: Peters, G.P., Davis, S.J. and Andrew, R. A synthesis of carbon in international trade, *Biogeosciences*, 9, 3247–3276, 2012
www.biogeosciences.net/9/3247/2012/
 (consulté le 14 juillet 2014)

Figure du haut. Les changements dans les émissions de CO₂ basées sur la production sont ajustés à une base de consommation (2004). L'axe horizontal montre les émissions liées à la production, tandis que l'axe vertical montre les changements relatifs. Cette figure désagrège les régions clés de la série de régions RECCAP¹¹⁵. En particulier, elle met en évidence une différence importante entre le Japon et la Chine, qui appartiennent tous les deux à la région d'Asie de l'Est.

Figure du bas. Les 12 plus grands flux interrégionaux de carbone intégré dans le commerce, depuis la région d'origine des émissions jusqu'à la région de consommation finale, les principales régions étant désagrégées (2004). Le plus grand flux interrégional va de la Chine aux États-Unis (98 MtC). Ces 12 flux représentent 40 % de tous les flux interrégionaux, en utilisant ce regroupement.

Dans leur document de 2010 intitulé *Counting CO₂ emissions in a globalised world: Producer versus consumer-oriented methods for CO₂ accounting*, Bruckner *et al.* parviennent à des mêmes ordres de grandeur¹¹⁶.

5.146 Le bas du Tableau comptable présente les indicateurs d'utilisation directe et d'exigence totale en biocarbone et carbone fossile.

5.147 Le total de l'utilisation directe de carbone (C14a), défini comme la somme des postes C12a et C13a, joue un rôle pivot. Il structure les comptes du capital écosystémique autour des principaux indicateurs de politique générale définis par le GIEC pour la CCNUCC, et leur application dans des stratégies comme l'initiative de Croissance verte de l'OCDE, aujourd'hui partagée avec le PNUE, la Banque mondiale et l'Institut mondial de la Croissance verte (GGGI). Le total de l'utilisation directe de carbone peut être utilisé pour les évaluations concernant l'utilisation efficace des ressources ou la croissance verte, directement ou après une conversion en équivalents-CO₂. La comparaison entre l'utilisation totale de carbone et la productivité de l'écosystème est également un indicateur important de viabilité écologique (Tableau 5-IV).

5.148 L'exigence totale en carbone (C14b), défini comme la somme des postes C12c et C13b, permet d'aller plus loin, en passant d'une évaluation de l'utilisation du carbone fondée sur la production à une évaluation fondée sur la consommation¹¹⁷. L'exigence totale en carbone est la mesure de l'empreinte carbone en tonnes de carbone.

¹¹⁵ RECAP est l'évaluation et les processus régionaux du cycle du carbone du Projet mondial sur le carbone <http://www.globalcarbonproject.org/about/indice.htm> (consulté le 14 juillet 2014).

¹¹⁶ Bruckner, M., Polzin, C. and Giljum, S. 2010. *Counting CO₂ emissions in a globalised world: Producer versus consumer-oriented methods for CO₂ accounting*. Discussion Paper, Deutsches Institut für Entwicklungspolitik, ISSN 1860-0441, http://seri.at/wp-content/uploads/2009/11/Bruckner-et-al-2010_Counting-CO2-emissions.pdf (consulté le 18 août 2014).

¹¹⁷ Davis, S.J. and Caldeira, K. *Consumption-based accounting of CO₂ emissions*. PNAS 2010, <http://www.pnas.org/content/107/12/5687> (consulté le 14 juillet 2014).

5.1.4. Tableau IV: Indices d'intensité d'utilisation et de santé écosystémiques

Description

5.149 La capacité des écosystèmes à fournir des services de façon durable dépend de leur étendue et leur quantité, ainsi que d'éléments plus qualitatifs, dont l'état de santé des écosystème. En ce qui concerne le carbone écosystémique, le renouvellement des ressources en carbone, sa qualité et les conditions de renouvellement, doivent être pris en compte. Ces conditions peuvent être considérées principalement comme internes ou externes au cycle du carbone, reliées au fonctionnement général de l'écosystème et, en particulier, aux effets sur d'autres composantes comme l'eau, l'intégrité des écosystèmes et la biodiversité.

5.150 Dans le Tableau IV, deux indices sont calculés et combinés. Le premier est un indice défini à partir des tableaux II et III pour évaluer l'intensité soutenable de l'utilisation. Le deuxième est un indice composite, résumant les éléments non pris en compte dans le premier indice. Dans le compte du carbone écosystémique, seuls les éléments liés aux réservoirs de carbone et au cycle du carbone sont enregistrés. Ces éléments concernent la stabilité des réservoirs, leur dépendance à l'égard d'intrants artificiels et leur vulnérabilité face à des facteurs de stress externes et à d'autres symptômes témoignant de changements, du point de vue du cycle du carbone, dans la résilience des écosystèmes.

Tableau comptable 5-IV: Indices d'intensité d'utilisation et de santé écosystémique

Unités de couverture des terres écosystémiques du SCEE-CEE et de la CECN-TDR Catégories d'utilisation des terres du GIEC	UCTE 1	UCTE 2, 3, 4	UCTE 5	UCTE 6	UCTE 7, 8, 9, 10, 11, 12	UCTE 12	UCTE 13, 14	Total écosys- tèmes intérieurs et côtiers	Pleine mer, océans	Atmosphère	TOTAL	Secteurs économiques, Journière et ressources et emplois
	SL = Habitat	CL= Terres cultivée s	GL = Prairies	FL=	OL = Autres terres	VL = Zones humides	Masses d'eau, rivières					
IV. Tableau des indices d'intensité d'utilisation et de santé écosystémique												
C11 Excédeant net de carbone écosystémique accessible [ENCEA] = C2+C10												
C5 Utilisation totale de carbone écosystémique [UTCE] = C3+C4												
C15 [ISUC] Intensité soutenable de l'utilisation du carbone écosystémique = C11/C5												
C16.1 Changements dans l'âge moyen des forêts												
C16.2 Autonomie par rapport aux intrants artificiels/ Carbone total = C2 /C14b												
C16.3 Autonomie par rapport aux intrants artificiels/ Autre												
C16.4 Changements dans la vulnérabilité face aux feux de forêt												
C16.5 Acidification causée par le CO2												
C16.6 Autre indicateur...												
C16.6 Autre indicateur...												
C16 [ICES] Indice composite de l'état de santé du carbone écosystémique												
VUEI Valeur unitaire écosystémique interne (chang) = AVG(C15 [ISUC]+C16 [ICES])												

5.151 L'indice d'intensité soutenable de l'utilisation du carbone écosystémique (ISUC, C15) est le quotient de l'excédent net des ressources accessibles par le total de l'utilisation du biocarbone écosystémique. Le quotient devrait rester ≥ 1 . Un quotient au-dessous de 1 révèle que dans le partage de la biomasse entre les utilisations anthropiques et les besoins des écosystèmes, que l'on peut appeler 'la nourriture' de la biodiversité, il n'en reste pas suffisamment pour ces derniers. Ceci est un stress dont l'impact sera une dégradation des écosystèmes. La qualité écologique de la biomasse produite par un écosystème dont l'indice d'intensité soutenable de l'utilisation du carbone est < 1 sera plus faible que lorsque ce même indice est ≥ 1 .

5.152 L'indice composite de l'état de santé du carbone écosystémique (ICES, C16) résume les autres symptômes de 'détresse' des écosystèmes. La liste des indicateurs suit de près les principes d'éco-santé énoncés par David J. Rapport (*op. cit.*), mais les points présentés dans le Tableau IV sont présentés à titre indicatif. D'autres indicateurs peuvent être utilisés, dans la mesure où ils contribuent au diagnostic

général de santé des écosystèmes. La liste de ces indicateurs dépend des données et des connaissances disponibles, ainsi que des problèmes rencontrés.

5.153 Il n'y a pas une seule solution pour pouvoir prononcer un diagnostic à partir de la série d'indicateurs retenue. Le principe est celui d'un diagnostic médical où la conclusion ne dépend pas forcément du nombre d'observations, mais en général davantage de la gravité nombre limité d'observations, voire même d'une seule observation. Le modèle utilisé pour produire un indice composite de l'état de santé des écosystèmes (ICES) est donc davantage du type 'arbre de décision', plutôt qu'une moyenne statistique. Les modèles graphiques probabilistes comme les réseaux de bayésiens¹¹⁸ sont utilisés habituellement dans des domaines comme la médecine ou la biologie, pour appuyer un diagnostic et/ou une prise de décisions. Ils peuvent être utilisés pour combiner des indicateurs individuels dans un indice composite de santé des écosystèmes. Dans tous les cas, un soutien d'experts sera nécessaire pour interpréter les résultats.

5.154 Les indicateurs classiques de santé des écosystèmes, du point de vue du biocarbone, sont les changements dans l'âge moyen des stocks forestiers ou des stocks halieutiques, et la vulnérabilité aux feux de forêt. Un indicateur de santé intéressant concerne la dépendance de la production de biocarbone à l'égard d'intrants en énergie fossile. Une telle dépendance peut être calculée en faisant le quotient du total des sorties de biocarbone par l'exigence totale en carbone [= C2/C14b]. Cet indicateur montrera, par exemple, que du biocarbone produit par une utilisation intensive d'énergie fossile (pour les tracteurs agricoles, ou la production d'intrants comme des engrains chimiques) peut avoir une viabilité écologique plus faible que du biocarbone semblable obtenu par des processus naturels.

5.155 La combinaison finale de l'indice d'intensité durable de l'utilisation du carbone et de l'indice composite de santé de l'écosystème donne un indice de qualité (ou de condition) reflétant la productivité et la santé de l'écosystème. Un tel indice sera utilisé comme mesure de la valeur unitaire écosystémique interne du biocarbone.

5.2. EXTRAIRE LES DONNÉES SUR LE BIOCARBONE D'AUTRES CADRES COMPTABLES ET STATISTIQUES

5.156 Cette deuxième partie du chapitre ne fournit en aucun cas une comparaison formelle entre des cadres de collecte et rassemblement de données, chacun d'entre eux ayant son objectif propre. Elle vise plutôt à préciser le principe de ces différents cadres et leurs coûts sous-jacents, afin de faciliter l'extraction de données pour la comptabilité du capital écosystémique, et d'éviter toute confusion. Commencer par utiliser ce qui existe déjà est une condition préalable à tout du démarrage rapide de la CECN-TDR.

5.157 La CECN est un cadre expérimental pour tester le SCEE-Comptabilité expérimentale des écosystèmes (SCEE-CEE), qui est lui-même une extension du SCEE-Cadre central (SCEE-CC); le SCEE aborde les comptes du carbone dans plusieurs chapitres. La comptabilité du carbone s'est aussi développée dans un contexte différent, en conséquence du Protocole de Kyoto et des exigences en données de son Mécanisme pour un développement propre. Le champ d'application des lignes directrices du GIEC s'étend progressivement, en accordant de plus en plus d'importance à l'adaptation aux

¹¹⁸ « *Un réseau bayésien, un réseau Bayes, un réseau de croyance, un modèle Bayes ou bayésien, ou un modèle graphique orienté acyclique probabiliste* est un *modèle graphique probabiliste* (un type de *modèle statistique*) qui représente une série de *variables aléatoire* et leur *dépendances conditionnelles* via un *graphique orienté acyclique* (DAG en anglais). A titre d'exemple, un réseau bayésien pourrait représenter le rapport probabiliste entre des maladies et des symptômes. Si les symptômes sont connus, le réseau peut être utilisé pour calculer les probabilités de la présence de différentes maladies ». http://en.wikipedia.org/wiki/Bayesian_network (consulté le 14 juillet 2014).

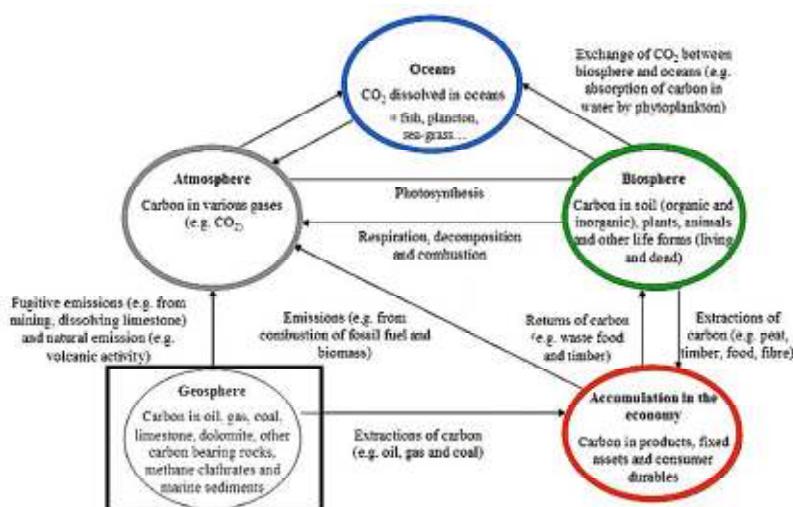
changements climatiques et au rôle des écosystèmes dans ce contexte ; REDD+ est un exemple des progrès réalisés actuellement. D'autres initiatives ont abouti à collecte de données utiles sur le carbone écosystémique, y compris la mise à jour actuelle de l'indicateur AHPPN. Enfin, les statistiques officielles constituent une source de données qui peuvent être utilisées pour la comptabilité écosystémique. Un exemple concerne les récents recensements agricoles, qui s'appuient sur un éventail de technologies modernes, dont la production de cartes à haute résolution et le géoréférencement des résultats. La situation varie selon les pays, et il n'est pas possible de donner un exemple particulier. Cependant, les statistiques les plus importantes pour la comptabilité du capital écosystémique concernent l'agriculture, la foresterie et la pêche ; elles sont centralisées à l'échelle mondiale par la FAO.

5.2.1. Le biocarbone dans le SCEE Cadre central et Comptabilité expérimentale des écosystèmes

5.158 Il n'existe pas de compte intégré du carbone dans le Cadre central du SCEE. Le carbone est pris en compte : pour les émissions de gaz à effet de serre, dans la section 3.6.3 du chapitre 3 du SCEE-CC, qui recommande de faire une distinction entre les émissions provenant du carbone fossile et de la biomasse; comme apport naturel provenant des sols (paragraphe 3.62 du chapitre 3) et de l'atmosphère (CO_2) (paragraphe 3.63); dans le chapitre 4, pour les taxes carbone et les permis d'émission; et le carbone est brièvement abordé dans le chapitre 5 sur les comptes d'actifs, dans les parties concernant les comptes de ressources du sol et du bois, qui conclut en disant : « *une articulation complète de la comptabilité du carbone, y compris, par exemple, l'absorption de carbone dans les sols, dépasse la portée du Cadre central, mais sera examinée dans la SCEE-CEE* » (SCEE-CC, 5.392).

5.159 La SCEE-CEE présente un compte du carbone complet, qui inclut le carbone géologique et biologique. Il commence par une illustration du cycle du carbone (Figure 5.09). Les comptes de la CECN utilisent cette approche, mais ne présentent pas des comptes complets des stocks de ressources fossiles de la géosphère. L'interprétation des principaux éléments du cycle du carbone par la CECN-TDR est présentée dans les paragraphes ci-après.

Figure 5.09 Les principaux éléments du cycle du carbone dans le SCEE-CEE



Source: basé sur la Figure 4.1 du-SCEE-CEE.

5.160 Bien qu'ils soient tous pris en compte, les éléments de la Figure 4.1 du SCEE-CEE ne sont pas envisagés de la même façon dans la CECN, en particulier dans la Trousse de démarrage rapide, où des priorités doivent être établies.

5.161 La biosphère est certainement au centre des comptes du biocarbone écosystémique. La biosphère de la mer et des océans fait partie de la biosphère totale et inclut les stocks de poissons, le plancton et les herbiers marins. Les prairies sous-marines, ainsi que leurs sols, stockent de grandes quantités de carbone. Dans la CECN-TDR, les eaux côtières, où se trouvent habituellement les prairies sous-marines, sont rattachées aux systèmes terrestres.

5.162 Tous les écosystèmes intérieurs, en particulier les écosystèmes les plus artificiels, font partie de la biosphère. L'économie est donc reliée à la biosphère. L'utilisation de biocarbone par les secteurs économiques est enregistrée comme extraction (récoltes, prélevements, pêche, etc.) et comme retours dans la nature, les terres (résidus de récoltes, déchets, boues, fumier, etc.), l'eau (boues, etc.), et l'air (par voie de combustion). Les échanges internes entre les secteurs économiques et la transformation de produits du carbone et le stockage du carbone sont présumés pertinents pour le SCEE-CC et ne sont pas détaillés dans la CECN. Dans la Figure 4.1, l'accumulation dans l'économie est définie comme la somme de tous les flux de production et de consommation économiques qui ont abouti à une telle accumulation.

5.163 Les stocks de carbone de la géosphère sont constitués de ressources fossiles, de roches contenant du carbone et de sédiments. Ils ne sont pas enregistrés dans les comptes écosystémiques, mais l'utilisation de carbone d'origine fossile l'est. C'est un élément supplémentaire du tableau sur l'utilisation du carbone de la CECN-TDR. Le but est de comptabiliser la quantité totale de carbone incluse dans les émissions de gaz à effet de serre et de mesurer la responsabilité de l'ensemble des secteurs vis-à-vis de l'écosystème atmosphère/climat.

5.164 Le système atmosphérique n'est pas décrit de façon détaillée dans la CECN-TDR, mais seulement lorsque la stabilité du climat, l'eau et les gaz à effet de serre sont abordés. Il est enregistré pour le carbone d'une manière semblable à l'eau, où seulement les précipitations et l'évaporation/évapotranspiration sont comptabilisées – mais pas les masses d'eau considérables contenues dans les nuages, ni l'évaporation des océans. Cependant, semblablement à ce que fait le GIEC, les stocks de carbone sous forme de gaz à effet de serre dans l'atmosphère sont enregistrés comme équivalents-CO₂ et utilisés pour évaluer l'impact sur le climat, mesuré en degrés Celsius (°C).

5.165 Les océans sont pris en compte dans les comptes écosystémiques, bien que ceci ne concerne pas tous leurs éléments. Un premier point est que les écosystèmes marins côtiers sont abordés dans le SCEE comme une extension des écosystèmes intérieurs. Le deuxième point est que les océans font partie de la biosphère. Egalement, dans la figure 5.09 ci-dessus, des flèches supplémentaires devraient relier la boîte océans à celle de l'accumulation dans l'économie. Troisièmement, même si les échanges entre les océans et l'atmosphère sont importants, la tâche consistant à les mesurer à ce stade doit être entreprise de façon indépendante par les modélisateurs du climat. En d'autres termes, les références faites au climat seront celles faites au système atmosphère-océans.

5.166 La SCEE-CEE propose une présentation des comptes du carbone dans le Tableau 4.6 : compte des stocks de carbone. Bien que l'on manque d'expérience pour pouvoir examiner tous les détails, aucun écart important n'apparaît entre le contenu détaillé du Tableau 4.6 et les comptes du biocarbone de la CECN-TDR, mais leur couverture des flux n'est pas identique. De plus, les stocks de carbone fossile ne sont pas enregistrés dans la CECN-TDR.

5.167 Il est clairement indiqué que les récoltes doivent être enregistrées comme récoltes brutes et nettes, après avoir soustrait les résidus de récoltes. Ceci signifie que les changements nets dans les stocks de récoltes brutes et nettes tiennent compte des retours dans la nature comme apports secondaires. Ce n'est pas l'hypothèse de départ dans l'indicateur AHPPN (défini plus haut), où seulement les valeurs brutes sont prises en compte. La solution proposée par le SCEE permet à la fois d'avoir une comptabilité cohérente des stocks et des flux, et de fournir des données adéquates pour les calculs de l'AHPPN.

5.168 Une autre convergence importante se trouve dans la réaffirmation d'une couverture complète des différents types d'écosystème, à savoir, les écosystèmes naturels, semi-naturels et agricoles et les établissements humains (SCEE-CEE, paragraphe A.45), et de la possibilité d'utiliser les données sur l'occupation des terres comme moyen de distinguer les caractéristiques plus ou moins naturelles et plus ou moins gérées des stocks et des flux (SCEE-CEE, paragraphe A.44). Cette dernière distinction, qui est faite dans le Tableau 4.6 du SCEE à un niveau élevé de présentation (expansion et contraction naturelles ou gérées par l'homme), n'est pas explicite dans la CECN-TDR, qui présente les comptes par type d'écosystème. Cependant, dans la mesure où la méthode employée pour distinguer les écosystèmes naturels et les écosystèmes gérés est basée sur les mêmes données d'occupation des terres, le résultat final devrait être le même.

5.169 Un autre point important est de reconnaître que les soldes du carbone ne concernent pas seulement sa quantité, mais qu'ils incluent aussi des aspects qualitatifs. Ceci concerne en particulier la qualité des réservoirs de carbone dont le biocarbone est extrait. Le coût du carbone sera ainsi différent, selon qu'il vienne de réservoirs stables (comprenant des longues périodes de reconstitution) ou de systèmes de reproduction à cycle court.

5.170 La présentation proposée dans la SCEE-CEE combine le biocarbone et le géocarbone. Bien que ceci soit seulement suggéré par le titre du Tableau 4.6, et non pas indiqué expressément, le solde comptable du compte est le changement net dans les stocks. Comme première étape, la CECN-TDR limite le cadre de comptabilité au biocarbone ; il reconnaît les stocks et les flux, et les changements nets dans les stocks, l'ANCE. Ceci est mesuré deux fois : premièrement, comme la différence entre les stocks à deux dates différentes, et deuxièmement, comme la somme nette des flux, plus un poste d'ajustement couvrant les réévaluations et la reclassement du Tableau 4.6 du SCEE.

5.171 Du fait d'une telle combinaison dans un seul compte de ressources en carbone et en biocarbone du sous-sol, les postes sont regroupés dans le Tableau 4.6 d'une façon qui n'illustre pas tous les aspects des flux de biocarbone qui pourraient être enregistrés. Dans la CECN, la présentation du compte du biocarbone est alignée à celle des comptes de l'eau et des services fonctionnels. On trouve donc des différences dans la terminologie employée. Comme mentionné plus haut, ces différences de forme ne se traduisent pas par des différences importantes sur le fond.

5.2.2. Le biocarbone dans le GIEC/LULUCF et les lignes directrices REDD¹¹⁹

a. La comptabilité dans le contexte du GIEC

5.172 Les lignes directrices du GIEC se réfèrent à la comptabilité de deux façons: « *COMPTABILITÉ : Règles pour comparer les émissions et les absorptions, telles que signalées dans le cadre des engagements pris* »; et « *BUDGET CARBONE : Solde des échanges de carbone, entre les réservoirs de carbone ou entre des circuits spécifiques (par exemple, atmosphère - biosphère) du cycle du carbone. L'examen du budget d'un bassin ou réservoir fournira des informations sur le point de savoir s'il s'agit d'une source ou d'un puits.* » (Glossaire GIEC). Du point de vue de la comptabilité écosystémique du biocarbone, les budgets du carbone correspondent, dans une large mesure, aux comptes de base définis au chapitre 2. Les normes de comptabilité du GIEC doivent être prises en considération lorsque des questions sont examinées impliquant une définition de la distance par rapport aux objectifs.

5.173 Pour les besoins des inventaires des gaz à effet de serre dans le contexte de la CCNUCC et du Protocole de Kyoto, l'utilisation des terres, les changements d'utilisation des terres et la foresterie (LULUCF) est un secteur de comptabilité qui couvre l'ensemble de la gestion de la végétation et des sols par les êtres humains. Les règles de comptabilité fournissent une méthode pour structurer et classer les données. LULUCF s'applique uniquement aux pays visés à l'Annexe I du Protocole de Kyoto (pays développés) et ne doit pas être confondu ou mélangé avec REDD+, qui concerne les pays en développement. Les règles de REDD+ sont intégrées dans les principes de LULUCF. Suite aux lignes directrices du GIEC de 2006 sur les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, AFOLU consolide les précédents secteurs de LULUCF et de l'agriculture.

5.174 Les règles de LULUCF reflètent un compromis lié aux circonstances particulières de la Conférence de Kyoto, où des objectifs ciblés et des moyens d'y parvenir ont été convenus avant d'établir des règles de mesure précises. LULUCF est principalement axé sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre et leur retrait de l'atmosphère. Plusieurs options sont données aux Parties, qui peuvent comptabiliser les émissions sur la base de l'utilisation des terres, ou sur la base d'un monitorage des activités, ou un mélange des deux.

5.175 Dans un système de comptabilité basé sur les terres, toutes les émissions anthropiques et les absorptions par les zones forestières pertinentes sont comptabilisées. Du fait de la nécessité d'avoir un système de monitorage, de communication des données et de vérification (MRV) robuste pour évaluer les droits à un financement, REDD+ met en place des programmes de comptabilité basés sur les terres, en utilisant des images satellites à très haute résolution.

5.176 Dans les systèmes d'établissement de rapports basés sur les activités, les Parties à la CCNUCC comptabilisent les émissions et les absorptions attribuables à une liste précise d'activités anthropiques, comme la déforestation, les récoltes, ou la fertilisation des sols. Pour employer la terminologie retenue par le GIEC, la CECN-TDR est principalement une comptabilité basée sur les terres, qui s'appuie sur des observations. Les activités fondées sur le monitorage ne sont pas très utiles pour les comptes de base de la CECN, mais elles peuvent être utiles pour déterminer quels secteurs économiques spécifiques sont responsables d'une dégradation des écosystèmes.

¹¹⁹ <http://www.ipcc-nngipiges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf.html> (consulté le 14 juillet 2014)

Encadré 5.12 GIEC : Comptabilité basée sur les terres et comptabilité basée sur les activités

2.3.2. Cadre de comptabilité spécifique au Protocole

2.3.2.2. Comptabilité basée sur les terres ou comptabilité basée sur les activités

“Un système de comptabilité du carbone élaboré pour le Protocole de Kyoto doit respecter les principes scientifiques de base des processus du carbone et les dispositions institutionnelles et les objectifs de la CCNUCC. Deux approches de comptabilité sont examinées, pouvant répondre à ces exigences. Les Parties pourraient décider d’adopter l’une ou l’autre de ces deux approches, ou un mélange des deux.

La première approche de comptabilité est basée sur les terres. Son point de départ est le total des changements dans les stocks de carbone dans les réservoirs de carbone applicables, sur les unités de terrains où des activités applicables sont réalisées. Pour appliquer cette règle, il convient tout d’abord d’identifier les unités de terrains où des activités applicables sont entreprises. Ensuite, le total des changements dans les stocks de carbone sur ces unités de terrains durant la période d’engagement est déterminé. Des ajustements peuvent être faits par la suite, pour tenir compte des décisions que les Parties peuvent adopter au sujet des données de référence, des pertes, des questions relatives aux échéances, telles qu’examinées dans les parties suivantes. Les agrégats d’émission ou d’absorption sont la somme des changements dans les stocks (après ajustements) sur toutes les unités de terrains applicables.

La deuxième approche est basée sur les activités. Son point de départ est les changements dans les stocks de carbone attribuables à des activités LULUCF désignées. Tout d’abord, l’impact de chaque activité applicable sur les stocks de carbone est déterminé, par surface d’unité. Cet impact est multiplié par la surface sur laquelle chaque activité est entreprise. Cette équation peut aussi inclure des ajustements pour tenir compte des décisions de politique générale prises par les Parties. Les agrégats d’émission ou d’absorption sont calculés en faisant la somme de l’ensemble des activités applicables.

Potentiellement, une surface donnée de terrain pourrait être comptée plus d’une fois, si de multiples activités y sont entreprises. Ce double comptage potentiel pourrait aboutir à une comptabilité inexacte si les effets des activités ne sont pas cumulatifs. Alternativement, les Parties pourraient décider que chaque unité de terrain ne peut contenir au plus qu’une seule activité. Dans un tel cas, l’impact cumulé de multiples pratiques appliquées dans une même zone serait considéré comme une seule activité ».

Rapport spécial du GIEC/LULUCF https://www.IPCC.ch/IPCCreports/sres/land_use/index.php?idp=61 (consulté le 14 juillet 2014).

5.177 La complexité des règles de comptabilité LULUCF est une conséquence de la priorité accordée à des mesures concrètes dont les répercussions financières doivent être convenues par différentes Parties. Ces règles incluent : les critères d’additivité, qui sont nécessaires pour détecter des excédents admissibles afin de compenser les crédits ; l’exclusion des effets directs anthropiques des effets indirects et naturels ; la permanence ou non permanence du stockage de carbone dans la végétation et le sol ; les incertitudes qui subsistent ; les niveaux de référence (RL), qui sont les émissions et/ou absorptions de CO₂ au regard desquels les futurs émissions et/ou absorptions seront comparés, générant ainsi des crédits ou débits d’émission. Les niveaux de référence peuvent être basés soit sur des périodes historiques, soit sur des projections et des calculs des débits et crédits qui maintiennent le statu quo (business-as-usual), en utilisant différentes méthodes convenues entre les Parties (net-net, brut-net, brut-net avec un plafond, etc.). Ces spécificités doivent être gardées à l’esprit lorsqu’on envisage d’utiliser des données des rapports du GIEC comme source pour la comptabilité du capital écosystémique.

Encadré 5.13 L'additivité dans les lignes directrices du GIEC

- *L'additivité est un aspect fondamental de l'assurance qualité des activités de réduction et d'absorption des émissions de gaz à effet de serre. Le concept est utilisé dans le contexte des changements climatiques pour signifier les économies nettes d'émissions de gaz à effet de serre ou les avantages retirés de leur absorption, par rapport à ce qui se serait produit de toute façon en l'absence d'une activité ou projet donné.*
- *Le fondement sous-jacent est de faire une distinction entre les activités qui contribuent davantage à l'atténuation des changements climatiques et celles qui, bien qu'elles puissent être associées à des économies de carbone, n'offrent aucun avantage supplémentaire par rapport aux avantages attendus de toute façon.*
- *Pour faire une distinction entre les activités qui sont additionnelles et celles qui ne le sont pas, il convient de définir une base de référence maintenant le statu quo ('business as usual'). Ceci nécessite d'établir un scénario hypothétique indiquant ce qui se serait passé si le projet ou activité n'avait pas été réalisé, et d'identifier les réservoirs de carbone et les autres sources d'émissions de gaz à effet de serre et les économies couverts par l'évaluation.*
- *L'additivité est un concept à facettes multiples. On peut distinguer au moins neuf formes d'additivité juridique, réglementaire et institutionnelle, trois formes d'additivité financière et d'investissement, et trois formes d'additivité environnementale.*

Source: Valatin, G. 2011. *Forests and carbon: a review of additionality*. Forestry Commission Research Report. Forestry Commission, Edinburgh. [http://www.forestry.gov.uk/pdf/FCRP013.pdf/\\$FILE/FCRP013.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/FCRP013.pdf/$FILE/FCRP013.pdf) (consulté le 14 juillet 2014).

Encadré 5.14 Distinguer les effets directs anthropiques des effets indirects et naturels

« Une capacité à distinguer entre les effets naturels, les effets indirects, et les effets directs d'origine anthropique sur les sources et les puits de carbone terrestre est nécessaire pour pouvoir prédire la future dynamique des puits de carbone terrestre, et donc leur influence sur l'augmentation de CO₂ dans l'atmosphère. Cependant, il faudra attendre plusieurs années avant de pouvoir mieux attribuer les estimations quantitatives de la contribution de différents processus liés au carbone au solde net du carbone. Dans un contexte de politique générale, le fait d'exclure les effets naturels et les effets indirects d'origine anthropique sur les sources et les puits de carbone des effets directs d'origine anthropique, est considéré comme une exigence d'une approche de comptabilité du carbone qui établit un lien clair et sans équivoque entre les activités humaines et l'allocation de crédits et débits carbone ».

Source: Canadell, J. et al. *Factoring out Natural and Indirect Human Effects on Terrestrial Carbone Sources and Sinks* http://www.globalcarbonproject.org/global/pdf/Canadell_2007_FACTOrOut_FINAL-style-ed.pdf (consulté le 18 août 2014)

5.178 La méthode du GIEC a été élaborée, promue et mise à jour sous forme de manuel détaillé¹²⁰ comprenant des recommandations et des lignes directrices pour une comptabilité nationale, y compris un progiciel qui peut être directement appliqué pour faire une estimation des comptes du carbone sur n'importe quel territoire. Cette méthode est structurée en trois niveaux de complexité, allant des facteurs d'émission par défaut les plus simples et des équations universellement applicables pour estimer les stocks et les flux (niveau 1) dans un pays donné, en passant par l'utilisation de données par pays et de modèles pour tenir compte des circonstances nationales et/ou régionales (niveau 2), à des données explicites au niveau local et spatial et des modèles plus complexes (niveau 3). Le choix du niveau est laissé aux utilisateurs, bien qu'il soit mentionné que, « *en général, le fait de passer à un niveau supérieur améliore l'exactitude des inventaires et réduit les incertitudes, mais la complexité et les ressources nécessaires pour établir ces inventaires augmentent aussi pour les niveaux supérieurs* » (lignes directrices du GIEC).

5.179 Les principes de comptabilité généraux ci-après, consacrés dans la comptabilité du GIEC, sont semblables à ceux recommandés pour la CECN-TDR, en particulier : la transparence - toutes les méthodes

¹²⁰ Gperteary [http://www.IPPC-
nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_files/Gperteary_Acronyms_BasicInfo/Gperteary.pdf](http://www.IPPC-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_files/Gperteary_Acronyms_BasicInfo/Gperteary.pdf); LULUCF Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry [http://www.IPPC-
nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf.html](http://www.IPPC-
nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf.html); AFOLU Agriculture, Forestry and Other Land Use [http://www.IPPC-
nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html](http://www.IPPC-
nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html) (consulté le 14 juillet 2014).

devraient être clairement expliquées et documentées ; la cohérence - les mêmes méthodes et des séries de données cohérentes devraient être utilisées au cours du temps ; le caractère exhaustif - les estimations devraient inclure toutes les catégories, gaz et réservoirs de carbone convenus ; et une assurance qualité et/ou un contrôle de la qualité des données (QA/QC). Si l'on considère les critères de comparabilité du GIEC, le caractère expérimental du SCEE-CEE sur la comptabilité des écosystèmes fait qu'il n'est pas possible de fournir des méthodes et des formats aussi précis et complets que ceux du GIEC. Ceci se fera en plusieurs étapes, une fois que le SCEE-CC est largement appliqué et que davantage d'expérience empirique est acquise en matière de comptabilité écosystémique, au moyen d'expérimentations. La comparabilité dans le contexte du programme de démarrage rapide de la CECN devrait donc être principalement basée sur des principes généraux à respecter, sur l'objectif des comptes, et sur la façon dont ils aboutissent à des résultats comparables en ce qui concerne leur signification.

5.180 En plus de rapporter sur les émissions de gaz à effet de serre, LULUCF/AFOLU enregistre l'absorption du CO₂ de l'atmosphère, mesurée comme les changements des réservoirs à la surface du sol et dans le sous-sol capables de stocker du carbone. « *La CCNUCC définit les 'puits' comme étant tout processus, toute activité ou tout mécanisme qui élimine de l'atmosphère un gaz à effet de serre, un aérosol ou un précurseur de gaz à effet de serre. L'élaboration d'une politique sur les 'puits' a évolué pour couvrir les émissions et l'élimination de gaz à effet de serre résultant d'activités directes d'origine anthropique liées à l'utilisation des terres, aux changements d'affectation des terres et à la foresterie (LULUCF) et, par conséquent, l'acronyme LULUCF est utilisé aujourd'hui pour signifier ce secteur* »¹²¹.

5.181 Les comptes AFOLU/LULUCF des stocks et des flux de biocarbone peuvent fournir un très grand nombre de données pour la comptabilité écosystémique. Un résumé des données de départ et des règles de calcul est fourni dans le résumé du GIEC sur les équations LULUCF/AFOLU¹²². C'est une longue liste qui est le fruit de nombreuses années de travail par plusieurs centaines experts, et il n'est pas possible (ni utile) ici d'en faire un commentaire détaillé. L'utilité de cette liste est d'être un dictionnaire pour comprendre ce que l'on peut attendre de la communauté du GIEC en général. Un exemple de convergences et de ponts possibles est fourni dans l'encadré 5.15, qui montre que le solde du biocarbone peut être abordé de deux façons : par la méthode des gains et pertes, et par la méthode de la différence des stocks. Une même solution est proposée pour la CECN-TDR, afin d'avoir une double vérification de l'ANCE et d'identifier là où des lacunes devraient être comblées.

¹²¹ <http://UNFCCC.int/methods/items/2722.php> (consulté le 14 juillet 2014).

¹²² http://www.IPCC-nngip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_14_An2_SumEqua.pdf (consulté le 14 juillet 2014).

Encadré 5.15 GIEC : Méthode des gains et pertes et méthode de la différence des stocks pour comptabiliser les réservoirs de biocarbone

Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use

EQUATION 2.4
**ANNUAL CARBON STOCK CHANGE IN A GIVEN POOL AS A FUNCTION OF GAINS AND LOSSES
(GAIN-LOSS METHOD)**
$$\Delta C = \Delta C_G - \Delta C_L$$

Where:

ΔC = annual carbon stock change in the pool, tonnes C yr⁻¹

ΔC_G = annual gain of carbon, tonnes C yr⁻¹

ΔC_L = annual loss of carbon, tonnes C yr⁻¹

EQUATION 2.5
**CARBON STOCK CHANGE IN A GIVEN POOL AS AN ANNUAL AVERAGE DIFFERENCE BETWEEN
ESTIMATES AT TWO POINTS IN TIME (STOCK-DIFFERENCE METHOD)**
$$\Delta C = \frac{(C_{t_2} - C_{t_1})}{(t_2 - t_1)}$$

Where:

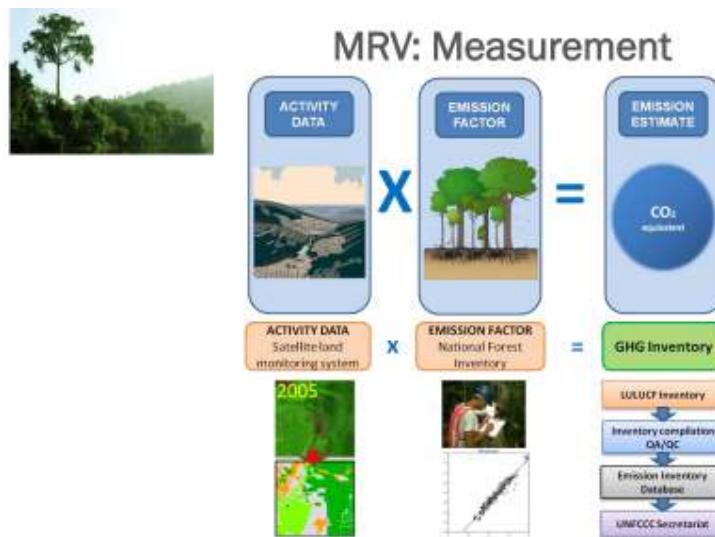
ΔC = annual carbon stock change in the pool, tonnes C yr⁻¹

C_{t_1} = carbon stock in the pool at time t_1 , tonnes C

C_{t_2} = carbon stock in the pool at time t_2 , tonnes C

5.182 Les règles d'estimation recommandées dans les lignes directrices AFOLU/LULUCF et de REDD+ peuvent être des solutions dans de nombreux cas pour mettre en œuvre la CECN-TDR. Leur utilisation peut nécessiter une adaptation ou interprétation.

Figure 5.10 Illustration de l'approche méthodologique de REDD+ et du GIEC pour calculer les émissions de gaz à effet de serre anthropiques par les sources et l'absorption de CO₂ par les puits relatives à la surface des terres



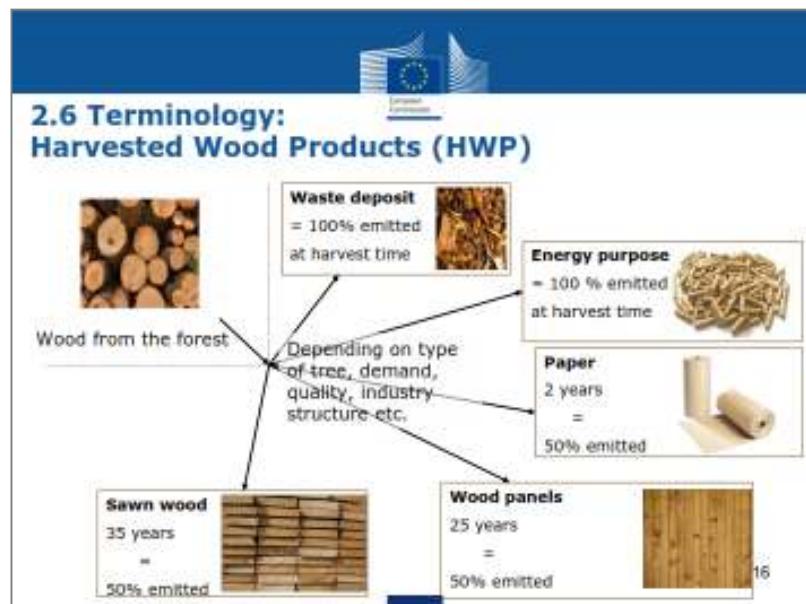
Source: Jonckheere, I. 2013. *Joint FAO-INPE effort in the context of REDD+ Status and challenges*. GOFC-GOLD, Wageningen, Netherlands, <http://www.gofcgold.wur.nl/documents/wageningen13/19-04/Session%2012%20part%201/Ijonckheere.pdf> (consulté le 14 juillet 2014).

5.183 Le premier point à noter est que le but de la comptabilité du biocarbone dans le GIEC est de mesurer les émissions et les absorptions de CO₂, tandis que les comptes écosystémiques visent à évaluer la capacité des écosystèmes à fournir des services, et leur dégradation en cas d'utilisation non durable. La dégradation des forêts au-delà des pertes de carbone entre en principe dans le champ d'application de LULUCF et de REDD, mais elle n'a pas encore été réellement abordée dans les rapports existants.

5.184 Un point connexe est que le modèle d'absorption de CO₂ utilisé pour les changements dans les stocks des réservoirs de biocarbone est bien établi pour les forêts, mais n'a pas encore été appliqué à l'agriculture ou à d'autres utilisations des terres. Le problème concerne en particulier les flux horizontaux de biocarbone, qui sont exclus dans de nombreux cas. Ce point est discuté en termes de méthodes de comptabilisation du CO₂ orientées « producteurs » ou « consommateurs »¹²³. Ceci a des conséquences pour la mesure (ou non) du carbone intégré dans le commerce international, le commerce national, et les pertes comme l'érosion. Les débats sur les produits ligneux prélevés (HWP) illustrent ce problème ; la figure 5.11 montre comment ceci fonctionne aujourd'hui. Des coefficients de demi-vie sont attribués à chaque réservoir modifié par des prélèvements, dont certains sont convertis immédiatement en émissions de CO₂ (résidus, bois de chauffage, etc.), 50 % du papier dans l'espace de deux ans et 50 % du bois de sciage sur une période de 35 ans. Du point de vue du producteur, toutes ces émissions proviennent de forêts exploitées. Pour la CECN-TDR, seuls les dépôts de déchets (rejets, etc.) sont attribués à ce type de forêts. De telles estimations sont logiques pour un Programme de démarrage rapide, dès lors que le solde de l'écosystème local n'enregistre pas d'émissions provenant d'une utilisation de bois à un autre endroit.

¹²³ http://seri.at/wp-content/uploads/2009/11/Bruckner-et-al-2010_Counting-CO2-emissions.pdf (consulté le 14 juillet 2014).

Figure 5.11 Exemple d'estimation des gaz à effet de serre dans le cas du bois:



Source: *Overview of the Land Use, Land Use Change and Forestry. LULUCF concepts and principles*. Asger Olesen, DG Climate, EC, 2012
ec.europa.eu/climate/events/0056/presentation_asger_olesen_en.pdf (consulté le 14 juillet 2014).

5.185 Pour l'agriculture, dont les récoltes sont transportées en milieu urbain ou exportées, le modèle de stock forestier utilisé pour évaluer l'absorption de CO₂ aboutit à une représentation très inexacte de la mesure de l'absorption de carbone comme service écosystémique. A l'échelle mondiale, on peut arguer que l'agriculture n'élimine pas de façon permanente le CO₂ au-delà de son solde net en carbone, et que l'absorption devrait se limiter aux gains et pertes dans la teneur en carbone des sols. Dans la comptabilité basée sur les terres, l'ANCE est aussi un indicateur pertinent de l'état des sols. Du point de vue des flux, un deuxième indicateur doit refléter la performance du système, en termes de capacité à fournir un service. Ceci est d'autant plus important que le flux lui-même soutient la vie, comme biomasse et eau. Dans le cas de l'absorption de carbone par l'agriculture, les comptes devraient tenir compte du fait qu'il s'agit d'un service écosystémique brut fourni par l'agriculture et consommé par d'autres secteurs. Dans les comptes écosystémiques, le circuit (simplifié) sera: PPN → cultures récoltées (transférées de l'écosystème vers le système économique) → transformées et consommées dans le système d'utilisation économique → reviennent en partie dans l'atmosphère (combustion, respiration) et en partie dans l'environnement (boues d'épuration par exemple), ou sont exportées vers un autre territoire.

5.186 D'autres flux de biocarbone sont exclus des rapports LULUCF, car ils ne peuvent pas être attribués à des secteurs et comptabilisés dans les calculs des débits ou crédits carbone. C'est le cas des perturbations naturelles, y compris les feux de forêt qui ne résultent pas d'une gestion de l'utilisation des terres. En fait, seules les activités dont les secteurs sont directement responsables doivent être signalées. La responsabilité indirecte n'est pas comptabilisée non plus. Dans la comptabilité écosystémique, la dégradation des écosystèmes, mesurée par la différence entre les capacités des écosystèmes à deux dates différentes, est partagée entre les perturbations naturelles et la dégradation attribuée à des activités économiques. Une différence est que les effets indirects sont pris en compte dans la dégradation, puisqu'il s'agit d'externalités non payées pour les secteurs qui sont à l'origine de ces effets. En ce qui concerne l'amélioration des écosystèmes, seules les nouvelles améliorations résultant d'actions sectorielles, y compris les mesures de conservation, sont prises en compte. Ceci exclut la restauration d'un écosystème

suite à une dégradation au cours de précédentes périodes, qui sera enregistrée comme une réduction de la dégradation – et des dettes écologiques correspondantes. La création de crédits écologiques sera enregistrée d'une manière similaire aux crédits de carbone, en fonction niveaux de référence explicites (chapitres 8 et 9).

5.187 Dans le cas de l'utilisation des données du GIEC, si les données communiquées sont consolidées à partir de statistiques qui ne contiennent pas suffisamment de détails sur l'utilisation des terres, alors il conviendra de réduire l'échelle des données pour répondre aux exigences de la comptabilité écosystémique. Lorsque les résultats nationaux sont basés sur des séries de données géospatiales, les comptables devront conclure des accords de travail avec les organisations nationales chargées de la communication de ces données, afin de pouvoir y accéder.

5.188 A un niveau agrégé, les catégories d'occupation des terres (UCTE) du Programme de démarrage rapide correspondent de façon simple aux catégories AFOLU (section 5.1, Tableau 5.01). Comme expliqué au chapitre 3, les catégories UCTE doivent être subdivisées, en fonction des conditions nationales. Il convient d'assurer une correspondance avec les catégories détaillées utilisées pour les rapports du GIEC.

b. Au sujet de REDD+

5.189 Dans le cas de REDD+, des données spatiales très précises sont disponibles pour les forêts et/ou les zones couvertes par les accords. Aux chapitres 2 et 3, les solutions pour agréger les données géospatiales à haute résolution dans la comptabilité écosystémique ont été présentées. Elles peuvent être utilisées avec les données recueillies pour REDD+. Il convient de noter que la généralisation des données à très haute résolution, notamment au moyen des procédures de lissage, représente dans de nombreux cas une réponse acceptable aux problèmes de confidentialité des données qui peuvent surgir dans certains cas.

Encadré 5.16 Au sujet de REDD+

REDD+ est une solution pour atténuer les changements climatiques, que de nombreuses initiatives, y compris le Programme ONU-REDD, développent et appuient actuellement. D'autres initiatives multilatérales REDD+ incluent le Fonds de partenariat pour le carbone forestier (FPCF) et le Programme d'investissement forestier (PIF), hébergés par la Banque mondiale.

« *La Communauté de praticiens de la comptabilité du carbone terrestre [de REDD+] est constituée de praticiens de REDD+ partout dans le monde, qui travaillent dans les domaines de l'acquisition de données, la détection de changements d'affectation des terres, les facteurs d'émission du carbone terrestre, les mathématiques et statistiques, le partage et la transparence, et l'assurance qualité* ».

« *La réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts (REDD) est une initiative visant à établir une valeur financière pour le carbone stocké dans les forêts, en offrant des mesures d'incitation aux pays en développement pour réduire les émissions liés aux terres forestières et investir dans des programmes sobres en carbone en vue d'un développement durable. « REDD+ » va au-delà de la déforestation et de la dégradation des forêts, en incluant le rôle de la conservation, de la gestion durable des forêts et de l'augmentation des stocks de carbone forestier* ».

<http://www.un-redd.org/>



Le FPCF est un partenariat mondial lancé par la Banque mondiale en 2006. Il inclut des gouvernements, des entreprises, des membres de la société civile et des peuples autochtones qui s'occupent de la réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts, la conservation des stocks de carbone forestier, la gestion durable des forêts, et l'augmentation des stocks de carbone forestier dans les pays en développement. Il vise à aider les pays dans leurs initiatives REDD+, en leur apportant une aide financière et technique pour renforcer leurs capacités à bénéficier de futurs systèmes éventuels d'incitations positives pour REDD+. <https://www.forestcarbonpartnership.org/> (consulté le 14 juillet 2014).

Le FPCF a élaboré un cadre de comptabilité.

<https://www.forestcarbonpartnership.org/sites/fcp/files/2013/Dec2013/FCPF%20Carbon%20Fund%20Meth%20Framework%20-%20Final%20December%20202013%20posted%20Dec%202013rd.pdf> (consulté le 14 juillet 2014).

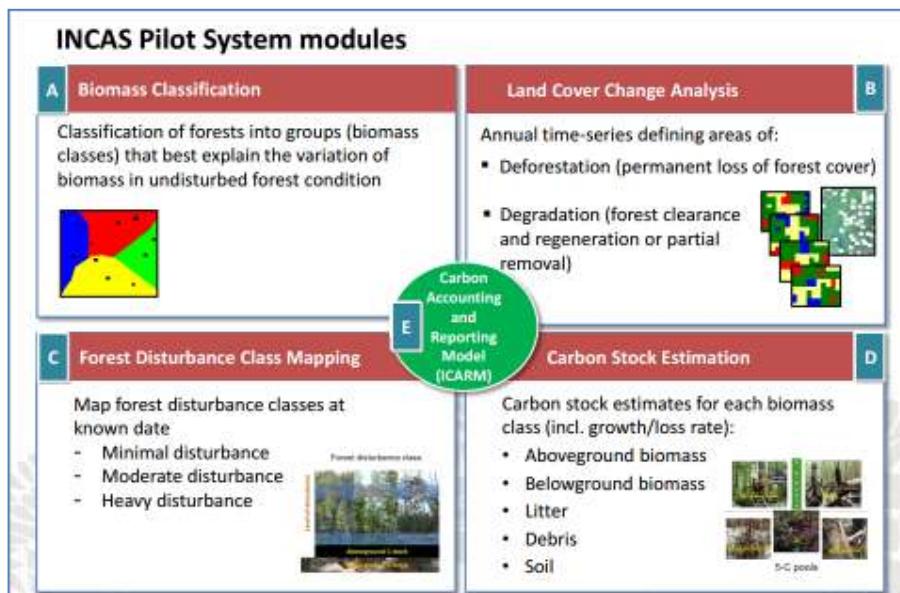
5.190 REDD+ encourage des initiatives qui aboutissent à davantage de données de meilleure qualité et à une participation de toute une série d'acteurs. L'une de ces initiatives est le monitorage participatif du carbone (PCM en anglais), défini comme une approche visant à améliorer l'intégration institutionnelle verticale et horizontale de diverses parties prenantes pour la comptabilité du carbone au sein d'un programme national REDD+¹²⁴. Les différentes parties prenantes peuvent chacune contribuer à l'élaboration de niveaux de référence et à un système national de monitorage des forêts (NFMS) robuste et transparent, afin de faciliter la mesure, le signalement et la vérification (MRV) de la réduction des émissions de gaz à effet de serre et de l'augmentation de leur absorption par les forêts et les changements d'utilisation des terres. Les institutions gouvernementales nationales et infranationales, ainsi que les parties prenantes locales, y compris les communautés, ont toutes des rôles spécifiques à jouer pour

¹²⁴ <http://www.snvworld.org/en/redd/literature/participatory-carbon-monitoring-manual-for-local-people> (consulté le 14 juillet 2014).

répondre aux exigences des programmes REDD+ nationaux en matière de comptabilité du carbone. Le monitorage participatif du carbone (PCM) est présenté ici comme une approche pour améliorer l'intégration institutionnelle verticale et horizontale de diverses parties prenantes pour la comptabilité du carbone au sein des programmes nationaux REDD+. Le manuel intitulé *Monitorage participatif du carbone : directives opérationnelles pour la comptabilité du carbone nationale REDD+* peut être téléchargé sur le web, ainsi que des directives ciblant des questions particulières, comme le monitorage sur le terrain¹²⁵.

5.191 Dans certains cas, les activités REDD+ produisent des systèmes d'information nationaux sur le biocarbone forestier qui sont des ressources essentielles pour la comptabilité écosystémique. Un exemple est celui du Système national indonésien de comptabilité du carbone (INCAS; Figure 5.12).

Figure 5.12 Le système d'information INCAS sur le carbone forestier en Indonésie



Harvey, T. *MRV and carbon accounting systems*. Indonesia-Australia Forest Cover Partnership (IAFCP) Seminar. http://www.redd-indonesia.org/pdf/seminar/18_April_2013/MRV_carbon.pdf (consulté le 14 juillet 2014).

5.192 D'autres sources de connaissances sont les « normes volontaires » proposées par des entreprises ou des ONG. Elles incluent une documentation détaillée qui peut être utile pour résoudre des problèmes de mesure particuliers. « *Le Protocole de Kyoto a inventé le concept d'échange d'émissions de carbone, par lequel des crédits carbone constituent un 'mécanisme de flexibilité'. Au titre de ce mécanisme de flexibilité, les pays visés à l'Annexe I (pays développés) peuvent utiliser les crédits carbone pour respecter leurs engagements de réduction des émissions. Ces mécanismes de flexibilité sont conçus également pour pouvoir aider à transférer des ressources et des technologies durables aux pays en développement. Il existe deux types de crédits carbone qui peuvent être créés dans ce but : la Mise en œuvre conjointe et le Mécanisme pour un développement propre. La Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) a mis en place des méthodes pour ces deux types de crédits, et dispose aussi d'organisations qui approuvent, certifient et enregistrent des projets au titre de ces mécanismes. [...] Au-dessus et au-delà du Protocole de Kyoto et des normes volontaires, figurent un certain nombre de normes 'supérieures'. Les projets qui répondent à ces normes supérieures sont généralement les premiers à être certifiés, soit au titre des normes volontaires pour le carbone (Voluntary Carbon Standards), ou comme unités certifiées de réduction des*

¹²⁵ Voir par exemple <http://www.snvworld.org/en/sectors/redd/literature?filter=~manual> (consulté le 14 juillet 2014).

émissions (CER) du Mécanisme pour un développement propre, ou comme unités de réduction des émissions (ERU) de la Mise en œuvre conjointe ». (CarbonPlanet, 2014 – http://www.carbonplanet.com/verification_and_standards).

5.2.3. Comptabilité de l'appropriation humaine de la production primaire nette (AHPPN)

5.193 L'appropriation humaine de la production primaire nette, présentée plus haut, est un indicateur agrégé qui tient compte à la fois de la surface utilisée par les êtres humains et de l'intensité de l'utilisation des terres. La production primaire nette est la quantité nette de biomasse produite chaque année par les végétaux ; c'est un indicateur important pour l'énergie trophique des flux dans les écosystèmes.

L'appropriation humaine de la production primaire nette mesure à quel point la conversion des terres et les récoltes de biomasse altèrent la production primaire nette (biomasse) disponible dans les écosystèmes. Ceci représente une mesure importante de l'échelle des activités humaines comparée aux processus naturels (c'est-à-dire « *la taille physique de l'économie par rapport à l'écosystème qui la contient* », Daly, 2006). Puisque la récolte de biomasse par les êtres humains est une composante importante de l'AHPPN, elle est aussi étroitement reliée au métabolisme socioéconomique, tel que mesuré par les comptes des flux de matières.

5.194 Depuis les premiers travaux de Vitousek¹²⁶ aux États-Unis et de Haberl (op. cit.)¹²⁷ en Autriche, plusieurs définitions de l'AHPPN ont été proposées. L'AHPPN peut être définie « *comme la différence entre la quantité de production primaire nette qui serait disponible dans un écosystème en l'absence d'activités humaines (PPN0), et la quantité de production primaire nette qui reste effectivement dans l'écosystème, ou dans l'écosystème qui l'a remplacé dans le cadre des pratiques de gestion actuelles* [...] Le PPNt peut être calculé en quantifiant la PPN de la végétation actuelle (PPNact) et en soustrayant la quantité de PPN prélevée par les êtres humains (PPNh) » (Haberl, op. cit.). Dans une large mesure, l'AHPPN est un compte du biocarbone qui peut être utilisé, au moins en partie, pour produire des comptes dans le cadre d'un programme de démarrage rapide de la CECN.

¹²⁶ Vitousek P., Ehrlich P., Ehrlich A. *et al.* 1986. Human Appropriation of the Products of Photosynthesis, *BioScience* Vol. 36, No. 6, from JSTOR <http://biology.duke.edu/wilson/EcoSysServices/papers/VitousekEtal1986.pdf> (consulté le 14 juillet 2014).

¹²⁷ Haberl, H., Erb, K.-H. and Kraussmann, F., Article on Global AHPPN, Encyclopedia of Earth <http://www.eoearth.org/view/article/153031/> (consulté le 14 juillet 2014).

Encadré 5.17 Composantes de l'AHPPN mondiale et des flux mondiaux de biomasse d'origine anthropique.

Sources: Haberl et al. (2007) and Krausmann et al. Encyclopédie de la Terre ¹²⁸ Des données infranationales sur les flux socioéconomiques de biomasse peuvent être téléchargées sur le site Internet de l'Institut pour l'écologie sociale: http://www.uni-klu.ac.at/socec/inhalt/1088.htm	PPN/flux de biomasse	Pourcentage de PPN ₀
	[Pg C/an] ¹²⁹	[%]
Composantes de l'AHPPN mondiale 2000		
PPN de la végétation terrestre potentielle (PPN ₀)	65,51	100
PPN de la végétation subsistant actuellement (PPN _{act})	59,22	90,4
PPN subsistant dans l'écosystème après récoltes (PPN _t)	49,9	76,2
PPN prélevée ou détruite (PPN _h)	9,31	14,2
Changements dans la PPN résultant de l'utilisation des terres (?PPN _{LC})	6,29	9,6
AHPPN (= ?PPN _{LC} + PPN _h)	15,6	23,8
Retours des flux dans la nature	2,46	3,7
Flux mondiaux de biomasse d'origine anthropique		
<i>Extraction de biomasse utilisée*</i>	6,07	9,3
* dont : cultures primaires récoltées	1,72	2,6
* dont: résidus des récoltes de cultures	1,47	2,2
* dont: biomasse broutée	1,92	2,9
* dont: extraction de bois	0,97	1,5
<i>Extraction non utilisée*</i>	3,24	5
* dont: feux d'origine anthropique	1,21	1,8
* dont: biomasse souterraine non utilisée	0,96	1,4
* dont: résidus non utilisés sur les terres cultivées	0,75	1,1
* dont: pertes dues à l'abattage d'arbres dans les forêts	0,33	0,5

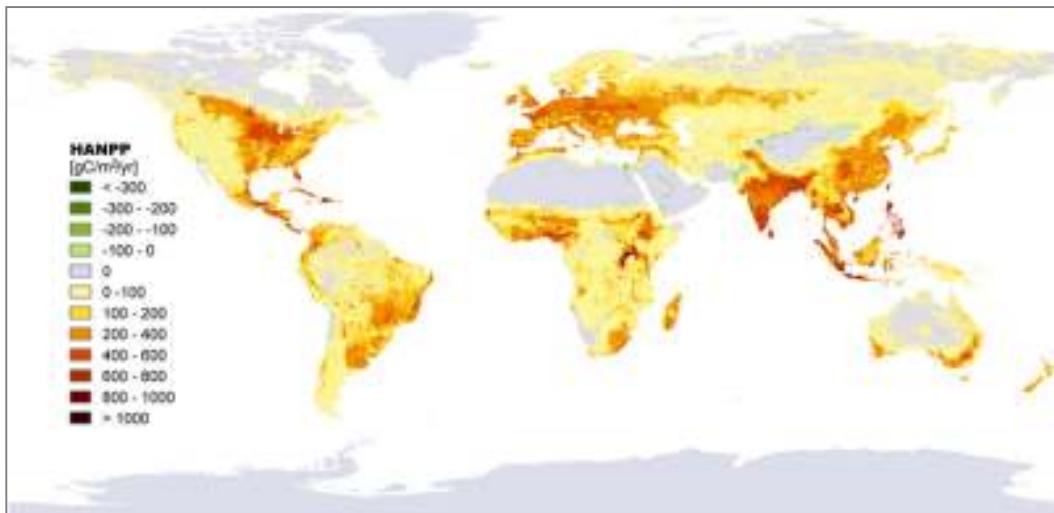
* Extraction utilisée + extraction non utilisée = PPN_h.

5.195 Les évaluations mondiales de l'HANPP sont effectuées en utilisant une résolution spatiale de moyenne à faible et donc des données dont l'échelle doit être réduite davantage avant d'être intégrées dans les comptes du capital écosystémique. A titre d'exemple, l'AHPPN calculée ci-dessus est basée sur des séries de données sur l'utilisation des terres d'une résolution de 5 arc min, équivalent en moyenne à une grille de 10 km × 10 km, à l'intérieur de laquelle les statistiques nationales sur l'utilisation des terres cultivées et l'exploitation forestière sont ventilées. Les cinq catégories d'utilisation des terres sont les mêmes que pour l'AFOLU. Pour chaque cellule de la grille, la somme de ces cinq catégories est égale à 100 %. Les résultats de l'AHPPN mondiale pour 2000 sont téléchargeables sur : <http://www.uni-klu.ac.at/socec/inhalt/1191.htm>.

¹²⁸ <http://www.eoearth.org/view/article/51cbbede37896bb431f694846/>

¹²⁹ Pg signifie Pétagramme. 1 Pg = 10¹⁵ grammes = 1 milliard de tonnes.

Figure 5.13 HANPP mondiale 2000



Source: <http://www.uni-klu.ac.at/socec/inhalt/1191.htm> (consulté le 14 juillet 2014).

5.196 Une autre série de données sur l'HANPP pour 1995 est téléchargeable sur le site Internet du SEDAC <http://sedac.ciesin.columbia.edu/es/AHPPN.htm>¹³⁰. Les données ne sont pas comparables à celles décrites auparavant.

5.2.4. Le biocarbone dans les statistiques de la FAO

5.197 A l'échelle mondiale, la FAO joue un rôle central dans la collecte des données et des statistiques sur les stocks et les produits de la biomasse. Outre des données, le site Internet de la FAO fournit des connaissances et des guides pour les professionnels, qui peuvent s'avérer fort utiles pour la comptabilité. Les actions de la FAO sont coordonnées avec d'autres organisations internationales, dans des structures comme le Système mondial d'observation terrestre (SMOT, en anglais GTOS) et le Partenariat de collaboration sur les forêts (PCF), qui est un partenariat inter-organismes innovant comprenant 14 organisations, institutions et secrétariats internationaux qui ont des programmes substantiels sur les forêts. La FAO joue un rôle de chef de file dans le cadre de l'ONU-REDD et elle participe au Comité d'experts des Nations Unies sur la comptabilité environnementale et économique (UNCEEA), qui dirige le processus du SCEE.

5.198 Les paragraphes ci-après ne visent pas à donner une vue d'ensemble exhaustive du programme de la FAO dans ce domaine, mais ils fournissent aux comptables une indication de ce qui est disponible. En ce qui concerne la trousse de démarrage rapide, des données peuvent être téléchargées directement sur la base de données statistiques de la FAO ; toutefois le meilleur moyen d'obtenir ces données est de mettre en place, lorsque cela est possible, des partenariats institutionnels avec les organismes nationaux responsables de l'agriculture, la foresterie et la pêche – c'est-à-dire, les organismes qui fournissent des données nationales à la FAO.

5.199 Une étude mondiale importante de la FAO concerne l'évaluation des ressources forestières (FRA), FRA2010 étant la plus récente évaluation. « *Afin d'optimiser les synergies et de simplifier la communication*

¹³⁰ Imhoff, M.L., Lahouari B., Taylor R.*et al.* 2004. Données distribuées par le Centre de données et d'applications socioéconomiques (SEDAC) : <http://sedac.ciesin.columbia.edu/es/AHPPN.htm> (consulté le 14 juillet 2014).

des données aux organisations internationales, la FAO a intégré les lignes directrices du GIEC de 2006 sur l'évaluation des stocks de carbone forestier dans ses lignes directrices sur la communication de données nationales pour FRA 2010. Les chiffres sur les stocks de carbone forestier communiqués au titre de la CCNUCC, du Protocole de Kyoto et à la FAO ne sont pas nécessairement identiques. Les définitions des forêts peuvent varier et, d'autre part, les Parties à la CCNUCC sont priées de communiquer des données sur les 'forêts gérées', qui peuvent inclure une partie ou toute la surface forestière d'un pays donné. Les méthodes spécifiques employées pour FRA, comme le calibrage, la reclassification, les estimations et les prévisions, ne sont pas toujours appliquées exactement de la même façon dans les rapports présentés au titre de la CCNUCC et du Protocole de Kyoto." <http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e02.pdf>

5.200 Les tableaux mondiaux FRA2010 peuvent être téléchargés sous forme de tableau à l'adresse : <https://countrystat.org/home.aspx?c=FOR> et des termes et définitions se trouvent à l'adresse : <http://www.fao.org/docrep/014/am665e/am665e00.pdf>. Pour la comptabilité du biocarbone, le Tableau 11 sur les tendances des stocks de carbone dans la biomasse forestière vivante pour la période 1990–2010 peut être utilisé directement pour vérifier les totaux nationaux. Les statistiques sur l'extraction de bois sont fournies en 1000 m³ sur écorce (mesure classique de la circonférence et du volume des arbres) et doivent être élargies – converties en tonnes de biomasse, puis en carbone. Voir encadré 5.04

5.201 La FAO fournit aussi aux experts des méthodes et des outils pour effectuer des évaluations précises, qui permettront d'avancer dans les futures évaluations forestières et la comptabilité. A titre d'exemple, la FAO a lancé en 2013 GlobAllomeTree, une plateforme Internet conçue pour améliorer l'accès mondial aux équations allométriques sur les arbres et pour aider les promoteurs, chercheurs, scientifiques et exploitants forestiers s'occupant des forêts et du changement climatique à évaluer le volume, la biomasse et les stocks de carbone forestier. L'allométrie des arbres est une méthode qui établit un rapport quantitatif entre certaines dimensions caractéristiques essentielles des arbres, habituellement faciles à mesurer, et d'autres propriétés souvent plus difficiles à évaluer. Élaborée conjointement par la FAO, le Centre de recherche français CIRAD et l'Université de Toscane en Italie, la plateforme GlobAllomeTree fournit une base de données cohérente et harmonisée sur les équations allométriques pour les volumes et la biomasse des arbres et des peuplements d'arbres, et un logiciel pour comparer les équations et évaluer les variables pertinentes, comme les volumes, la biomasse et les stocks de carbone (<http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e02.pdf>).

5.202 La FAO a aussi commencé à diriger des travaux sur la dégradation des forêts, définie comme : « *la réduction de la capacité d'une forêt à fournir des biens et services* ». Des lignes directrices expérimentales ont été publiées en 2011, intitulées : « *Évaluer la dégradation des forêts, en vue de l'élaboration de lignes directrices applicables à l'échelle mondiale* » <http://www.fao.org/docrep/015/i2479e/i2479e00.pdf> (FAO, 2002). Ce rapport va au-delà des soldes du carbone, et aborde aussi les questions relatives au paysage et à la biodiversité. Il sera cité à nouveau au chapitre 7.

5.203 Des données sur le carbone des sols sont disponibles dans la Base de données harmonisée sur les sols du monde de la FAO, IASA et JRC. La *Carte de densité mondiale du bétail* (2005) de la FAO a été produite en utilisant un modèle qui combine les meilleures statistiques disponibles sur le bétail herbivore. Elle est utile pour réduire l'échelle des données sur les pressions exercées par le bétail sur les terres (Section 5.1.2).

5.204 La carte publiée en 2014 inclut des projections pour les émissions agricoles jusqu'en 2030 et 2050. La base de données FAOSTAT sur les émissions de l'agriculture, la foresterie et les autres secteurs d'utilisation des terres contient des statistiques nationales sur les émissions de gaz à effet de serre dans tous les pays, y compris des séries chronologiques continues (agriculture, 1961–2011; exploitation forestière et autres utilisations des terres, 1990–2010) et des métadonnées utiles pour chaque secteur. Des données et des documents sont disponibles à l'adresse : <http://faostat3.fao.org/faostat->

[gateway/go/to/download/G1/*/E](http://www.fao.org/gateway/go/to/download/G1/*/E) (agriculture) et http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/G2/*/E (utilisation des terres). Un rapport d'accompagnement de 2014 sur l'*Agriculture, la foresterie et d'autres émissions par les sources et absorptions par les puits liées à l'utilisation des terres, Analyse de 1990-2011 (op. cit)*, peut être téléchargé à l'adresse :
<http://www.fao.org/docrep/019/i3671e/i3671e.pdf>.

5.205 De nombreuses autres données géospatiales utiles se trouvent sur le site Internet de la FAO, à l'adresse : <http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/main.home>. Ceci inclut des cartes des zones de pêche, qui peuvent être utilisées conjointement avec des statistiques extraites de FishStat – un logiciel et une base de données sur des séries chronologiques statistiques sur la pêche :
(<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>).

6. LES COMPTES DE LA RESSOURCE ÉCOSYSTÉMIQUE EN EAU

6.1 La comptabilité de l'eau est une pratique courante en hydrologie et en agronomie, qui recourent souvent aux concepts de budgets et bilans hydriques. L'eau, tout comme l'argent, peut faire l'objet d'une comptabilité en partie-double.

6.1. COMPTABILISER L'EAU

6.1.1. Contexte

6.2 Des comptes de l'eau ont été produits en France¹³¹ et en Espagne¹³² dès le début des années 1980 en utilisant des méthodes à la fois similaires et complémentaires. Les comptes des deux pays portaient sur les quantités d'eau par bassins hydrographiques et étaient agrégés au niveau national ; les rapports entre stocks et écoulements étaient décrits en fonction de l'analyse de système de l'interaction entre le système hydrologique lui-même, qui comprend les actifs et les écoulements naturels ainsi que les utilisations in situ, et un système d'utilisation, défini de manière restrictive par rapport au prélèvement, au transport et aux retours d'eau. Les deux approches prennent en compte la quantité et la qualité de l'eau. En ce qui concerne la qualité, les comptes français ont essayé d'utiliser des indicateurs de qualité des cours d'eau, tandis que les comptes espagnols ont adopté une approche basée sur des mesures thermodynamiques des pertes d'exergie de l'eau, intégrant les aspects quantitatif et qualitatif dans un seul et même nombre. Les deux programmes comprennent des comptes de dépenses relatives à l'eau. Le Chili¹³³ et la Moldavie¹³⁴ ont utilisé la méthode de la comptabilité de l'eau. Le développement de comptes de l'eau reposant sur l'exergie s'est poursuivi en Espagne, à l'université de Saragosse, dans le cadre d'une approche globale de la comptabilité environnementale basée sur le calcul des coûts physiques en termes d'exergie ; des applications régionales ont été développées¹³⁵ et des essais préliminaires menés conjointement avec l'Agence européenne pour l'environnement.

6.3 Des comptes de l'eau ont été mis en œuvre par le Bureau australien des statistiques (Australian Bureau of Statistics, ABS) depuis le début des années 1990, mettant l'accent sur l'utilisation de l'eau par les secteurs économiques. La méthodologie de l'ABS est conforme au SCEE (système des comptes économiques intégrés de l'environnement) - au développement duquel l'ABS a d'ailleurs contribué - et en particulier au SCEE-Eau (voir ci-dessous). Le compte de l'eau de l'Australie (Water Account Australia,

¹³¹ Dans *Les comptes du Patrimoine Naturel*, CICPN, 1986, Les collections de l'INSEE : 535-536. Série C, 137-138.

¹³² Les comptes espagnols ont été présentés à l'OCDE (étude pilote sur les eaux intérieures, OCDE, ENV/CE/SE (90) 24) en 1990 et publiés plus tard dans *Spanish Water Accounts (Comptes espagnols de l'eau)*, de Jose Manuel Naredo dans *Environmental Economics in the European Union* (« Économie de l'environnement dans l'Union européenne »), Mesonada, CS-J. (éd.), 1997. Mundi Prensa, Madrid.

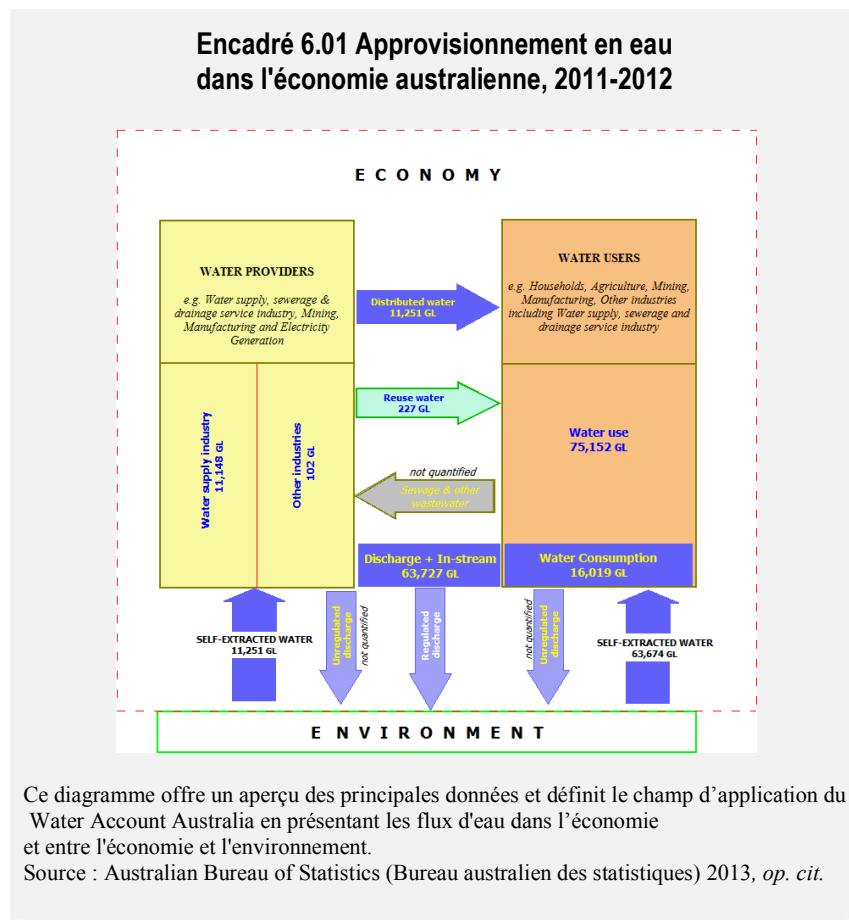
¹³³ Meza F., Jiliberto R., F. Maldini et al. 1999. *Cuentas Ambientales del Recurso Agua en Chile*. Documento de Trabajo N° 11, Serie Economía Ambiental, Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Ciencias y Agronomía Forestales, Santiago, Chili

¹³⁴ J. Tafi et Weber J.-L. 2000. *Inland Water Accounts of the Republic of Moldova - Preliminary Results of Resource Accounts in Raw Quantities* (« Comptes des eaux intérieures de la République de Moldavie - Résultats préliminaires des comptes des ressources en quantités brutes »), 1994 et 1998. Rapport technique, Eurostat.

¹³⁵ Valero A. et al. 2006 *Physical Hydronomics: application of the exergy analysis to the assessment of environmental costs of water bodies*. (« Hydronomie physique : application de l'analyse exergétique à l'évaluation des coûts environnementaux des masses d'eau. Le cas des bassins intérieurs de la Catalogne. »)

[http://teide.cps.unizar.es:8080/pub/publicir.nsf/codigospub/0436/\\$FILE/cp0436.pdf](http://teide.cps.unizar.es:8080/pub/publicir.nsf/codigospub/0436/$FILE/cp0436.pdf) (consulté le 14 juillet 2014).

WAA) «fournit des informations sur l'offre et l'utilisation de l'eau dans l'économie australienne en 2011-2012 en termes physiques (volumétriques) et monétaires. Le WAA se focalise surtout sur les interactions entre les utilisateurs au sein de l'économie et de l'environnement. L'économie extrait de l'eau pour ses activités de production et de consommation. L'infrastructure pour mobiliser, stocker, traiter, distribuer et rejeter l'eau dans l'environnement fait partie de l'économie »¹³⁶. Le WAA est disponible depuis 1993 et a été mis à jour chaque année depuis 2008¹³⁷.



6.4 Dans le cadre du processus de réforme du secteur de l'eau, le gouvernement australien a adopté la Loi sur l'eau de 2007 (Water Act 2007) qui confie au Bureau de météorologie (Bureau of Meteorology, BoM) la responsabilité de collecter et de diffuser les informations sur l'eau en Australie, avec notamment la rédaction du National Water Account (rapport comptable national sur l'eau). L'ABS se penche principalement (mais non exclusivement - voir son évaluation ci-dessous de l'eau verte) sur l'approvisionnement en eau et sur son utilisation dans le cadre de la comptabilité nationale, alors que le BoM comptabilise les ressources en eau et leur prélèvement dans neuf régions d'importance nationale.¹³⁸.

¹³⁶ <http://www.abs.gov.au/ausstats/abs@nsf/mf/4610.0> (consulté le 14 juillet 2014).

¹³⁷ Les comptes australiens de 1993 à aujourd'hui sont accessibles sur <http://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/second+level+view?ReadForm&prodno=4610.0&viewtitle=~2011%9612~&&tabname=Past%20Future%20Issues&prodno=4610.0&issue=2011%9612&num=&view=&> (consulté le 14 juillet 2014).

¹³⁸ Bureau de météorologie australien, Comptes nationaux de l'eau 2012, <http://www.bom.gov.au/water/nwa/2012/> (consulté le 14 juillet 2014).

6.5 Les comptes de l'eau produits régulièrement aux Pays-Bas dans le cadre du reporting sur la comptabilité environnementale¹³⁹ sont un autre exemple. Ils comprennent des comptes physiques des flux d'eau (m³) ; des comptes des émissions basés sur l'enregistrement des émissions (kg), des données nationales et régionales ; des comptes économiques par bassins hydrographiques basés sur les comptes nationaux et régionaux (euros, emploi) ; et la matrice de NAMWA (matrice des comptes nationaux comprenant les comptes de l'eau), avec notamment les données monétaires liées à l'eau - taxes, subventions, etc.¹⁴⁰ Il est intéressant de constater que les comptes de l'eau des Pays-Bas tirent pleinement parti du SCEE-Eau pour produire, des comptes par sous-bassins versants en complément des comptes nationaux. Les comptes de l'eau par bassins versants sont au cœur de la comptabilité écosystémique.

Encadré 6.02 Comptes de l'eau par sous-bassin versant aux Pays-Bas

3.1.9 Abstraction of groundwater per sub-(River Basin), 2011							
	Total NL	Rhine- North	Rhine- West	Rhine- Centre	Rhine- West	IJssel	Mauritius
Abstract groundwater	million m ³						
Total	991.0	90.0	100.0	111.1	250.0	116.0	111.1
Agricultural, forestry, mining	60.0	6.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0
Private, public, other economic activities, private households	831.0	74.0	104.0	110.0	249.0	114.0	104.0
private households	661.0	66.0	86.0	97.0	147.0	96.0	97.0
3.1.10 Abstraction of fresh surface water per sub-(River Basin), 2011							
	Total NL	Rhine- North	Rhine- West	Rhine- Centre	Rhine- West	IJssel	Mauritius
Abstract surface water	million m ³						
Total	1091.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	109.1
Agricultural, forestry, mining	10.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Private, public, other economic activities, private households	981.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0
private households	961.0	89.0	90.0	91.0	91.0	90.0	91.0

Source : IJssen and Graveland (2011), Graveland and IJssen (2002); CBS (2013), VROM (2012, 2013), Statistics Netherlands (2013).

Source : Comptabilité environnementale des Pays-Bas 2012¹⁴¹

6.1.2. Le SCEE-Eau

6.6 Grâce à l'expérience acquise en Australie, au Chili, en France, en Moldavie, aux Pays-Bas, en Espagne et dans d'autres pays, le *SCEE-Eau 2007* a été le premier manuel thématique produit dans le cadre de la mise en œuvre du SCEE. Les commissions régionales de l'ONU et la Division de statistique des Nations Unies (DSNU) ont mené des actions de soutien pour la mise en œuvre du SCEE-Eau. « *Il y a environ 50 pays au monde qui ont testé des éléments de comptes de l'eau, ou qui envisagent de le faire, même si tous n'ont pas institutionnalisé ce processus ou ne collectent pas les données de manière régulière. Parmi eux, environ 27*

¹³⁹ Bureau central des statistiques, Comptabilité environnementale des Pays-Bas 2012, <http://www.cbs.nl/NR/rdonlyres/090445AD-E1CB-4147-A404-0C36F02DF112/0/2013c174pub.pdf> (consulté le 14 juillet 2014).

¹⁴⁰ *Water accounting, Applications in the Netherlands* ([Comptabilité de l'eau, applications aux Pays-Bas](#)), Sjoerd Schenau, Statistics Netherlands, 2013, présentation à la réunion de partenariat WAVES, 2013. <http://www.wavespartnership.org/sites/waves/files/images/Water%20accounting%20NL%20WAVES%202013.pdf> (consulté le 14 juillet 2014).

¹⁴¹ Source : *Environmental accounts of the Netherlands 2012* (*Comptabilité environnementale des Pays-Bas 2012*), Statistics Netherlands 2013 <http://www.cbs.nl/NR/rdonlyres/090445AD-E1CB-4147-A404-0C36F02DF112/0/2013c174pub.pdf> (consulté le 14 juillet 2014).

*sont des pays des régions en développement, dont le Brésil, la Colombie, la République dominicaine, la Jordanie, la République de Maurice, le Mexique, le Pérou et l'Afrique du Sud ».*¹⁴²

6.7 « Pour favoriser la mise en œuvre de la comptabilité environnementale et économique, le système de comptabilité économique et environnementale de l'eau (SCEE-Eau) - un sous-système du SCEE - fournit aux collecteurs de données et aux analystes des concepts, des définitions, des classifications, des tableaux et des comptes adaptés pour la comptabilité de l'eau et des comptes d'émissions dans l'eau. La Partie I du SCEE-Eau a été adoptée en tant que norme statistique internationale provisoire par la Commission de statistique des Nations Unies (CSNU) lors de sa 38ème session en 2007 et fera l'objet d'une réévaluation à la fin de la révision du SCEE. La CSNU a également encouragé la mise en œuvre du SCEE-Eau dans les systèmes statistiques nationaux. Le SCEE-Eau est parfaitement cohérent avec le SCEE général. Il élabore et développe les lignes directrices sur la comptabilisation dans les Recommandations internationales sur les statistiques de l'eau (IRWS). La DSNU a coordonné la préparation du SCEE-Eau en collaboration avec le Groupe de Londres sur la comptabilité environnementale ». ¹⁴³ *Le Système de comptabilité économique et environnementale de l'eau (SCEE-Eau) de 2007 et les Recommandations internationales sur les statistiques de l'eau (IRWS) de 2010 sont téléchargeables sur <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/pubs.asp>.*

6.8 Les Recommandations internationales sur les statistiques de l'eau (IRWS) ont été développées pour soutenir la mise en œuvre du SCEE-Eau, « pour aider à renforcer les systèmes nationaux d'information sur l'eau en vue de soutenir la création et l'évaluation des politiques de Gestion intégrée des ressources en eau (GIRE). Les IRWS ont été adoptées par la Commission de statistique des Nations Unies (CSNU) lors de sa 41ème session en 2010. Les IRWS contiennent des lignes directrices pour la collecte, la compilation et la diffusion de données statistiques sur l'eau et de comptes de l'eau comparables au niveau international conformément au SCEE-Eau ».

6.9 Les comptes de la ressource écosystémique en eau sont établis en miroir des comptes du SCEE-Eau. Alors que ces derniers se focalisent sur l'utilisation de l'eau par l'économie, les comptes de la ressource écosystémique en eau considèrent le système hydrologique comme une composante de l'écosystème au sens large, y compris sa composante humaine. En ce qui concerne les utilisations économiques de l'eau, la CCNE-TDR s'aligne sur le SCEE-Eau. Le lien se fait dans une colonne spéciale réservée aux secteurs de fourniture des ressources et emplois ainsi qu'à travers certains détails de prélèvement et d'autres caractéristiques d'utilisation par les principaux secteurs. La colonne des secteurs de fourniture des ressources et emplois peut être ventilée selon les différents secteurs économiques du SCEE-Eau (la classification CITI¹⁴⁴ utilisée dans le SCN).

6.10 La CCNE-TDR se penche en priorité sur les composantes de l'écosystème. Pour les actifs, les cours d'eau sont répartis par type selon les classifications habituelles par taille et/ou nombre de Strahler (chapitre 2, section 2.1.7, paragr. 2.50 et figure 2.04), ce qui est nécessaire pour rendre compte de l'intégrité écologique des cours d'eau. Le sol et la végétation sont répartis selon la classification des unités écosystémiques de couverture terrestre (LCEU). En raison de la différence de perspective, il existe quelques variantes de présentation entre les comptes de la ressource écosystémique en eau du SCEE-Eau actuel et de la CCNE-TDR ; ces différences sont précisées tout au long du document. Il ne s'agit pas d'une différence de contenu, et les comptes de la ressource écosystémique en eau doivent être considérés comme une extension du champ d'application du SCEE-Eau.

¹⁴² *Water Accounts: A new information system for policy makers.* (« Comptes de l'eau : Martinez-Lagunes, R. UNDESA Conseiller inter-régional sur les comptes économiques de l'environnement, 2013.

<http://www.wavespartnership.org/en/water-accounts-new-information-system-policy-makers> (consulté le 14 juillet 2014).

¹⁴³ <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaw/> (consulté le 14 juillet 2014).

¹⁴⁴ CITI : Classification internationale type, par industrie de toutes les branches d'activité économique

6.11 Les comptes de l'eau ont parfois été testés sous forme de comptes annuels agrégés au niveau national. Cependant, le SCEE-Eau anticipe la production des comptes par bassin hydrographique (une option adoptée par plusieurs pays) sur une base saisonnière ou mensuelle. Ces évolutions pourraient contribuer aux comptes de la ressource écosystémique en eau qui accordent une place essentielle à la dimension spatiale et ont pour but d'évaluer l'état de santé et de dégradation des écosystèmes.

6.1.3. Caractéristiques spécifiques des comptes de la ressource écosystémique en eau

6.12 L'un des objectifs des comptes de la ressource écosystémique en eau de la CCNE est de mesurer la dégradation des écosystèmes que pourrait provoquer l'épuisement et la pollution des ressources hydriques. En plus des bilans hydriques de base, les comptes de la ressource écosystémique en eau calculent l'excédent net d'eau accessible de l'écosystème (ENEAE, en anglais NEAWS), qui correspond à la quantité d'eaux intérieures utilisables d'une manière durable. L'utilisation totale réelle de l'eau de l'écosystème est mesurée de façon cohérente avec l'offre et l'utilisation de l'eau d'eau des secteurs économiques, telle que comptabilisée dans le SCEE-CC et le SCEE-Eau. En comparant les ressources d'eau accessibles avec leur utilisation, on obtient un indicateur de soutenabilité qui reflète les impacts de l'intensité d'utilisation de l'eau. Outre les pressions directes sur les écosystèmes générées par le prélèvement d'eau au-delà du niveau renouvelable, d'autres variables sont utilisées pour déterminer la santé écologique du système hydrologique tels que la qualité de l'eau, les maladies causées par l'eau et d'autres variables qualitatives ou semi-quantitatives.

Figure 6.01 La structure des comptes de l'eau de la CCNE-TDR



6.13 Les comptes des flux d'eau suivent les flux de précipitation, d'infiltration et de ruissellement jusqu'à l'écoulement final. Les transferts nets d'eau entre les plans d'eau ou les bassins hydrographiques sont enregistrés. Le total des précipitations efficaces disponibles (en termes hydrologiques) pour alimenter les masses d'eau correspond aux précipitations moins l'évapotranspiration réelle (ETr). L'évapotranspiration est subdivisée en évapotranspiration spontanée et en évapotranspiration induite par l'irrigation et par d'autres usages. Lorsque l'évapotranspiration est induite par la végétation des cultures pluviales, qu'on

appelle eau verte, elle est identifiée séparément. Le total des précipitations efficaces disponibles est ensuite analysé pour prendre en compte l'eau inaccessible pour différentes raisons telles que les crues, le déversement d'eaux usées et les dilutions nécessaires pour maintenir la qualité environnementale des masses d'eau (en termes de concentration de produits chimiques ou de demande biochimique d'oxygène [DBO]), l'évapotranspiration supplémentaire induite par l'irrigation et l'évaporation provoquée par les tours ou réservoirs de refroidissement des centrales électriques, ainsi que les contraintes imposées par les conventions internationales de partage des eaux. Il est possible d'augmenter les ressources en eau accessibles en traitant les eaux usées (ce qui réduit la quantité d'eau inutilisable en raison de la pollution et des besoins de dilution) et en construisant des barrages pour collecter l'eau qui sans cela ne pourrait pas être utilisée¹⁴⁵.

6.14 Dans les comptes de l'eau écosystémique, la fourniture d'eau et son emploi sont dans l'ensemble compatibles avec les définitions du SCEE-Eau et du SCEE-CC. Les différences de forme dans la présentation s'expliquent par le fait que le SCEE-CC et le SCEE-Eau accordent plus d'importance à la cohérence des secteurs économiques tels qu'ils sont décrits dans la Classification internationale type, par industrie, de toutes les branches d'activités économiques (CITI, en anglais ISIC) pour le SCN, tandis que les comptes de la ressource écosystémique en eau est basée sur des unités comptables écosystémiques spatiales, elles-mêmes regroupées par bassins et sous-bassins hydrographiques. Les grands secteurs du tableau 6-I peuvent être subdivisés selon les catégories du SCEE-Eau dès lors que les informations disponibles sont suffisamment détaillées, avec notamment des données par sous-bassin versant, comme c'est le cas pour les comptes de l'eau des Pays-Bas présentés dans l'encadré 6.02 ci-dessus. Il est toutefois nécessaire de souligner une différence importante entre les comptes de la ressource écosystémique en eau de la CCNE et le SCEE-Eau : il s'agit du traitement réservé à l'utilisation de l'eau verte (l'eau de pluie utilisée par la végétation cultivée), présenté et justifié dans les paragraphes 6.20 à 6.23.

Excédent d'eau accessible

6.15 L'un des autres objectifs des comptes de la ressource écosystémique en eau est d'évaluer la soutenabilité de l'utilisation des ressources en eau, c'est pourquoi il faut définir précisément la quantité d'eau pouvant raisonnablement être exploitée ou accessible. Il faut d'abord identifier les ressources d'eau renouvelables, puis déterminer les nombreuses contraintes qui limitent l'accès à ces ressources : coûts, périodes d'accès, localisation, qualité, limitations juridiques, etc. Il est difficile d'évaluer la durabilité et les impacts de l'utilisation de l'eau sans avoir défini précisément l'eau qui est réellement exploitable. La question a été abordée depuis longtemps, , en particulier dans le cadre du système AQUASTAT de la FAO ou des discussions sur l'Appropriation humaine de l'eau douce renouvelable (*en anglais, Human Appropriation of Renewable Freshwater* ¹⁴⁶.

¹⁴⁵ On notera que dans le cas d'un nouveau barrage, la totalité de l'eau stockée n'est pas accessible dans la mesure où cela génère de l'évaporation supplémentaire, surtout dans les régions chaudes. En raison de l'évaporation et des transferts d'eau éventuels vers d'autres régions, il peut arriver que l'augmentation des quantités d'eau accessible engendrée par un barrage à un endroit donné ait un effet négatif sur l'accessibilité de l'eau en aval.

¹⁴⁶ Source : Postel S., Daily G. et P. Erlich 1996. Human Appropriation of Renewable Freshwater (« Appropriation par l'humanité de l'eau douce renouvelable »), *Science* Vol. 271.

<http://www.as.wvu.edu/biology/bio463/Postel%20et%20al%201996%20Global%20water.pdf> (consulté le 14 juillet 2014).

Encadré 6.03 Définition des ressources en eau exploitables dans le glossaire d'AQUASTAT de la FAO¹⁴⁷

Ressources en eau exploitables en km³/an ou 10⁹m³/an

Ressources en eaux de surface renouvelables régulières exploitables : Quantité annuelle moyenne d'eaux de surface disponibles 90 % du temps. En pratique, cela équivaut au faible débit d'eau d'une rivière. C'est les ressources pouvant être prélevées ou détournées avec un flux régulier.

Ressources en eaux de surface renouvelables irrégulières exploitables : Les ressources en eaux de surface irrégulières correspondent à la composante variable des ressources en eau (par ex. les crues). Cela inclut les variations saisonnières et d'une année à l'autre, c'est-à-dire le débit saisonnier ou le débit lors des années humides. Il s'agit d'un flux qui doit être régulé.

Ressources en eau souterraines renouvelables régulières exploitables : Quantité annuelle moyenne d'eaux souterraines disponibles 90 % du temps. Il s'agit d'eaux souterraines pouvant être extraites avec un flux régulier.

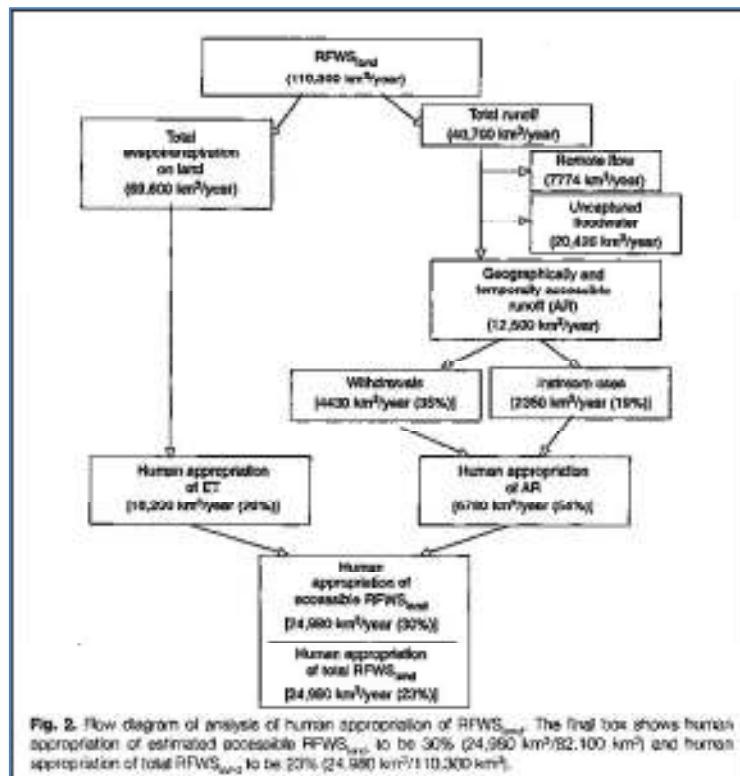
Total des ressources en eau exploitables ou gérables : La partie des ressources en eau considérée comme disponible pour le développement, en tenant compte des facteurs tels que la faisabilité économique et environnementale du stockage des eaux de crue en amont des barrages ou de l'extraction des eaux souterraines, la possibilité physique de capter l'eau qui coule naturellement vers la mer, ainsi que le débit minimum nécessaire pour la navigation, les services environnementaux, la vie aquatique, etc. C'est également ce qu'on appelle le « potentiel de développement hydrique ». Les méthodes d'évaluation des ressources en eau exploitables varient d'un pays à l'autre en fonction de la situation de chaque pays. En général, les ressources en eau exploitables sont nettement inférieures aux ressources naturelles en eau.

Source : http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/glossary/search.html?_p=100&submitBtn=-1&keywords=&subjectId=9&termId=-1&submit=Search (consulté le 11 août 2014)

6.16 L'accessibilité de l'eau est également définie dans le cadre de l'appropriation humaine de l'eau douce renouvelable (HARFW), un indicateur similaire à l'appropriation humaine de la production primaire nette (AHPPN) présentée dans le chapitre 5. Les ressources renouvelables en eau douce (RRED, en anglais RFWS) se composent de l'évapotranspiration et du ruissellement total (ruisselement de surface et ruissellement entre le sol et le sous-sol). Une partie du ruissellement total est prélevée et une autre partie est laissée à l'utilisation in situ pour différents services tels que la navigation et la baignade, pour préserver la vie aquatique (y compris les pêcheries) et pour diluer la pollution, ce qui constitue un service écosystémique de régulation (Figure 6.02). L'appropriation humaine est ensuite calculée en s'appuyant sur le ruissellement accessible : la quantité d'eau que l'on peut utiliser de façon réaliste. Pour Postel *et al.* (1996), les limitations sont dues à l'inaccessibilité géographique et temporelle, ou à la partie des eaux de crue qu'il est impossible de stocker dans des réservoirs ou sous forme de réalimentation des nappes phréatiques.

¹⁴⁷ http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_res/indexglos.htm (consulté le 14 juillet 2014).

Figure 6.02 Organigramme de l'approvisionnement de la terre en eau douce renouvelable



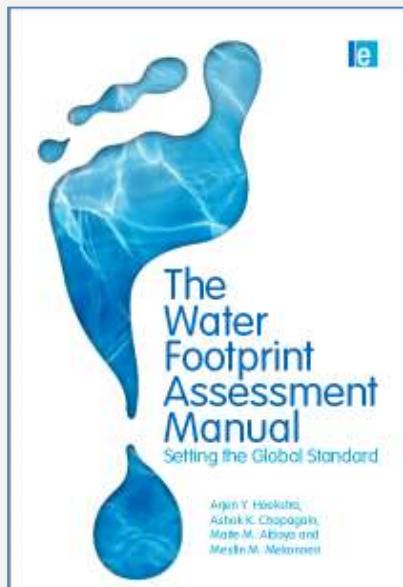
Source : Postel, S., Daily, G. et Erlich, P. *Human Appropriation of Renewable Freshwater*, Op. cit.

6.17 L'un des éléments importants de l'appropriation humaine de l'eau douce renouvelable (HARFW) est le calcul des exigences en termes de dilution de la pollution. Cet indicateur montre la quantité de ruissellement nécessaire pour diluer la pollution (par ex. la DBO) selon les normes reconnues en matière de gestion de l'eau. À titre d'exemple, la valeur par défaut mentionnée dans l'article est « *un facteur de dilution souvent utilisé pour évaluer la capacité d'absorption des déchets, qui est de 28,3 litres par seconde pour 1 000 habitants* ».

6.18 Les comptes de l'empreinte eau (Water Footprint) utilisent une définition similaire pour l'empreinte des eaux grises qui mesure l'impact des émissions de polluants dans le système hydrologique. « *Elle est définie comme le volume d'eau douce nécessaire pour assimiler la charge en polluants en s'appuyant sur l'historique des concentrations naturelles et sur les normes existantes en matière de qualité de l'eau. Elle permet de calculer le volume d'eau nécessaire pour diluer les polluants de manière à maintenir la qualité de l'eau au-dessus des normes agréées* » (Glossaire de l'empreinte sur l'eau¹⁴⁸).

¹⁴⁸ <http://www.waterfootprint.org/?page=files/Glossary> (consulté le 14 juillet 2014).

Encadré 6.04 Empreinte eau



« La norme mondiale en matière d'empreinte eau - développée grâce aux efforts communs du réseau Water Footprint Network, de ses partenaires et des scientifiques de l'université de Twente aux Pays-Bas - a reçu l'appui au niveau international de grandes entreprises, de décideurs politiques, d'ONG et de scientifiques qui y voient une étape importante vers la résolution des problèmes liés à l'eau qui se font de plus en plus nombreux dans le monde. Cette norme figure dans le Manuel d'évaluation de l'empreinte eau ».

<http://www.waterfootprint.org/?page=files/home> (consulté le 14 juillet 2014).

Le rapport *Water Footprint of Nations* et ses annexes présentent les estimations (par pays, par grands secteurs et par produits agricoles) de des empreintes en eau bleue, verte et grise et de leurs quantité entrant dans la composition de l'eau réelle et virtuelle, utilisée et commercialisée.

<http://www.waterfootprint.org/?page=files/WaterFootprintsNations> (consulté le 14 juillet 2014).

6.19 L'étude sur l'appropriation par l'humanité de l'eau douce renouvelable (HARFW) et le calcul de l'empreinte sur l'eau utilisent l'indicateur de dilution requise pour quantifier le débit minimum d'eau de ruissellement non prélevée qui doit être maintenu dans les cours d'eau pour préserver leurs fonctions. Dans le SCEE, l'utilisation du débit réservé des eaux de ruissellement n'est pas comptabilisée en tant que prélèvement des eaux de surface. Dans les comptes de la ressource écosystémique en eau de la CCNE-TDR, on a choisi de ne pas comptabiliser l'eau grise comme une utilisation, mais au contraire de soustraire des ressources en eau accessibles le volume d'eau nécessaire pour respecter les besoins de dilution. Cela correspond à la définition d'AQUASTAT des ressources exploitables ou gérables. Des estimations de l'empreinte d'eau grise par pays et par type de culture figurent dans une publication du Water Footprint Network de 2011¹⁴⁹.

6.20 En comptabilisant les besoins en termes de dilution de la pollution, on établit un lien entre les comptes des émissions et les comptes de la qualité de l'eau. La question de la qualité de l'eau des rivières est abordée au chapitre 7 portant sur l'intégrité écologique des écosystèmes. Cela fait suite aux recommandations générales du SCEE-Eau, en particulier sur l'organisation des données en fonction des mesures des cours d'eau en unités standard de mesure des rivières (USMR)¹⁵⁰, présentées au chapitre 2. L'évaluation de l'état de santé de l'écosystème repose sur différents critères, dont la qualité de l'eau.

¹⁴⁹ Mekonnen, MM et Hoekstra, AY 2011. *National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption* (« Comptes nationaux de l'empreinte eau : l'empreinte eau verte, bleue et grise de la production et de la consommation »). Value of Water Research Report Series No.50, UNESCO-IHE.

<http://www.waterfootprint.org/?page=files/WaterFootprintsNations> (consulté le 14 juillet 2014).

¹⁵⁰ Les USMR sont appelées unités standard des rivières (USR) dans le SCEE. Dans la CCNE, « de mesure » est ajouté pour éviter toute confusion avec d'autres unités des rivières, les unités de système rivières(USR).

Eau verte

6.21 Tous les cadres de comptabilité de l'eau considèrent l'eau verte comme « l'eau de pluie directement utilisée et évaporée/transpirée par l'agriculture non irriguée, les pâturages et les forêts » (glossaire AQUASTAT), bien que les termes utilisés et le traitement réservé à ce concept puissent varier. Pour le HARFW, l'appropriation humaine de l'évapotranspiration est mesurée par l'évapotranspiration de la végétation au sens strict, telle qu'elle est définie par AQUASTAT. L'Emprise sur eau définit l'eau verte comme « *les précipitations sur terre qui ne s'écoulent pas ou ne réalimentent pas la nappe phréatique mais qui restent stockées dans le sol ou demeurent temporairement à la surface du sol ou de la végétation. Cette partie des précipitations finit par s'évaporer ou par être transpirée par les plantes. L'eau verte peut devenir productive en contribuant à la croissance des cultures (même si une partie de l'eau verte ne peut pas être utilisée par les cultures car il y a toujours de l'évaporation du sol et car certaines périodes de l'année ou régions ne conviennent pas aux cultures)* ». La disponibilité de l'eau verte est définie quant à elle comme le résultat de « *l'évapotranspiration de l'eau de pluie par les terres moins l'évapotranspiration des terres réservées à la végétation naturelle, moins l'évapotranspiration de la terre non productive* ».¹⁵¹

6.22 Le SCEE-Eau reconnaît également l'importance de l'eau verte mais il la mesure différemment, de manière implicite, en la considérant comme le résultat du « *prélèvement de l'eau du sol* » moins « *le flux de retour d'eau provenant de l'agriculture pluviale* ». « *Le prélèvement d'eau du sol englobe l'eau utilisée dans les cultures pluviales, qui est calculée comme étant le volume des précipitations qui tombent sur les terres agricoles. L'eau excédentaire, c'est-à-dire l'eau qui n'est pas utilisée par la culture, est comptabilisée comme un retour à l'environnement de l'agriculture pluviale.* » (paragr. 3.29, p. 46). Ce traitement de l'eau verte résulte de la séparation que fait le SCEE-Eau de l'économie et de l'environnement ainsi que de la transposition de la règle du SCN, qui stipule que la croissance des cultures et des plantations relève de la production car elle est sous le contrôle direct, la responsabilité et la gestion des unités institutionnelles, contrairement, par exemple, aux forêts vierges et aux pêcheries, dont la croissance naturelle et la régénération sont indépendantes¹⁵².

6.23 Dans la CCNE-TDR, les écosystèmes englobent les systèmes naturels ainsi que les systèmes plus ou moins artificiels, y compris l'agriculture et les zones urbaines¹⁵³. La distinction entre l'économie et la nature n'en fait pas deux mondes séparés : c'est une analyse de deux systèmes différents qui font partie du même monde. Il existe des processus naturels dans l'économie et des processus économiques dans la nature¹⁵⁴. Il n'y a donc pas lieu d'adopter toute la séquence des comptes du SCEE-Eau. À la place, les comptes de la ressource écosystémique en eau présentent un enregistrement net où l'utilisation de l'eau verte dans l'agriculture et la foresterie est directement comptabilisée en tant qu'évapotranspiration.

6.24 Les comptes de la ressource écosystémique en eau de la CCNE-TDR s'appuient sur les approches décrites ci-dessus pour définir les ressources accessibles, qui sont ensuite comparées aux prélèvements. Ces approches diffèrent quelque peu en termes de portée et d'objectif. AQUASTAT, l'Emprise eau et le HARFW comptabilisent uniquement les ressources naturelles primaires, tandis que le SCEE tient compte aussi bien des ressources primaires et que des retours (pertes dans le transport, eaux usées, etc.) qui représentent une nouvelle ressource en eau secondaire pouvant être utilisée, en fonction de sa qualité. Les

¹⁵¹ <http://www.waterfootprint.org/?page=files/Glossary> (consulté le 14 juillet 2014).

¹⁵² SCN 2008, 6.136 « *La croissance et la régénération des cultures, des arbres, du bétail ou des poissons qui sont contrôlés par, gérés par et placés sous la responsabilité d'unités institutionnelles constituent un processus de production au sens économique* ».

¹⁵³ Pour le SCEE-EEA, les écosystèmes ont le même champ.

¹⁵⁴ C'est la position adoptée par le SCN 2008 lorsqu'il insiste sur le fait que « *la croissance [de ressources biologiques cultivées] ne doit pas s'analyser comme un processus purement naturel, qui se trouve en dehors du domaine de la production.* » (6.136).

concepts d'appropriation humaine ou d'empreinte sur l'eau dépassent l'acception comptable du terme, mais ces différences restent mineures dès lors que des tableaux de correspondance peuvent être élaborés. C'est important car cela permet, dans une certaine mesure, de réutiliser des données recueillies à d'autres fins, ou du moins de recouper les chiffres des comptes de la ressource écosystémique en eau avec d'autres sources.

6.25 Le tableau III de la CCNE-TDR sur l'utilisation totale de l'eau inclut des concepts de comptabilité des flux de matières pour l'ensemble de l'économie. Bien que l'eau fasse partie, en principe, de la comptabilité des flux de matières, jusqu'à présent elle a généralement été exclue de la présentation des indicateurs, surtout dans les agrégats des comptes de flux de matières pour l'ensemble de l'économie (CFM-EE).

L'argument avancé consiste à dire que le total général aurait peu de sens car l'ordre de grandeur des flux d'eau est deux à trois fois supérieur à celui des autres flux comptabilisés. On peut notamment mesurer l'importance de cette question avec l'article de 1996 sur le HARFW (*op. cit.*), qui présente des estimations basées sur la valeur par défaut de 1 000 g (1 litre) d'eau pour 2 g de biomasse (ce qui équivaut à 1 g de biocarbone). Toutefois, le calcul des flux d'eau intégrés (ou incorporés) s'est amélioré avec le calcul des flux d'eau virtuelle et de l'empreinte sur l'eau (encadré 6.04 et références), qui sont calculés de la même manière que le carbone intégré et l'empreinte carbone.

6.2. CADRE DE COMPTABILITE DE LA RESSOURCE EN EAU ÉCOSYSTÉMIQUE

6.2.1. Structure générale des comptes du SCEE-Eau

6.26 Les soldes comptables et les indicateurs spécifiques aux comptes de la ressource écosystémique en eau sont :

- L'accumulation nette d'eau écosystémique (ANEE, en anglais (NEWB), le bilan de base des flux d'eau entrants et sortants qui équivaut à la variation des stocks) ;
- Le total des précipitations efficaces disponibles, calculé en termes hydrologiques (eau disponible pour le ruissellement), avant l'évapotranspiration induite par l'irrigation et l'évaporation induite par d'autres usages ;
- Les prélèvements d'eau (ventilé par écosystèmes, bassins versants, actifs et grands secteurs économiques) ;
- Les retours d'eaux usées et les pertes d'eau dans le transport et l'irrigation (avec le détail des prélèvements) ;
- Le total des ressources en eau naturelles renouvelables (TRHNR), qui correspond à l'indicateur d'AQUASTAT TNWRnatural) ;
- L'excédent net d'eau accessible dans l'écosystème (ENEAE, en anglais NEAWS) ;
- L'utilisation totale de l'eau de l'écosystème (UTEE, en anglais TUEW) ;
- L'intensité soutenable d'utilisation des ressources en eau écosystémique, qui correspond au ratio ENEAE/UTEE ;
- L'utilisation directe de l'eau, qui ajoute à l'UTEE les importations d'eau et les échanges entre les agents économiques ;
- L'exigence totale en eau qui, en plus de l'utilisation directe, inclut l'eau virtuellement incorporée aux produits du commerce international.

6.27 ENEAE, l'excédent net d'eau accessible dans l'écosystème est le solde comptable le plus important résument les changements de stocks et les flux. Il peut être comparé aux prélèvements d'eau douce pour calculer l'impact de l'intensité d'utilisation des ressources en eau. Le ratio ENEAE/prélèvements devrait toujours être au moins supérieur à 1. Une valeur cible plus importante pourrait être nécessaire pour tenir compte de la variabilité des ressources en eau et pour garantir un niveau suffisant d'acceptation économique et sociale des risques de déficits périodiques, et donc la durabilité des prélèvements.

Tableau 6.01 : Comptes agrégés de la ressource en eau écosystémique par actifs d'eau

	Lacs et réservoirs	Rivières et autres cours d'eau	Glaciers, neiges et glaces	Eaux souterraines	Sol et végétation	Total eaux intérieures	Autres territoires	Mer	Atmosphère	Secteurs économiques, fourniture de la ressource et emploi
I. Bilan de base de la ressource en eau écosystémique										
W1 Stocks d'ouverture										
W21	Précipitations									
W22	Entrées d'eau internes spontanées [transferts]									
W23	Apports naturels provenant de territoires en amont									
W24	Apports artificiels d'eau depuis d'autres territoires et depuis la mer									
W25	Retour/rejet des eaux usées dans les eaux intérieures									
W26	Autres retours d'eau vers les eaux intérieures									
W2 Total des apports et retours d'eau [augmentation des stocks] = SUM(W21 to W26)										
W31	Évapotranspiration spontanée réelle									
W32	Sorties d'eau internes spontanées [transferts]									
W33	Écoulements naturels vers les territoires en aval et vers la mer									
W34	Prélèvements dans les masses d'eau									
W35	Prélèvement/collecte des eaux de pluie et du ruissellement urbain									
W36	Évapotranspiration réelle induite par l'irrigation									
W37	Évaporation provenant de l'industrie et d'autres utilisations									
W38	Écoulement artificiel des eaux vers d'autres territoires et dans la mer									
W39	Autre variation du volume des stocks et ajustements (+ ou -)									
W3 Total des sorties d'eau [diminution des stocks] = SUM(W34 to W39)										
W4a	Pluie efficace disponible = W21-W31									
W4	Accumulation nette d'eau écosystémique [ANEÉ] = W2-W3									
W5	Stocks de clôture= W1+W4									
II. Compte de la ressource écosystémique accessible										
W2a	Ressources totales en eau naturelles renouvelables (RTENR) = W21+W22+W23									
W2b	Ressources totales en eau secondaires = W24+W25+W26									
W33	Écoulements naturels vers les territoires en aval et vers la mer									
W6 Ressources en eau primaires et secondaires nettes = W2a+W2b-W32-W33										
W1a	Stock de base accessible reporté à nouveau des années précédentes [+]									
W71	Total des ajustements des ressources en eau naturelles renouvelables (+ ou -)									
W39	Autre variation du volume des stocks et ajustements (+ ou -)									
W7a Ressources en eau naturelle exploitables = W2a+W1a+W71+W39										
W72	Total des ajustements des ressources en eau secondaires renouvelables									
W7b Ressources en eau secondaires exploitables = W2b+W72										
W7 Excédent net d'eau accessible dans l'écosystème [ENEAE] = W7a+W7b										
III. Compte de l'utilisation totale de l'eau										
W81	Prélèvements dans les masses d'eau (W81 = W34)									
W82	Utilisation d'eau 'verte' par l'agriculture et la foresterie = W311+W312									
W83	Collecte des eaux de pluie (W84 = W351)									
W84	Prélèvement/collecte du ruissellement urbain (W84 = W352)									
W8 Utilisation totale de la ressource en eau écosystémique [UTEE]										
W91	Apports artificiels d'eau provenant d'autres territoires (W91=W241)									
W92	Prélèvement d'eau de mer (W92=W242)									
W93	Utilisation des eaux provenant d'autres entités économiques									
W94	Eau réutilisée au sein des entités économiques									
W95	Importation d'eau/contenu des marchandises et des résidus									
W96	Exportation d'eau/contenu des marchandises et des résidus									
W9 Utilisation directe d'eau = W8+W91+W92+W93+W94+W95										
W10 Consommation intérieure d'eau = W9-W96										
W11	Eau virtuelle incorporée dans les marchandises importées									
W12	Exigence totale en eau = W9+W11									
IV. Tableau des indices d'intensité d'utilisation et de santé écosystémique										
W7	Excédent net d'eau accessible dans l'écosystème [ENEAE] = W7a+W7b									
W8	Utilisation totale de la ressource en eau écosystémique [UTEE]									
W13 [ISUE]	Intensité soutenable de l'utilisation des ressources en eau écosystémiques = W7/W8									
W14 [ICES]	Indice composite du changement de l'état de santé de l'eau écosystémique									
W15 [VUEI]	Valeur unitaire écosystémique interne (changt) = AVG(W13 [ISUE]+W14 [ICES])									

6.28 Les comptes des volumes en m³ sont d'abord établis pour les stocks et les flux d'eau par type d'actifs (tels que définis par le SCEE), qui sont les masses d'eau dont il est possible d'extraire de l'eau (nappes aquifères, lacs et barrages, rivières et autres cours d'eau), la neige et les glaciers, ainsi que le sol et la végétation. En cas de besoin, il est possible d'introduire une subdivision supplémentaire en colonnes pour isoler par exemple les lacs et des réservoirs artificiels ou distinguée des sous-catégories de nappes aquifères. Les rivières et autres cours d'eau peuvent être subdivisés par unités de tronçons de cours d'eau

homogènes (TCH), tandis que le sol et la végétation peuvent être classés par catégories d'occupation du sol (UCTE). Cette classification détaillée n'est pas forcément nécessaire pour l'ensemble des comptes, mais elle peut être utile lorsqu'on aborde des questions précises telles que l'évapotranspiration.

6.29 La même structure comptable est ensuite appliquée en parallèle pour présenter les résultats en unités écosystémiques comptables, les UPSE (unités paysagères socio-écologiques) et les USR (unités de système de rivières). La présentation proposée dans l'encadré 6.01 prend en compte le fait que l'eau intérieure peut faire partie d'écosystèmes surfaciques (UPSE) et/ou, comme c'est le cas avec les rivières, d'écosystèmes linéaires (USR). Cela signifie que l'eau d'une rivière est à la fois une composante de l'UPSE qu'elle traverse et d'une USR. Lorsque dans un tableau, on comptabilise l'eau d'une UPSE et d'une USR, il faut prévoir une colonne spéciale pour éliminer les double-comptes. Des modèles de tableaux de comptes agrégés et détaillés au format tableur sont téléchargeables sur <http://www.cbd.int/accounting>.

Encadré 6.05 Comptes de la ressource écosystémique en eau ventilés par classes d'unités comptables écosystémiques (UCE)

UR Zones urbaines / artificialisées	IA Grande agriculture	AM Mosaïques agro/côtières	GR Prairies	FO Couvert forestier	NA Autre couverture des terres naturelle	ND Autre couverture des terres dominante	Sous-total des paysages socio-écologiques	Unités de système rivière (USR) / catégories de tronçons de cours d'eau					Sous-total des systèmes fluviaux	Total des écosystèmes intérieurs	Unités marines côtières			Total des écosystèmes intérieurs et côtiers	Pleine mer	Atmosphère	TOTAL	Unité: tonnes de C
								TCH1 Grands cours d'eau, drains principaux	TCH2 Courants moyens, principaux affluents	TCH3 Petits cours d'eau	TCH4 Ruisseaux, petites rivières	TCH5 Canaux			MC_GR	MC_CR	MC_NC					

6.30 Dans la présentation par unités comptables écosystémiques (encadré 6.05 B), les réserves d'eau sont subdivisées par type d'actifs.

Encadré 6.06 Comptes de l'eau par UCE : stocks ventilés par actifs d'eau

I. Bilan de base de la ressource en eau écosystémique	
W11	Lacs et réservoirs
W12	Rivières et autres cours d'eau
W13	Glaciers, neige et glace
W14	Eaux souterraines
W15	Sol et végétation
W1	Stocks d'ouverture

6.2.2. Bilan de base de la ressource en eau écosystémique

Tableau comptable 6-I Bilan I. Bilan de base de la ressource en eau écosystémique

	Lacs et réservoirs	Rivières et autres cours d'eau	Glaciers, neiges et glaces	Eaux souterraines	Sol et végétation	Total eaux intérieures	Autres territoires	Mer	Atmosphère	Unité: m ³	Secteurs économiques, fourniture de la ressource et emplois
I. Bilan de base de la ressource en eau écosystémique											
W1 Stocks d'ouverture											
W21 Précipitations											
W221 Ruisseaulement de surface vers les rivières											
W222 Infiltration/percolation											
W223 Écoulement des eaux souterraines dans les rivières											
W224 Autres transferts reçus											
W22 Entrées d'eau internes spontanées [transferts]											
W23 Apports naturels provenant de territoires en amont											
W241 Apports artificiels d'eau provenant d'autres territoires											
W242 Prélèvement d'eau de mer											
W24 Apports artificiels d'eau depuis d'autres territoires et depuis la mer											
W251 Retour/rejet des eaux usées traitées											
W252 Retour/rejet des eaux usées non traitées/après usage											
W253 Retour/rejet des eaux usées non traitées/ruisselement urbain											
W25 Retour/rejet des eaux usées dans les eaux intérieures											
W261 Pertes d'eau lors du transport et du stockage											
W262 Eau d'irrigation											
W263 Retour des eaux d'exhaure minier											
W264 Retour d'eau provenant de la production hydroélectrique											
W265 Retour d'eau provenant d'autres productions (y compris eaux de refroidissement)											
W266 Autres retours d'eau non définis ailleurs											
W26 Autres retours d'eau vers les eaux intérieures											
W2 Total des apports et retours d'eau [augmentation des stocks] = SUM(W21 to W26)											
W311 Évapotranspiration spontanée réelle provenant de l'agriculture pluviale et des pâturages											
W312 Évapotranspiration spontanée réelle des forêts											
W313 Évapotranspiration spontanée réelle des espaces naturels											
W314 Évaporation spontanée réelle des plans d'eau											
W315 Évaporation spontanée réelle des espaces artificiels											
W31 Évapotranspiration spontanée réelle											
W321 Ruisseaulement de surface vers les rivières											
W322 Infiltration/percolation											
W323 Remontée des eaux souterraines dans les rivières											
W324 Autres transferts fournis											
W32 Sorties d'eau internes spontanées [transferts]											
W331 Écoulements naturels vers les territoires en aval											
W332 Écoulements naturels vers la mer											
W33 Écoulements naturels vers les territoires en aval et vers la mer											
W341 Prélèvement pour distribution											
W342 Prélèvement pour compte propre dans l'agriculture (y compris irrigation)											
W343 Prélèvement pour compte propre dans la production hydroélectrique											
W344 Prélèvement pour compte propre dans d'autres productions (y compris refroidissement)											
W345 Prélèvement pour compte propre des municipalités et des ménages											
W34 Prélèvements dans les masses d'eau											
W351 Collecte des eaux de pluie											
W352 Prélèvement/collecte du ruissellement urbain											
W35 Prélèvement/collecte des eaux de pluie et du ruissellement urbain											
W36 Évapotranspiration réelle induite par l'irrigation											
W37 Évaporation provenant de l'industrie et d'autres utilisations											
W381 Rejet artificiel des eaux non traitées dans la mer											
W382 Autre écoulement artificiel vers d'autres territoires et dans la mer											
W38 Écoulement artificiel des eaux vers d'autres territoires et dans la mer											
W39 Autre variation du volume des stocks et ajustements (+ ou -)											
W3 Total des sorties d'eau [diminution des stocks] = SUM(W34 to W39)											
W4a Pluie efficace disponible = W21-W31											
W4 Accumulation nette d'eau écosystémique [ANE] = W2-W3											
W5 Stocks de clôture= W1+W4											

6.31 Le Bilan de base de la ressource en eau écosystémique est organisé selon la structure des comptes d'actifs du SCEE-Eau qui regroupent les augmentations et les diminutions des stocks. Les secteurs de fourniture de ressources et d'emplois réfléchissent le total des écosystèmes pour tous les stocks et flux pertinents. L'ordre de présentation a été légèrement modifié pour présenter les flux naturels avant les

prélèvements faits par l'homme et les retours, ainsi que pour séparer les prélèvements faits dans les masses d'eaux intérieures de l'utilisation d'autres sources telles que la pluie ou l'eau de mer.

6.32 Dans cette présentation, l'augmentation totale et la diminution totale des stocks n'ont de sens que comptable. Les totaux incluent les écoulements principaux et les écoulements secondaires, qui sont comptés deux fois. Par exemple, une grande partie des retours d'eau sous forme d'eaux usées, d'eau d'irrigation ou de pertes dans le transport provient des précipitations. De même, les flux entrants/sortants spontanés entre masses d'eau sont comptabilisés deux fois (avec une somme totale de zéro). Lorsqu'on calcule le solde de l'augmentation totale et de la diminution totale, toutes les données comptées en double sont éliminées. Ainsi, l'élément principal du tableau comptable 6- I est l'accumulation nette d'eau écosystémique (ANEE, en anglais NEWB), qui correspond à la différence entre les augmentations et les diminutions et entre le stock d'ouverture et le stock final.

$$\text{ANEE} = (\text{augmentation} - \text{diminution}) = (\text{stock final} - \text{stock d'ouverture})$$

6.33 Un autre élément a été introduit dans le bilan : les précipitations efficaces disponibles, dont l'estimation correspond à la différence entre les précipitations (W21) et l'évapotranspiration réelle spontanée (W31). Le concept de précipitation ou pluie efficace tel qu'il est défini ici est commun en hydrologie, où il représente les ressources en eau théoriques qui alimentent les eaux de ruissellement des rivières (et les plans d'eau connexes) et qui réalimentent les nappes aquifères.

Encadré 6.07 Précipitations efficaces en hydrologie et en agronomie

Les précipitations ou les pluies efficaces ont des significations différentes pour les hydrologues, qui évaluent le ruissellement des bassins versants, et les agronomes. En hydrologie, les précipitations efficaces - parfois appelées « pluie nette » - correspondent à la partie des précipitations qui n'est pas perdue dans l'évaporation/évapotranspiration, retenue à la surface de la terre ou stockée dans le sol. Pour les hydrologues, la réalimentation des nappes phréatiques fait partie du concept de pluies efficaces.

Pour les agronomes, les précipitations efficaces représentent une réalité très différente voire, par certains aspects, opposée à celle des hydrologues. Il s'agit de l'eau utile à la croissance des plantes, à l'exclusion du ruissellement de surface, de l'infiltration profonde ainsi que des pluies destructrices ou arrivant au moment inopportun ; en outre, l'humidité du sol n'est prise en compte que lorsqu'elle est utilisable par les cultures. Il est important de calculer la pluie efficace dans le domaine agricole car cela permet d'évaluer les besoins d'eau pour l'irrigation. *Ex ante*, ce calcul implique une modélisation complexe et peut être difficilement déduit des comptes de l'eau. *Ex post*, il se rapproche de l'évapotranspiration réelle spontanée. (Pour plus d'informations, voir Dastane, NG 1978. *Effective rainfall in irrigated agriculture*, FAO, Rome. <http://www.fao.org/docrep/x5560e/x5560e00.htm> (consulté le 14 juillet 2014)).

6.2.3. Augmentation des stocks

a. Précipitations

6.34 La définition des précipitations adoptée est celle du SCEE-Eau. Les données de base proviennent des services météorologiques qui publient des rapports réguliers sur les stations de monitoring et des cartes d'isohyètes¹⁵⁵ où des observations ponctuelles sont interpolées. Lorsque les services météorologiques participent au projet de comptabilisation du capital naturel de l'écosystème, ils peuvent fournir les

¹⁵⁵ Une isohyète est une ligne sur une carte reliant les localités ayant les mêmes quantités de précipitation.

données nécessaires à la comptabilité de l'eau de l'écosystème grâce au monitoring *in situ*, au monitoring par satellite et aux modèles météorologiques.

6.35 Il se peut que la participation des services météorologiques soit limitée en raison des politiques de diffusion de données, auquel cas, avec moins de données disponibles, il peut être nécessaire d'interpoler les données des stations de surveillance. Une des solutions possibles consiste à utiliser les cartes d'isohyètes existantes pour extrapoler les données ponctuelles et les inclure dans le Tableau comptable. Un test rapide consiste à utiliser des isohyètes moyennes d'une période donnée (par ex. 20 ans) afin de minimiser les effets des variations annuelles.

6.36 Une autre solution possible est de télécharger des données météorologiques à partir de programmes tels que Mirador (<http://mirador.gsfc.nasa.gov/>) et des sites Internet associés de la NASA qui donnent accès à une ressource importante offerte par la NASA et de la JAXA, TRMM (mission de mesure des précipitations tropicales) : http://trmm.gsfc.nasa.gov/data_dir/data.html et <http://pmm.nasa.gov/TRMM/products-and-applications>. Le satellite du projet mondial de mesure des précipitations (GPM), qui est le successeur de TRMM, a été lancé avec succès en février 2014. Une autre source de données météorologiques est ce qu'on appelle la réanalyse diffusée par le Centre européen pour les pronostics météorologiques à moyen terme (CEPMMT ; http://data-portal.ecmwf.int/data/d/interim_full_daily/). De plus amples informations sur l'utilisation de ces bases de données internationales sont disponibles dans le chapitre 3, section 3.1.2. paragr. 3.16 à 3.20.

6.37 Même lorsqu'on utilise des données satellitaires pour mesurer les précipitations, il est nécessaire d'ajuster ces données pour que le total des précipitations figurant dans les comptes soit équivalent au total obtenu par le calcul des services météorologiques nationaux. Ce total, présenté sous forme de chiffres officiels, est étalonné sur plus de données provenant de monitoring *in situ* que les ont habituellement les modèles globaux. C'est ce total de précipitations qui est utilisé pour les rapports officiels et des applications telles que le SCEE-Eau national. Dans ce cas, les données pluviométriques obtenues par une surveillance par satellite seront utilisées pour effectuer une réduction d'échelle des totaux officiels vers la grille utilisée pour les Tableau comptable.

b. Entrées d'eau internes spontanées (transferts reçus)

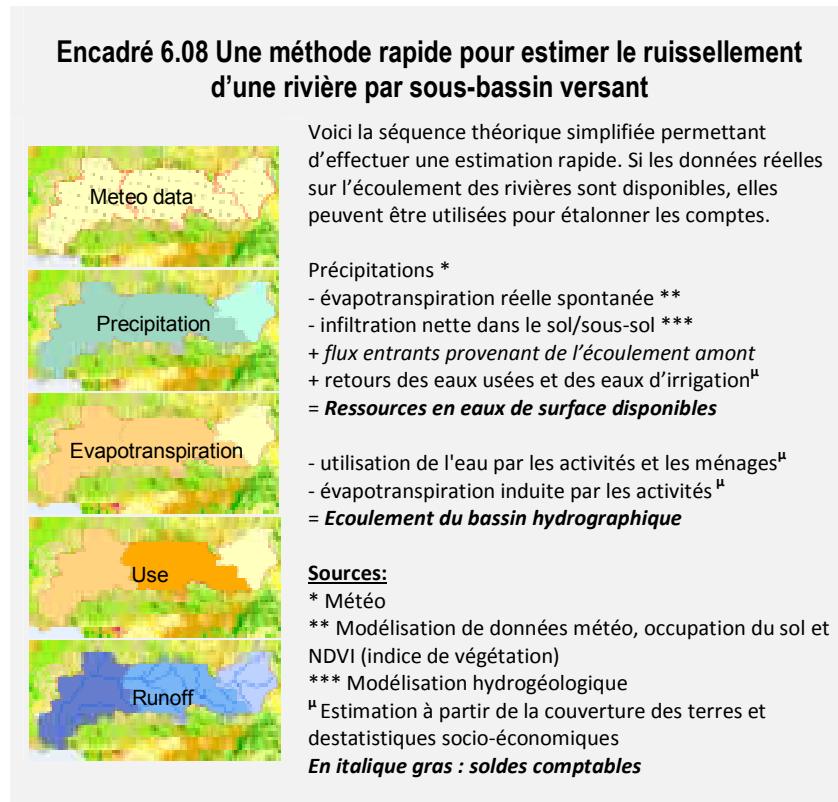
6.38 Les entrées d'eau internes spontanées sont des flux d'eau échangés entre masses d'eau ou actifs à l'intérieur d'un par un bassin hydrographique. Par conséquent, pour chaque transfert, le total des flux reçus est égal au total des flux fournis enregistrés en diminution des stocks.

6.39 Les entrées d'eau internes spontanées incluent :

- le ruissellement de surface vers les rivières ;
- l'infiltration/percolation des eaux de surface vers les nappes phréatiques ;
- l'écoulement des eaux souterraines vers les cours d'eau ;
- d'autres transferts reçus tels que la fonte des neiges et de la glace et les eaux de drainage d'origine agricole.

6.40 Le ruissellement de surface vers les cours d'eau est une estimation importante, surtout lorsqu'il n'y a pas assez de données de suivi sur le ruissellement des rivières. Une estimation comptable provisoire peut être faite à partir des estimations pour un bassin hydrographique donné de la productivité en eau de chaque bassin d'affluent, qui correspond aux précipitations efficaces disponibles. Ensuite, cette productivité doit être répartie entre l'infiltration et le ruissellement de surface. Les sous-bassins constituent une chaîne, et la méthode consiste à partir du plus haut niveau hiérarchique et à comptabiliser

les apports naturels reçus successivement par chaque bassin. De cette façon, l'écoulement final de la rivière est égal au ruissellement de surface total, ajusté pour tenir compte des effets de l'utilisation de l'eau. Dans l'encadré 6.04, un exemple théorique présente le principe de base de ce genre d'estimation rapide.



c. Apports naturels provenant des territoires en amont

6.41 Les apports naturels provenant des territoires en amont se font entre différents sous-bassins ou régions à l'intérieur de bassins hydrographiques ou entre bassins versants. Ce sont les transferts d'eau de surface reçus des sous-bassins situés en amont. Les eaux souterraines ne respectent pas les limites des bassins hydrographiques, mais pour les besoins de la comptabilité, les stocks d'eaux souterraines sont comptés dans les limites d'un bassin et les flux d'eaux souterraines doivent être comptabilisés en conséquence. Quand un bassin hydrographique est divisé par des frontières administratives ou nationales, il peut aussi être nécessaire de comptabiliser les apports naturels à travers la frontière.

d. Apports artificiels d'eau depuis d'autres territoires et depuis la mer

6.42 Les apports artificiels d'eau depuis d'autres territoires et depuis la mer sont des transferts d'eau effectués par des moyens artificiels, via des conduites ou des canaux. Ces transferts dépassent les limites des bassins hydrographiques et l'eau peut venir de loin dans le cas de l'approvisionnement des grandes villes. La mer étant en dehors des limites des bassins hydrographiques, l'eau de mer doit être transférée sur le territoire du bassin et ajoutée aux stocks avant d'être utilisée.

e. Retours des eaux usées/rejets dans les eaux intérieures

6.43 Les retours ou rejets d'eaux usées sont une ressource secondaire pouvant être utilisée, selon la qualité de ces eaux, par exemple pour l'irrigation ou le refroidissement. Lorsque les rejets d'eaux usées ou les charges polluantes sont faibles par rapport à la taille de la masse d'eau réceptrice, l'eau peut être purifiée par des processus naturels, ce qui représente un service écosystémique considérable. Il est donc important de classer les eaux usées en fonction de leur qualité. Les retours d'eaux usées vers la mer sont traités séparément car ils ne constituent pas une augmentation des ressources en eaux intérieures.

6.44 Dans le Bilan de base de la ressource en eau écosystémique, on distingue trois types d'eaux usées :

- retour/rejet des eaux usées traitées ;
- retour/rejet des eaux usées non traitées/eaux usées ;
- retours/rejet de eaux usées non traitées/ruissellement urbain.

6.45 La comptabilisation du ruissellement urbain avec les eaux usées se justifie pour plusieurs raisons. Les flux de ruissellement urbain peuvent être très pollués après un orage ; le ruissellement urbain est recueilli, avec les eaux usées ou séparément, et peut être en partie traité dans les installations urbaines de traitement des eaux usées.

6.46 Le chapitre 4 du SCEE-Eau aborde en détail la question des comptes des émissions dans l'eau et il servira de référence dans la comptabilisation des retours d'eaux usées/rejet dans les eaux intérieures.
« Les comptes d'émission décrivent les flux de polluants ajoutés aux eaux usées à la suite des activités de production et de consommation qui s'écoulent directement ou indirectement par le biais du réseau d'assainissement dans les ressources en eau. Ils mesurent les pressions que les activités de l'homme exercent sur l'environnement en présentant des informations sur les activités à l'origine des émissions, les types et les quantités de polluants ajoutés aux eaux usées ainsi que la destination des émissions, comme les ressources en eau ou la mer. Les comptes d'émission constituent un outil utile pour mettre au point des instruments économiques, et notamment de nouveaux règlements visant à réduire les émissions dans l'eau. Lorsqu'ils sont analysés conjointement avec les techniques qui existent pour réduire les émissions et traiter les eaux usées, ces comptes peuvent être utilisés pour des études d'impact des nouvelles technologies.» (SCEE-Eau, 4.2).

f. Autres retours d'eau prélevée dans les eaux intérieures

6.47 Les autres retours d'eau prélevée vers des eaux intérieures comprennent :

- les pertes d'eau dans le transport et le stockage ;
- l'eau d'irrigation ;
- le retour des eaux d'exhaure minier ;
- le retour de l'eau utilisée dans la production hydroélectrique ;
- le retour de l'eau provenant d'autres activités de production (y compris après usage pour le refroidissement) ;
- d'autres retours d'eau.

6.48 Les autres retours d'eau incluent les fuites d'eau dans le transport et le stockage, l'eau d'irrigation et les autres retours d'eau qui en général ne subissent pas de traitement des eaux usées. Les retours d'eaux d'exhaure sont un transfert d'eau artificiel du sous-sol vers la surface (rivières ou canaux). L'eau utilisée pour l'hydroélectricité est contrainte par la gravité de tomber en passant par des conduites jusqu'à la turbine ; bien que le circuit soit court, l'impact sur l'eau de l'écosystème est élevé et le processus est considéré comme un prélèvement suivi d'un retour un retour. Une solution similaire est adoptée pour

l'eau de refroidissement. Lorsque l'eau de refroidissement est de l'eau de mer qui est rejetée à la mer, ces flux n'ont pas d'impact sur les écosystèmes intérieurs et sont considérés comme des flux entrants dans/sortants de la mer.

g. Total des apports et retours d'eau (augmentation des stocks)

6.49 Le total de l'augmentation des stocks d'eau est la somme conventionnelle des apports d'eau naturels et artificiels, primaires et secondaires, au système hydrologique.

h. Évapotranspiration réelle spontanée

6.50 L'évapotranspiration est le taux réel d'absorption d'eau par la plante, déterminé par le niveau d'eau disponible dans le sol (Glossaire AQUASTAT de la FAO). L'évapotranspiration réelle spontanée comprend l'évaporation des plans d'eau et des espaces artificiels. Elle peut être modifiée en fonction du choix des cultures ou des espèces d'arbres. Sur les terres agricoles et dans les forêts, l'évapotranspiration spontanée correspond à la consommation d'eau verte. Cette catégorie se subdivise en :

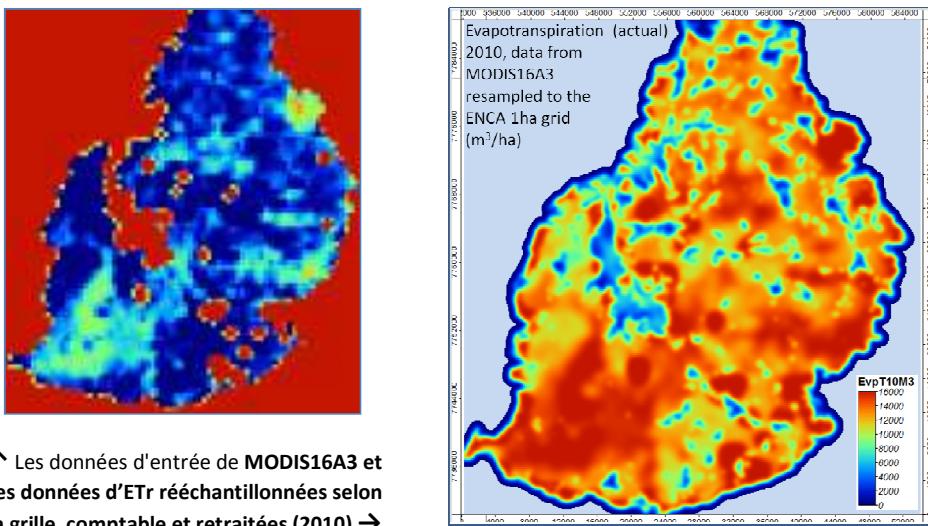
- évapotranspiration réelle spontanée des terres agricoles pluviales et des pâturages ;
- évapotranspiration réelle spontanée des forêts ;
- évapotranspiration réelle spontanée des espaces naturels ;
- évaporation réelle spontanée des plans d'eau ;
- évaporation réelle spontanée des espaces artificiels.

6.51 En comptabilité, la mesure utilisée est l'évapotranspiration réelle (ETr). Elle diffère de l'évapotranspiration potentielle (ETP), définie comme la quantité d'évaporation qui se produirait s'il y avait suffisamment d'eau disponible. Par exemple, sur des terres arides, l'évaporation potentielle annuelle dépasse les précipitations annuelles.

6.52 L'évaluation de l'évapotranspiration recourt à des modèles associant des variables telles que les précipitations, la température, le relief, le sol et l'occupation du sol. En pratique, lorsqu'on calcule l'évapotranspiration réelle à partir de modèles intégrant des variables d'observation de la Terre (comme les indices de végétation standard NDVI et EVI), la partie spontanée correspond à la différence entre l'ETr totale et l'ETr induite par l'irrigation.

6.53 Le Projet mondial sur l'évapotranspiration MODIS (MOD16), mis au point par le Numerical Terradynamic Simulation Group de l'université du Montana pour la NASA, constitue une ressource précieuse pour l'évaluation de l'ETr. Les données sont disponibles pour des périodes de huit jours, d'un mois et d'un an de 2000 à 2012 (l'année entière la plus récente à ce jour figurant dans le rapport) à l'adresse <http://www.ntsg.umt.edu/project/mod16>. (Chapitre 3).

**Figure 6.03 Évapotranspiration : des résultats de MODIS16A3 à la carte d'ETr.
Un test pour une étude pilote de CCNE à Maurice**



Source : Comptes expérimentaux du capital naturel des écosystèmes
Étude de cas de Maurice, *op. cit.*

http://commissionoceandindien.org/fileadmin/resources/Islands/ENCA_Mauritius.pdf
(consulté le 11 août 2014)

i. Sorties d'eau internes spontanées (*transferts fournis*)

6.54 Les sorties d'eau internes spontanées (*transferts fournis*) sont la contrepartie exacte des transferts reçus décrits dans les paragr. 6.38 à 6.40 :

- le ruissellement de surface vers les rivières ;
- l'infiltration/percolation des eaux de surface vers les nappes phréatiques ;
- la remontée des eaux souterraines vers les cours d'eau ;
- les autres transferts fournis (y compris de la fonte des neiges et de la glace ou du drainage agricole).

Les subdivisions sont identiques et ligne par ligne, la différence entre transferts reçus et transferts fournis est toujours égale à zéro.

j. Écoulements naturels vers les territoires aval et vers la mer

6.55 Les écoulements naturels vers les territoires en aval et vers la mer mesurent le ruissellement de surface (rivière) et souterrain. Dans une série de sous-bassins d'une rivière, l'apport naturel est égal à la somme des écoulements des bassins adjacents situés en amont. Cette propriété peut être utilisée pour estimer l'écoulement total d'une rivière comme l'explique l'encadré 6.08.

k. Prélèvements dans les masses d'eau

6.56 Dans les comptes de la ressource écosystémique en eau, on distingue clairement le prélèvement d'eau dans les masses d'eaux intérieures des autres sources d'approvisionnement en eau. Le prélèvement d'eau de mer ne constitue pas une diminution des stocks d'eaux intérieures, mais une augmentation comptabilisée comme un apport artificiel d'eau provenant de la mer (paragr. d). L'eau de mer est ajoutée

au stock d'eau (probablement un réservoir) avant d'être utilisée. L'eau de pluie recueillie augmente les ressources en eau mais elle n'est pas prélevée dans des masses d'eaux intérieures car elle est fournie par l'atmosphère. Seuls les prélèvements d'eau au sens hydrologique du terme sont comptabilisés.

6.57 Dans le SCEE-Eau, les prélèvements dans les actifs d'eaux intérieures sont classés en sous-catégories par secteur économique conformément à la classification CITI. Ces catégories détaillées sont regroupées au niveau aggrégé dans les comptes de la ressource écosystémique en eau comme suit :

- prélèvement pour la distribution ;
- prélèvement pour compte propre dans l'agriculture (y compris l'irrigation) ;
- prélèvement pour compte propre dans la production hydroélectrique ;
- prélèvement pour compte propre dans d'autres productions (y compris le refroidissement) ;
- prélèvement pour compte propre des municipalités et des ménages.

6.58 Les données sur les prélèvements d'eau sont généralement disponibles auprès des agences de l'eau.

l. Prélèvement/collecte des eaux de pluie et du ruissellement urbain

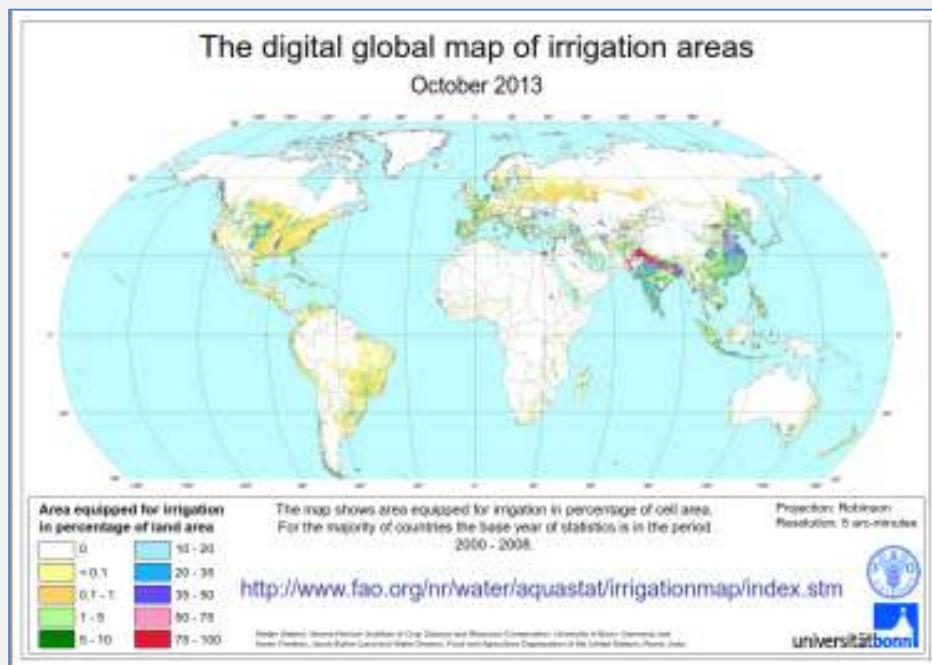
6.59 Le flux de prélèvement/la collecte des eaux de pluie et du ruissellement urbain concerne l'eau de pluie recueillie directement ou suite au processus de ruissellement urbain. Le terme de « prélèvement » a été gardé pour signifier que le même flux de ruissellement urbain existe dans le SCEE-Eau, où il est classé dans la catégorie des prélèvements.

m. Évapotranspiration réelle induite par l'irrigation

6.60 L'évapotranspiration réelle induite par l'irrigation est un flux important. L'irrigation augmente de manière significative le rendement des cultures et fait partie des solutions apportées aux exigences en matière de sécurité alimentaire des hommes. En parallèle, on estime que l'agriculture consomme près de 70 % des ressources mondiales d'eau ; de plus, l'évaporation supplémentaire induite par l'irrigation contribue à réduire le ruissellement des rivières et l'eau disponible pour d'autres usages et pour la nature, tout en augmentant les émissions de gaz à effet de serre sous forme de vapeur.

6.61 Les données concernant l'irrigation sont collectées par les ministères de l'Agriculture et les institutions agronomiques. Lorsque ces données ne suffisent pas pour alimenter les tableaux des comptes, des estimations doivent être faites à partir de statistiques officielles et de cartes des terres agricoles irriguées. L'une des difficultés peut être la différence entre les zones qui sont irriguées en permanence (notamment les rizières), qui sont bien identifiées et qui peuvent être cartographiées grâce à des images satellites, et les terres irriguées de façon plus occasionnelle. Des estimations rapides peuvent être réalisées en combinant différentes sources sur la quantité d'eau utilisée pour l'irrigation, les catégories d'occupation du sol adéquates et des cartes des zones irriguées telles que la carte de la FAO téléchargeable sur <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/irrigationmap/index10.stm> (encadrés 6.09 et 6.10).

Encadré 6.09 Carte des zones irriguées de la FAO



« Cette carte montre la superficie équipée pour l'irrigation autour de 2005 en pourcentage de la superficie totale sur une grille avec une résolution de 5 minutes. Les autres couches de la carte montrent le pourcentage de la superficie équipée pour l'irrigation qui a été effectivement utilisé pour l'irrigation ainsi que les pourcentages de la superficie équipée pour l'irrigation qui ont été irrigués par des eaux souterraines, des eaux de surface ou des sources d'eau non conventionnelles »¹⁵⁶.

Encadré 6.10 Illustration de la précision de la carte de la FAO



Cette visualisation sur Google Earth de la carte des zones irrigués de la FAO montre la précision des données qui peuvent être extraites en pourcentage d'une grille avec une résolution de 5 minutes.

¹⁵⁶ Siebert, S., Henrich, V., Frenken, K. et Burke, J. 2013. *Carte mondiale des zones irriguées*. Version 5. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, Allemagne/FAO, Rome, Italie.

n. Évaporation provenant de l'industrie et autres

6.62 L'évaporation provenant de l'industrie et d'autres usages résulte en partie de l'eau utilisée pour le refroidissement des centrales thermoélectriques et nucléaires ainsi que dans l'industrie lourde et dans d'autres activités non enregistrées ailleurs. L'évaporation des plans d'eau tels que les réservoirs est comptabilisée avec l'évapotranspiration spontanée.

o. Écoulement artificiel des eaux vers d'autres territoires et dans la mer

6.63 L'écoulement artificiel des eaux vers d'autres territoires et dans la mer inclut le rejet d'eaux usées non traitées dans la mer par les égouts municipaux et/ou par des industries. Les autres écoulements se composent des eaux usées traitées rejetées dans la mer et de l'eau transportée d'un bassin à un autre via des conduites et des canaux.

6.2.4. Tableau 6-II. Compte de la ressource écosystémique accessible

6.64 Pour évaluer la durabilité de l'utilisation de l'eau, il faut d'abord savoir qui utilise l'eau (SCEE-Eau, tableau de ressources et d'emplois) et quelle quantité d'eau peut raisonnablement être utilisée - c'est ce qu'on appelle l'eau exploitable ou accessible. Pour les comptes de la ressource écosystémique en eau de la CCNE-TDR, cette question a été abordée dans la section 6.1. car il est essentiel de tenir compte à la fois des besoins anthropiques et des besoins de la Nature en eau. L'excédent d'eau accessible est la quantité maximale qui peut être utilisée sans risque social ou économique, et sans dégrader totale l'écosystème, y compris sa biomasse et sa biodiversité. Le tableau 6-II se propose donc de mesurer cet excédent.

Tableau comptable 6.II : Excédent de ressources d'eau de base accessible

	Lacs et réservoirs	Rivières et autres cours d'eau	Glaciers, neiges et glaces	Eaux souterraines	Sol et végétation	Total eaux intérieures	Autres territoires	Mer	Atmosphère	Secteurs économiques, fourniture de la ressource et emplois
II. Compte de la ressource écosystémique accessible										
W21 Précipitations										
W22 Entrées d'eau internes spontanées [transferts]										
W23 Apports naturels provenant de territoires en amont										
W2a Ressources totales en eau naturelles renouvelables (RTENR) = W21+W22+W23										
W24 Apports artificiels d'eau depuis d'autres territoires et depuis la mer										
W25 Retour/rejet des eaux usées dans les eaux intérieures										
W26 Autres retours d'eau vers les eaux intérieures										
W2b Ressources totales en eau secondaires = W24+W25+W26										
W32 Sorties d'eau internes spontanées [transferts]										
W33 Écoulements naturels vers les territoires en aval et vers la mer										
W6 Ressources en eau primaires et secondaires nettes = W2a+W2b-W32-W33										
W1a Stock de base accessible reporté à nouveau des années précédentes [+]										
W711 Ressources en eau renouvelables irrégulières (régulières si > 90 % du temps) (-)										
W712 Débits réservés légalement (pour la dilution (DBO), la vie aquatique, la navigation, etc.) (-)										
W713 Apports d'eau non garantis par des traités, des accords, des règlements ou des lois (-)										
W714 Écoulement garanti par des traités, des accords, des règlements ou des lois (-)										
W715 Ressources en eau naturelles inutilisables pour des raisons de qualité (y compris salinité) (-)										
W716 Ressources en eau reculées inaccessibles (-)										
W717 Ressources en eau renouvelables irrégulières exploitables/stockage annuel (+)										
W718 Accumulation nette antérieure des réserves d'eau (+ ou -)										
W719 Autres ajustements d'accessibilité des eaux naturelles (+ ou -)										
W71 Total des ajustements des ressources en eau naturelles renouvelables (+ ou -)										
W39 Autre variation du volume des stocks et ajustements (+ ou -)										
W7a Ressources en eau naturelle exploitables = W2a+W1a+W71+W39										
W721 Ressources en eau secondaires inutilisables pour des raisons de qualité (-)										
W722 Autres ajustements d'accessibilité des eaux secondaires (+ ou -)										
W72 Total des ajustements des ressources en eau secondaires renouvelables										
W7b Ressources en eau secondaires exploitables = W2b+W72										
W7 Excédent net d'eau accessible dans l'écosystème [ENEAE] = W7a+W7b										

6.65 Le tableau 6-II comporte deux étapes : mesure des ressources en eau primaire et secondaire nettes, puis enregistrement des éventuelles limitations d'accès à l'eau. Lors de la première étape, les éléments du Bilan de base de la ressource en eau écosystémique sont regroupés pour calculer des soldes intermédiaires significatifs. Pour déterminer les limitations éventuelles d'accès à l'eau, des informations exogènes sont nécessaires. Le solde final du tableau II est l'excédent net d'eau accessible dans l'écosystème.

a. Calcul des ressources totales en eau naturelles renouvelables

6.66 Les ressources totales en eau naturelles renouvelables (RTENR, en anglais TNWR) dans la CCNE-TDR est similaire à l'agrégat du TNWR d'AQUASTAT, qui regroupe de la même façon les ressources (primaires) en eau renouvelables internes (IRWR) et les ressources en eau renouvelables externes (ERWR). Plus d'explications sont disponibles dans le *Glossaire des termes utilisés dans l'enquête sur les ressources en eau et dans les bilans hydriques nationaux* sur http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_res/indexglos.htm.

b. Ressources totales en eau secondaires

6.67 La ressource totale en eau secondaires se compose des apports artificiels d'eau provenant d'autres territoires et de la mer, des retours d'eaux usées/rejets dans les masses d'eau intérieures, et d'autres retours d'eau lorsque celle-ci a été prélevée dans des eaux intérieures.

6.68 Les ressources en eau secondaires ne sont pas prises en compte dans le total des ressources exploitables ou gérables d'AQUASTAT car « *il s'agit du retour des eaux primaires dans le système, qui deviennent ainsi de nouveau exploitables. C'est une interaction entre les ressources et l'utilisation dans une même zone, qui n'augmente pas les ressources naturelles. Les statistiques sur les ressources secondaires peuvent être utiles pour faire une comparaison complète entre les ressources et l'utilisation. Les ressources en eau secondaires peuvent être considérées comme un type de source d'eau non conventionnelle*

c. Ressources en eau primaires et secondaires nettes

6.69 Les ressources en eau primaires et secondaires nettes sont le résultat de l'addition des deux ressources dont on soustrait les écoulements naturels vers des territoires en aval et vers la mer car cette eau n'est pas accessible dans les conditions économiques, techniques ou juridiques du moment. Si, par contre, un barrage est construit pour créer un réservoir cela augmente les ressources en eau primaires et secondaires nettes.

d. Ajustement des ressources en eau naturelles renouvelables

6.70 La deuxième partie du tableau 6-II comptabilise les ajustements nécessaires pour prendre en compte l'eau inaccessible (ou inexploitable). Ces ajustements sont généralement négatifs, mais ils peuvent aussi être positifs si lors des périodes comptables antérieures il y a eu des accumulations permettant une utilisation du stock d'eau sans risque d'épuisement. Les principaux ajustements figurent dans le tableau.

6.71 Les ressources en eau renouvelables irrégulières sont un concept bien connu en hydrologie. Une ressource en eau renouvelable régulière est une ressource qui est garantie 90 % de l'année lors d'une année sèche. Les modes d'utilisation de l'eau qui reposent sur d'autres ressources que celles qui sont régulières ne sont pas viables dans la mesure où une ressource irrégulière est a priori inaccessible.

6.72 Le stockage des ressources en eau renouvelables irrégulières les rend accessibles. Ces ressources peuvent être stockées dans les nappes aquifères ou des barrages qui, dans les régions arides, peuvent être réalimentés une fois tous les cinq ans ou plus. Dans ce cas, une partie de l'eau stockée au préalable peut être utilisée chaque année et elle devient donc accessible.

6.73 L'eau verte, lorsqu'elle est définie dans un sens large en tant qu'évapotranspiration des terres agricoles et des forêts aménagées (l'eau qui ne s'écoule pas en surface et ne s'infiltra pas dans les nappes aquifères), n'est pas totalement accessible aux plantes « *parce qu'il y a toujours de l'évaporation du sol et parce que toutes les périodes de l'année ou régions ne sont propices à la croissance des cultures*157 Le réseau Water Footprint Network définit donc l'eau verte accessible comme « *l'évapotranspiration des terres qui ne peut pas être utilisée de façon productive*

¹⁵⁷ Glossaire de l'empreinte sur l'eau, <http://www.waterfootprint.org/?page=files/Glossary> (consulté le 14 juillet 2014).

6.74 L'écoulement réservé légalement pour la dilution de la DBO ou de produits chimiques, pour le maintien de la vie aquatique (surtout des poissons) pendant les sécheresses extrêmes et à d'autres fins telles que la navigation ou les loisirs, n'est pas accessible.

6.75 Dans un contexte de concurrence pour l'utilisation de l'eau, des traités internationaux peuvent s'avérer nécessaires pour garantir les apports d'eau provenant des territoires en amont ; en l'absence de tels traités, certaines ressources en eau peuvent être considérées comme incertaines et donc inaccessibles. Symétriquement, les traités peuvent garantir un écoulement minimum vers les pays situés en aval, qui n'est donc pas accessible.

6.76 Les ressources naturelles en eau peuvent être inutilisables en raison de leur mauvaise qualité (y compris la salinité). En principe, toute l'eau peut être purifiée, mais en pratique, il existe des limitations de coûts (sans lesquels toute l'eau de mer serait accessible). Les eaux fortement polluées par des activités naturelles ou humaines devraient être exclues de l'évaluation des ressources accessibles.

6.77 La mesure des ressources hydriques des zones reculées d'un bassin versant donné, ne présente pas forcément de difficultés. Par contre, cela peut être très compliqué lorsque l'on veut agréger l'ensemble des bassins hydrographiques d'un grand pays ou d'un continent. Contrairement aux valeurs économiques, dont on peut faire la somme, les quantités d'eau ne peuvent pas toujours s'additionner car le coût de leur transport d'un bassin à l'autre peut être prohibitif ou même techniquement impossible. Au niveau agrégé, les ressources lointaines doivent être considérées a priori comme inaccessibles. Cependant, les infrastructures de transport d'eau tels que les canaux peuvent rendre une quantité nette des ressources d'eau lointaines accessibles ; cette quantité est la partie d'eau pouvant être transférée d'un bassin à un autre, après déduction des pertes à cause des fuites lors du transport ou de l'évaporation, qui peut représenter une part énorme dans les régions arides.

e. *Excédent net d'eau accessible dans l'écosystème (ENEAE, en anglais NEAWS)*

6.78 Tous ces ajustements peuvent être additionnés algébriquement au total des ressources en eau naturelles renouvelables pour calculer la ressource en eau naturelle exploitabile. ce.

6.79 Un calcul similaire est fait pour les eaux secondaires, surtout pour éliminer l'eau tellement contaminée qu'elle en est inutilisable sans engendrer des coûts prohibitifs. Pour avoir une idée de ces frais prohibitifs, on peut prendre comme référence les coûts monétaires ou exergétiques¹⁵⁸ du transport et du dessalement de l'eau de mer ; quand la purification des eaux polluées coûte plus cher que le traitement de l'eau de mer, cette eau devrait être considérée comme inaccessible.

6.80 La somme des ressources en eau primaires et secondaires exploitables correspond à l'excédent net d'eau accessible dans l'écosystème (ENEAE), qui est un agrégat central des comptes de la ressource en eau écosystémique.

6.2.5. Tableau 6-III. Utilisation totale de l'eau

6.81 Le tableau III du total des utilisations de l'eau offre un résumé de toutes les utilisations de l'eau enregistrées dans les comptes de la ressource écosystémique en eau. Contrairement à ce qui se fait dans les approches en termes d'appropriation du HARFW et de l'Empreinte eau, ces utilisations sont des emplois qui n'incluent pas les usages in situ. Dans la CCNE-TDR, l'usage in situ est traité non pas en

¹⁵⁸ Voir le paragr. 6.2.

utilisation d'eau¹⁵⁹, mais en utilisation des services fonctionnels fournis par les rivières et les lacs, et sont donc comptabilisés dans le compte de l'intégrité écologique de l'écosystème et des services fonctionnels (chapitre 7).

Tableau comptable 6-III: Utilisation totale de l'eau

	Lacs et réservoirs	Rivières et autres cours d'eau	Glaciers, neiges et glaces	Eaux souterraines	Sol et végétation	Total eaux intérieures	Autres territoires	Mer	Atmosphère	Unité: m ³	Secteurs économiques, fourniture de la ressource et emplois
III. Compte de l'utilisation totale de l'eau											
W341 Prélèvement pour distribution											
W342 Prélèvement pour compte propre dans l'agriculture (y compris irrigation)											
W343 Prélèvement pour compte propre dans la production hydroélectrique											
W344 Prélèvement pour compte propre dans d'autres productions (y compris refroidissement)											
W345 Prélèvement pour compte propre des municipalités et des ménages											
W81 Prélèvements dans les masses d'eau (W81 = W34)											
W82 Prélèvement/collecte du ruissellement urbain (W84 = W352)											
W83 Collecte des eaux de pluie (W84 = W351)											
W311 Évapotranspiration spontanée réelle provenant de l'agriculture pluviale et des pâturages											
W312 Évapotranspiration spontanée réelle des forêts											
W84 Utilisation d'eau 'verte' par l'agriculture et la foresterie = W311+W312											
W8 Utilisation totale de la ressource en eau écosystémique [UTEE]											
W91 Apports artificiels d'eau provenant d'autres territoires (W91=W241)											
W92 Prélèvement d'eau de mer (W92=W242)											
W93 Utilisation des eaux provenant d'autres entités économiques											
W94 Eau réutilisée au sein des entités économiques											
W95 Importation d'eau/contenu des marchandises et des résidus											
W96 Exportation d'eau/contenu des marchandises et des résidus											
W9 Utilisation directe d'eau = W8+W91+W92+W93+W94+W95											
W10 Consommation intérieure d'eau = W9-W96											
W11 Eau virtuelle incorporée dans les marchandises importées											
W12 Exigence totale en eau = W9+W11											

a. Utilisation totale de l'eau de l'écosystème

6.82 L'utilisation totale de l'eau de l'écosystème se réfère à l'eau accessible dans l'unité comptable écosystémique. Elle se compose du prélèvement dans les masses d'eau, du prélèvement/collecte du ruissellement urbain (le ruissellement urbain qui est recueilli dans les égouts), de la collecte des eaux de pluie et de l'utilisation de l'eau verte par l'agriculture et la foresterie.

6.83 L'utilisation de l'eau verte correspond à la définition adoptée par AQUASTAT de FAO, à savoir l'eau qui est réellement utilisée par les plantes agricoles et par les forêts aménagées (6.1.3), ainsi qu'à la définition de l'eau verte exploitabile telle que l'entend l'empreinte sur l'eau (bien que seules les cultures soient prises en compte dans ce dernier cas). L'utilisation de l'eau verte par l'agriculture et la foresterie est subdivisée en évapotranspiration réelle spontanée provenant de l'agriculture pluviale et des pâturages, et en évapotranspiration réelle spontanée des forêts aménagées.

6.84 L'utilisation totale de l'eau de l'écosystème (UTEE) est la valeur qui sera comparée solde comptable des ressources naturelles accessibles (ENEAE) pour calculer l'intensité soutenable de l'utilisation des ressources en eau écosystémiques dans le tableau 6-IV.

¹⁵⁹ Voir les paragr. 06.17 à 6.20.

b. Utilisation des ressources en eau secondaires, utilisation directe, consommation intérieure et exigence totale en eau

6.85 Les utilisations des ressources en eau secondaires sont les apports d'eau artificiels provenant d'autres territoires et le prélèvement d'eau de mer, ainsi que l'utilisation d'eau provenant d'autres entités économiques et la réutilisation de l'eau au sein des unités économiques.

6.86 Les importations et exportations d'eau correspondent à l'eau contenue dans les marchandises (produits alimentaires/boissons) et les résidus. Cette comptabilisation est similaire à celle qui est faite pour le biocarbone et le carbone fossile ; elle est cohérente avec la comptabilité de flux de matières pour l'ensemble de l'économie.

6.87 L'utilisation totale de l'eau de l'écosystème plus les ressources en eau secondaires et les importations d'eau/eau contenue dans les marchandises et les résidus est égale à l'utilisation directe de l'eau. L'utilisation directe de l'eau moins les exportations d'eau/eau contenue dans les marchandises et les résidus est égale à la consommation intérieure de l'eau.

6.88 L'eau virtuelle contenue dans les marchandises importées est l'eau qui a été utilisée dans le processus de fabrication, à quelque fin que ce soit. Il s'agit d'une composante importante de l'Empreinte eau¹⁶⁰. Il existe une différence mineure : seule la consommation d'eau virtuelle est comptabilisée dans les comptes de la ressource en eau écosystémique de la CCNE-TDR, mais pas la quantité d'eau grise utilisée in situ, qui est déduite des ressources accessibles (voir la discussion aux paragr. 6.16 à 6.20).

6.89 Le total de l'utilisation directe de l'eau et de l'eau virtuelle contenue dans les marchandises importées correspond l'exigence totale en eau.

¹⁶⁰ Glossaire de l'empreinte sur l'eau <http://www.waterfootprint.org/?page=files/Glossary> (consulté le 14 juillet 2014).

6.2.6. Tableau 6-IV Indices d'intensité d'utilisation et de santé écosystémique

6.90 Le Tableau IV des indices d'intensité d'utilisation et de santé écosystémique combinent les impacts de l'intensité d'utilisation de l'eau avec d'autres composantes de la santé écosystémique de l'eau.

Tableau comptable 6-IV Tableau des indices d'intensité d'utilisation et de santé écosystémique

	Lacs et réservoirs	Rivières et autres cours d'eau	Glaciers, neiges et glaces	Eaux souterraines	Sol et végétation	Total eaux intérieures	Autres territoires	Mer	Atmosphère	Secteurs économiques, fourniture de la ressource et emplois
IV. Tableau des indices d'intensité d'utilisation et de santé écosystémique										
W7	Excédent net d'eau accessible dans l'écosystème [ENEAE] = W7a+W7b									
W8	Utilisation totale de la ressource en eau écosystémique [UTEE]									
W13 [ISUE]	Intensité soutenable de l'utilisation des ressources en eau écosystémiques = W7/W8									
W141	Qualité bio-chimique									
W142	Excès de nutriments, eutrophisation									
W143	Modification des indices biotiques, marqueurs biologiques									
W144	Maladies d'origine hydrique									
W145	Dépendance des intrants artificiels									
W146	Variation de l'intensité du stress hydrique naturel									
W14x	Autres...									
W14 [ICES]	Indice composite du changement de l'état de santé de l'eau écosystémique									
W15 [VUEI]	Valeur unitaire écosystémique interne (changt) = AVG(W13 [ISUE]+W14 [ICES])									

c. Intensité soutenable de l'utilisation des ressources en eau écosystémiques

6.91 L'indice d'intensité soutenable de l'utilisation des ressources en eau écosystémiques est défini par le ratio ENEAE/UTEE. Il devrait toujours être ≤ 1 ; dans le cas contraire, cela signifie que l'utilisation de l'eau entraîne la dégradation des écosystèmes. Il est important de noter que pour une année donnée, le stress est calculé à la fin de la période comptable et que l'impact de l'intensité d'utilisation de l'eau sera donc ressenti lors de la période suivante.

d. Indice composite du changement de l'état de santé de l'eau écosystémique

6.92 Cet indice repose sur plusieurs diagnostics basés sur l'observation de divers symptômes de dégradation. La liste des symptômes observables peut varier en fonction des conditions écologiques ainsi que des données et des connaissances disponibles, mais la logique de base repose sur les principes généraux de l'évaluation du syndrome de stress de l'écosystème définis par D.J. Rapport (op. cit.) dont il est question au chapitre 7. La formulation d'un indice composite de l'état de santé de l'écosystème peut varier, mais l'objectif reste toujours le même : mesurer le changement de l'état de santé. Comme en médecine, le diagnostic se fait à l'aide de moyens plus ou moins sophistiqués et il peut être plus ou moins précis. Dans la comptabilité de la santé de l'écosystème, la métaphore est celle des soins de santé préventifs, qui donnent des résultats importants en utilisant des méthodes d'enquête plutôt simples et des coûts unitaires relativement faibles (chapitre 7). L'indice composite peut être le résultat d'un agrégat statistique ou, comme cela est préférable, le résultat du schéma décisionnel d'un système expert, dans la mesure où le nombre de symptômes n'est pas nécessairement une variable significative, un seul pouvant être suffisant pour effectuer le diagnostic.

6.93 Les symptômes à surveiller concernent notamment les changements de qualité biochimique, l'excès de nutriments, l'eutrophisation, le changement des indices biotiques, les marqueurs biologiques, les

maladies causées par l'eau, la dépendance aux intrants artificiels ou la variabilité du stress hydrique naturel.

6.94 Idéalement, à ce stade, il faudrait utiliser des comptes complets de la qualité de l'eau pour créer l'indice de santé. La possibilité et l'intérêt de ce type de comptes ont été évoqués au début de ce chapitre, surtout à travers l'exemple de l'approche thermodynamique développée en Espagne, où la quantité et la qualité de l'eau d'une rivière sont évaluées au moyen d'une seule mesure - celle de l'exergie. Le SCEE-Eau comprend un chapitre sur la qualité de l'eau dans lequel sont présentés les principes de base, tirés de l'expérience de la France et de l'Australie. Plusieurs tentatives ont été faites pour intégrer les différents indicateurs de qualité de l'eau dans un cadre comptable cohérent, avec notamment des tests pilotés par l'Agence européenne pour l'environnement en France, en Irlande, en Slovénie et au Royaume-Uni. Les comptes du capital écosystémique de l'Agence européenne pour l'environnement incluront à terme des éléments comptables de la qualité de l'eau. Cependant, ces tests ont été, à ce jour, seulement partiels et ils n'ont pas encore abouti à la production de comptes réguliers de la qualité de l'eau.

6.95 Dans le contexte de la TDR, le choix a été fait de ne pas produire de comptes exhaustifs de la qualité de l'eau et de réserver cette tâche à une étape ultérieure. Au lieu de cela, les variables de la qualité de l'eau sont intégrées en tant qu'indicateurs (importants) dans les tableaux portant sur la santé de l'écosystème, en particulier dans les comptes de la ressource écosystémique en eau (pollution) et dans les comptes de l'intégrité des écosystèmes, qui abordent la qualité de l'eau à travers le fonctionnement des rivières et qui incluent une évaluation des changements de biodiversité. Dans le cas d'un projet de production de comptes de la qualité de l'eau à un stade précoce, l'infrastructure de données créée pour la TDR (définition, classification et mesure des unités de rivières, comptes sur la quantité d'eau par sous-bassins versants, relation entre la quantité et la qualité à travers les besoins de dilution, etc.) constitue un point de départ Utile.

e. Valeur unitaire écosystémique interne de l'eau

6.96 En associant l'indice quantitatif de l'intensité soutenable de l'utilisation des ressources en eau écosystémiques avec l'autre indice composite plus qualitatif portant sur les changements de la santé de l'écosystème, on obtient une mesure de la « valeur unitaire écosystémique interne de l'eau ». Ce calcul repose sur des variables physiques et non pas monétaires. À ce stade, on ne tient pas compte des effets externes de l'état de l'eau sur la biomasse et sur l'intégrité des écosystèmes ; cette intégration se fera dans une prochaine étape où la valeur écologique de l'écosystème sera calculée en unités de capacité écosystémique (chapitre 8).

7. LES COMPTES DES SERVICES FONCTIONNELS DE L'INFRASTRUCTURE ECOSYSTEMIQUE

7.1 Les comptes de l'infrastructure écosystémique et des services fonctionnels qui en dépendent mesurent la capacité durable des écosystèmes à produire des services qui ne sont pas directement mesurables en tant que ressources matérielles, comme le sont la biomasse et l'eau. Ces services incorporels correspondent aux services de régulation et aux services culturels de la version provisoire classification internationale commune des services écosystémiques (CICES).

7.1. COMPTABILISATION DES SERVICES FONCTIONNELS DE L'INFRASTRUCTURE ECOSYSTEMIQUE

7.1.1. Les flux physiques des services fonctionnels ne peuvent pas être mesurés directement car ils sont incorporels.

7.2 Les écosystèmes sont multifonctionnels et peuvent offrir un ensemble de services matériels et incorporels qui sont utilisés dans des proportions variables en fonction des contextes naturels ou socio-économiques. Ces services peuvent être fournis directement aux utilisateurs finaux, comme par exemple dans le cas des forêts qui offrent une protection contre les inondations, ou indirectement, comme intrants intermédiaires des produits agricoles ou du bois provenant de forêts de production. Les utilisations peuvent être exclusives ou synergiques. Elles peuvent avoir lieu dans la même unité comptable écosystémique (UC : UPSE, UMCUCM ou USR) que celle où sont produits les services ou bien dans une zone différente¹⁶¹. En l'absence de modélisation complète de ces interactions, notamment d'une analyse des entrées/sorties et des importations/exportations entre les UC, toute tentative de décrire la capacité du capital de l'écosystème à travers la somme des services écosystémiques se traduirait par des omissions et/ou des double- comptes.

7.3 La SCEE-CEE reconnaît cette difficulté comptable au paragraphe 3.45 : « *si on choisit d'utiliser une autre délimitation pour mesurer les services écosystémiques liés aux cultures et à d'autres plantes, des adaptations de la CICES seraient nécessaires. On notera que si les services écosystémiques sont mesurés en flux de récoltes, il faudrait exclure les flux liés à la croissance des plantes récoltées tels que la pollinisation, le prélèvement de l'eau dans le sol, etc. Autrement dit, la pollinisation et les récoltes ne devraient pas figurer dans une mesure des services écosystémiques « finaux ». En termes comptables, cela représenterait un double- compte.*»

7.4 L'approche adoptée dans la CECN-TDR pour les services écosystémiques correspond à celle décrite au paragraphe 3.45 de la SCEE-CEE, qui consiste à inclure la totalité des récoltes dans les comptes du biocarbone et qui considère toutes les cultures comme étant le produit commun de l'économie et de l'écosystème. Cette approche est conforme à la définition usuelle des services écosystémiques de l'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire, de l'étude sur l'économie des écosystèmes et de la biodiversité (TEEB)¹⁶² ou du projet comptable européen de cartographie et d'évaluation des écosystèmes

¹⁶¹ UPSE : unité paysagère socio-écologique ; UMC: unité côtière de l'écosystème marin ; USR : unité du réseau hydrographique.

¹⁶² Le projet TEEB est dirigé par le PNUE. <http://www.teebweb.org/> (consulté le 14 juillet 2014)

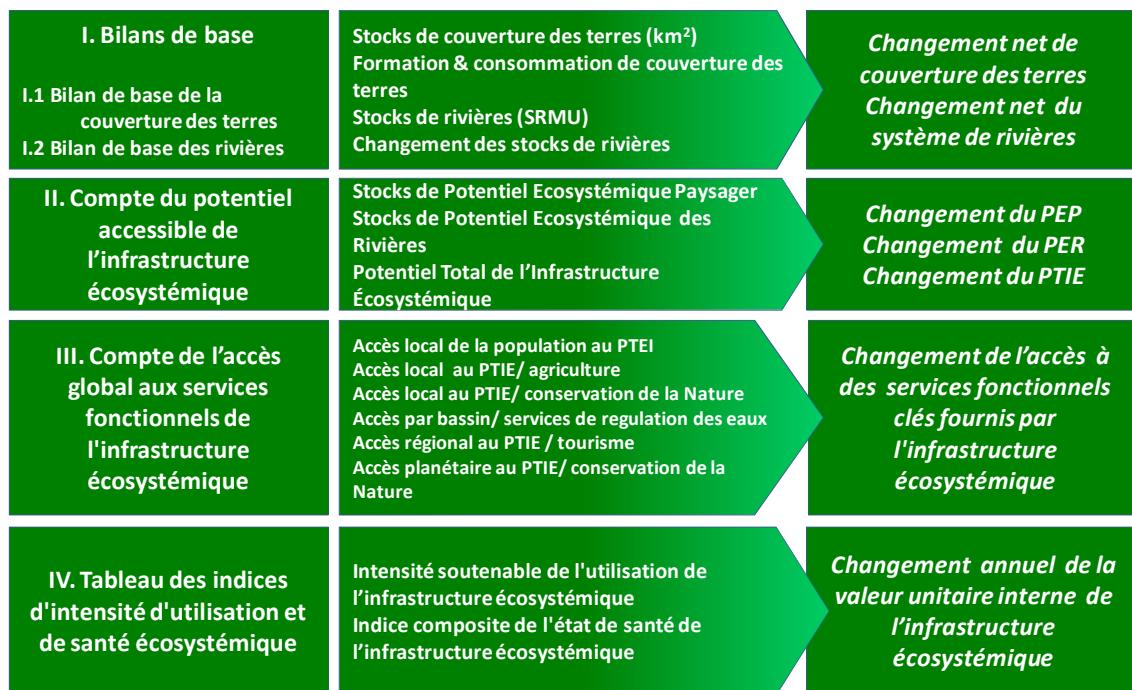
et de leurs services (MAES)¹⁶³. Par conséquent, aucun total général des services écosystémiques n'est calculé dans la CECN - ce qui serait de toute façon difficile à faire en termes physiques à cause des nombreuses dimensions et unités de mesure que cela implique - et le problème des double-comptes ne se pose donc pas¹⁶⁴.

7.5 En ce qui concerne les services incorporels, la CECN-TDR a choisi de prendre en considération le potentiel du système lui-même, son étendue et son état - productivité, intégrité, résilience, etc. La capacité de l'écosystème à fournir de la biomasse et de l'eau douce de manière durable peut être mesurée en termes de ressources qui sont accessibles sans entraîner d'épuisement ou de dégradation. La mesure des services fonctionnels incorporels se fait quant à elle de façon indirecte, en partant du principe que la fourniture potentielle de services est liée au bon état de l'écosystème ; la dégradation des écosystèmes peut entraîner la perte de ces services. Aucune mesure de ces services incorporels n'est faite dans les comptes de base qui comptabilisent uniquement les potentiels. En revanche, les services écosystémiques réels sont traités un par un dans les comptes fonctionnels de la CECN, où ils peuvent être quantifiés avec des indicateurs adéquats (voir chapitre 9).

¹⁶³ MAES se réfère à la version 4.3 de CICES. Les services d'approvisionnement comprennent « toute l'énergie produite dépendant des matériaux et des biotes des écosystèmes ; ce sont aussi bien des choses tangibles qui peuvent être échangées ou vendues, que ce qui est consommé ou utilisé directement par les hommes lors de la fabrication ». *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES), an analytical framework for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020* (« Cartographie et évaluation des écosystèmes et de leurs services (MAES), un cadre analytique pour l'évaluation des écosystèmes dans le cadre de l'Action 5 de la stratégie de l'UE pour la biodiversité à l'horizon de 2020 »). Document de travail - version finale, avril 2013 <http://biodiversity.europa.eu/ecosystem-assessments/about-1/an-analytical-framework-for-ecosystem-assessments-under-action-5-of-the-eu/download> (consulté le 14 juillet 2014)

¹⁶⁴ L'autre solution présentée dans le SCEE (3.44) est plus restrictive : « dans le cas des plantes cultivées et d'autres plantes, les services écosystémiques « finaux » ne sont pas les cultures ou les autres produits récoltés, mais plutôt des flux liés aux nutriments, à l'eau et à divers services de régulation tels que la pollinisation ». Cette position semble motivée par la volonté de se s'aligner formellement avec la définition que donne le SCN des limites de la production, considérant que « les ressources biologiques cultivées, la croissance naturelle et la régénération sont considérées comme relevant de la production uniquement dans les cas où elles sont sous le contrôle, la responsabilité et la gestion directs des unités institutionnelles » [SCN 2008, A3.88, p. 589 et paragraphe 10.88]. L'une des conséquences de cette proposition est que l'économie et l'écosystème deviennent des unités qui s'excluent mutuellement et que ce qui est produit par l'une (nourriture, bois, etc.) ne peut pas être produit par l'autre. Ce n'est pas la solution retenue pour la CECN-TDR où les deux systèmes coexistent, interagissent et évoluent constamment ensemble.

Figure 7.01 Structure du compte des services fonctionnels de l'infrastructure écosystémique de la CECN-TDR



7.6 Les indicateurs de l'eau et du biocarbone sont calculés dans des comptes qui leur sont dédiés et ne sont pas comptabilisés ici. Dans une étape ultérieure, ils seront intégrés avec ceux de l'infrastructure écosystémique dans l'évaluation globale de la capacité de l'écosystème.

7.1.2. Comptes de base des services fonctionnels de l'infrastructure écosystémique exprimés en hectares pondérés

7.7 Le potentiel de l'infrastructure écosystémique à fournir des services fonctionnels est mesuré comme une combinaison de zones dont la surface est enregistrée dans les comptes de la couverture des terres (chapitre 4) et de caractéristiques de l'état ou de la santé de l'écosystème. En combinant ces deux dimensions, on peut mesurer la performance d'ensemble.

7.8 Deux types d'indicateurs sont pris en compte : un pour l'infrastructure écosystémique, un pour la comptabilisation des services fonctionnels. Le premier type d'indicateurs concerne essentiellement l'intégrité biophysique de l'écosystème. Les indicateurs sont calculés à partir de cartes, comme pour la couverture des terres des terres, et d'informations géographiques exhaustives, qui sont combinées en un agrégat appelé potentiel écosystémique (net) des paysages (PENP, en anglais NLEP).

7.9 Dans les bassins hydrographiques, les unités paysagères socio-écologiques (UPSE) coexistent avec les unités du réseau hydrographique (USR) qui se superposent à elles. Le potentiel de l'infrastructure écosystémique des rivières est d'abord calculé séparément en se basant sur la mesure des rivières en unités standard de mesure des rivières (USMR ; encadré 7.01). Pour calculer le potentiel d'une rivière, les valeurs en USMR sont ensuite pondérées en fonction de variables d'intégrité telles que la fragmentation et l'indice d'écotones verts (un écoton est une zone située entre deux grandes communautés écologiques).

La troisième étape consiste à convertir le potentiel de la rivière en valeurs moyennes par km² puis à le combiner avec le potentiel de l'écosystème terrestre.

Encadré 7.01 Mesurer les rivières

Les réserves et les changements du réseau hydrographique sont mesurés en kilomètres cours d'eau normalisés (srkm), une unité établie par Heldal et Østdahl¹⁶⁵ pour mesurer une population de rivières dans le but d'optimiser l'échantillonnage de la qualité de l'eau dans un bassin hydrographique. Cette méthodologie a été utilisée plus tard en France et en Espagne pour pondérer les rivières de tailles différentes et pour produire des comptes de la qualité de l'eau. Dans la CECN, le srkm a été renommé USMR¹⁶⁶. La valeur en USMR d'un tronçon de rivière avec une longueur (L) et un débit (q) correspond à L multiplié par q, soit **1 USMR = 1 km x 1 m³/seconde**. Dans la TDR, une année de référence est choisie pour le débit d'eau ; il s'agit généralement du débit annuel moyen calculé sur les 20 ou 30 dernières années. Les valeurs exprimées en USMR peuvent être additionnées, permettant ainsi d'agréger des données de grands fleuves, des rivières avec un débit important mais relativement courtes et l'ensemble des petites rivières et ruisseaux qui ont un faible débit mais un très long réseau.

7.10 Le second type d'indicateurs se rapporte à d'autres symptômes révélateurs de l'état de santé et inclut surtout les mesures de la diversité des espèces et des biotopes, l'intoxication par des produits chimiques et des évaluations de l'état de santé de la population. Il complète, avec des variables qui actuellement ne proviennent pas de l'analyse de données spatiales, l'évaluation de l'intégrité de l'écosystème. À la fin, les deux types d'indicateurs seront intégrés grâce à des techniques d'analyse spatiale.

7.11 Le choix des indicateurs de santé est dicté par le besoin d'établir un diagnostic. L'approche adoptée est celle de la médecine préventive qui consiste à surveiller des populations (ou des sous-populations) entières de façon régulière (par exemple tous les ans) afin de détecter certaines maladies et des états de santé individuels critiques. Le bilan de santé base est suivi d'examens médicaux plus complets si des symptômes de maladie sont détectés.

7.12 La métaphore de la santé de l'écosystème vient des écrits d'Aldo Leopold de 1941¹⁶⁷, dans lesquels le célèbre biologiste a formulé la notion de « santé de la terre », où la terre est définie comme la totalité de l'écosystème, et a proposé de « déterminer les paramètres écologiques dans le cadre desquels la terre peut être occupée par les hommes sans devenir dysfonctionnelle ». Au début des années 1970, Gilbert Long a présenté une approche similaire de l'évaluation de la santé des systèmes socio-écologiques dans *À propos du diagnostic écologique appliqué au milieu de vie de l'homme*¹⁶⁸.

7.13 Depuis lors, l'évaluation de la santé de l'écosystème s'est développée de façon plus formelle. Cette approche se traduit notamment par le syndrome de détresse des écosystèmes (SDE) formulé par Rapport et obtenu empiriquement à partir d'études comparatives du comportement de l'écosystème lorsqu'il est soumis à une pression (Rapport *et al.*, 1985 ; Rapport et Whitford, 1999). « Ces études ont

¹⁶⁵ J. Heldal et T. Østdahl, 1984. Synoptic monitoring of water quality and water resources: A suggestion on population and sampling approaches (« Suivi synoptique de la qualité de l'eau et des ressources hydriques : proposition de méthodes d'échantillonnage et de traitement de la population »). Statistical Journal of the United Nations ECE, Vol. 2, p. 393-406. http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/ceea/archive/Water/Heldal_Ostdahl.PDF (consulté le 14 juillet 2014).

¹⁶⁶ La comptabilité de la qualité de l'eau est décrite dans le manuel du SCEE-Eau, au chapitre VII. Dans le SCEE-Eau, les kilomètres cours d'eau normalisés sont appelés « unités standard des rivières » (USR). En raison de l'imprécision de cette appellation et du risque de confusion avec d'autres unités, la CECN-TDR utilise le terme « unité standard de mesure des rivières » (USMR). Le calcul est le même dans tous les cas.

¹⁶⁷ Voir par ex. A. Leopold, *Wilderness as a Land Laboratory* (« La nature sauvage comme laboratoire terrestre »), (1941) ; ASCA 195-96 ; cf. RMG 288 et The Land-Health Concept and Conservation ms. (1946) - cité dans l'Encyclopedia of Earth, <http://www.eoearth.org/view/article/152704/> (consulté le 14 juillet 2014).

¹⁶⁸ G. Long, 1972. À propos du diagnostic écologique appliqué au milieu de vie de l'homme. [Institut Agro Méditerranéen, Montpellier](http://om.ciheam.org/om/pdf/r13/C1010462.pdf) <http://om.ciheam.org/om/pdf/r13/C1010462.pdf> (consulté le 14 juillet 2014).

montré qu'il existe des signes et des symptômes communs aux écosystèmes subissant une pression. Ils comprennent notamment des pertes de biodiversité, un cycle des nutriments inefficace, des altérations de la productivité primaire (eutrophisation dans les systèmes aquatiques, épuisement des nutriments dans les systèmes terrestres), la simplification de la chaîne alimentaire et de l'organisation des communautés, des modifications dans la distribution par taille du biotope (ce qui implique généralement une perte de grands organismes vivants), une augmentation de la prévalence des espèces invasives ou non endémiques, ainsi qu'une augmentation de la prévalence des maladies (y compris chez les hommes, telles que le paludisme et le choléra dans les pays tropicaux). »¹⁶⁹

7.14 Le syndrome de détresse des écosystèmes ne se limite pas à des caractéristiques biophysiques des écosystèmes : il inclut aussi la dimension humaine avec la question de la santé humaine et de la capacité des hommes à fournir des services. Ainsi, le SDE est «...un ensemble de symptômes indiquant qu'un écosystème est poussé au maximum de ses limites. Le SDE présage la transformation d'un écosystème en quelque chose de différent, généralement quelque chose de moins productif et de moins utile à l'homme ». (Rapport 1999).

7.15 La santé est l'absence totale de maladie et la capacité à atteindre son plein potentiel. La santé de l'écosystème est étroitement liée à son intégrité écologique. La santé de l'écosystème peut être résumée par quelques catégories de propriétés de l'écosystème qui l'aident à maintenir sa diversité fonctionnelle : « *l'organisation, l'autonomie et la résistance à la pression, la vitalité ou la vigueur, et la résilience* » (Rapport 1985, 1996, 1999, 1992 Constanza, Cosier 2010).

7.16 De longues discussions ont été consacrées à la métaphore de la santé de l'écosystème en soulignant sa puissance et les limites de l'analogie entre les écosystèmes et les organismes vivants : contrairement aux écosystèmes, les organismes vivants sont clairement délimités, ils se reproduisent et sont soumis à la sélection génétique et à l'évolution. Ce débat est résumé par Rapport *et al.* dans *Ecosystem Health: Principles and Practice*, qui reconnaît les limites du concept tout en soulignant que la santé n'est pas seulement un problème individuel, que la santé publique s'occupe des problèmes des communautés et de la contamination, que la santé de l'écosystème et celle des hommes sont liées, et que le dysfonctionnement de l'écosystème peut être mesuré avec des méthodes similaires à celles utilisées pour poser un diagnostic de santé.¹⁷⁰

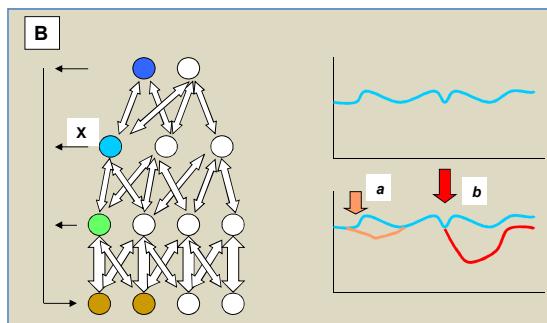
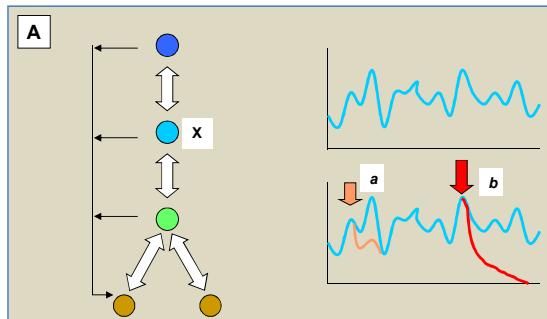
7.17 Evaluer la biodiversité est une étape essentielle du diagnostic écologique. Avec les cycles de production de la biomasse consommatrices d'énergie, la régénération de l'eau accessible et le bon fonctionnement des infrastructures écosystémiques, la biodiversité est un des éléments constitutifs de l'écosystème – sa base de données et d'information. La redondance des espèces est un facteur important de la stabilité de l'écosystème dans la mesure où plusieurs espèces peuvent remplir une même fonction. S'il existe des espèces redondantes remplissant la même fonction, l'espèce la plus adaptée jouera un rôle moteur, selon les conditions du moment. Par contre, si une seule espèce remplit cette fonction et qu'elle ne peut pas s'adapter à un changement de conditions (par exemple à des niveaux de pollution élevés ou au changement climatique), c'est l'équilibre même de l'écosystème qui est menacé. La perte d'espèces peut donc être un signe de baisse de la résilience. La capacité des écosystèmes à s'adapter aux conditions changeantes et à se remettre d'un stress important peut être évaluée par leur composition en espèces et par des indicateurs tels que le ratio entre les espèces endémiques et les espèces opportunistes.

¹⁶⁹ D.J. Rapport et A. Singh, 2006. An EcoHealth-based framework for State of Environment Reporting (« Un cadre d'établissement de rapports sur l'état de l'environnement basé sur la santé de l'écosystème), *Ecological Indicators*, 01/2006 ; DOI : 10.1016/j.ecolind.2005.05.003

¹⁷⁰ D.J. Rapport, C.L. Gaudet, R. Constanza, P.R. Epstein et R. Levins (éd.s.). 1998. *Ecosystem Health: Principles and Practice* (« Santé de l'écosystème : principes et pratique »), Wiley-Blackwell, New York, États-Unis.

Encadré 7.03 Biodiversité et stabilité de l'écosystème

La stabilité écologique est fonction de la biodiversité: comparaison d'un système simplifié, moins diversifié [A] avec un écosystème de haute biodiversité [B].



Il ya de nombreuses relations entre les espèces qui composent les systèmes écologiques, principalement de nature trophique (flèches blanches). Cela signifie que les espèces sont mutuellement interdépendantes et s'appuient sur d'autres pour leur propre survie.

Supposons que nous sommes intéressés à la présence d'une espèce (X) considérée comme un service. Sa présence est beaucoup plus fluctuante dans le système simplifié ([A], graphique en haut, à droite) que dans un système avec une plus grande diversité ([B], graphique en haut, à droite). C'est la conséquence de la variation naturelle ou d'origine humaine des autres espèces dont (X) dépend.

Dans un système avec une plus grande diversité, une espèce (source de nourriture ou de nutriments) peut être remplacées par une autre, les concurrents peuvent être contrôlés par leurs prédateurs, etc. ; les fluctuations sont en conséquence beaucoup plus faible et le système est plus stable, y compris si l'on considère l'espèce désirée (X). De plus, comme indiqué sur les graphiques en bas à droite, un système simplifié est capable de faire face à de petites perturbations (a) mais peut s'effondrer si une plus grande survient (b), alors que le système diversifié est capable de survivre même à une perturbation majeure - une propriété dite résilience.

Source: Ladislav Miko (communication personnelle)

7.1.3. La biodiversité dans le cadre de la comptabilité écosystémique du capital naturel

7.18 Le tableau comptable 7-IV des indices d'intensité d'utilisation et de santé de l'écosystème réserve une place importante à la biodiversité. Cependant, le but de ces comptes n'est pas de créer un indicateur global de biodiversité mais d'utiliser des indicateurs de biodiversité pour poser un diagnostic de santé de l'écosystème. La biodiversité des espèces n'est pas comptabilisée en termes de stocks et de flux. Il n'est pas forcément intéressant de comparer le nombre d'espèces d'un écosystème par rapport à un autre ; par contre, la modification de la biodiversité est un indicateur essentiel pour juger de l'état actuel et futur d'un écosystème. Même dans ce dernier cas, les diminutions ou les augmentations du nombre d'espèces doivent être interprétées dans le contexte de l'évaluation de la santé de l'écosystème et en fonction d'états de référence adéquats (paragr. 7.112 à 7.116).

Données, statistiques et expertise

7.19 Les statistiques classiques sur l'abondance ou la diversité des espèces ne suffisent pas pour déterminer l'état de la biodiversité. Pour créer des indicateurs significatifs, il faut des données, des modèles et des jugements d'experts. Par exemple, l'« Indice Nature » norvégien (Norwegian Nature Index), un programme statistique avancé, intègre des connaissances d'experts et des données sur la biodiversité pour mesurer l'état et les tendances au sein des écosystèmes et entre eux : « *les données des indicateurs ont été recueillies auprès d'experts qui ont fourni des estimations des valeurs de l'indicateur à plusieurs points en utilisant leur jugement d'expert, des données de surveillance ou des modèles. Les experts*

ont également donné une estimation de l'incertitude sous forme de quartiles pour chaque donnée et ont été priés de signaler lorsque les informations disponibles étaient insuffisantes pour faire une estimation ».¹⁷¹ Les indicateurs de biodiversité calculés pour la comptabilité écosystémique à l'Agence européenne pour l'environnement sont basés sur des cartes, des données et des avis d'experts sur l'état des espèces recueillis par chaque pays conformément à l'article 17 de la directive « Habitats » de l'Union européenne.

Etalonnage des indicateurs du changement de la biodiversité et situation de référence

7.20 Pour mesurer le changement de la biodiversité il faut définir un état de référence auquel on pourra comparer les observations actuelles pour déterminer si la situation se dégrade, reste stable ou s'améliore. Il existe plusieurs possibilités ; elles peuvent être combinées dans une certaine mesure :

- Le premier point de référence possible découle des principes de la comptabilité d'exercice : le changement est observé à la fin de la période comptable et comparé à la situation constatée au début de cette période. De cette manière, on peut évaluer les variations annuelles les unes par rapport aux autres. Le point de référence historique implicite sera dans ce cas la date du premier compte réalisé.
- La deuxième méthode, couramment utilisée, prend comme point de référence une situation climatique définie en fonction des conditions géologiques, du relief et des conditions climatiques ou en fonction d'une situation vierge (ou quasi-vierge) dans laquelle il n'y a pas de perturbations dues aux activités humaines. Plusieurs approches sont présentées ci-dessous.
- La troisième approche considère que les indicateurs de référence ne sont pas de purs paradigmes scientifiques, mais qu'ils doivent tenir compte de l'état écologique idéal tel qu'il est défini par la société. C'est par exemple l'approche adoptée par la directive-cadre européenne relative à l'eau, dans laquelle le bon état écologique des bassins hydrographiques a été défini par des scientifiques et des agences de l'eau puis approuvé par les gouvernements nationaux, avec l'obligation de progresser vers l'objectif fixé. D'autres objectifs politiques traduits dans des lois, des directives, des règlements ou des conventions internationales peuvent également être utilisés comme des points de repère. Dans le cas de l'Indice Nature norvégien, le point de référence proposé a été approuvé par la société comme étalon de l'indice et fait maintenant partie de l'*« ensemble officiel d'indicateurs norvégiens du développement durable, présenté dans le rapport annuel sur les indicateurs de développement durable par l'institut norvégien de statistiques et par le ministère des Finances dans le budget national »*. En outre, *« il fera l'objet de discussions, en collaboration avec l'institut norvégien de statistiques, pour déterminer comment les résultats de l'indice de nature peuvent être utilisés et intégrés dans la comptabilité écosystémique expérimentale et dans d'autres méthodes pour compléter les comptes nationaux dans le domaine de la biodiversité et des écosystèmes »*.

7.21 Il existe diverses façons de combiner les données de surveillance et l'expertise avec un point de référence choisi pour évaluer le changement de la biodiversité. Le format du ou des indicateur(s) doit être distingué des ensembles de données et du traitement qui leur est réservé. Pour effectuer le diagnostic prévu dans la comptabilité, différents formats d'indicateurs peuvent convenir, mais toutes les méthodologies ne sont pas recevables pour évaluer la santé de l'écosystème.

7.22 *« L'indice Planète vivante reflète les changements de l'état de la biodiversité de la planète en utilisant les tendances en matière de taille de la population des espèces vertébrées dans différents biomes et régions pour calculer les variations moyennes d'abondance au fil du temps. Il inclut des données provenant de plus de*

¹⁷¹ G. Certain et O. Skarpaas, 2010. *Nature Index: General framework, statistical method and data collection for Norway* (« Indice de nature : cadre général, méthode statistique et collecte de données en Norvège »). Rapport NINA 542. 47 pages http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaLES/egm/NINA542_bk.pdf (consulté le 14 juillet 2104).

9 000 systèmes de surveillance de la faune sauvage recueillies à l'aide de méthodes très variées, allant du comptage individuel d'animaux au piégeage photographique, en passant par des études de sites de nidification et de traces d'animaux ».¹⁷² L'indice de référence reflète la situation en 1970 et l'indice a été mis à jour pour l'année 2008 dans le rapport de 2012. On peut dire qu'il s'agit d'une approche axée sur la comptabilité d'exercice, sans aucune référence à un état de nature originelle. Les estimations de l'indice Planète vivante (IPV, en anglais LPI), basées sur des données éparses, ont une portée globale et peuvent être décomposées en grandes régions, mais elles ne correspondent pas à l'échelle nécessaire pour la comptabilité écosystémique.

7.23 L'indice de biodiversité intacte (IBI, en anglais BII) (Scholes, 2005)¹⁷³ est un indicateur global adapté aux besoins des décideurs politiques. Cet indicateur met en relation des données sur l'utilisation des terres et des évaluations d'experts sur la façon dont cela influe sur les densités de population de groupes taxonomiques bien étudiés afin d'estimer la taille des populations actuelles au regard de l'époque pré-moderne. Il prend en compte la dégradation des habitats due à l'utilisation des terres pour pondérer les indicateurs de diversité théorique des espèces. Le format de l'IBI est souvent utilisé (ou cité) dans plusieurs méthodologies car on considère qu'il résume bien le rapport entre la stabilité et le changement. Le but principal des estimations de l'IBI était d'encourager, à l'aide d'indicateurs, la réalisation de l'objectif fixé par la CBD : enrayer la perte de biodiversité d'ici 2010. Son calcul étant basé sur la dégradation réelle des habitats par l'utilisation des terres, il peut être intégré dans les comptes de l'écosystème en tant que moyen de pondérer les données sur les changements d'occupation/utilisation du sol avec un facteur de biodiversité.

7.24 En Australie, le modèle d'Accounting for Nature (« Une comptabilité pour la nature ») développé et mis en œuvre par le Wentworth Group of Concerned Scientists se réfère à la « distance à l'état de référence ». « *Les indicateurs de l'état de l'environnement basés sur des points de référence de cet état sont propices à la comptabilité statistique car ils créent une unité numérique standardisée permettant des opérations d'addition et des comparaisons. Ils permettent d'évaluer l'état des actifs environnementaux et de faire des comparaisons entre régions et entre actifs ainsi que de généraliser et agréger les données sur de multiples échelles spatiales. L'état de référence est une estimation scientifique de l'état naturel ou du potentiel d'un écosystème en l'absence d'altérations importantes induites par l'homme à l'ère postindustrielle. Cela permet de décrire chaque actif environnemental par rapport à son état non dégradé « de référence », à l'aide d'un indice compris entre 0 et 100* »¹⁷⁴.

7.25 La vision de l'état de référence adoptée par l'indice de nature norvégien est un exemple intéressant de combinaison de données et de connaissances d'experts. « *L'utilisation de l'état de référence dans le cadre de l'indice de nature (NI) répond à une nécessité à la fois théorique et pragmatique, dans le sens où cela définit le contexte dans lequel chaque valeur observée de l'indicateur sera interprétée et permet d'exprimer toutes les valeurs observées de l'indicateur sur une échelle comparable.*

7.26 « *Un état de référence est défini comme suit : « L'état de référence de chaque indicateur de biodiversité est censé refléter un état écologiquement durable de cet indicateur. La valeur de référence, c'est-à-dire la valeur numérique de l'indicateur dans l'état de référence, est une valeur qui minimise la probabilité*

¹⁷² Rapport Planète Vivante 2012, WWF, ZSL et GFN, http://awsassets.panda.org/downloads/1_lpr_2012_online_full_size_single_pages_final_120516.pdf (consulté le 14 juillet 2014).

¹⁷³ R.J. Scholes et R. Biggs, 2005. A biodiversity intactness index (« Un indice d'intégrité de la biodiversité »), NATURE. Vol. 434. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC126262/> (consulté le 14 juillet 2014).

¹⁷⁴ P. Cosier et C. Sbrocchi, 2013. Accounting for Nature: A Common Currency for Measuring the Condition of Our Environment (« Comptabilité de la nature : une monnaie commune pour mesurer l'état de notre environnement »), Auckland, Nouvelle-Zélande

d'extinction de cet indicateur (ou des espèces/communautés à laquelle il est lié), maximise la biodiversité de l'habitat naturel auquel il est lié, ou du moins ne menace pas la biodiversité dans celui-ci ou dans tout autre habitat.

7.27 « *En pratique, la valeur de l'indicateur à un état de référence est utilisée pour situer la valeur observée de chaque indicateur sur une échelle permettant de comparer directement toutes les valeurs de l'indicateur entre elles. La valeur de référence doit être estimée par chaque expert en charge d'un indicateur. Tous les indicateurs n'ont pas forcément le même état de référence, qui peut être défini séparément pour chaque indicateur en fonction de l'état actuel des connaissances de chacun des indicateurs et des écosystèmes. Il est impératif que l'état de référence choisi par l'expert ne s'écarte pas trop de la définition ci-dessus, qu'il corresponde à des hypothèses et des postulats bien formulés afin d'être maniable, et qu'il vise une biodiversité élevée. En pratique, il existe plusieurs moyens de calculer cette valeur de référence. Pour faciliter l'estimation de ces valeurs de référence par les experts, nous avons fourni quelques exemples* » (encadré 7.04).

Encadré 7.04 Définition d'états de référence dans le cadre de l'indice de nature norvégien

Table 2. Examples of practical definitions that can be used to estimate the reference value.

Name	Description
<i>Carrying capacity</i>	A theoretical value for a population number or density for example, according to the natural limit of a population set by resources in a particular environment. .
<i>Precautionary level</i>	Recommendations provided by scientific and independent group of reflexion. Refers to a value below which the indicator, and therefore the major habitat to which it is related, is endangered
<i>Pristine or near-pristine nature</i>	An estimated value that refers to pristine, untouched or low impacted natural system
<i>Knowledge on past situation</i>	An estimated value derived from a known past situation, when the indicator was in good condition, and a situation that is always ecological relevant today
<i>Traditionally-managed habitat</i>	A value observed under traditionally managed habitat, such as extensive, biological agriculture
<i>Maximum sustainable value</i>	A value below which no detrimental effects are observed for the major habitat to which the indicator is related.
<i>Best theoretical value of indexes</i>	If the indicator refers to an already developed index, such as a biodiversity index, its best (the value corresponding to the "best" state in term of biodiversity) expected value depending on the location and the major habitat
<i>Amplitude of fluctuations observed in the past (for cycling of fluctuating species)</i>	For fluctuating populations (typically rodents or small pelagic fishes): the amplitude of fluctuations over a given temporal windows that is observed in natural or low impacted conditions (specific case for pristine or past knowledge)

Source : Certain et Skarpaas. 2010. *Nature Index, General framework, statistical method and data collection for Norway* (« Indice de nature, cadre général, méthode statistique et collecte de données en Norvège »), op. cit.

7.28 L'indice d'abondance moyenne des espèces (AME, en anglais MSA), utilisé notamment dans l'étude TEEB, est un autre indicateur qui fait appel à une référence historique : « *L'AME est un indicateur de naturalité ou d'intégrité de la biodiversité. Il est défini comme l'abondance moyenne des espèces d'origine par rapport à leur abondance dans des écosystèmes non perturbés. Une zone avec une AME de 100 % est une zone dont la biodiversité est similaire à celle de l'état naturel. Une AME de 0 % signifie que l'écosystème en question est complètement détruit et qu'aucune espèce d'origine n'y existe plus* »¹⁷⁵. Le modèle GLOBIO est utilisé pour calculer la perte de biodiversité. « *Afin d'éviter les problèmes de données sur la biodiversité, une*

¹⁷⁵ <http://www.globio.info/what-is-globio/how-it-works/impact-on-biodiversity> (consulté le 18 août 2014).

version de l'indice du capital naturel (ICN, en anglais NCI) basée sur la pression a été développée au niveau européen et mondial en estimant plusieurs facteurs (ou pressions) pour obtenir une mesure brute de la qualité de l'écosystème. Ces liens entre les pressions et l'abondance des espèces reposent sur une analyse documentaire approfondie. Initialement appelé « ICN basé sur la pression », cet indicateur a été renommé « indice d'abondance moyenne des espèces » (AME). Ainsi, la principale différence entre l'ICN et l'AME est que l'ICN repose essentiellement sur des observations réelles dans une zone d'étude, tandis que l'AME fait appel aux liens entre les pressions et les impacts sur l'abondance des espèces. L'AME peut être calculée à l'aide du modèle GLOBIO »¹⁷⁶.

7.29 Comme c'est le cas dans d'autres méthodes, les calculs de l'AME/ ICN reposent au départ sur une référence historique basée sur les aires de distribution des espèces. Néanmoins, contrairement à d'autres méthodes, l'AME/ICN n'utilise pas de données de surveillance des espèces ou des habitats mais recourt à un modèle pour faire l'estimations de la perte de biodiversité en fonction des effets présumés des pressions, en comparant surtout les données d'utilisation des terres à un état naturel ou non perturbé théorique. Dans les comptes du capital de l'écosystème, les données sur la biodiversité des espèces ont pour but d'enrichir l'évaluation de l'intégrité de l'infrastructure écosystémique effectuée à partir de données géographiques sur l'occupation et l'utilisation des terres. Il n'existe pas de relation directe entre la diversité des espèces et l'intégrité de l'infrastructure écosystémique en raison de problèmes de temps et d'échelle, de dynamiques et d'effets de seuil. Les tendances en matière de biodiversité donnent des signes avant-coureurs de la dégradation de l'écosystème, c'est pourquoi la comptabilité écosystémique doit inclure un indice basé sur des données de surveillance réelle, ce qui n'est pas le cas avec l'AME/ICN.

À propos des données sur la biodiversité

7.30 Les indicateurs de changement de biodiversité utilisés dans la comptabilité écosystémique doivent être fondés sur des données de surveillance. Ces données sont relativement abondantes et sous-exploitées. Cependant, elles ne se présentent généralement pas dans un format adapté pour être directement incluses dans le tableau principal à la base des comptes. Les données brutes doivent être traitées avec des méthodes géostatistiques.

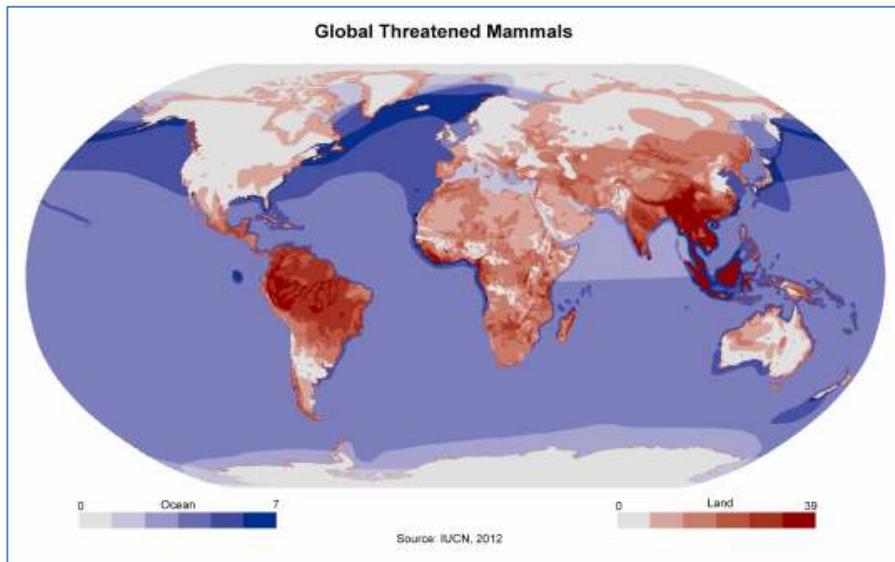
7.31 D'importantes bases de données sur les habitats, les espèces et les gènes ont été développées au niveau national et régional. Elles sont le fruit d'efforts communs d'organismes gouvernementaux, de musées d'histoire naturelle, d'universités et d'ONG, réunissant des scientifiques professionnels et des amateurs. L'Internet a permis la centralisation systématique d'observations individuelles et le recueil participatif de données (crowdsourcing) sur la biodiversité est très répandu. Pour cette raison, il est impossible de citer toutes les sources de données. Cependant, deux exemples de sources de données, le Système mondial d'information sur la biodiversité (GBIF) et l'IUCN, sont utilisés ci-dessous pour illustrer la problématique des données.

Utilisation des données de l'IUCN

7.32 La Liste rouge des espèces menacées de l'IUCN™ est largement reconnue comme l'approche mondiale la plus complète et la plus objective pour évaluer l'état de conservation des espèces végétales et animales. Sur son site Internet, l'IUCN diffuse des ensembles de données géographiques importantes concernant un grand nombre d'espèces.

¹⁷⁶ <http://www.pbl.nl/en/dossiers/biodiversity/faqs#vraag7> (consulté le 18 août 2014).

Figure 7.01 Exemple d'un ensemble de données géographiques téléchargeable sur le site de l'IUCN



Source : IUCN, Spatial Data Download
<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/spatial-data> (consulté le 14 juillet 2014)

7.33 Les données sur les oiseaux sont recueillies et diffusées par l'organisation partenaire de l'IUCN, BirdLife International¹⁷⁷.

7.34 Bien que les Listes rouges soient un échantillon non représentatif de la biodiversité totale, elles pourraient être utilisées par défaut ou conjointement avec d'autres indicateurs, partant de l'hypothèse les experts ont accordé la priorité à ces espèces en raison des grandes préoccupations qui pèsent sur elles. Le niveau de menace peut être utilisé comme une première indication de la dégradation ou de la stabilité de l'écosystème.

7.35 L'IUCN fournit également des tableaux répertoriant les changements de statut qui donnent une meilleure idée des tendances, tout en mettant en garde contre une utilisation naïve de ces informations.¹⁷⁸ Le changement peut s'expliquer par de « *fausses raisons* », ce qui est par exemple le cas lorsque de nouvelles informations ont été recueillies depuis l'évaluation précédente ou lors de révisions taxonomiques qui entraînent des divisions ou des regroupements qui modifient les catégories ou la taille des populations, ou bien par de « *véritables raisons* » telles que la disparition de la menace ou les effets des mesures de conservation qui améliorent le statut ou à l'inverse, le maintien ou l'augmentation des menaces existantes ou l'apparition de nouvelles menaces.

7.36 En raison de l'importance de la base de données de l'IUCN, des méthodes ont été développées pour calculer un indice de la Liste rouge pour suivre les tendances futures en matière de risque général d'extinction de différents ensembles d'espèces. Des améliorations en cours visent à éliminer les distorsions dues à la fréquence inégale des évaluations et aux espèces évaluées depuis peu, afin de

¹⁷⁷ <http://www.birdlife.org/datazone/info/spcdownload> (consulté le 14 juillet 2014)

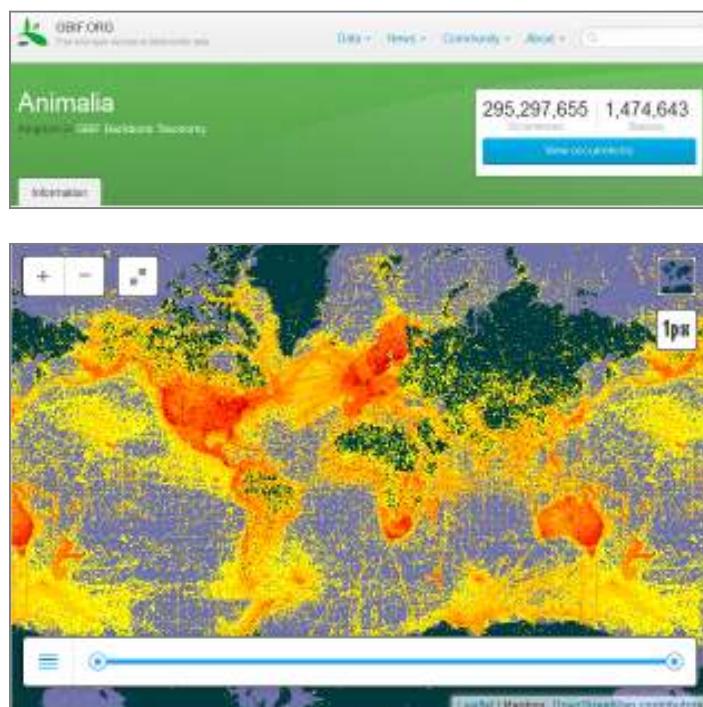
¹⁷⁸ <http://www.iucnredlist.org/about/overview> (consulté le 14 juillet 2014).

déterminer un niveau de risque général d'extinction et des tendances dans le temps¹⁷⁹. Une fois ces améliorations nécessaires effectuées, la base de données de l'IUCN pourra être utilisée dans la production des comptes de l'écosystème.

Utilisation des données du GBIF

7.37 « *Le Centre mondial d'information sur la biodiversité (CMIB, en anglais GBIF) est une infrastructure internationale de données ouvertes financée par les gouvernements. Il permet à toute personne, où qu'elle se trouve, d'accéder à des données sur toutes les formes de vie sur Terre, partagées par Internet au-delà des frontières nationales. En encourageant et en aidant les institutions à publier des données répondant à des normes communes, le GBIF permet de faire des recherches qui n'étaient pas possibles auparavant et de prendre de meilleures décisions en faveur de la conservation et de l'utilisation durable des ressources biologiques de la planète. Le GBIF fonctionne grâce à un réseau de points nodaux en coordonnant les systèmes d'information sur la biodiversité appartenant aux organisations et aux pays participants, en collaborant avec eux et avec le secrétariat pour partager compétences, expériences et moyens techniques* ».¹⁸⁰ La carte de la figure 7.02 montre la répartition des observations d'espèces animales sur toute la planète.

Figure 7.02 Observations d'animaux accessibles via le GBIF



Source : <http://www.gbif.org/> (consulté le 14 juillet 2014).

¹⁷⁹ S.H. Butchart, H. Resit Akçakaya, J. Chanson *et al.* 2007. *Improvements to the Red List Index* (« Améliorations apportées à l'indice de la Liste Rouge »). PLoS ONE 2 (1) : e140.

<http://www.plosone.org/article/fetchObject.action?uri=info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0000140&representation=PDF> (consulté le 14 juillet 2014).

¹⁸⁰ <http://www.gbif.org/> (consulté le 14 juillet 2014).

7.38 En utilisant ce type de données, il faut garder à l'esprit deux problèmes spécifiques. Premièrement, les données sur les espèces proviennent d'observations ponctuelles. La carte à très petite échelle de la figure 7.02 amplifie les points jusqu'à des pixels d'environ 10 km x 10 km. Sur une échelle plus grande, on s'aperçoit que ces points peuvent être très dispersés (figure 7.03).

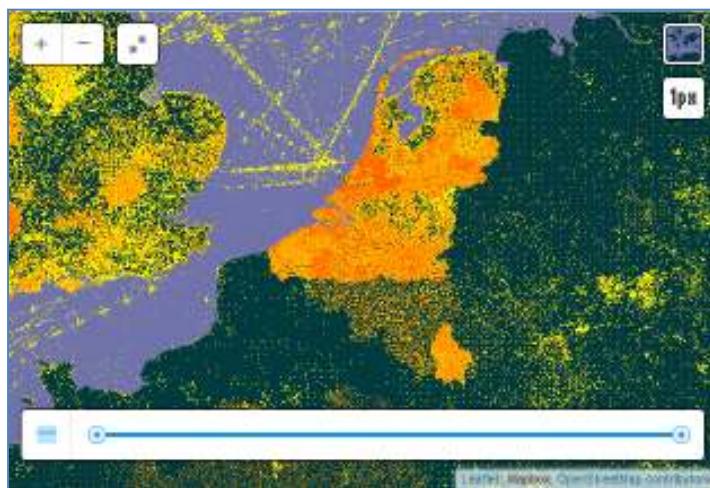
Figure 7.03 Zoom sur la vue d'ensemble de données sur les espèces animales du GBIF (Afrique centrale)



Source : <http://www.gbif.org/> (consulté le 14 juillet 2014).

7.39 Le deuxième problème est la densité inégale des observations d'un pays ou d'une région à l'autre, qui est liée à la densité d'observateurs. Ce problème est illustré par la figure 7.04.

Figure 7.04 Densité des données répertoriées par le GBIF concernant les plantes en Europe du nord-ouest



Source : <http://www.gbif.org/> (consulté le 14 juillet 2014).

7.40 Un examen des données sur les espèces montre que des données existent bien et que les données brutes doivent être analysées et traitées avec soin. L'objectif étant d'évaluer la santé des écosystèmes décrits en tant qu'entités spatiales cartographiées avec des grilles ou en tant qu'objets (UPSE, UMC,USR ou BH, etc...), la généralisation des données ponctuelles sur les espèces doit être faite en fonction d'éléments spatiaux. C'est ce qui se fait par exemple dans la modélisation des niches écologiques (paragr. 7.44 et 7.45), qui associe des données historiques et des données sur des espèces surveillées depuis peu avec des cartes basées sur des observations et des probabilités d'habitats appropriés. Une tentative similaire a été faite à l'AEE pour redistribuer les données sur les espèces recueillies dans une grille grossière pour les rapports prévus par l'article 17 de la directive européenne « Habitats » par zones de répartition probables, cartographiées avec une grille comptable standard de 1 km x 1 km.

7.41 En faisant ce type analyse écologique et spatiale et en ré-échantillonnant des données d'entrée brutes provenant de sources variées, il est important de se rappeler que ce n'est pas le nombre d'espèces qui compte le plus, mais le changement sur une période donnée. Il ne faut pas exclure la possibilité d'utiliser les données sur les espèces menacées (Listes rouges de l'IUCN, reporting « article 17 » de la Directive Habitats de l'UE) à cause de leur partialité intrinsèque évidente car des sources couvrent les espèces les mieux surveillées et parce que leur lien avec l'écosystème est facile à comprendre. En raison du grand nombre de formats de données et de données potentiellement disponibles, il est impossible de définir des règles de calcul précises ; cependant, certains principes peuvent être établis.

7.42 La correspondance entre les espèces et les cartes doit être considérée à deux échelles différentes. À très petite échelle ou à l'échelle d'un site, une correspondance exacte peut être trouvée. Les tableaux de référence qui recoupent les espèces et les habitats sont basés sur ces informations. Il n'en va pas de même à l'échelle du paysage car les classifications de couverture des terres correspondent très mal à celles de l'habitat et, plus important encore, en raison de la différence d'échelle qui implique que les unités de couverture des terres sont rarement homogènes à 100 % et peuvent abriter de nombreux micro-habitats. L'autre problème est que les espèces utilisent très souvent plusieurs types de couverture des terres. Par conséquent, plutôt que d'utiliser les cartes basiques de couverture des terres aux limites nettes ou aux pixels homogènes, il peut être plus efficace d'adopter une approche plus probabiliste de la répartition des paysages.

7.43 Une approche possible repose sur les méthodes dites de lissage de la couverture des terres (lissage gaussien, filtrage ou floutage) évoquées dans le chapitre 3. Ces opérations permettent de définir les types de couverture des terres dominante (TCTD, en anglais DLCT) et, lorsque le relief est intégré dans la définition, les types de paysage dominants (TPD, en anglais DLT). Les TCTD et les DLT peuvent être ajustés ou affinés pour tenir compte de la correspondance théorique des espèces avec les habitats. Par exemple, l'Agence européenne pour l'environnement utilise deux seuils de TCTD. Le premier, utilisé pour TCTD51, correspond à des valeurs lissées à plus de 50 %, auquel cas un seul type de couverture des terres dominant est enregistré pour chaque cellule de 1 km². Il est important de noter qu'il ne s'agit pas d'une comptabilisation binaire car la valeur des densités utilisées pour la sélection de la classe dominante peuvent être enregistrées sous forme d'attributs (de 51 à 100). Le second seuil utilisé est celui dit du TCTD34, qui correspond à des valeurs lissées > à 34 %, auquel cas la cellule peut être classée comme ayant un seul type ou une combinaison de deux types de couverture des terres. Cette description floue des propriétés des paysages va dans le sens d'une corrélation moins précise, mais elle est plus réaliste compte tenu de la densité des données d'entrée sur les espèces.

7.44 La modélisation des niches écologiques (NME, en anglais ENM)¹⁸¹, également appelée « modélisation de la distribution des espèces », est une méthode avancée permettant d'extrapoler des données

¹⁸¹ D. Stockwell, 2006. *Niche modeling — what is it?* ([« La modélisation des niches - qu'est ce que c'est ? »](#)) <http://landscape.org/enm/niche-modeling-what-is-it-2/> (consulté le 14 juillet 2014).

ponctuelles et de les étendre à des zones pouvant être utilisées en tant que données de base dans la comptabilité écosystémique. Une niche écologique peut être définie comme la conjonction de conditions écologiques dans lesquelles les populations d'une espèce peuvent se maintenir sans immigration (Grinnell, 1917). Plus précisément, les modèles « *font correspondre les caractéristiques écologiques des lieux d'occurrence connus à celles de lieux choisis au hasard dans le reste de la région étudiée, élaborant une série de règles de décision qui résument le mieux les facteurs associés à la présence de l'espèce* » (Peterson, 2002¹⁸²). Parmi les modèles couramment utilisés¹⁸³ figurent les modèles GARP¹⁸⁴, Maxent¹⁸⁵, openModeller¹⁸⁶, DIVA-GIS¹⁸⁷ et Biomapper¹⁸⁸.

7.45 Les modèles et les méthodes de modélisation des niches écologiques sont utilisés pour la planification de programmes de conservation de la nature, les réintroductions d'espèces et l'évaluation des effets potentiels du changement climatique sur la biodiversité. Les données utilisées se réfèrent à des espaces géographiques et environnementaux. Ces modèles prennent en compte des facteurs climatiques et le relief qui limitent le développement d'une espèce donnée ainsi que d'autres variables observables telles que l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) provenant d'images satellite. Toutes ces données sont utilisées pour définir la probabilité de trouver une espèce dans une zone donnée, qui est comparée avec les données historiques, comme pour l'IBI, et avec les données récentes de surveillance de l'espèce. La méthode probabiliste et l'association de ces dimensions permettent d'éviter les problèmes liés au caractère incertain et statique des données historiques sur la distribution des espèces et les problèmes propres aux données de surveillance, notamment leur généralisation et leur caractère incomplet. Les modèles répondent notamment au problème de l'absence d'observations d'une espèce, qui peut signifier soit une absence réelle, soit une pseudo-absence de l'espèce en question. Pour la comptabilité écosystémique, l'ENM est une méthode intéressante qui peut être utilisée pour généraliser les données ponctuelles de surveillance des espèces. Des applications adéquates de l'ENM devraient être connectées avec les comptes de base de l'intégrité de l'infrastructure écosystémique.

7.2. LE CADRE COMPTABLE DE L'INTEGRITÉ ÉCOLOGIQUE ET DES SERVICES FONCTIONNELS DE L'ÉCOSYSTÈME

7.46 Dans le cadre de la CECN-TDR, l'infrastructure écosystémique est décrite à l'aide des concepts et données disponibles. Ceux-ci concernent les unités statistiques ainsi que les données de monitoring et les statistiques disponibles. Les unités statistiques utilisées dans la comptabilité écosystémique sont celles définies au chapitre 3. Elles comprennent les UC, les UCTE et les grilles utilisées dans l'assimilation et le calcul des données, ainsi que des unités de substitution telles que les unités administratives ou cadastrales

¹⁸² A. Townsend Peterson *et. al.* 2005. 2002-2005, *Ecological Niche Modeling as a New Paradigm for Large-Scale Investigations of Diversity and Distribution of Birds* (« Modélisation des niches écologiques comme nouveau paradigme pour des enquêtes à grande échelle sur la diversité et la distribution des oiseaux »), USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-191. http://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr191/psw_gtr191_1201-1204_peterson.pdf (consulté le 14 juillet 2014).

¹⁸³ A. Townsend Peterson *et. al.* 2011. *Ecological Niches and Geographic Distributions* (« Niches écologiques et distributions géographiques »). Monographs in population biology 49, Princeton University Press

¹⁸⁴ GARP : algorithme génétique pour produire un ensemble de règles (en anglais Genetic Algorithm for Rule-set Prediction) <http://www.nhm.ku.edu/desktopgarp/index.html> (consulté le 14 juillet 2014).

¹⁸⁵ J. Elith *et al.* 2011. *A statistical explanation of MaxEnt for ecologists* (« Une explication statistique de MaxEnt pour les écologistes »), *Diversity and Distribution*. Vol. 17, numéro 1 <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x/pdf> (consulté le 14 juillet 2014).

¹⁸⁶ <http://openmodeller.sourceforge.net/> (consulté le 14 juillet 2014).

¹⁸⁷ <http://www.diva-gis.org/> (consulté le 14 juillet 2014).

¹⁸⁸ <http://www2.unil.ch/biomapper/> Une présentation de la méthodologie par A.H. Hirzel (2006) est téléchargeable sur <http://www2.unil.ch/biomapper/Presentations.html> (consulté le 14 juillet 2014).

qui peuvent être utilisées pour collecter, analyser et synthétiser les données. Dans la trousse de démarrage rapide actuelle, la comptabilisation des comptes écosystémiques par unités administratives n'est pas traitée d'un point de vue analytique ; elles sont seulement considérées comme unités de présentation des rapports.

Encadré 7.04 Unités comptables écosystémiques

Unités de paysage socio-écologiques (UPSE) / type de couverture des terres dominant (CTD)							Unités de systèmes rivière (USR) / types d'unités de tronçons de cours d'eau homogènes (TCH)					Unités marines côtières écosystémiques (UMC)			Total des écosystèmes intérieurs et côtiers	Pleine mer	Atmosphère					
UR Zones urbaines / artificielles	LA Grande agriculture	AM Mosaïques agricoles	GR Prairies	FO Couverte forestière	NA Autre couverture des terres naturelle	ND Aucune couverture des terres dominante	Sous-total des paysages socio-écologiques					TCH1 Grands cours d'eau, drains principaux	TCH2 Cours d'eau moyens, principaux affluents	TCH3 Petits cours d'eau	TCH4 Ruisseaux, petites rivières	TCH5 Canaux	Sous-total des systèmes rivière	Total des écosystèmes intérieurs	MC_GR Herbes marins	MC_CR Réefs coralliens	MC_NC Autre	

7.47 Les UC utilisées dans le cadre de la comptabilité des services fonctionnels de l'infrastructure écosystémique sont les unités comptables continentales et marines côtières (UPSE et UMC) ainsi que les unités du système de rivières (USR). Les unités fonctionnelles primaires correspondantes sont respectivement les UCTE et les tronçons de cours d'eau homogènes (TCH). Les comptes de la couverture des terres et les UCTE sont traités au chapitre 4. Les UPSE sont classées par types dominants de couverture des terres ou de paysage (TCTD ou TPD). La mer qui s'étend au-delà des unités côtières et l'atmosphère ne sont pas comptabilisées dans les comptes des services fonctionnels de l'infrastructure écosystémique de la TDR.

7.48 À ce stade, il est important de se rappeler que les liens entre les écosystèmes et les services dépendent de l'échelle utilisée. Dans le cadre comptable simplifié, il y a une forte corrélation entre les services offerts par le biocarbone et les UCTE : les arbres se trouvent en majorité dans les forêts ou dans les zones de couverture des terres mixte, l'herbe dans les prairies, etc. Les services fonctionnels peuvent être corrélés avec les UCTE mais dans la plupart des cas, ils dépendent d'un groupe d'UCTE qui peuvent être décrits par des UPSE, des UMC ou des USR ou bien à l'échelle de bassins ou de sous-bassins versants.

Tableau 7.01 Comptes résumés des services fonctionnels de l'infrastructure écosystémique

Types d'unités comptables écosystémiques	Unités de paysage socio-écologiques (UPSE) / type de couverture des terres dominante (CTD)								Unités de systèmes riviers (USR) / types d'unités de tronçons de cours d'eau homogènes (TCH)	Unités marines côtières écosystémiques (UMC)	Total des écosystèmes intérieurs et côtiers	Prise en compte				
	UR	IA	AM	GR	FO	Eau et bétail	Autre couverture des terres	ND		TCH1	TCH2	TCH3	TCH4	TCH5	Mer/océan	Réefs/corailiers
I. Bilans de base																
I.1 Compte des stocks et flux de couverture des terres [km²]																
LC01 Zones urbaines et surfaces artificielles associées																
LC02 Terres agricoles herbacées homogènes																
LC03 Plantations agricoles, cultures permanentes																
LC04 Associations et mosaïques agricoles																
LC05 Associations, pâturages et prairies naturels																
LC06 Couverture forestière																
LC07 Couverture de végétation arbustive, brousse, landes...																
LC08 Zones de végétation clairsemée																
LC09 Associations et mosaïques de végétation naturelle																
LC10 Terres nues																
LC11 Neige et glaciers permanents																
LC12 Zones humides ouvertes																
LC13 Surfaces en eau intérieures																
LC14 Surfaces en eau littorales et intertidales																
- Mer (interface avec la terre)																
LC1 Stock d'ouverture de couverture des terres																
F_I1 Artificialisation																
F_I2 Extension de l'agriculture																
F_I3 Conversion et rotations internes																
F_I4 Changements dans les associations forestières																
F_I5 Restauration et création d'habitats																
F_I6 Changements dus à des causes naturelles et multiples																
F_I7 Autres changements des terres n.c.a. et réévaluation																
F_I If Formation de la couverture terrestre																
C_I1 Artificialisation																
C_I2 Extension de l'agriculture																
C_I3 Conversions et rotations internes																
C_I4 Gestion et altération des espaces forestiers																
C_I5 Restauration et création d'habitats																
C_I6 Changements dus à des causes naturelles et multiples																
C_I7 Autres changements des terres n.c.a. et réévaluation																
C_I If Consommation de la couverture terrestre																
LC01 Zones urbaines et surfaces artificielles associées																
LC02 Terres agricoles herbacées homogènes																
LC03 Plantations agricoles, cultures permanentes																
LC04 Associations et mosaïques agricoles																
LC05 Associations et mosaïques de végétation naturelle																
LC06 Prairies, pelouses et pâturages naturels																
LC07 Couverture forestière																
LC08 Zones de végétation clairsemée																
LC09 Associations et mosaïques de végétation naturelle																
LC10 Terres nues																
LC11 Neige et glaciers permanents																
LC12 Zones humides ouvertes																
LC13 Surfaces en eau intérieures																
LC14 Surfaces en eau littorales et intertidales																
- Mer (interface avec la terre)																
LC2 Stock de clôture de couverture des terres																
I.2 Compte de base du réseau hydrographique [en USMR]																
RS1 Stock d'ouverture de rivières																
RSF1 Changement dans la gestion de l'eau et à la gestion des rivières																
RSF2 Changements attribuables à des causes naturelles et inconnues																
RSF3 Changement net dans les stocks de base des rivières																
RS2 Stock final de rivières																
II. Potentiel de l'infrastructure écosystémique accessible																
LC1 Stock d'ouverture de couverture des terres en km²																
PEP_avg Indice composite de potentiel écosystémique des paysages (PEP/LEP), moyenne par km²																
PENP1 Potentiel écosystémique net des paysages = LC1 x PEP_avg																
RS1 Stock d'ouverture des rivières en unités standard de mesure des rivières (USMR)																
PER_dx Indice composite de potentiel écosystémique des rivières (PER/LEP), moyenne par km²																
PENR1 Potentiel écosystémique net des rivières (PER) par km²																
PER_avg Potentiel écosystémique des rivières (PER) par km²																
PERP1 Potentiel écosystémique des rivières dans le paysage = LC1 x PER_avg																
PTIE1 Stock d'ouverture du potentiel total de l'infrastructure écosystémique [PTIE] = PENP1+PERP1																
CH_PTIE Changement du potentiel total de l'infrastructure écosystémique = PTIE2 - PTIE1																
LC2 Stock de clôture de couverture des terres en km²																
PEP_avg Indice composite de potentiel écosystémique des paysages (PEP/LEP), moyenne par km²																
PENP2 Potentiel écosystémique net des paysages = LC2 x PEP_avg																
RS2 Stock final des rivières en unités standard de mesure des rivières (USMR)																
PERO1 Indice de force des écosystèmes des rivières																
PENR2 Potentiel écosystémique net des rivières = RS2 x PERO_idx																
PERP2 Potentiel écosystémique des rivières dans le paysage = LC2 x PER_avg																
PTIE2 Stock de clôture du potentiel total de l'infrastructure écosystémique [PTIE] = PENP2+PERP2																
III. Accès potentiel aux services fonctionnels de l'infrastructure écosystémique																
PTIE1 Stock d'ouverture du potentiel total de l'infrastructure écosystémique [PTIE] = PENP1+PERP1																
AIP1 Accès local de la population au PTIE = sqrt(PTIE1xAIP1)																
AIP2 Accès local de la population aux services de l'agro-écosystème = sqrt(AIP1xAIP2)																
AIP3 Accès local au PTIE pour la conservation de la Nature = sqrt(PTIE1xAIP3)																
AIP4 Accès aux services de régulation de l'eau dans le bassin versant = sqrt(AIP41xAIP42)																
AIP6 Accès régional au PTIE (tourisme) = sqrt(PTIE1xAIP53)																
AIP7 Accès global aux services de conservation de la nature = sqrt(PTIE1xAIP7)																
IV. Tableau des indices d'intensité d'utilisation et de santé de l'écosystème																
JU1 Intensité d'usage de l'infrastructure écosystémique = PTIE2/PTIE1																
EIH01 Modification de la diversité des espèces menacées																
EIH02 Modification de la population des espèces																
EIH03 Modification de l'état de santé des biotopes																
EIH04 Modification de l'indice de spécialisation des espèces																
EIH05 Autre indicateur																
EIH07 Indice composite de la diversité des espèces des rivières, valeur moyenne par UPSE																
EIH08 Indice de changement de qualité de l'eau des rivières, valeur moyenne par UPSE																
EIH09 Indice d'autres changements dans l'état de santé des rivières, valeur moyenne par UPSE																
ICES Indice composite du changement de l'état de santé de l'écosystème																
VUE1 Valeur unitaire écosystémique interne (chang) = AVG (JU1, ICES)																

7.2.1. Les comptes de base de la couverture des terres et des systèmes de rivières

7.49 Les comptes de la couverture des terres sont abordés au chapitre 4. La couverture des terres comprend toutes les zones intérieures ainsi que les systèmes marins dont le fond peut être cartographié, appelés « systèmes marins côtiers ». Dans le chapitre 4, les comptes de la couverture des terres sont présentés en UCTE et en UC (paragr. 7.47 et 4.78). Les unités de mesure étant différentes, deux tableaux secondaires sont établis : un pour les UC de surface (UPSE et UMC comptabilisées en km²), et un autre pour les UC linéaires (USR comptabilisées en unités standard de mesure des rivières - encadré 7.02).

Tableau comptable 7-I.1 Comptes de base de la couverture des terres (en km²)

Types d'unités comptables écosystémiques	Unités de paysage socio-écologiques (UPSE) / type de couverture des terres dominant (CTD)							Sous-total des paysages socio-écologiques	Unités marines côtières écosystémiques (UMC)	Total des écosystèmes intérieurs et côtiers			
	UR Zones urbaines / artificielles	LA Grande agriculture	AM Mosaïques agricoles	GR Prairies	FO Couverte forestière	NA Autre couverture des terres naturelle	ND Autre ouverture des terres dominante						
I. Bilans de base													
I.1 Compte des stocks et flux de couverture des terres [km²]													
LC01 Zones urbaines et surfaces artificielles associées													
LC02 Terres agricoles herbacées homogènes													
LC03 Plantations agricoles, cultures permanentes													
LC04 Associations et mosaïques agricoles													
LC05 Prairies, pelouses et pâturages naturels													
LC06 Couverture forestière													
LC07 Couverture de végétation arbustive, brousse, landes...													
LC08 Zones de végétation clairsemée													
LC09 Associations et mosaïques de végétation naturelle													
LC10 Terres nues													
LC11 Neige et glaciers permanents													
LC12 Zones humides ouvertes													
LC13 Surfaces en eau intérieures													
LC14 Surfaces en eau littorales et intertidales													
- Mer (interface avec la terre)													
LC1 Stock d'ouverture de couverture des terres													
F_If1 Artificialisation													
F_If2 Extension de l'agriculture													
F_If3 Conversions et rotations internes													
F_If4 Gestion et altération des espaces forestiers													
F_If5 Restauration et création d'habitats													
F_If6 Changements dus à des causes naturelles et multiples													
F_If7 Autres changements des terres n.c.a. et réévaluation													
F_If Formation de la couverture terrestre													
C_If1 Artificialisation													
C_If2 Extension de l'agriculture													
C_If3 Conversions et rotations internes													
C_If4 Gestion et altération des espaces forestiers													
C_If5 Restauration et création d'habitats													
C_If6 Changements dus à des causes naturelles et multiples													
C_If7 Autres changements des terres n.c.a. et réévaluation													
C_If Consommation de la couverture terrestre													
LC01 Zones urbaines et surfaces artificielles associées													
LC02 Terres agricoles herbacées homogènes													
LC03 Plantations agricoles, cultures permanentes													
LC04 Associations et mosaïques agricoles													
LC05 Prairies, pelouses et pâturages naturels													
LC06 Couverture forestière													
LC07 Couverture de végétation arbustive, brousse, landes...													
LC08 Zones de végétation clairsemée													
LC09 Associations et mosaïques de végétation naturelle													
LC10 Terres nues													
LC11 Neige et glaciers permanents													
LC12 Zones humides ouvertes													
LC13 Surfaces en eau intérieures													
LC14 Surfaces en eau littorales et intertidiales													
- Mer (interface avec la terre)													
LC2 Stock de clôture de couverture des terres													

7.50 Les tronçons de cours d'eau homogènes peuvent être regroupés par taille et/ou en fonction de leur position dans le graphe hiérarchique qui décrit rivières et cours d'eau, du ruisseau jusqu'à l'estuaire (classification de Strahler). Les tableaux de la TDR proposent de commencer par classifier les cours d'eau en un petit nombre de catégories (chapitre 2, paragr. 2.50 et figure 2.04 et chapitre 6, paragr. 6.28-6.29 et encadré 6.05) ; à titre d'exemple, sont présentées ici quatre catégories pour les rivières plus une pour les canaux :

- TCH1 Grandes rivières, drains principaux ;
- TCH2 Moyennes rivières, affluents principaux ;
- TCH3 Petites rivières ;
- TCH4 Ruisseaux, petits cours d'eau ;
- TCH5 Canaux.

Tableau comptable 7-I.2 Comptes de base des systèmes de rivières (en USMR)

Types d'unités comptables écosystémiques	Unités de systèmes rivières (USR) / types d'unités de tronçons de cours d'eau homogènes (TCH)					Sous-total des systèmes rivières
	TCH1 Grands cours d'eau, drains principaux	TCH2 Cours d'eau moyens, principaux affluents	TCH3 Petits cours d'eau	TCH4 Ruisseaux, petites rivières	TCH5 Canaux	
I.2 Comptes de base du réseau hydrographique [en USMR]						
RS1 Stock d'ouverture de rivières						
RSF11	<i>Changement dû à la consommation d'eau</i>					
RSF12	<i>Changement dû à la construction de barrages</i>					
RSF13	<i>Changement dû aux transferts d'eau entre bassins</i>					
RSF14	<i>Autres changements anthropogéniques</i>					
RSF1 Changement dû à l'utilisation de l'eau et à la gestion des rivières						
RSF21	<i>Processus de sédimentation/érosion</i>					
RSF22	<i>Causes climatiques</i>					
RSF23	<i>Autres changements attribuables à des causes naturelles et inconnues</i>					
RSF2 Changements attribuables à des causes naturelles et inconnues						
RSF3 Changement net dans les stocks de base des rivières						
RS2 Stock final de rivières						

7.51 À ce stade, les variations des stocks rivières sont présentées à titre indicatif. Ces variations incluent les changements attribuables à l'utilisation de l'eau et à la gestion de la rivière, ainsi que les changements dus à des causes naturelles. Les changements anthropiques incluent les conséquences de la consommation d'eau, en particulier pour l'irrigation, et l'évapotranspiration induite, les conséquences de la construction de barrages sur le régime de la rivière ainsi que les transferts d'eau entre bassins. Les changements naturels peuvent être dus aux processus d'érosion/sédimentation et au climat.

7.52 Les stocks systèmes de rivières et leurs changements sont mesurés en unités standard de mesure des rivières (USMR, encadré 7.02).

7.53 Le calcul des USMR nécessite une base de données des rivières classées par catégories avec leurs longueurs ainsi que la mesure ou l'estimation du débit de chaque bief ou tronçon de cours d'eau. Cela est possible mais implique l'accès à suffisamment de données de surveillance du débit des cours d'eau. Si ces données existent et ont été recueillies pour les comptes de la ressource écosystémique en eau, le calcul des USMR n'est qu'une étape supplémentaire. Si ces données de surveillance ne sont pas facilement accessibles, une méthode alternative peut être utilisée en appliquant la logique utilisée dans les comptes de la ressource en eau écosystémique pour estimer l'écoulement d'une rivière par sous-bassins versants (encadré 6.04). Dans ce cas, les valeurs seront d'ordre statistique, classées par types de tronçons de cours d'eau homogènes (paragr. 7.49).

7.54 Dans le tableau comptable 7-I.2, seules les quantités d'USMR sont comptabilisées ; la longueur des rivières fait partie des informations de fond utilisées pour calculer les quantités d'USMR et mesurer les écotones des rivières. L'écoulement des rivières est traité dans le compte de la ressource écosystémique en eau. Dans le tableau comptable 7-II présentant les ressources accessibles, les USMR seront assorties

d'un ensemble d'indicateurs permettant de calculer un potentiel des rivières de la même manière que pour les terres.

7.2.2. Tableau comptable 7-II : Potentiel accessible de l'infrastructure écosystémique

7.55 Le potentiel accessible de l'infrastructure écosystémique combine des ensembles de données géographiques complètes pour évaluer la capacité de base des écosystèmes à fournir des services fonctionnels. Cela se fait de manière macroscopique, en examinant des éléments distinctifs de l'écosystème. Le nombre d'ensembles de données utilisées est limité en raison de leur disponibilité et parce que des combinaisons trop complexes de plusieurs couches rendraient l'indicateur plus difficilement compréhensible. Le potentiel de l'infrastructure écosystémique est un concept flou utile pour la comparaison spatiale des écosystèmes et pour le suivi dans le temps de la dégradation ou de l'amélioration. Il n'y a pas de formule unique pour calculer cet indicateur, mais certains principes peuvent être retenus pour la TDR. En fonction des données disponibles, de l'état des écosystèmes et de test de sensibilité, l'indicateur peut être affiné et certains coefficients ajustés.

Tableau comptable 7-II : Potentiel accessible de l'infrastructure écosystémique

Types d'unités comptables écosystémiques	Unités de paysage socio-écologiques (UPSE) / type de couverture des terres dominant (CTD)							Sous-total des paysages socio-écologiques	Unités de systèmes rivière (USR) / types d'unités de tronçons de cours d'eau homogènes (TCH)					Sous-total des systèmes rivières	Unités marines côtières écosystémiques (UMC)			Total des écosystèmes intérieurs et côtiers
	UR Zone humide / des plaines / des îles	LA Grande culture	AM Mosaïque agricole	GE Prairies	FO Gouffre / forêt	NA Autre couverture des terres naturelle	ND Autre couverture des terres dominante		TCH1 Grands cours d'eau, cours d'eau principaux	TCH2 Cours d'eau moyens, cours d'eau secondaires	TCH3 Ruisseaux et cours d'eau très courts	TCH4 Ruisseaux et cours d'eau très courts	TCH5 Cours d'eau		Total des écosystèmes intérieurs	Herbiers marins	Reefs coralliens	MC_GR MC_CR MC_NC
II. Potentiel de l'infrastructure écosystémique accessible																		
L1 Stock d'ouverture de couverture des terres en km ²																		
PER01	Indice de fond du paysage vert (IPV/GBU) (moyenne par km ²)																	
PER02	Indice de haute valeur naturelle paysagère (moyenne par km ²)																	
PER03	Indice de fragmentation des rivières (obstacles par km ²)																	
PER04	Indice d'écotones verts du paysage (moyenne par km ²)																	
PER05	Autre indice de potentiel écosystémique des paysages (PEP) (moyenne par km ²)																	
PEP_avg	Indice composite de potentiel écosystémique des paysages (PEP/LEP), moyenne par km²																	
PENP1	Potentiel écosystémique net des paysages = L1 x PEP_avg																	
RS1 Stock d'ouverture des rivières en unités standard de mesure des rivières (USMR)																		
PER01	Indice de fond des écosystèmes des rivières																	
PER02	Indice de haute valeur naturelle des rivières																	
PER03	Indice de fragmentation des rivières (obstacles par km ²)																	
PER04	Indice d'écotones verts des rivières (moyenne par km ²)																	
PER05	Autre indice du potentiel écosystémique des rivières (PER) (PER/LEP) (moyenne par km ²)																	
PER_idx	Indice composite du potentiel écosystémique des rivières (PER_idx)																	
PENR1	Potentiel écosystémique net des rivières = RS1 x PER_idx																	
PER_avg	Potentiel écosystémique des rivières net moyen (PER) par km²																	
PERP1	Potentiel écosystémique des rivières dans le paysage = L1 x PER_avg																	
PTIE1	Stock d'ouverture du potentiel total de l'infrastructure écosystémique [PTIE] = PENP1+PERP1																	
CH_PTE1																		
CH_PTE11	Artificialisation																	
CH_PTE12	Extension de l'agriculture																	
CH_PTE13	Construction et renouvellement urbain																	
CH_PTE14	Gestion et aménagement des espaces libres																	
CH_PTE15	Restauration et création d'habitats																	
CH_PTE16	Changements dus à des causes naturelles et multiples																	
CH_PTE17	Autres changements des terres n.c.o. et réévaluation																	
CH_PTE18	Changement attribuable à l'utilisation du sol																	
CH_PTE19	Changement attribuable à la fragmentation																	
CH_PTE20	Changement attribuable aux écotones																	
CH_PTE21	Changement attribuable aux rivières																	
CH_PTE22	Changement attribuable à d'autres causes																	
CH_PTIE1	Changement du potentiel total de l'infrastructure écosystémique [PTIE1] = PENP1+PERP1																	
L2 Stock de clôture de couverture des terres en km ²																		
PER01	Indice de fond du paysage vert (IPV/GBU) (moyenne par km ²)																	
PER02	Indice de haute valeur naturelle paysagère (moyenne par km ²)																	
PER03	Indice de fragmentation des rivières (obstacles par km ²)																	
PER04	Indice d'écotones verts du paysage (moyenne par km ²)																	
PER05	Autre indice de potentiel écosystémique des paysages (PEP) (moyenne par km ²)																	
PEP_avg	Indice composite de potentiel écosystémique des paysages (PEP/LEP), moyenne par km²																	
PENP2	Potentiel écosystémique net des paysages = L2 x PEP_avg																	
RS2	Stock final des rivières en unités standard de mesure des rivières (USMR)																	
PER01	Indice de fond des écosystèmes des rivières																	
PER02	Indice de haute valeur naturelle des rivières																	
PER03	Indice de fragmentation des rivières (obstacles par km ²)																	
PER04	Indice d'écotones verts des rivières																	
PER05	Autre indice du potentiel écosystémique des rivières (PER) (PER/LEP) (moyenne par km ²)																	
PER_idx	Indice composite du potentiel écosystémique des rivières (PER_idx)																	
PENR2	Potentiel écosystémique net des rivières = RS2 x PER_idx																	
PER_avg	Potentiel écosystémique des rivières net moyen (PER) par km²																	
PERP2	Potentiel écosystémique des rivières dans le paysage = L2 x PER_avg																	
PTIE2	Stock de clôture du potentiel total de l'infrastructure écosystémique [PTIE] = PENP2+PERP2																	

7.56 Le tableau comptable 7-II sur le potentiel accessible de l'infrastructure écosystémique calcule le potentiel des écosystèmes décrits en unités de surface (par exemple en km²) et des rivières décrites en USMR. Les indicateurs PENP et NPER sont calculés séparément mais en suivant des principes similaires. Lors d'une étape supplémentaire, les valeurs du NPER sont recalculées sous forme de moyennes par UPSE et multipliées par leur surface pour déterminer le potentiel écosystémique des rivières dans le paysage

(PEPR). Le PENP et PEPR sont cumulatifs et peuvent être combinés pour calculer le potentiel total de l'infrastructure écosystémique (PTIE).

Encadré 7.06 Détail du calcul du potentiel écosystémique net des paysages (PENP) et du potentiel écosystémique net des rivières (NPER)

II. Potentiel de l'infrastructure écosystémique accessible	
LC1	Stock d'ouverture de couverture des terres en km ²
PEP_avg	<i>Indice composite de potentiel écosystémique des paysages (PEP/LEP), moyenne par km²</i>
PENP1	Potentiel écosystémique net des paysages = LC1 x PEP_avg
RS1	Stock d'ouverture des rivières en unités standard de mesure des rivières (USMR)
PER_idx	<i>Indice composite du potentiel écosystémique des rivières (PER)</i>
PENR1	Potentiel écosystémique net des rivières = RS1 x PER_idx
PER_avg	<i>Potentiel écosystémique des rivières net moyen (PER) par km²</i>
PERP1	Potentiel écosystémique des rivières dans le paysage = LC1 x PER_avg
PTIE1	Stock d'ouverture du potentiel total de l'infrastructure écosystémique [PTIE] = PENP1+PERP1
CH_PTIE1	Changement attribuable à l'utilisation du sol
CH_PTIE2	Changement attribuable à la fragmentation
CH_PTIE3	Changement attribuable aux écotones
CH_PTIE4	Changement attribuable aux rivières
CH_TEIP5	Changement du potentiel de l'infrastructure écologique attribuable à d'autres raisons
CH_PTIE	Changement du potentiel total de l'infrastructure écosystémique = PTIE2 - PTIE1
LC2	Stock de clôture de couverture des terres in km ²
PEP_avg	<i>Indice composite de potentiel écosystémique des paysages (PEP/LEP), moyenne par km²</i>
PENP2	Potentiel écosystémique net des paysages = LC2 x PEP_avg
RS2	Stock final des rivières en unités standard de mesure des rivières (USMR)
PER01	<i>Indice de fond des écosystèmes des rivières</i>
PENR2	Potentiel écosystémique net des rivières = RS2 x PER_idx
PER_avg	<i>Potentiel écosystémique des rivières net moyen (PER) par km²</i>
PERP2	Potentiel écosystémique des rivières dans le paysage = LC2 x PER_avg
PTIE2	Stock de clôture du potentiel total de l'infrastructure écosystémique [PTIE] = PENP2+PERP2

Le potentiel écosystémique net des paysages (PENP)

7.57 Le stock de potentiel écosystémique des paysages correspond à la somme de valeurs pondérées en km². La pondération est faite en combinant plusieurs dimensions dans un indice composite dans lequel « net » signifie que les valeurs positives et négatives ont été prises en compte : la « verdure » qui fait référence au caractère moins artificiel, la valeur de conservation qui prend en compte des zones désignées (plus ou moins vertes) présentant un intérêt écologique reconnu, la fragmentation par des éléments artificiels qui réduit les échanges entre les écosystèmes, et les écotones qui sont des particulièrement favorable à la biodiversité. Le choix de ces indicateurs tient compte du fait que la biomasse et l'eau sont comptabilisées dans d'autres comptes et que la biodiversité est intégrée plus tard dans le tableau comptable 7-IV.

7.58 L'indice de fond du paysage vert (IFPV, en anglais GBLI) est une notation conventionnelle des types de couverture des terres en fonction de leur caractère plus ou moins artificiel et/ou vert et de l'intensité d'utilisation des terres tels qu'ils sont déduits de la couverture des terres. Il n'y a pas de méthode précise de notation et une formule simple peut être utilisée pour un démarrage rapide, la sensibilité des résultats étant testée et la formule affinée en si besoin. Les données sont les quantités de couverture des terres, dûment pondérée, dans le paysage. La solution la plus simple pour calculer l'IFPV consiste à utiliser le tableau d'assimilation standard. Pour éviter la segmentation et les effets d'échelle, il est préférable

d'utiliser pour chaque cellule de la grille comptable des couches de couverture des terres lissées au lieu de données statistiques brutes. Ces couches ont déjà été calculées pour déterminer les types de couverture des terres dominants (chapitre 3, section 3.2.2) et peuvent être facilement réutilisées.

7.59 Pour le calcul de l'IFPV, chaque couche agrégée est pondérée. Il s'agit d'une formule conventionnelle et sa simplicité permet de comprendre l'origine d'éventuels problèmes. Par exemple, en Europe, la formule a été modifiée pour donner plus de poids aux zones artificielles et à l'agriculture au sens large, qui avaient au départ une valeur de 0 (sur une échelle de 0 à 1), et qui sont maintenant pondérées respectivement à 0,1 et 0,2. Il est aussi question de diviser la catégorie des forêts entre les forêts traditionnelles gérées avec un cycle long et les plantations d'eucalyptus et de peupliers à courte rotation qui sont donc peu propices à la biodiversité ; ce déclassement des plantations d'arbres de production n'a pas encore eu lieu car on ne dispose pas encore de données compatibles avec la carte de CORINE Land Cover... La notation pourrait également être ajustée pour les zones artificielles, pour différencier tissus urbains denses et discontinus, ainsi que pour les pâturages, dont certains sont gérés de façon intensive et d'autres sont plus naturels.

7.60 L'encadré 7.07 présente les cas de l'Europe et de l'Île Maurice en guise d'exemples de grilles de notation possibles

Encadré 7.07 Deux exemples de tables de notation pour le calcul de l'IFPV (GBLI)

Pays membres de l'AEE

Calcul de l'IFPV 2006 pour l'Europe (pays membres de l'AEE) reposant sur un agrégat de 7 catégories de couverture des terres. Les données ont été calculées avec une grille de 1 km² et lissées sur un rayon de 5 km. Notes sur une échelle de 0-1 :

- Zones artificielles : 0,1
- Grande agriculture: 0,2
- Mosaïques de terres agricoles et pâturages : 0,75
- Forêt : 1
- Espaces naturels et semi-naturels : 1
- Zones humides : 1
- Plans d'eau : 1

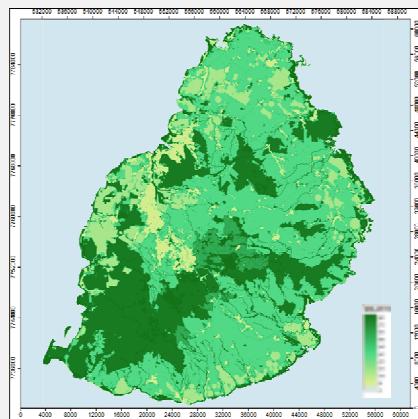
Île Maurice

Calcul de l'IFPV 2010 pour les comptes expérimentaux de l'Île Maurice reposant sur un agrégat de 8 catégories de couverture des terres. Les données ont été calculées avec une grille de 1 ha et lissées sur un rayon de 1 km. Notes provisoires sur une échelle de 0-1 :

- Zone urbaine/artificielle : 0,1
- Cane à sucre/culture irriguée : 0,2
- Cane à sucre/culture pluviale : 0,4
- Cultures vivrières : 0,4
- Culture de thé : 0,6
- Prairies et arbustes : 0,8
- Forêt : 0,8
- Espaces naturels : 1



Source de données : GBLI2006, EEA 2011 (données manquantes pour la Grèce et le Royaume-Uni)



Source de données : GBLI 2010, Statistique de l'Île Maurice et J.-L. Weber, 2013

7.61 Il peut être utile d'intégrer un indice de valeur de conservation naturelle du paysage dans le calcul du PENP afin de nuancer l'image donnée par l'IFPV. La notation de l'IFPV est basée sur la représentation de caractéristiques biophysiques provenant de cartes de la couverture des terres qui sont assez générales ; elles ne reflètent pas les situations spécifiques, comme l'illustre l'encadré 7.08.

Encadré 7.08 Verdure et valeur de conservation naturelle

	<i>Designated</i>	<i>Not designated</i>
<i>Green</i>	e.g. natural parks, reserves...	e.g. common forests, shrubland, grassland...
<i>Less green</i>	e.g. protected areas in agriculture landscapes	e.g. urban areas

7.62 L'indice indice de haute valeur naturelle paysagère peut être calculé à partir de cartes existantes des zones protégées ou désignées. La carte intégrée peut être élaborée soit en faisant simplement la somme de toutes les catégories de protection, ou bien en tenant compte des distinctions entre les différents types de protection ou de désignation, comme par exemple dans le classement de l'IUCN, et en attribuant des pondérations différentes selon le degré de protection garanti. Étant donné qu'une zone peut avoir plusieurs appellations, les zones peuvent être pondérées en fonction du nombre de ces appellations. Dans chaque cas, le but est d'avoir une indication de la valeur de conservation naturelle de la zone concernée, reconnue par les gouvernements sur la base des évaluations et des recommandations des experts scientifiques. En outre, il est possible dans chaque cas que la valeur naturelle dépasse les limites strictes des zones protégées et empiète sur les espaces voisins qu'elle influence; il est donc recommandé que la carte qui associe toutes les protections soit lissée, de la même manière que la couverture des terres.

7.63 La fragmentation par des éléments artificiels est une dimension importante de l'intégrité du paysage. L'indice de fragmentation du paysage permet de corriger l'image donnée par les indices de verdure et de haute valeur naturelle en prenant en compte les effets de barrière qui limitent les échanges entre les écosystèmes.

7.64 La fragmentation est un problème bien connu en écologie du paysage et de nombreux indicateurs de fragmentation sont publiés. L'une des ressources largement utilisées est FRAGSTATS, logiciel informatique capable de calculer une grande variété de dimensions du paysage pour élaborer des cartes thématiques. Le programme FRAGSTATS a été développé par le laboratoire d'écologie du paysage de l'université du Massachusetts. En plus du programme lui-même, le site offre une documentation détaillée sur les différentes métriques du paysage (<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>).

7.65 Dans la comptabilité du capital écosystémique, la fragmentation est considérée comme ayant un effet négatif sur le fonctionnement des écosystèmes naturels, attribuable notamment aux effets de barrière, aux nuisances sonores ou aux infrastructures artificielles. Tous les éléments de fragmentation ne sont donc pas inclus dans l'indice de fragmentation du paysage utilisé pour calculer le PENP. Des paysages composés d'une mosaïque de petites parcelles sont généralement riches en niches écologiques et en écotones. Jusqu'à un certain point, la fragmentation des forêts par de petites routes peu fréquentées a autant d'effets positifs (en pratiquant une ouverture qui fait pénétrer la lumière du soleil au bénéfice de plantes autres

que les arbres) que d'effets négatifs. Pour cette raison, l'indice de fragmentation du paysage tiendra seulement compte de la fragmentation forte induite par des routes et des voies ferrées assez importantes, idéalement identifiées en fonction de leur taille et du trafic qu'elles supportent. Cet indice comprendra également la fragmentation par des zones bâties.

7.66 En pratique, il existe plusieurs façons de calculer l'indice de fragmentation du paysage. Des métriques ont été développées, notamment par le programme FRAGSTATS, et elles peuvent être utilisées tant qu'elles correspondent à l'objectif indiqué dans le paragraphe précédent.

7.67 La densité parcellaire moyenne de la carte de la couverture des terres, qui est un indicateur couramment employé, doit être utilisée avec prudence car sa signification est imprécise en raison des effets de barrière. La densité moyenne des parcelles ne fait pas la distinction entre des zones éparses avec ou sans développement urbain, ce qui comporte un risque de confusion entre des paysages dégradés et des mosaïques mélangées de petites exploitations agricoles riches en espaces naturels. En outre, dans certaines publications la densité moyenne des parcelles est calculée comme une moyenne arithmétique des tailles de parcelle, ce qui n'est pas la formule appropriée pour le traitement de populations statistiques composées de grandes et de petites unités. La moyenne géométrique, donne des résultats plus corrects.

7.68 Une méthode avancée pour évaluer la fragmentation mesure la dimension (et la densité) de maillage réelle ou effective (Effective Mesh Size ou Meff)¹⁸⁹. Cette méthode a été utilisée par l'Agence européenne pour l'environnement pour l'évaluation spatiale de la fragmentation en Europe¹⁹⁰ et pour calculer le PENP. Les grandes routes, les autoroutes et les chemins de fer ainsi que les zones urbaines ont été enlevés de la carte pour établir le maillage d'entrée. Étant donné que la taille du maillage varie d'extrêmement grand à très petit et qu'au-delà d'un certain seuil, on retrouve des situations équivalentes (les probabilités sont les mêmes dans les grandes et très grandes zones), on utilise pour le calcul du PENP les valeurs du logarithme naturel (\ln) de l'indice Meff. L'indice de densité de fragmentation correspondant = $1/\ln(\text{Meff})$. La méthodologie du Meff est illustrée dans l'encadré 7.09.

¹⁸⁹ Meff fait partie du paquet FRAGSTATS. <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html> (consulté le 18 août 2014).

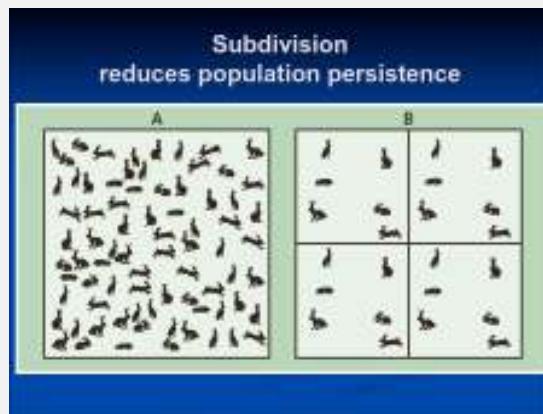
¹⁹⁰ J. Jaeger, T. Soukup *et al.* 2011. *Landscape fragmentation in Europe (« Fragmentation du paysage en Europe »)* Rapport commun de l'Agence européenne pour l'environnement et de l'Office fédéral de l'environnement suisse (OFEV), Rapport de l'AEE n° 2/2011 <http://www.eea.europa.eu/publications/landscape-fragmentation-in-europe> (consulté le 14 juillet 2014).

Encadré 7.09 Calcul de l'indice de dimension de maillage effectif – illustration

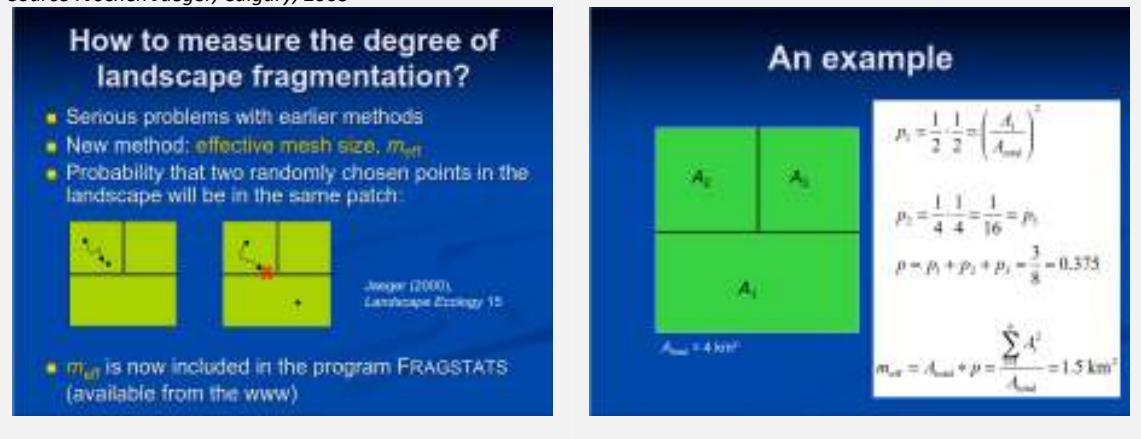
La taille effective de maille (Meff) mesure la probabilité que deux individus se rencontrent (et donc d'un échange génétique) dans une zone donnée notée A, sachant que cette zone peut être fragmentée (dans l'exemple, en A₁, A₂ et A₃). La probabilité de cette rencontre est multipliée par la surface totale de la zone pour donner une valeur de Meff.

La densité du maillage effectif (Seff) est égale à 1/Meff

La valeur de la Seff augmente avec la fragmentation. Dans l'exemple, elle serait de $1/1,5 = 0,667$ par km² pour la zone A.



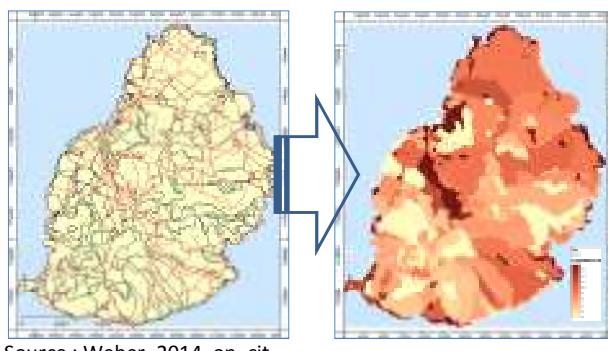
Source : Jochen Jaeger, Calgary, 2008



7.69 Sur l'Île Maurice, une méthode plus simple a été utilisée ; elle consiste à sélectionner les routes principales et à leur appliquer une trame avec des pixels de 1 ha, conformément à la grille comptable. Le calcul du ratio routes/surface totale est ensuite effectué par UPSE. Tant que les UPSE sont petites, le risque de distorsion lié à la distribution spatiale inégale des structures fragmentées est minime et l'indice de fragmentation peut être utilisé pour le calcul du PENP.

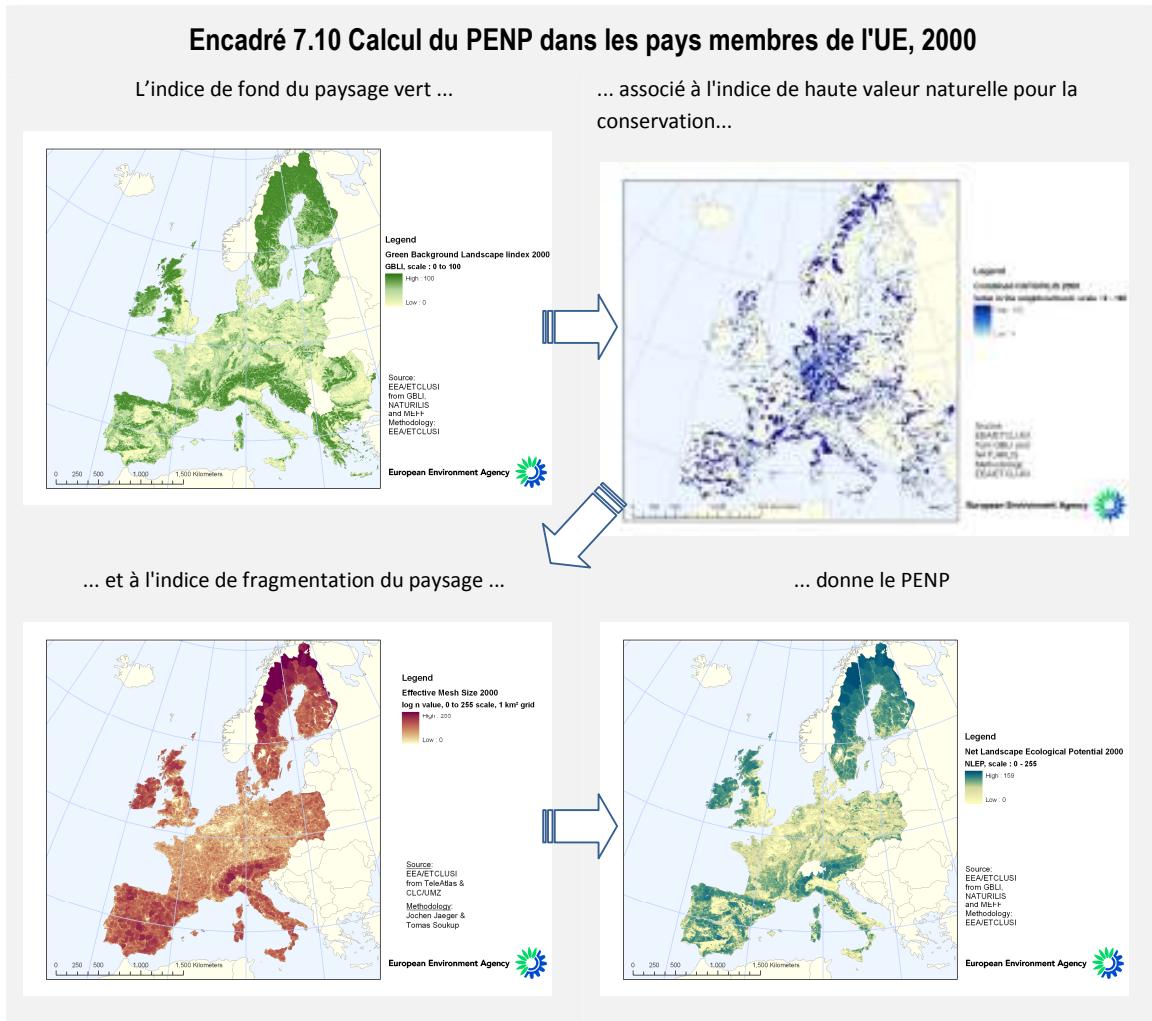
Figure 7.05 Calcul simple de l'indice de fragmentation des UPSE : exemple de l'Île Maurice

Routes principales et Indice de fragmentation des UPSE



Source : Weber, 2014, op. cit

7.70 La série d'opérations effectuées par l'Agence européenne pour l'environnement pour déterminer le PENP (NLEP) est résumée dans l'encadré 7.10. Plus de détails figurent dans le rapport de l'Agence européenne pour l'environnement de 2006 sur les comptes des terres et des écosystèmes en Europe¹⁹¹.



Indice des écotones verts

7.71 L'indice du PENP est constitué de couches géographiques exhaustives. Il peut être combiné avec d'autres données collectées de différentes manières telles que l'échantillonnage, par exemple pour mesurer la biodiversité (voir ci-dessous). Il peut également être combiné aux couches géographiques produites dans les comptes de la biomasse/ biocarbone et de l'eau. D'autres améliorations peuvent être envisagées, notamment une carte des écotones établie à partir des données de couverture des terres utilisées pour les comptes.

7.72 « *Un écotone est une zone de transition entre deux écosystèmes différents, par exemple entre une forêt et une prairie. Dans l'écologie du paysage, un écotone désigne la zone frontalière entre deux parcelles ayant une composition écologique différente. L'écotone contient des éléments des deux communautés voisines ainsi*

¹⁹¹ R. Haines-Young et J.-L. Weber (éd.), 2006. *Land accounts for Europe 1990–2000, Towards integrated land and ecosystem accounting* (« Comptabilisation des terres en Europe 1990-2000, Vers une comptabilité intégrée des terres et de l'écosystème »). Rapport de l'AEE n°11/2006, http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2006_11 (consulté le 14 juillet 2014)

que des organismes qui lui sont spécifiques et que lui seul abrite... Les écotones possèdent souvent un plus grand nombre d'espèces et de plus grandes densités de population que chacune des communautés que les bordent. Cette tendance à une biodiversité accrue au sein de l'écotone est appelée l'*effet de lisière* ».¹⁹² Il existe des écotones à différentes échelles, allant de la très grande (niveau micro) à la très petite échelle (écotones entre biomes).

7.73 Des cartes d'écotones ont été produites par l'Agence européenne pour l'environnement à partir de ses inventaires CORINE de la couverture des terres à l'échelle du 1:100 000e. Les écotones ont été définis par des paires de catégories de couverture des terres et regroupés selon des caractéristiques similaires. L'analyse a été effectuée pour les 44 catégories de CORINE et agrégée en deux étapes.

Encadré 7.11 Exemple de définition et de classification des écotones en fonction des catégories de couverture des terres

CORINE Land cover aggregated classes		Artificial areas	Arable land & permanent crops	Irrigated agriculture	Pastures	Mosaic farmland	Standing forests	Transitional woodland & shrub	Semi-natural vegetation	Open spaces/ bare soils	Wetlands	Inland water bodies	Sea
			a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
Artificial areas	a	a*a	a*bc	a*de			a*fg		a*hi		a*k		a*l
Arable land & permanent crops	b		bc*bc		b*de		bc*g	b*hi	b*j	b*k			
Irrigated agriculture	c				c*de		c*hi		c*j	c*k			bcde * l
Pastures	d				de*de		de*f	de*g	de*hi	de*j	de*k		
Mosaic farmland	e						fg*fg	f*hi	fg*k				fg*l
Standing forests	f							g*hi					h*i
Transitional woodland & shrub	g							hi*hi	hi*j	hi*k			i*j
Semi-natural vegetation	h												j*k
Open spaces/ bare soils	i									j*j	j*k		j*l
Wetlands	j										k*k		k*m
Inland water bodies	k												l*i
Sea	l												

Dans le tableau semi-agrégié, 41 écotones sont définis en tant que lisières entre catégories ou groupes de catégories de couverture des terres. Par exemple, la cellule **a*a** désigne les écotones situés dans des zones artificielles (par ex. entre le tissu urbain et des zones industrielles dans des zones artificielles). La formule **de*f** est attribuée aux écotones situés entre des pâturages ou des mosaïques de terres agricoles et des forêts.

Les notes attribuées aux catégories globales d'écotones pour calculer l'indice d'écotones verts sont cohérentes avec celles utilisées pour l'IFPV.

Source : AEE, 2012, A.R. Oulton et J.-L. Weber,
document de travail

Green Ecotones Index: ecotones weighting

Urban*Urban	1
Nature_agriculture*Urban	10
Broad_agriculture*Broad_agriculture	25
Mixed_agriculture*Broad_agriculture	50
Nature*Broad_agriculture	50
Mixed_agriculture*Mixed_agriculture	75
Nature*Mixed_agriculture	100
Nature*Nature	100

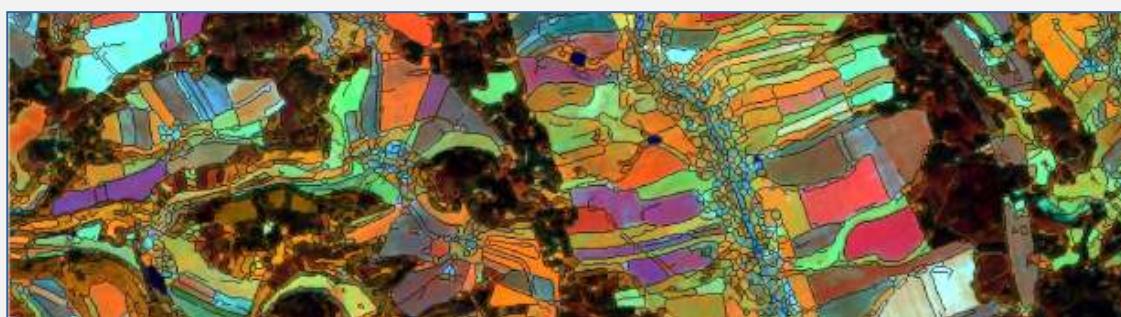
7.74 Le type de parcelles qui se rencontrent au sein d'un écotone influence la biodiversité de différentes manières ; par exemple, les écotones situés entre des écosystèmes naturels et artificiels ont une moindre valeur écologique. Un indice d'écotones verts (IEV) expérimental a été calculé par l'Agence européenne pour l'environnement pour 1990, 2000 et 2006, avec une notation des écotones cohérente à celle de l'indice de fond du paysage vert (IFPV). Les résultats sont calculés en valeur d'écotone vert allant de 1 à 100 avec des cellules de 1 km² d'un maillage standard. L'indice d'écotones verts n'a pas encore été utilisé pour le calcul du PENP, mais l'a été pour les écotones des rivières.

¹⁹² The Encyclopedia of Earth, article sur les écotones écrit par Rose Graves, <http://www.eoearth.org/view/article/152345/> (consulté le 14 juillet 2014).

7.75 « Les petits éléments paysagers linéaires (SLF) jouent un rôle crucial dans le fonctionnement du paysage. Les éléments linéaires végétaux servent d'habitats naturels ou de corridors biologiques (infrastructure verte) dans les paysages ouverts intensivement utilisés. De plus, ils fournissent d'importants services écosystémiques d'approvisionnement (génétique, fourniture de bois), de régulation (climat, protection contre l'érosion des sols, purification d'eau) et culturels (caractère paysager) »¹⁹³. Les petits éléments linéaires, qu'ils soient naturels (petits ruisseaux, forêts riveraines) ou artificiels (haies, murets ou sentiers le long des champs) sont une composante importante de la diversité des paysages et de la biodiversité.

7.76 Des recherches récentes de l'Agence européenne pour l'environnement et de l'Agence spatiale européenne (ESA)¹⁹⁴ ont permis d'établir des méthodes pour détecter les SLF, caractériser les micro-écotones et calculer un indice d'hétérogénéité à partir d'images satellite à haute résolution (encadré 7.12). Cet indice peut être mis à jour de la même manière pour faire ressortir des processus tels que la densification urbaine ou la conversion de l'agriculture familiale à l'agriculture de grande échelle à des stades précoce. L'indice d'hétérogénéité du paysage peut être utilement intégré dans le calcul d'une version améliorée du PENP.

Encadré 7.12 Illustration du calcul de l'indice d'hétérogénéité des infrastructures paysagères

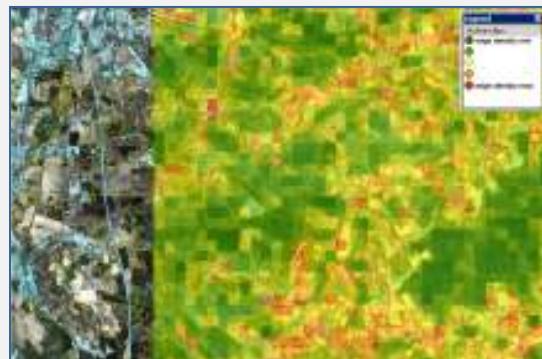


Détection de petits éléments linéaires sur l'image satellite (© ESA, 2009 / SPOT4)



Détection de l'hétérogénéité

Traitement de données : L. Brodsky, (2011) GISAT pour l'AEE (document de travail)



Caractérisation des bordures et indice d'hétérogénéité du paysage (à droite, dans des cellules de 1 km²)

¹⁹³ Brodsky, Lukas *et al.* 2013. *Mapping and Monitoring Small Linear Landscape Features* (« Cartographie et surveillance des petits éléments paysagers linéaires »), [symposium Living Planet de l'ESA 2013, Édimbourg, Agence spatiale européenne](#) www.livingplanet2013.org/abstracts/852126.htm; <http://seom.esa.int/LPS13/e9c7f56b/> (consulté le 14 Juillet 2014).

¹⁹⁴ op.sit.

Le potentiel écosystémique net des rivières

7.77 Le potentiel écosystémique net des rivières (PENR) mesure la contribution des rivières au potentiel de l'infrastructure écosystémique accessible. Les ressources en eau accessibles des rivières sont calculées dans les comptes de l'eau de l'écosystème (voir chapitre 6). L'infrastructure des rivières est examinée maintenant pour déterminer sa capacité à fournir de l'eau ainsi que d'autres services et de contribuer indirectement au maintien des services paysagers qui dépendent des rivières. La mesure des stocks de base ne correspond pas à la surface (comme c'est le cas pour le paysage) ou à la longueur de la rivière, mais à la dimension de la rivière calculée en USMR. La structure des comptes du PENR est présentée dans l'encadré 7.06.

7.78 Le potentiel écosystémique net des rivières (PENR) est calculé en pondérant le stock d'USMR avec un indice composé de la même manière que le PENP. Le stock RS1 est estimé à partir de la valeur moyenne des débits de la rivière sur une période de 20 à 30 ans, en fonction des données hydrologiques disponibles.

7.79 L'indice de fond des écosystèmes-rivières tient compte de la variabilité du débit des rivières. Il correspond au nombre de jours où le débit est > 90 % de la moyenne de long terme (calculée sur 20-30 ans). L'estimation est faite à partir des données utilisées pour l'évaluation de l'accessibilité à l'eau dans les comptes de la ressource écosystémique en eau.

7.80 L'indice de haute valeur naturelle des rivières est basé comme l'indice des paysages sur des données de conservation. Les rivières choisies sont extraites par analyse géographique (SIG).

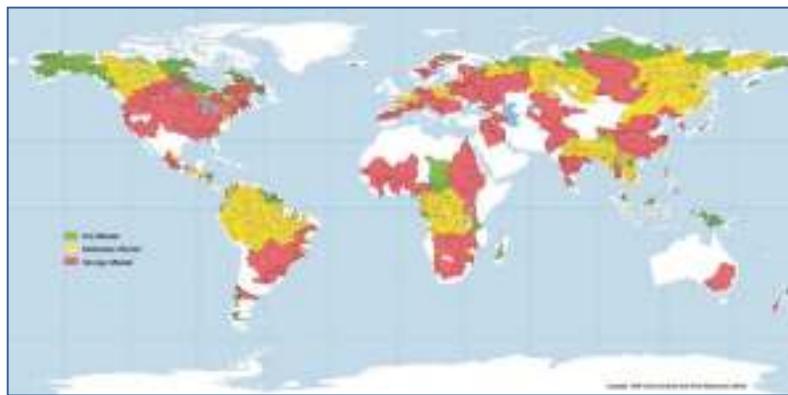
7.81 La fragmentation des rivières par des barrages entraîne d'importants problèmes. Le premier problème est que les poissons ne peuvent pas se déplacer dans la rivière, ce qui est très préoccupant pour les poissons migrateurs qui viennent frayer en amont. Un autre problème concerne le blocage des sédiments qui contribue au bout du compte à l'érosion côtière. L'aspect bénéfique des barrages en termes d'augmentation de l'eau accessible dans les réservoirs est mesuré dans les comptes de la ressource écosystémique en eau. La contribution des barrages aux services récréatifs est inclue (dans une certaine mesure) dans le PENP.

7.82 La fragmentation des rivières peut être due aux grands ou petits barrages et à la présence de villes et d'autres éléments artificiels sur leur parcours. D'un point de vue écologique, les effets négatifs des petits barrages - qui sont très nombreux - sont légèrement différents mais comparables à ceux des grands barrages.

7.83 Les effets de la fragmentation dans un bassin hydrographique dépendent non seulement de la taille des barrages, mais aussi de leur localisation dans le bassin versant, de la distance entre les obstacles et du problème posé, en particulier concernant la capacité des poissons à s'adapter à la situation et/ou à franchir l'obstacle avec succès. La mesure ou le calcul des effets de la fragmentation requièrent donc une modélisation hydrologique et biologique complexe¹⁹⁵. Cependant, pour évaluer les effets importants de la fragmentation des rivières, on a commencé par tester des mesures simples, notamment dans le cadre des activités communes de l'université d'Umeå, du World Resource Institute et du PNUE-CMSC (figure 7.06).

¹⁹⁵ P. Crouzet, Assessment of Challenges raised by obstacles in rivers: advances and developments (« Évaluation des problèmes posés par les obstacles dans les rivières : avancées et développements »), Séminaire franco-autrichien, Vienne, juillet 2008 <http://www4.ffg.at/veranstaltungen/Downloads/8626B4A4.pdf> (consulté le 18 août 2014).

Figure 7.06 indicateur de fragmentation des rivières et de régulation du débit¹⁹⁶



7.84 Conformément au cadre comptable, l'indice de fragmentation des rivières sera calculé en nombre d'obstacles dans les bassins versants par km². L'indice est multiplié par le stock exprimé en USMR. Il est intéressant de noter que tandis que l'indice de fragmentation est enregistré dans les comptes de l'infrastructure parmi les éléments négatifs, les ressources en eau rendues accessibles par les barrages et les réservoirs figurent dans les éléments positifs du compte des ressources en eau.

7.85 Les écotones des rivières sont évalués avec la méthodologie générale utilisée pour les écotones. Toutefois, partant du principe que seules les grandes rivières (généralement celles de plus de 100 mètres de large) sont cartographiées dans les inventaires de la couverture des terres, les écotones des rivières seront détectés en superposant la carte détaillée des rivières à celle de la couverture des terres. La définition et la notation des types d'écotones pour le calcul de l'indice d'écotones verts des rivières sont les mêmes (voir l'encadré 7.11, les rivières figurant dans le groupe naturel de la table de notation).

7.86 Les autres composants de l'indice du PENR ont trait à la qualité de l'eau. Dans les comptes de l'infrastructure écosystémique, la qualité de l'eau est un attribut des rivières, tandis que dans les comptes de l'eau de l'écosystème, c'est un attribut des quantités d'eau, des stocks et des flux ; le lien entre les deux est fait grâce au calcul du potentiel des rivières en USMR.

7.87 Il existe de nombreuses données sur la qualité de l'eau, mais elles ne sont pas normalisées. Généralement, ces données sont recueillies ponctuellement pour une série de variables physiques (matière en suspension), chimiques, biochimiques (par ex. la DBO) et biologiques (par ex. des germes pathogènes et/ou des espèces indicatrices telles que des poissons ou des invertébrés) ou d'autres marqueurs biologiques. Dans la plupart des cas, ces variables ont des valeurs maximales, qui sont souvent définies par des lois et des règlements ; elles sont ensuite combinées pour créer un indicateur synthétique qui les résume toutes (ou une petite partie d'entre elles). Les principes de mesure de la qualité de l'eau sont discutés dans le chapitre 7, p. 104-109 du SCEE-Eau, où figurent également des exemples d'indicateurs de qualité de l'eau.

7.88 Il existe un cas particulier : l'évaluation de la quantité et de la qualité de l'eau en termes thermodynamiques qui a été développée en Espagne par Naredo, Valero *et al.*¹⁹⁷ Le principe consiste à

¹⁹⁶ L'indicateur est présenté sur le site http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr/indicators/pdf/E1_Fragmentation_and_flow_regulation_of_rivers.pdf (consulté le 18 août 2014).

calculer le potentiel des masses d'eau termes d'spécifique dans leur environnement de référence. La dégradation est ensuite calculée comme perte d'exergie due à des utilisations humaines ; c'est un coût physique. L'exergie d'un système est l'énergie disponible pouvant être utilisée. Elle est mesurée à travers des composantes de l'énergie (exergie thermique, mécanique, chimique, cinétique et potentielle) qui sont additive ; certaines ont une signification purement quantitative, d'autres sont plus qualitatives au regard des usages de l'eau. La méthode étant appliquée à la même infrastructure de données des rivières que les comptes de l'écosystème (USR, TCH, pondération en srkm, l'acronyme initial d'USMR, etc.), elle peut facilement être intégrée à la CECN. Cependant, sa mise en œuvre nécessite des investissements, ce qui empêche son utilisation pour le démarrage rapide de comptes écosystémiques du capital naturel. Elle est mentionnée ici comme une réflexion sur le coût réel de l'utilisation de la nature et comme un moyen puissant de le mesurer en intégrant de multiples dimensions.

7.89 Il n'appartient pas aux comptables de définir les méthodologies d'évaluation de la qualité de l'eau, ce qui incombe aux hydrologues, aux hydrobiologistes et aux épidémiologistes qui surveillent la qualité de l'eau dans le cadre de la protection de la santé publique. Le comptable doit dresser le bilan avec les meilleures données disponibles pour la comptabilité. Généralement, les données sont fournies par une agence de l'eau ou un ministère de la santé publique.

7.90 Les données sur la qualité de l'eau peuvent être obtenues par points, c'est-à-dire par stations de mesure, parfois à partir des données en temps réel des stations de surveillance automatisées. Dans ce cas, il faut demander des résumés à l'autorité de surveillance. Lorsque les rapports sont fournis par stations de mesure, les résultats doivent être extrapolés, en principe aux rivières ; en pratique, l'extrapolation peut d'abord être faite pour les bassins hydrographiques et la valeur obtenue peut être utilisée ensuite en tant que moyenne pour les rivières. À condition que les bassins ne soient pas trop grands, l'opération peut être plus facile si les résultats sont fournis par les autorités chargées de l'eau par bassins hydrographiques.

7.91 La meilleure solution pour débuter la comptabilisation de la qualité de l'eau est d'utiliser des cartes classant les rivières en quatre ou cinq classes de qualité de l'eau (allant de bonne à mauvaise) avec des codes couleur correspondants. Ce type de cartes existe dans de nombreux pays. Elles présentent l'avantage d'intégrer les données brutes par points sous le contrôle d'experts qui peuvent déterminer si les extrapolations linéaires sont现实的 ou pas et faire les ajustements nécessaires. Ces cartes peuvent servir de référence. Les tronçons de cours d'eau auront donc chacun deux valeurs : la quantité exprimée en USMR et une classe de qualité, qui seront utilisées dans la comptabilité.

7.92 Les cartes portant sur la qualité de l'eau des rivières sont généralement mises à jour tous les dix ans, mais les comptes ont besoin d'une mise à jour annuelle. Pour estimer ces changements de qualité, on pourra utiliser les données de surveillance par points provenant d'échantillons d'eau de chaque bassin.

7.93 L'indice composite du potentiel écosystémique net des rivières (PNER) synthétise ses cinq composantes. Le PNER est calculé en multipliant les valeurs en USMR par cet indice (encadré 7.06).

7.94 L'intégration des potentiels du paysage et des rivières se fait par zone. Le PNER est d'abord converti en valeur moyenne par km² puis transféré aux UPSE terrestres.

¹⁹⁷ A. Valero et al. *Fundamentals of Physical Hydronomics: a new approach to assess the environmental costs of the European Water Framework Directive* ([« Notions de base de l'hydronomie physique : une nouvelle approche d'évaluation des coûts environnementaux de la directive-cadre européenne relative à l'eau »](#)) [http://teide.cps.unizar.es:8080/pub/publicir.nsf/codigospub/0386/\\$FILE/cp0386.pdf](http://teide.cps.unizar.es:8080/pub/publicir.nsf/codigospub/0386/$FILE/cp0386.pdf) (consulté le 14 juillet 2014). Voir aussi chapitre 2, annexe III.

Variation du potentiel total de l'infrastructure écosystémique (PTIE)

7.95 Le tableau des variations du potentiel total de l'infrastructure écosystémique fait la distinction entre les changements dus à l'utilisation des terres et les autres changements. Les variations du PTIE sont comptabilisées uniquement dans les UPSE terrestres et dans les UPSE marines.

7.96 Les changements de l'utilisation des terres sont comptabilisés conformément à la classification des flux de la couverture des terres :

- changement dû à l'artificialisation (lf1) ;
- changement dû à l'extension agricole (lf2) ;
- changement dû aux conversions internes, rotations (lf3);
- changement dû à la gestion et à l'altération des espaces forestiers (lf4);
- changement dû à la restauration et au développement des habitats (lf5);
- changement attribuables à des causes naturelles et multiples (lf6);
- changement dû à d'autres modifications de la couverture des terres n.c.a et réévaluation (lf7).

7.97 Les autres changements du potentiel sont :

- changement du potentiel de l'infrastructure écosystémique attribuable à la fragmentation ;
- changement du potentiel de l'infrastructure écosystémique attribuable aux écotones ;
- changement du potentiel de l'infrastructure écosystémique attribuable aux rivières ;
- changement du potentiel de l'infrastructure écosystémique attribuable à d'autres causes.

7.2.3. Tableau comptable 7-III. Accès global aux services fonctionnels de l'infrastructure écologique

7.98 Les différents services écosystémiques incorporels disponibles sont répertoriés dans des comptes fonctionnels spécifiques, qui comptabilisent tous ces services selon le type de service fourni (classement CICES) et incluent une évaluation des bénéfices (voir chapitre 9). Dans les comptes de base du capital de l'écosystème, les services écosystémiques sont répartis en trois groupes : le carbone accessible, l'eau accessible et les services fonctionnels incorporels mesurés indirectement par la capacité de l'infrastructure écosystémique de les fournir. Contrairement au carbone et à l'eau, dont les ressources accessibles existent indépendamment de toute utilisation effective, les services écosystémiques fonctionnels incorporels doivent être à la fois accessibles et utilisés pour exister.

7.99 L'objectif du tableau comptable 7-III, « Accès potentiel aux services fonctionnels de l'infrastructure écosystémique », est d'évaluer l'accès aux services en comparant l'offre et la demande. L'accès se définit comme une occasion d'utiliser un service. L'accès aux services n'équivaut pas à l'utilisation effective, qui doit être enregistrée dans les comptes fonctionnels des services écosystémiques. Cependant, l'accès potentiel donne une indication utile sur l'importance globale des services incorporels et constitue un lien entre accessibilité et utilisation effective.

7.100 La TDR propose une liste de sept grands services génériques. Cette liste est indicative et peut être modifiée et/ou complétée en fonction des besoins et d'autres formats d'indicateurs peuvent être testés. Elle distingue plusieurs échelles spécifiques d'accès aux services écosystémiques : l'accès local (par ex. les services récréatifs destinées à la population, la pollinisation dans l'agriculture) ; l'accès au niveau des bassins hydrographiques (par ex. la régulation des crues) ; l'accès régional (par ex. le tourisme) ; et l'accès mondial (par ex. les services de conservation de la nature d'importance mondiale). Pour les raisons

expliquées précédemment, en particulier à cause du manque d'informations et de double-comptes, aucun total n'est calculé.

7.101 En raison de plusieurs échelles et délimitations spécifiques au niveau de l'écosystème et de la demande, les calculs reposent sur des ensembles de données floues mesurant des valeurs à la fois à l'intérieur de chaque espace délimité et dans son voisinage. Pour l'écosystème, le potentiel total de l'infrastructure écosystémique (PTIE) est calculé de cette façon, à partir de cartes lissées. Du côté la demande, des cartes similaires seront produites. Pour chaque thème (accès de la population, agriculture, conservation de la nature, etc.), les valeurs dans le voisinage sont calculées et combinées avec le PTIE (en utilisant la moyenne géométrique, qui est la racine carrée du produit des deux valeurs¹⁹⁸).

Tableau comptable III Accès global aux services fonctionnels de l'infrastructure écosystémique

Types d'unités comptables écosystémiques	Unités de paysage socio-écologiques (UPSE) / type de couverture des terres dominante (CTD)							Sous-total des paysages socio-écologiques	Unités marines côtières écosystémiques (UMC)			Total des écosystèmes intérieurs et côtiers
	UR Zones urbaines / artificielles	LA Grande agriculture	AM Mosaïques agricoles	GR Prairies	FO Couverte forestière	NA Autre couverture des terres naturelles	ND Autre couverture des terres dominantes		MC_GR Herbiers marins	MC_CR Récifs coralliens	MC_NC Autre	
III. Accès global aux services fonctionnels de l'infrastructure écosystémique												
PTIE1 Stock d'ouverture du potentiel total de l'infrastructure écosystémique [PTIE] = PENP1+PERP1												
AIP11 Température urbaine dans le voisinage												
AIP12 Densité de population dans le voisinage												
AIP13 Température urbaine dans le voisinage pondérée par la population = AIP11xAIP12												
AIP1 Accès local de la population au PTIE = sqrt(PTIE1xAIP13)												
AIP21 Température agricole dans le voisinage												
AIP22 Productivité biocarbone agricole												
AIP23 Température agricole pondérée par le biocarbone = AIP21xAIP22												
AIP2 Accès local de la population aux services de l'agro-écosystème = sqrt(AIP1xAIP23)												
AIP31 Zones naturelles protégées												
AIP3 Accès local au PTIE pour la conservation de la Nature = sqrt(PTIE1xAIP31)												
AIP41 Indice du potentiel total de l'infrastructure écologique (PTIE) des bassins d'affluent												
AIP42 Densité moyenne de population du bassin d'affluent												
AIP4 Accès aux services de régulation de l'eau dans le bassin versant = sqrt(AIP41xAIP42)												
AIP51 Température de l'infrastructure touristique dans le voisinage												
AIP52 Fréquentation touristique												
AIP53 Température pondérée de l'infrastructure touristique dans le voisinage												
AIP6 Accès régional au PTIE [tourisme] = sqrt(PTIE1xAIP53)												
AIP71 Réseaux écologiques et habitats d'importance internationale												
AIP7 Accès global aux services de conservation de la nature = sqrt(PTIE1xAIP71)												

7.102 L'accès local de la population au PTIE est la moyenne géométrique du PTIE et de l'indicateur appelé « température urbaine » pondérée par la population. La température est utilisée comme métaphore de l'effet de réchauffement produit par une source de chaleur sur un objet ou une personne, qui diminue avec la distance. Le raisonnement à la base de cet indicateur consiste à dire que l'accès local au PTIE augmente avec la population aussi longtemps que l'étalement urbain ne réduit pas le PTIE lui-même. Les zones avec de petites villes implantées dans un environnement plutôt naturel auront des notes élevées. Les notes faibles se trouvent dans des zones vierges (en raison de la faible demande locale) et dans les grandes zones urbanisées ou/et dans des paysages d'agriculture intensive (en raison du faible PTIE). L'indicateur de l'accès local de la population au PTIE est obtenu en combinant la température urbaine dans le voisinage (chapitre 3, section 3.2.2¹⁹⁹), calculée en lissant la classe urbaine de la carte de couverture des terres (ou la densité urbaine dans une cellule de la grille de 1km²), avec la densité de population dans le voisinage, elle-même calculée à partir de la densité de population ventilée dans le tableau comptable standard.

¹⁹⁸ Il est recommandé d'utiliser la moyenne géométrique qui correspond à la racine carrée (sqrt) du produit des deux valeurs. . Cette méthode revient à prendre la moyenne arithmétique des logarithmes des nombres. Elle donne des valeurs moyennes plus pertinentes lorsque le calcul se fait avec des valeurs d'entrée d'ordres de grandeur très différents.

¹⁹⁹ Elle comprend une présentation de la méthodologie du lissage (par ex. avec des filtres de Gauss) et l'encadré 3.08.

7.103 Le rayon choisi pour lisser les cartes donnera une indication de la distance à laquelle les services liés au PTIE sont accessibles. Dans les villes, un montant très limité de PENP peut être apprécié sur place ; à proximité des villes, il est plus facile d'accéder à la nature mais le PENP demeure faible ; en s'éloignant de la ville, les distances à parcourir sont plus grandes, mais le PENP est plus élevé. L'algorithme gaussien (lissage, filtrage, floutage) couramment utilisé dans les progiciels de SIG donne une image uniforme. Des calculs plus complexes intègrent l'existence de réseaux de transport dans les calculs d'accessibilité.

7.104 L'accès local de la population aux services des agro-écosystèmes est une extension de l'indicateur précédent d'accès local au PTIE. Il intègre le PTIE et le biocarbone agricole afin d'inclure l'accès à la nourriture produite localement. On calcule d'abord la température agricole dans le voisinage (de la même manière que la température dans les zones urbaines) pour la combiner ensuite avec la production de biocarbone dans l'agriculture, mesurée par l'excédent net de carbone l'écosystémique accessible par UCTE. L'excédent net de carbone de l'écosystème accessible est calculé dans les comptes de carbone de l'écosystème (chapitre 4). Enfin, la température de l'agriculture pondérée par le biocarbone est combinée à l'indicateur d'accès local de la population au PTIE.

7.105 L'accès local au PTIE en matière de conservation de la nature s'intéresse à l'état des zones protégées. Il est calculé en recouvrant la carte quadrillée du PTIE avec les délimitations des zones naturelles protégées. Cet indicateur donne une idée de la quantité de PTIE à la fois à l'intérieur de la zone protégée et de l'influence de l'utilisation des terres dans zones voisines (température), dont les effets sont favorables lorsqu'il s'agit de forêts ou d'autres espaces naturels, et moins favorables ou négatifs lorsque la zone protégée se trouve près d'une ville et/ou qu'elle est entourée par de la grande agriculture .

7.106 L'accès par bassin versant aux services de régulation de l'eau prend en compte le potentiel de services disponible en amont d'une cellule donnée de la grille. Ce qui importe donc n'est pas le PTIE local mais le PTIE cumulatif en amont. L'indice du PTIE cumulatif moyen pour les sous-bassins versants d'une rivière est calculé en deux étapes. Premièrement, on calcule le PTIE total pour chaque sous-bassin versant. Pour un bassin donné noté n, le PTIE total du bassin (n_{cumul}) correspond à la somme de $PTIE(n)$ et du PTIE de tous les bassins situés en amont de n. La surface cumulée de n ($Surf(n_{cumul})$) et des sous-bassins versants situés amont est calculée de la même manière. L'indice du PTIE cumulatif moyen du bassin d'affluent est exprimé par le ratio $PTIE(n_{cumul})/Surf(n_{cumul})$. L'indicateur d'accès d'un bassin aux services de régulation de l'eau est la moyenne géométrique de la densité de population et de l'indice du PTIE cumulatif moyen du sous-bassin versant. En principe, cet indicateur pourrait être réduit à l'échelle d'une grille de 1 km² en utilisant la température urbaine pondérée par la population calculée précédemment ; cependant, étant donné que les bénéfices potentiels pour les agglomérations urbaines varient considérablement en fonction de leur distance d'implantation par rapport aux rivières, il est peut-être préférable de le garder sous forme d'une valeur moyenne calculée pour chaque bassin d'affluent.

7.107 L'accès régional au PTIE (tourisme) est calculé de la même manière que l'accès local de la population, à deux différences près : la première est que la température urbaine est limitée dans ce cas aux infrastructures touristiques ; la seconde est que seule la population touristique (et non la population générale) est prise en compte.

7.108 L'accès global au PTIE des services de conservation de la nature s'intéresse aux zones protégées non pas de façon isolée, comme c'est le cas de l'indicateur d'accès local au PTIE pour la conservation des habitats naturels, mais dans le contexte plus large des réseaux écologiques. L'indicateur est calculé en superposant les cartes des habitats d'importance internationale et des réseaux écologiques avec le PTIE. Il donne une idée du potentiel de l'écosystème et du changement de ces vastes réseaux écologiques.

7.109 En l'absence de cartes de réseaux écologiques, la carte du PTIE peut être utilisée pour effectuer une première évaluation et délimitation dans la perspective d'un démarrage rapide. La formule du PTIE comprend le degré de verdure et la fragmentation du paysage, deux variables essentielles qui caractérisent les corridors écologiques. La méthode consiste donc à superposer la carte des zones protégées avec la carte du PTIE et de définir, avec l'aide d'experts, la valeur limite du PTIE la plus appropriée pour cartographier les corridors écologiques potentiels et les ruptures.

7.110 Chacun des sept grands services dont l'accès est mesuré dans le tableau comptable 7-III contribuera à une analyse plus approfondie et à une cartographie et une comptabilité plus détaillée des services écosystémiques spécifiques. Ces comptes fonctionnels vont permettre de passer d'une évaluation de l'accès potentiel à la comptabilisation de l'utilisation effective de ces services.

7.2.4. Tableau comptable 7-IV Indices d'intensité d'utilisation et de la santé de l'écosystème

7.111 Le tableau comptable IV des indices d'intensité d'utilisation et de la santé de l'écosystème combine le PTIE avec un diagnostic de santé des écosystèmes basé principalement sur les indicateurs de biodiversité.

7.112 L'importance des indicateurs de biodiversité et leur utilisation appropriée dans la comptabilité ont été abordées dans la section 7.1. La biodiversité et son évolution sont un élément important du diagnostic de santé des écosystèmes, nécessaire pour affiner, confirmer ou contester l'évaluation effectuée dans les comptes du PTIE fondés sur des données spatiales. La nature des données sur les espèces est quelque peu différente ; ces données proviennent d'échantillons ou de sources administratives telles que des rapports sur les zones naturelles protégées, sur les espèces menacées bénéficiant d'une surveillance spéciale, sur les zones naturelles vulnérables, ou d'enquêtes portant sur des espèces particulières telles que des oiseaux communs ou des animaux chassés et pêchés, ou encore du recueil participatif de données (« crowd sourcing ») qui centralise la collecte volontaire de données. On a examiné les problèmes et les difficultés rencontrées ainsi que les moyens de les surmonter, par exemple en combinant analyse des données et avis d'experts ou en recourant à la modélisation des niches écologiques.

7.113 Au vu de la nature très variée des données sur les espèces, il est sans doute prématuré de rentrer dans trop de détails et la première recommandation pour un démarrage rapide est d'utiliser les meilleures données disponibles. Lors de la mise en œuvre du tableau comptable IV, il faut garder à l'esprit les éléments suivants :

7.114 Les indicateurs d'espèces sont censés fournir des informations sur la santé de l'écosystème. La comptabilité écosystémique n'a pas pour but principal de mesurer l'abondance des espèces. L'apparition ou la disparition d'espèces doivent être interprétées en fonction de leur importance. Il n'est pas toujours pertinent de se référer aux espèces indigènes car elles sont remplacées à un rythme rapide, surtout dans le contexte du changement climatique. Idéalement, il faudrait faire la distinction entre les nouvelles espèces qui sont favorables au fonctionnement des écosystèmes et celles qui lui sont préjudiciables, bien que de toute évidence, ces critères sont très flous. En tout cas, toutes les espèces exotiques ne peuvent pas être considérées comme nuisibles à la biodiversité et aux processus de l'écosystème. En plus des statistiques, il est nécessaire de faire appel au jugement des experts.

7.115 Le changement est la difficulté principale. Idéalement, il faudrait disposer de séries de données chronologiques cohérentes. Lorsqu'elles existent, la sensibilité et la stabilité dans le temps des indicateurs doivent être vérifiées (voir le problème actuel évoqué par l'IUCN concernant les Listes rouges, paragr. 7.35 et 7.36). Un avis d'expert sur les tendances passées et futures pour une espèce peut être plus

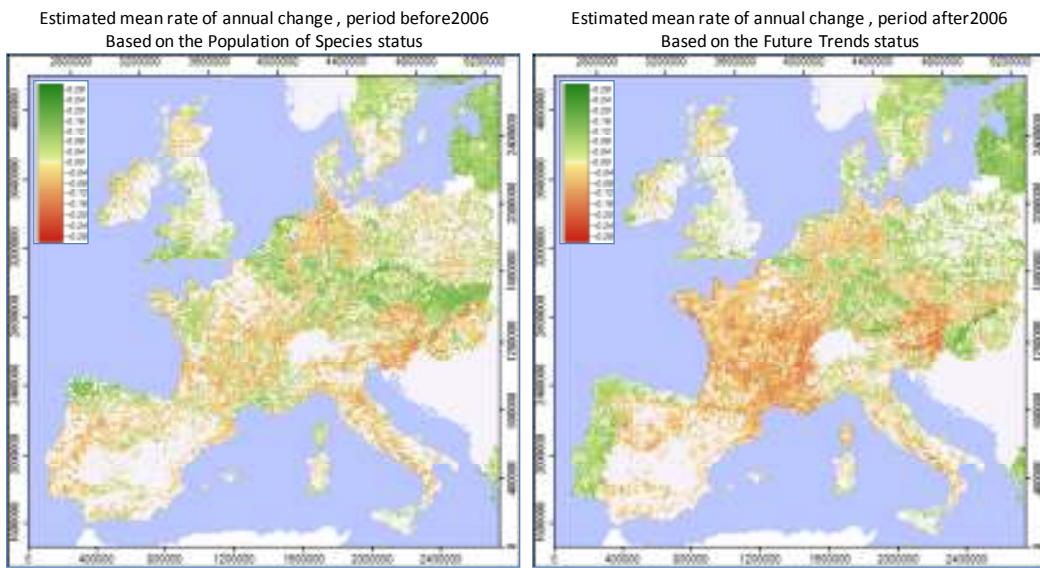
fiable que des statistiques incertaines. Dans ce cas, la comptabilisation des changements pourra se baser sur les connaissances disponibles en un point précis pris comme référence de base, et sur une indication de tendance. Un exemple d'une telle approche est donné dans l'encadré 7.13.

7.116 Il est nécessaire d'expliciter le lien entre les espèces surveillées et l'infrastructure géographique utilisée pour des besoins comptables. Cette exigence, qui correspond à l'approche de la modélisation des niches écologiques, est essentielle pour la comptabilisation dans la mesure où les valeurs écologiques dépendent à la fois de variations d'étendue, ici exprimées par le PTIE, et d'état de santé.

7.117 L'indice composite basé sur les espèces à calculer dans le tableau comptable IV peut être déterminé comme statistique ou mieux, comme le résultat d'un diagnostic. En cas d'utilisation de plusieurs indicateurs différents pour mesurer la diversité de la même espèce, il peut être préférable d'employer des méthodes de diagnostic. Les réseaux bayésiens sont des outils de diagnostic couramment utilisés en médecine et maintenant en écologie. Ils reposent sur des arbres de décision et intègrent des probabilités conditionnelles résultant de multiples observations et règles de décision. Des progiciels (commerciaux ou gratuits) facilitent l'utilisation de réseaux bayésiens, y compris dans les systèmes d'information géographique (SIG).

7.118 L'approche adoptée par l'Agence européenne pour l'environnement pour créer des indicateurs basés sur les espèces dans le cadre de la comptabilité du capital écosystémique pourrait s'avérer inadaptée à d'autres domaines ; en effet, cette approche est très spécifique à la politique de l'UE qui impose aux États membres de fournir un rapport avec une liste d'habitats et d'espèces d'intérêt communautaire (article 17 « Établissement de rapports » de la directive « Habitats » de 1992). Cette approche est présentée à titre d'exemple d'une approche générale possible et des difficultés de mise en œuvre. *La méthodologie est exposée à l'annexe I, « Étude de cas : l'indicateur de variation de la biodiversité utilisé dans la comptabilité du capital écosystémique à l'Agence européenne pour l'environnement ».*

**Figure 7.06 Indicateur de variation de la biodiversité utilisé dans la comptabilité du capital de l'écosystème à l'Agence européenne pour l'environnement
(basé sur la directive « Habitats » de l'UE, article 17 « Établissement de rapports »)**



7.119 Le tableau comptable IV des indices d'intensité d'utilisation et de la santé de l'écosystème mesure la variation annuelle de l'intégrité écologique des écosystèmes.

Tableau comptable IV Indices d'intensité d'utilisation et de santé écosystémique

Types d'unités comptables écosystémiques	Unités de paysage socio-écologiques (UPSE) / type de couverture des terres dominante (CTD)								Sous-total des paramètres socio-écologiques	Unités de systèmes riverains (USR) / types d'unités de tronçons de cours d'eau homogènes (TCH)					Sous-total des systèmes riverains	Unités marines côtières écosystémiques (UMC)			Total des écosystèmes intérieurs et côtiers
	UR Zones urbaines / artificielles	LA Grande agriculture	AM Moyennes agricultures	GR Prairies	FO Forêt	CA Couverte forestier	NA Autre couverture des terres sauvages	ND Autre couverture des terres dominiante		TCH1 Grandes rivières et cours d'eau principaux	TCH2 Cours d'eau moyens principaux	TCH3 Petits cours d'eau	TCH4 Ruisseaux, petites rivieres	TCH5 Gouaves		MC_GR Herbiers marins	MC_CR Réefs coralliens	MC_NC Autre	
IV. Tableau des indices d'intensité d'utilisation et de santé de l'écosystème																			
IUIE Indicateur d'usage de l'infrastructure écosystémique = PTIE2/PTIE1																			
EIH01 Modification de la diversité des espèces menacées																			
EIH02 Modification de la population des espèces																			
EIH03 Modification de l'état de santé des biotopes																			
EIH04 Modification de l'indice de spécialisation des espèces																			
EIH05 Autre indicateur																			
EIH07 Indice composite de la diversité des espèces des rivières, valeur moyenne par UPSE																			
EIH08 Indice de changement de qualité de l'eau des rivières, valeur moyenne par UPSE																			
EIH09 Indice d'autres changements dans l'état de santé des rivières, valeur moyenne par UPSE																			
ICES Indice composite du changement de l'état de santé de l'écosystème																			
VUEI Valeur unitaire écosystémique interne (chang) = AVG (IUIE, ICES)																			

7.120 Le changement de l'intensité d'utilisation de l'infrastructure écosystémique correspond au ratio PTIE d'ouverture/PTIE final.

7.121 Les indices d'espèces figurant dans le tableau comptable IV sont donnés à titre d'exemple. Il n'est pas nécessaire de tous les réunir et d'autres indicateurs peuvent convenir. Un seul bon indicateur validé par des spécialistes de la biodiversité peut suffire pour un démarrage rapide. Dans tous les cas, l'indicateur choisi pour l'évaluation de la santé de l'écosystème doit être clairement défini. Dans certains cas, la définition de l'indicateur peut inclure des seuils. Par exemple, une des propriétés importantes de l'indice de spécialisation des espèces est l'indication de la capacité de récupération, qui reste correcte tant qu'elle est supérieure à 50 %, mais commence à diminuer en dessous de 50 % et est sérieusement compromise quand elle est inférieure à 20 %.

7.122 L'indice composite des rivières est établi d'après des indicateurs de qualité physico-chimique et des indicateurs de biodiversité calculés pour chaque rivière, puis convertis en km² pour être intégrés dans l'indice global. Les données sur les rivières étant transférées aux UPSE, le tableau 7-IV ne comporte pas de total par USR.

7.123 D'autres indicateurs relatifs à la biodiversité ou à d'autres symptômes de détresse des écosystèmes qui n'ont pas été pris en compte précédemment peuvent ajoutés. Parmi les indicateurs portant sur les écosystèmes aquatiques pourraient notamment figurer ceux sur le changement de la structure des populations, avec des petites espèces remplaçant les plus grandes. Une autre famille d'indicateurs porte sur la prévalence de maladies, qui exprime la capacité des écosystèmes à assurer la santé des populations humaines, mais aussi animales ou végétales²⁰⁰.

7.124 L'indice composite de santé écosystémique reposera sur un diagnostic basé sur des statistiques et les connaissances des experts.

7.125 Pour finir, on peut mesurer la variation de l'intégrité écosystémique de l'écosystème en combinant l'indice de changement d'impact de l'intensité d'utilisation de l'infrastructure écosystémique avec l'indice de santé écosystémique. Le calcul peut être une moyenne de ces deux indices, simple ou bien pondérée en fonction de leur sensibilité respective. L'indice de variation annuelle de l'intégrité écologique de l'écosystème équivaut à une valeur unitaire écologique ; à ce stade, il s'agit encore d'une valeur unitaire

²⁰⁰ Ces exemples proviennent de divers articles de D.J Rapport sur la santé des écosystèmes.

interne puisque le biocarbone et l'eau accessibles ne sont pas pris en compte dans le calcul. Dans la CECN-TDR, ces facteurs (biocarbone et eau) seront intégrés dans le calcul de la capacité écologique totale, avec une unité équivalente spécifique, l'unité de capacité écosystémique (ECU) (chapitre 8).

Annexe I

Étude de cas : L'indicateur de variation de la biodiversité utilisé dans la comptabilité du capital écosystémique à l'Agence européenne pour l'environnement.

Rédigé par J.-L. Weber, (AAE-SC), S. Spyropoulou, (Agence européenne pour l'environnement), et Emil D. Ivanov (université de Nottingham), 2013.

Tous les États membres de l'UE sont tenus, aux termes de la directive « Habitats » de 1992, de surveiller les types d'habitats et les espèces considérés comme d'intérêt communautaire. L'article 17 exige que tous les six ans, un rapport sur les espèces et habitats figurant sur les listes en annexe à la directive soit communiqué à la Commission européenne ; le format du rapport est défini. Le reporting de l'article 17 concerne les types d'habitats et d'espèces présents sur l'ensemble du territoire de l'État membre concerné, pas seulement ceux des sites Natura 2000, qui sont des zones protégées définies par la législation européenne. Les processus de reporting réalisés en 2006 a bénéficié du soutien du Centre thématique européen sur la diversité biologique (ETCBD), un organisme du réseau de l'Agence européenne pour l'environnement. Les informations et la documentation complète de l'article 17 sont disponibles sur

http://bd.eionet.europa.eu/activities/Reporting/Article_17/Reports_2007/index.html

Les meilleures données disponibles à l'échelle européenne pour produire les indicateurs de changement de la biodiversité dans le cadre de la comptabilité du capital de l'écosystème de l'AEE étaient les informations contenues dans les rapports des États membres de l'UE établis en 2006 conformément à l'article 17.

Un premier essai a été fait avec des données portant, pour toute l'Europe, sur 1 182 espèces. Les oiseaux, visés par une autre directive de l'UE, ne font pas partie des espèces concernées par l'article 17.

Le reporting de l'article 17 stipule que « *le statut de la conservation a été évalué selon une méthodologie normalisée destinée à faciliter l'agrégation et la comparaison des données entre les États membres et les régions biogéographiques. Le statut de la conservation est noté « favorable », « défavorable-inadéquat » ou « défavorable-mauvais » en fonction des quatre paramètres définis dans l'article 1 de la directive. Pour les habitats, les paramètres sont l'aire de répartition, la superficie, la structure et les fonctions ainsi que les perspectives d'avenir ; pour les espèces, les paramètres sont l'aire de répartition, la population, l'habitat des espèces et les perspectives d'avenir* »²⁰¹. Il est aussi possible de signaler un statut inconnu.

Le statut de conservation de chaque espèce a été spécifié pour quatre variables : l'aire de répartition de l'espèce, sa population, son habitat et ses perspectives d'avenir. Le rapport national comprenait, pour chaque espèce, la répartition par régions biogéographiques et par aires de répartition. À partir de ces données, les résultats des évaluations ont été reportés sur une grille de 10 km x 10 km. Dans le cadre de ces rapports, l'ETCBD a réalisé un tableau indiquant les grands types d'écosystèmes qui abritent les espèces. Un tableau de correspondance entre les grands écosystèmes et les catégories de couverture des terres utilisés dans la comptabilité a également été créé.

Construction de l'indicateur

²⁰¹ Article 17 du rapport technique (2001-2006), téléchargeable sur http://bd.eionet.europa.eu/activities/Reporting/Article_17/Reports_2007/index.html (consulté le 14 juillet 2014)

Les discussions approfondies avec des spécialistes de la biodiversité de l'AEE et de l'ETCBD ont abouti à deux conclusions. La première est que les données sur les espèces compilées dans le cadre de l'application de l'article 17 ne sont pas des données d'observation pouvant être facilement soumises à une analyse statistique significative, mais sont en fait des avis d'experts. Ces données ayant été recueillies par un grand nombre de biologistes et de professionnels travaillant dans des agences environnementales dans toute l'Europe, il est logique de les utiliser dans les comptes de la santé de l'écosystème. La deuxième conclusion est que dans l'élaboration et le traitement de tous ces rapports, deux variables ont été mieux traitées par les experts : la taille des populations et les tendances futures. Le statut de la taille de la population a été interprété comme étant en augmentation, stable ou en diminution ; les perspectives d'avenir (ou tendances) ont été classées comme bonnes, médiocres ou mauvaises. Pour ces deux indicateurs, le statut de conservation inconnu reste toujours possible. En ce qui concerne les changements de biodiversité, un seul point de référence était disponible, l'année 2006. Pour cette raison, les changements n'ont pas pu être évalués en termes de différence entre deux situations. Ils l'ont été sous forme de deux tendances : la tendance passée observée en basée sur les évaluations de populations, et la tendance concernant les perspectives futures.

Le traitement des données a d'abord consisté à établir des cartes représentant les habitats ou grands écosystèmes privilégiés des espèces, selon les catégories de l'article 17 : forêt, terres agricoles, prairies, zones arbustives, zones humides et eau, et côtes et espaces marins. Des cartes ont été créées pour chaque groupe en fonction de la couverture des terres. Partant du principe que la répartition géographique des espèces était beaucoup moins précise que celle de la couverture des terres de la carte européenne CORINE, des couches de couverture des terres lissées ont été utilisées pour déterminer des types de couverture des terres dominants dans un maillage de 1 km². Au lieu du TCTD standard établi en appliquant la règle du type majoritaire, on a opté pour la variante avec deux types de couverture des terres dominants possibles en établissant la valeur minimale à > 33,34 % (appelée TCTD34). Le tableau de correspondance original a été converti en un tableau des espèces x TCTD34. Il est intéressant de remarquer que cette analyse spatiale floue correspond au fait qu'une espèce peut fréquenter plusieurs grands habitats tels qu'ils sont définis dans l'article 17 et que chacun de ces grands habitats peut contenir plusieurs types de couverture des terres.

Pour combiner la grille TCTD34 avec les couches de données d'évaluation des espèces présentées avec un maillage de 10 km x 10 km, ces dernières ont d'abord dû être ré-échantillonées avec un maillage de 1 km². On a utilisé l'algorithme de la convolution cubique²⁰² qui attribue des valeurs plus élevées au centre de la zone cartographiée qu'à sa périphérie. Ensuite, des statistiques ont été réalisées pour chaque état de conservation de l'article 17 dans tous les grands types d'habitat.

Quelques problèmes statistiques ont surgis lors de la création de l'indicateur final. La densité des relevés des espèces variait considérablement pour plusieurs raisons liées aux distributions naturelles, aux désignations initiales figurant dans la liste des espèces d'intérêt communautaire de l'UE et à la façon dont les équipes nationales d'experts ont interprété les lignes directrices de l'article 17, certaines mettant l'accent sur les situations critiques, d'autres sur la situation d'ensemble. Dans le domaine statistique, on sait bien qu'il est difficile de calculer des moyennes ou d'effectuer un sondage sur des populations très hétérogènes. Dans les deux cas, la solution consiste à utiliser non pas les chiffres eux-mêmes, mais leur logarithme naturel (ln). Cela présente un avantage supplémentaire pour la mesure du changement car le logarithme mesure la variation relative (taux de variation) et permet de faire des comparaisons indépendamment des valeurs absolues. Étant donné que l'indice de biodiversité a pour but non pas de mesurer des grandeurs (qui dépendent des conditions naturelles) mais d'évaluer la nature des variations de la biodiversité, il est pertinent de l'exprimer sous forme de logarithme.

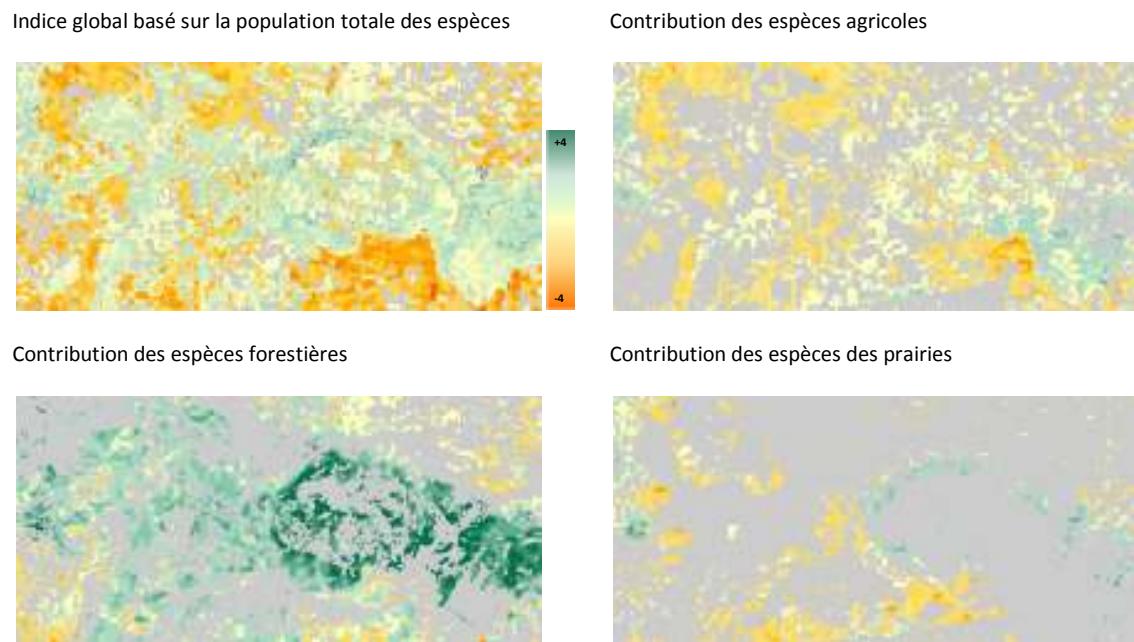
Une fois créée la base de données géographiques, les indicateurs finaux ont été testés en commençant par des formules simples. L'indicateur s'appuyant sur le passé a été nommé « population des espèces » [augmentation+stable-diminution] et l'indicateur prospectif « tendances futures » [bonnes-médiocres-mauvaises]. D'autres formules sont possibles (et ont été testées), notamment avec des pondérations différentes des composants. Par exemple, pour la population des espèces on a défini un indice de biodiversité intacte (proposé par Scholes et autres, voir paragr. 7.23) avec la formule [augmentation+diminution]/[augmentation+diminution+stable] et, de façon moins précise, pour les tendances futures sous forme de [médiocres+ mauvaises]/[bonnes+médiocres+mauvaises] en partant du principe que le statut de « bonnes » tendances est en quelque sorte l'équivalent de l'état « stable ».

Contrairement à la modélisation des niches écologiques, l'analyse statistique effectuée dans le cadre de la comptabilité du capital de l'écosystémique n'était pas une modélisation formelle, mais il y a des similitudes dans l'approche adoptée lorsque les données d'observation sur les espèces sont associées aux habitats de manière probabiliste.

La figure 7.07 présente les estimations des taux de variation annuels avant et après 2006. Dans les deux cas, les valeurs extrêmes s'échelonnent entre 4 % et -4 %. Pour rappel, un stock qui augmente de 4 % par an double en 20 ans environ. Il est également possible de consulter les informations détaillées par grand écosystème ou par type d'habitat, ce qui offre un aperçu intéressant pour l'interprétation des indices globaux. La figure ci-dessous montre comment les espèces liées à différents biotes ont contribué à l'indice global.

²⁰² La convolution cubique ressemble à l'algorithme de lissage présenté dans le chapitre 3. C'est une technique utilisée pour ré-échantillonner des données raster dans laquelle la moyenne des cellules les plus proches est utilisée pour calculer la nouvelle valeur de la cellule.

**Figure 7.07 Indicateur de variation de la biodiversité utilisé dans la comptabilité du capital écosystémique à l'Agence européenne pour l'environnement
(répartition par grands types d'écosystèmes)**



8. LE COMPTE DE LA CAPABILITÉ ÉCOSYSTÉMIQUE DU CAPITAL

8.1 Le compte de la capacité écosystémique du capital vise à produire un agrégat résumant les divers changements enregistrés dans les comptes du carbone, de la ressource en eau, et des services fonctionnels écosystémique. Cet agrégat mesure la capacité totale des écosystèmes à fournir de multiples services d'une manière soutenable.. L'ensemble doit refléter la disponibilité réelle de chaque ressource et son épuisement ou sa dégradation éventuels, sachant que les comptes de chaque actif naturel individuel pris séparément ne donnent pas une image complète, car ces actifs font partie de systèmes (les écosystèmes); ils interagissent les uns avec les autres et ce qui arrive à l'un influe en général sur tous les autres, ainsi que sur les communautés humaines.

8.2 En ce qui concerne les services potentiellement fournis par les écosystèmes, certains peuvent être appropriés, commercialisés et analysés à l'aide d'outils économiques conventionnels basés sur le marché. D'autres sont des biens communs ou publics qui sont plus difficiles à évaluer dans ce cadre en raison de différents systèmes de valeur ou de perspectives de long terme qui ne sont toutes pas correctement prises en compte par le calcul économique. En d'autres termes, les valeurs écologiques doivent être distinguées des valeurs économiques. Cette distinction est clairement faite dans l'étude TEEB (Économie des écosystèmes et de la biodiversité), dont le glossaire des termes²⁰³ précise :

- **Valeur écologique** : évaluation non-monétaire de l'intégrité, de la santé ou de la résilience des écosystèmes, qui sont tous des indicateurs importants pour déterminer les seuils critiques et les exigences minimales pour la fourniture des services de écosystémiques ;
- **Valorisation économique** : processus consistant à exprimer la valeur d'un bien ou d'un service particulier dans un certain contexte (par exemple, la prise de décision) en termes monétaires.

8.3 Bien que la conservation de la nature puisse produire des avantages économiques à court terme qui sont souvent ignorés, cela n'est pas le seul motif de la conservation des écosystèmes. Il existe d'autres raisons importantes de les conserver, notamment la réduction au minimum des risques que leur perte représente pour les économies ou les êtres humains, la nécessité de s'adapter aux conséquences incertaines des changements climatiques et d'assurer l'alimentation à long terme d'une planète surpeuplée. En dernier ressort, les décisions à prendre impliqueront des compensations entre de nombreuses options, possibilités, bénéfices et bénéficiaires. Ces décisions, qu'elles soient prises au niveau national ou local, par les entreprises ou par les citoyens, implique de comparer valeurs et coûts. Dans une large mesure (mais pas toujours), les processus décisionnels reposent sur des données et, dans ce cas, ce qui n'est pas mesuré risque de ne pas être pris en compte.

²⁰³ <http://www.teebweb.org/resources/glossary-of-terms/> (consulté le 14 juillet 2014).

8.1. PRENDRE EN COMPTE LA VALEUR ÉCOLOGIQUE

8.4 La comptabilité des écosystèmes en tant que capital naturel est une tentative de rassembler une grande quantité de données pour rendre leur utilisation possible pour la prise de décision. En dernière instance, ces données vont exprimer des valeurs, les valeurs de la nature, qui peuvent être des valeurs économiques, des bénéfices et des coûts mais pas seulement. D'autres valeurs peuvent et doivent être prises en considération d'une manière qui les rend plus faciles à intégrer dans les processus décisionnels²⁰⁴. Ce besoin d'exprimer les valeurs non monétaires n'est guère nouveau ou particulier aux écosystèmes et à la biodiversité. Au cours des dernières années, la mesure de l'efficacité réelle de l'économie est à l'ordre du jour et des solutions sont recherchées pour prendre en compte les dimensions sociale, humaine et environnementale dans des processus de décision dominés par la comptabilité nationale. Cependant, cette tentative se heurte à un obstacle constant, à savoir le contraste entre la comptabilité nationale bien intégrée et le caractère dispersé des données se rapportant aux autres domaines. Bien que les listes d'indicateurs et les tableaux de bord soient utiles, leur multiplicité montre que l'objectif de rééquilibrage des agrégats macroéconomiques conventionnels n'est pas réalisé. Ce problème est dû au fait que les collections d'indicateurs expriment de multiples valeurs qui sont parfois contradictoires. Il y a, cependant, deux projets de comptabilité où ce problème ne se pose pas, car ils incluent la définition d'unités-équivalentes dans leur méthodologie: les Comptes des flux de matières et le reporting du Protocole de Kyoto (encadré 8.01).

Encadré 8.01 Deux exemples d'indicateurs physiques agrégés utilisés pour les politiques d'efficacité d'utilisation des ressources et d'atténuation du réchauffement de la planète

Les comptes des flux de matières, qui s'inspirent des premiers travaux de Robert Ayres*, ont été suivis de nombreuses tentatives de documenter et de quantifier les analyses du cycle de vie des produits, dans le but d'obtenir un agrégat qui puisse mesurer l'efficacité de l'utilisation des produits. Parmi les autres pionniers, on compte l'Institut Wuppertal en Allemagne, l'Institut National des Études Environnementales du Japon, le World Resource Institute et des experts en analyse entrées-sorties. Le travail a été coordonné par l'OCDE au niveau international et par Eurostat en Europe. Une tentative importante a été de définir les comptes des flux de matières à l'échelle de l'économie à l'aide d'une unité commune, la tonne. Bien que l'usage de la tonne semble être un point technique mineur dans les comptes des flux de matières, de nombreuses controverses ont révélé cela en fait plus d'importance. Les tonnes des comptes des flux de matières sont un équivalent général, un numéraire nécessaire pour faire la comptabilité du métabolisme industriel et produire des agrégats qui mesurent l'efficacité de l'utilisation des ressources. Les controverses se poursuivent car les caractéristiques des différents matériaux sont très hétérogène, allant du sable et du gravier jusqu'à des produits chimiques hautement toxiques et dangereux en très petite quantité. Cependant, les comptes des flux des matières se sont avérés utiles et sont largement utilisés, notamment dans le contexte de la politique de croissance verte de l'OCDE et comme indicateur principal de l'Initiative phare de l'Union européenne** visant à améliorer l'efficacité de l'exploitation des ressources d'ici 2020.

L'application du Protocole de Kyoto a été rendue possible par le consensus obtenu sur la manière de mesurer avec une unité commune, l'équivalent CO₂, les impacts des gaz à effet de serre sur le climat et la responsabilité des secteurs économiques. L'équivalent CO₂ est « *la mesure qui décrit combien un type et une quantité donnés de gaz à effet de serre pourrait causer de réchauffement climatique en utilisant comme référence la quantité ou concentration de dioxyde de carbone (CO₂) fonctionnellement équivalente. L'émission de 1kg de méthane est égale à 21 équivalents CO₂ et l'émission de 1 kg de protoxyde d'azote est égale à 310 équivalents CO₂**** ». Vu la relation linéaire entre carbone et CO₂, le fait que l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre est exprimée en termes de carbone (permis d'échange de carbone, économie à faible intensité de carbone, etc.) et les possibilités de séquestration de carbone dans le secteur forestier, le carbone est devenu l'objectif primordial dans les débats qui entourent le réchauffement de la planète et les changements climatiques.

²⁰⁴ L'Econd, l'Ecointegrador ou l'outil de calcul de la valeur écologique de l'empreinte écologique locale (LEFT) sont des tentatives de trouver une solution à cette question critique. Ils sont décrits dans la partie 2.1.6 du chapitre 2, section 2.1.6 de les dans les annexes II et III.

La mise en œuvre progressive du processus de la CCNUCC, le rapport entre le développement continu des lignes directrices du GIEC (voir chapitre 5) et la mise en œuvre progressive de mesures dans le cadre du Mécanisme de développement propre, la définition d'objectifs convenus, l'établissement de rapports sur les mesures prises pour les atteindre, l'élaboration d'outils pour la séquestration du carbone (REDD+) et la vérification de leur mise en œuvre dépendent tous de la mesure commune de l'équivalent CO₂ (CO₂-e ou C-e). L'équivalent dioxyde de carbone employé pour enregistrer les crédits et débits dit de carbone, qui sont définis par rapport au réchauffement de la planète et non, comme dans les bilans économiques, par rapport aux réserves et à l'épuisement du carbone,. En raison de cet accord sur le but et les moyens de mesurer les effets du réchauffement de la planète et la valeur attribuée à la stabilité du climat, la comptabilité carbone a été mise en place progressivement en tenant compte de la variété des situations. Dans les lignes directrices du GIEC, une distinction est faite entre les approches sectorielles et géographiques et comptabilité et rapports sont établis à trois niveaux : le premier est basé sur une série de valeurs par défaut fournies par le GIEC, le deuxième sur des estimations nationales et le troisième sur un monitoring spatialisé (land-based) réel.

Parce que cette politique est fondée sur une unité de mesure appropriée (CO₂-e ou C-e), les valeurs de la CCNCC sont utilisées dans d'autres politiques, telle que la croissance verte, l'économie verte et l'efficacité de l'utilisation des ressources, avec les agrégats dérivés des comptes de flux de matières et des comptes économiques nationaux.

*Ayres, R.U. 1978. *Resources, Environment and Economics: Applications of the Materials/Energy Balance Principle*. Wiley, New York. USA.

** <http://ec.europa.eu/resource-efficient-europe/> (accessed 14 July 2014)

*** *Glossary, Environmental Accounts of the Netherlands 2012*, Statistics Netherlands

8.5 La CECN propose le calcul de la valeur écologique du capital écosystémique en fonction de sa capacité, ce qui recouvre à la fois la fourniture de multiples services potentiels (pas nécessairement celle de tel ou tel service particulier) ainsi que sa soutenabilité au fil du temps. L'unité de compte proposée est l'ECU, dont la justification, le principe de calcul et l'emploi en comptabilité sont présentés au chapitre 2, section 2.1.6 du et annexe III. Le chapitre 8 porte sur la description des comptes de la capacité écosystémique du capital ainsi que sur le calcul pratique des valeurs en ECU.

8.2. LE COMPTE DE LA CAPABILITÉ DU CAPITAL ÉCOSYSTÉMIQUE

8.6 Le tableau 8.1 illustre les comptes de la capacité écosystémique du capital avec des chiffres fictifs. Ce tableau peut être téléchargé sous forme de chiffrier sur le site <http://www.cbd.int/accounting>.

Tableau 8.1 Tableau comptable de la capacité écosystémique du capital pour une unité écosystémique, avec des chiffres fictifs

		ANNÉE (2)		[C]	[E]	[PIE]	[CCE]
		Ressources écosystémiques accessibles et utilisation		t ou j	m3 ou j	ha_ou_km pondérés	Capacité écosystémique du capital
Ressources de base accessibles	EC1	Ressources écosystémiques accessibles nettes, année (t-1) [SNCA, SNEA et PTIE (t-1)]		1270	1980	2331	S.O.
	EC211	Changements dûs à l'utilisation des ressources accessibles de base		90	-30	-11	S.O.
	EC212	Autres changements dûs à des causes naturelles et multiples		-60	50	0	S.O.
	EC21	Changement total de l'accessibilité des ressources de base		30	20	-11	S.O.
Utilisation des ressources écosystémiques	EC2	Ressources écosystémiques accessibles nettes, année (t) [SNCA, SNEA et PTIE (t)]		1300	2000	2320	S.O.
	EC3	Utilisation de la ressource écosystémique		1210	2030	2331	S.O.
		Compte de la capacité écosystémique		ECU	ECU	ECU	ECU
Calcul des valeurs unitaires en ECU	EC4	Valeur unitaire moyenne en ECU des ressources accessibles et de la capacité écosystémique du capital, année (t)-1				0.963	
	EC511	Indices d'intensité soutenable de l'utilisation des ressources [si<1= surexploitation; si>1= accumulation]		1.074	0.985	0.995	S.O.
	EC512	Indice de changement de l'état de santé des écosystèmes [si<1= détérioration; si>1= amélioration]		0.910	0.960	0.950	S.O.
	EC51	Changement annuel des valeurs unitaires internes des ressources accessibles et de la valeur unitaire moyenne en ECU		0.992	0.973	0.973	0.979
Ressources accessibles et capacité écosystémique du capital	EC5	Valeur unitaire moyenne en ECU des ressources accessibles et de la capacité écosystémique du capital, année (t) [ECS =				0.943	
	EC6	Ressources accessibles nettes et capacité écosystémique du capital, valeur écologique en ECU, année (t)-1		1222.7	1906.3	2244.2	1222.7
	EC7	Ressources accessibles nettes et capacité écosystémique du capital, valeur écologique en ECU, année (t)		1225.5	1885.4	2187.0	1225.5
	EC71	Accumulation nette de capacité écosystémique du capital des activités, valeur écologique en ECU [si <0= dégradation; si>0= renouvellement]		0.8	-22.9	-59.2	0.8
	EC721	Processus mondiaux/continentaux/régionaux		1.0	1.0	1.0	1.0
	EC722	Changements engendrés par les écosystèmes avoisinants et l'interaction entre écosystèmes		1.0	1.0	1.0	1.0
	EC72	Changement de la capacité écosystémique du capital dû à des causes naturelles et multiples, en ECU		2.0	2.0	2.0	2.0
Création de dettes et crédits écologiques	EC73	Changement total des ressources accessibles et de la capacité écosystémique du capital, en ECU=EC7-EC6		2.8	-20.9	-57.2	2.8
	EC81 = EC7	Accumulation nette de capacité écosystémique du capital des activités, en ECU [si <0= dégradation; si >0= amélioration]		0.8	-22.9	-57.2	0.8
	EC821	Changement indirect causé, processus mondiaux/continentaux/régionaux		-3.0	-2.0	-4.0	-3.0
	EC822	Changement causé aux écosystèmes avoisinants/interagissants		-1.0	-10.0	-15.0	-1.0
	EC82	Changement net causé à la capacité d'autres écosystèmes, en ECU [dégradation (-) ou amélioration (+)]		-4.0	-12.0	-19.0	-4.0
Indices	EC8	Création de dettes et crédits écologiques nouveaux (en ECU) [dégradation ou renouvellement directs et indirects des écosystèmes]		-3.2	-34.9	-78.2	-3.2
	EC9	Solde net cumulé des dettes (-) et crédits (+) écologiques en ECU (à partir de l'année de référence t[0])					-16.5
	Indices						
Indices	EC51	Changement annuel des valeurs unitaires internes des ressources accessibles et de la valeur unitaire moyenne en ECU		0.992	0.505	0.498	0.665
	EC5	Valeur unitaire moyenne en ECU des ressources accessibles et de la capacité écosystémique du capital, année (t) [ECS = EC4xEC51_CCE]				0.943	
	EC22	Indice de changement du volume d'accessibilité des ressources de base = EC2/EC1		1.024	1.010	0.995	S.O.
	EC23	Indice de changement de la valeur écologique de la capacité écosystémique du capital = EC22xEC5		0.965	0.952	0.938	0.965

8.7 Le tableau commence par fournir un résumé des tableaux II (Ressource de base accessible) et des tableaux III (Utilisation de la ressource écosystémique) établis pour chaque composant : carbone, eau et potentiel de l'infrastructure écosystémique. A ce stade, la colonne capacité écosystémique du capital ne peut pas être remplie car les données des différents éléments constitutifs ne sont pas additives. Pour chaque élément, le changement total de l'accessibilité de la ressource de base est la différence entre l'exercice actuel et l'exercice précédent (EC2-EC1). Le changement dû à l'utilisation des ressources de base accessibles est la différence entre la ressource accessible actuelle et l'utilisation (EC211= EC2-EC3), et la rubrique autre changement dû à des causes naturelles et multiples consiste donc le solde restant (EC212 = EC21-EC211).

8.8 Le calcul des valeurs unitaires en ECU est dérivé directement du tableau IV des indices d'intensité d'utilisation et de santé écosystémique des trois composants. Le tableau IV calcule le changement des valeurs écologiques unitaires internes pour chaque composant de chaque unité écosystémique. Une moyenne des indices de changement interne est obtenue pour calculer le changement de la valeur unitaire en ECU. Le changement de la valeur unitaire en ECU est ensuite multiplié par la valeur unitaire en ECU de l'exercice précédent. La valeur unitaire en ECU est maintenant la même pour chacun des trois composants, qui sont intégrés de cette façon.

8.9 Il convient de noter que le tableau comptable présenté dans l'exemple concerne l'exercice (2). Pour l'année (1), qui est le premier exercice comptable, la valeur unitaire (t-1) en ECU est par défaut 1 pour tous les écosystèmes; s'il existait un objectif politique de restauration de l'écosystème, la distance par rapport à l'objectif aurait été incorporée dans la valeur unitaire de référence qui aurait pu demeurer 1 seulement dans le cas d'un bon état écologique, ou être inférieure, selon la distance entre l'état observé et l'objectif (par ex. 0.9 ou 0.6). Cela implique

que la distance par rapport aux objectifs de politique de conservation ou de restauration des écosystèmes est exprimée en premier lieu en ECU.

8.10 Dans le tableau suivant, les ressources accessibles sont calculées en ECU et l'une d'entre elles (le carbone écosystémique) est sélectionnée pour représenter la capacité écosystémique totale du capital (CEC). Le calcul est fait pour les quantités de l'exercice (t) aux valeurs unitaires de l'exercice (t). Le même calcul de la ressource accessible est fait pour les quantités de l'exercice (t-1) aux valeurs unitaires de l'année (t-1). En soustrayant le résultat de ce dernier calcul du premier on obtient le changement total des ressources accessibles et de la capacité du capital écosystémique. Cette approche est dans un sens l'inverse de la pratique habituelle dans les comptes nationaux, où les agrégats sont mesurés en valeur actuelle (issue de l'observation des transactions du marché et des flux connexes) et ensuite déflatés des variations de prix pour calculer les volumes. Dans le cas de la CECN-TDR, les observations sont d'abord des quantités (enregistrées dans les différents bilans de base) et de valeurs écologiques unitaires (équivalentes à des prix) calculées par combinaison de l'intensité soutenable de l'utilisation des ressources (ratio de la ressource de base accessible et de l'utilisation de la ressource écosystémique) et du diagnostic de la santé. Les quantités sont multipliées par valeur unitaire pour obtenir la valeur écologique de l'écosystème, sa capacité (CEC).

8.11 Tous ces éléments sont calculés à partir des comptes des trois composants écosystémiques de base enregistrés dans la CECN-TDR. Les comptes eux-mêmes commencent par des bilans de base qui reposent largement sur les principes du SCEE-CC et sont reliés au SCN via celui-ci. Les développements additionnels nécessaires pour passer d'une perspective économique à une perspective écosystémique sont documentés avec des références à des cadres et sources de données bien établis tels que les lignes directrices du GIEC, les statistiques de la FAO et d'autres sources statistiques officielles, les principales classifications de l'occupation des terres (tels que le LCCS de la FAO et CORINE Land Cover), ainsi que les bases de données sur la biodiversité. Dans la mesure du possible, l'emploi de produits issus de sources modernes telles que l'observation de la Terre par satellite a été indiqué. Ces multiples références contribuent à rendre les comptes faisables et leur procurent une certaine robustesse ainsi que des possibilités de vérification.

8.12 Des éléments supplémentaires doivent être incorporés dans les comptes de la CEC afin de refléter le fait que la dégradation ou amélioration de l'écosystème n'est pas toujours entièrement due aux activités humaines; les facteurs ou perturbations naturels doivent être reflétés dans le compte, en particulier en vue du calcul des dettes écologiques.

8.13 D'autres éléments doivent refléter le fait que chaque écosystème fait partie d'un écosystème plus ample, ce qui signifie que la dégradation d'un écosystème causée par les utilisations anthropiques tout autant que les améliorations – par la purification de l'eau par exemple – peuvent avoir lieu dans un écosystème avoisinant (par exemple un bassin versant en aval) ou dans les écosystèmes plus vastes dans lesquels l'unité comptable se situe, y compris l'écosystème planétaire dans le cas des gaz à effet de serre ou de la dégradation des océans.

8.14 De même, la dégradation de l'unité de comptabilité écosystémique peut être importée d'un autre écosystème ou résulter de processus qui ont lieu à des échelles plus larges.

8.15 Ces éléments additionnels sont enregistrés (en ECU) comme changement de capacité écosystémique du capital dû à des causes naturelles ou multiples et comme changement net causé à la capacité d'autres écosystèmes (dégradation [-] ou amélioration [+]). De cette façon, la responsabilité positive ou négative des secteurs économiques et les crédits et dettes écologiques correspondants peuvent être mesurés équitablement.

8.16 Le compte se boucle par l'enregistrement de la création de nouvelles dettes et crédits (ou créances) écologiques (en ECU) correspondant à la dégradation ou amélioration directe ou indirecte de l'écosystème et du solde net cumulé des dettes (-) et des crédits (+) en ECU à partir de la situation de référence (qui dans l'exemple est l'ouverture de l'année (1)). Ces enregistrement représentent la première partie d'un bilan écologique plus complet où crédits et dettes sont ventilés à la fois par écosystème et par secteur économique, selon la classification SCN.

8.17 Ceci conclut la première partie de la CECN-TDR. Le chapitre 9 présente les étapes suivantes, qui portent sur la demande de services écosystémiques, y compris la valorisation en monnaie des bénéfices procurés, sur la responsabilité des secteurs économiques vis-à-vis de l'écosystème, ainsi que l'évaluation en monnaie des coûts de restauration correspondants ce qui conduit à l'établissement d'un deuxième bilan de crédits et de dettes, non plus en ECU, mais en termes monétaires.

9. LA TROUSSE DE DÉMARRAGE RAPIDE DES COMPTES DU CAPITAL NATUREL ÉCOSYSTÉMIQUE (CCNE-TDR) ET AU-DELÀ

9.2 Le champ d'application de la CCNE-TDR en tant que mise en œuvre initiale du SCEE-AEE ne couvre pas tous les comptes possibles. La priorité a été accordée à la mesure des écosystèmes en termes de productivité et de résilience du capital physique, pour diverses raisons dont la première est l'objectif de créer une base de données complète de tous les écosystèmes. Bien que schématique au départ, une telle base de données nécessite un minimum de connaissances des tendances générales, doit identifier points chauds et questions spécifiques, avec une certaine idée des contextes et des interactions.

9.3 Cela ne signifie pas pour autant que la CCNE-TDR ne contient pas ses propres indicateurs opérationnels. En effet, ses principaux comptes permettent la production à plusieurs échelles, y compris le niveau macroscopique, d'indicateurs d'accessibilité aux ressources et d'utilisation durable, de santé des écosystèmes et de capacité des écosystèmes de fournir des services, et finalement, de leur dégradation ou amélioration causée par les activités anthropiques. Sur certains points sur lesquels le Comité de rédaction du SCEE-AEE n'a pas pu parvenir à un consensus, la CCNE-TDR ira plus loin avec pour objectif de tester l'utilité des comptes du capital écosystémique pour la prise de décision.

9.4 Les futurs développements de la TDR vers une comptabilité (plus) complète du capital naturel écosystémique peuvent être regroupés en trois types :

- évaluation de la responsabilité des secteurs vis-à-vis de la dégradation des écosystèmes et établissement d'un bilan des crédits et dettesdettes écologiques;
- calcul des coûts de restauration et ajustements par rapport au SCN;
- évaluation et valorisation monétaire des services écosystémiques et évaluation dérivée de la valeur économique des actifs écosystémiques.

Ces concepts ne sont pas tous nouveaux. Dans le cas du troisième, des travaux importants ont été réalisés au cours des dernières années dans le cadre de divers programmes internationaux et nationaux et il s'agit plus de relier des méthodologies spécifiques à l'infrastructure de la CCNE-TDR, en particulier les cartes et comptes de la couverture des terres et les différents comptes de base.

9.1. LE BILAN DES CRÉDITS ET DETTES ÉCOLOGIQUES

9.5 Les comptes de base de la CCNE-TDR comportent le calcul de valeurs écologiques afin d'évaluer la capacité des écosystèmes à fournir des services ainsi que sa dégradation ou son amélioration par les activités humaines (chapitre 8). Cette mesure de la valeur écologique en ECU correspond à deux aspects essentiels de l'écosystème. C'est en premier lieu un actif qui peut être possédé, exploité et géré dans le sens économique, une ressource naturelle. C'est en même temps une dimension de l'écosystème plus large, correspondant à l'ensemble des services fournis au propriétaire lui-même ainsi qu'à d'autres, y compris sa capacité à se reproduire et continuer à offrir des services à l'avenir et tout ce qui correspond à ses fonctions de bien public. En termes de comptabilité, la dégradation d'un écosystème doit être enregistrée de deux manières : d'une part en tant que diminution de l'actif utilisé en tant que ressource, d'autre part en tant que dette écologique au regard des fonctions plus larges qu'il remplit. Dans le premier cas, la dégradation réduit le montant des actifs; dans le second cas, parce que les fonctions écosystémiques n'appartiennent pas exclusivement au propriétaire, leur perte touche également la

communauté en général, à l'intérieur de l'écosystème et dans son environnement, générations actuelles et futures.

9.6 Comptabiliser les dettes écologiques est important pour les politiques qui visent à en prévenir la création ou au moins l'atténuer par des paiements de compensatoires directs pour des travaux de restauration de l'écosystème ou indirects dans le cadre de systèmes de taxation ou de régimes d'assurance. Ces politiques sont en cours d'étude et plusieurs d'entre elles ont été mises à l'essai par plusieurs pays et/ou entreprises. La disponibilité d'informations pertinentes et vérifiables est à ce stade un facteur limitant. Les comptes du capital naturel écosystémique ont le potentiel de produire ces informations, ce qu'il importe maintenant de vérifier.

9.7 Un bilan des crédits et dettes écologiques peut être dressé dans le cadre de la CCNE. La mesure de crédits et de dettes en unités physiques plutôt que monétaires n'est guère nouvelle, comme le montre l'exemple bien connu des comptes dits du carbone (en fait d'équivalents CO₂) mis en œuvre dans le cadre du mécanisme de développement propre de la CCNUCC, basé sur les règles du GIEC et des systèmes nationaux d'échange de quotas d'émissions. La Directive sur la responsabilité environnementale de l'UE de 2004 en est un autre exemple²⁰⁵.

9.8 Le tableau 9.01 contient un exemple de bilan écologique schématique. Des sous-tableaux sont établis pour les actifs et passifs à court terme, les actifs et passifs à long terme, les engagements internationaux et le bilan consolidé. Les colonnes comprennent les actifs physiques intérieurs (décris dans le sous-tableau des actifs et des passifs à court terme), les crédits écologiques, les dettes écologiques et la valeur écologique nette calculée comme la différence entre crédits et dettes. Les augmentations et les diminutions des actifs physiques intérieurs sont enregistrés sous forme de changements dans les crédits lorsqu'ils sont dus à des causes naturelles. La dégradation due à l'activité humaine est enregistrée comme une création de dette. Dans le cas de l'amélioration des écosystèmes, une distinction est faite entre la restauration de la dégradation enregistrée pour les exercices précédents (réduction des dettes) et la création d'écosystèmes qui a lieu dans un contexte de restauration historique (augmentation des crédits).

²⁰⁵ Environmental Liability Directive, <http://ec.europa.eu/environment/legal/liability/> (consulté le 14 juillet 2014). En anglais liability signifie à la fois responsabilité et dettes.

Tableau 9.01: Exemple d'un bilan écologique simplifié en ECU (chiffres fictifs)

Bilan écologique en ECU

	Actifs physiques intérieurs [a]	Crédits écologiques [b]	Dettes écologiques [c]	Valeur écologique nette = [b]-[c]
I - Actifs et passifs de court terme				
Bilan d'ouverture/ court terme	100	100		100
Dégradation par les activités	-12		12	-12
Pertes naturelles	-9	-9		-9
Restauration de la dégradation antérieure	2		-2	2
Création/Amélioration d'écosystèmes	7	7		7
Gains naturels	4	4		4
Changement net des actifs et passifs à court terme	-8	2	10	-8
Bilan de clôture/court terme	92	102	10	92
II - Actifs et passifs de long terme				
Engagements constatés de restauration d'écosystèmes		50	50	0
Crédits écologiques cumulés / allocations		13		13
Dettes écologiques cumulées			35	-35
Bilan d'ouverture/ long terme	63	85	-22	
Changement des engagements constatés de restauration des écosystèmes		0	0	0
Changement des crédits/allocations écologiques cumulés		8		8
Changement des débits écologiques cumulés			11	-11
Changement net des actifs et passifs à long terme	8	11	-3	
Engagements constatés de restauration d'écosystèmes		50	50	0
Crédits écologiques cumulés / allocations		21		21
Dettes écologiques cumulées			46	-46
Bilan de clôture/long terme	71	96	-25	
III - Engagements internationaux				
Bilan d'ouverture/dégradation écosystémique incorporée			30	-30
Acquisition de dégradation écosystémique incorporée			15	-15
Compensation de la dégradation écosystémique incorporée			-5	5
Changement net de la dégradation écosystémique incorporée dans les marchandises			10	-10
Bilan de clôture/ dégradation écosystémique incorporée			40	-40
Bilan consolidé (I + II + III)				
Bilan d'ouverture	100	163	115	48
Changement net	-8	10	31	-21
Bilan de clôture	92	173	146	27

9.9 Le bilan présenté dans le tableau 9.01 montre que le capital écosystémique actuel intérieur (mesuré en ECU) s'est dégradé pendant la période couverte de 100 à 92 (-8). Ce changement dans les actifs sera reporté en changement de la valeur écologique nette dans le bilan de l'exercice comptable suivant. Dans le tableau actuel, le changement actuel (-8) s'ajoute d'abord au changement net des crédits et dettes accumulés pendant les exercices précédents (-3), appelés actifs et passifs à long terme, et ensuite au changement net de la dégradation des écosystèmes incorporée dans commerce des marchandises (-10). Au total, la valeur écologique nette a changé de 48 à 27 pendant la période en question (une perte de 21).

9.10 La mise en œuvre d'un bilan écologique nécessite plus que la simple mesure des actifs physiques, des crédits et des dettes : ces variables doivent être ventilées selon les secteurs économiques qui sont responsables. Un rapport technique de l'Agence européenne pour l'environnement fournit des indications générales sur la manière de procéder²⁰⁶. L'expérience empirique dans ce domaine est cependant limitée.

²⁰⁶ Weber, J-L. *An experimental framework for ecosystem capital accounting in Europe*. EEA Technical report No 13/2011 <http://www.eea.europa.eu/publications/an-experimental-framework-for-ecosystem> (consulté le 14 juillet 2014).

9.2. CALCUL DES COÛTS DE RESTAURATION ET AJUSTEMENTS POSSIBLES DU SCN

9.11 Les coûts de restauration sont en général bien connus car ils font partie des données de travail des ministère de l'agriculture et des forêts, des agences de l'eau et des ministères de l'environnement dans le cadre de leurs programmes nationaux d'indemnisation et des programmes émergents de réparation environnementale ou atténuation impliquant les institutions financières. Les pays, notamment l'Australie, la Nouvelle-Zélande, le Royaume-Uni, les États-Unis et plusieurs pays Européens utilisent la compensation des impacts écologiques comme outil facultatif ou obligatoire (selon le pays) de gestion de la conservation de la biodiversité dans leurs systèmes de planification. La compensation écologique est également envisagée par les pays d'Amérique latine (Brésil, Chili, Colombie, Équateur et Pérou), ainsi que par l'Afrique du Sud. En France, la Caisse des dépôts et Consignations (CDC) a créé une succursale consacrée aux mesures de compensation de la biodiversité lorsqu'elles sont exigées par la loi²⁰⁷. Un autre exemple est l'évaluation exhaustive par les États membres de l'UE des coûts de réalisation de l'objectif de bonne qualité environnementale des bassins versants exigée par la Directive-cadre sur l'eau. Des données et des statistiques sur les coûts de la restauration figurent également dans les statistiques recueillies pour compiler les comptes des dépenses de la protection et gestion de l'environnement du Cadre central du SCEE.

9.12 La connaissance de l'ampleur de la dégradation des écosystèmes par problème et par secteur économique responsable et du coût unitaire moyen de restauration correspondant permet d'évaluer ce coût. Comme mentionné au chapitre 2, parce que les coûts de restauration ne font pas partie du prix d'achat des produits, ils ne sont payés par personne. Leur évaluation devrait donc entraîner un ajustement de l'agrégat de demande finale de la comptabilité nationale afin de le calculer à son coût complet (car nous consommons plus que nous ne payons : nous consommons de la capacité écosystémique). Ces questions n'ont pas été examinées dans le cadre du SCEE-Comptabilité expérimentale des écosystèmes.

9.3. ÉVALUATION ET VALORISATION DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES ET ÉVALUATION DE LA RICHESSE

9.13 Le bilan écologique des crédits et dettes, et le calcul des coûts de restauration sont encore au stade de la recherche. L'évaluation et la valorisation des services écosystémiques et les évaluations de la richesse qui en sont dérivées ont une longue qui remonte aux premiers travaux de Constanza, Dasgupta, Mahler et autres (voir la bibliographie). Ces travaux ont à leur tour stimulé des études très complètes telles que le projet de comptabilité verte pour les États indiens²⁰⁸ créé par Pavan Sukhdev, devenu par la suite le directeur de projet de l'étude TEEB, qui a produit un vaste panorama²⁰⁹ de méthodes et connaissances empiriques.

9.14 L'objet de la section 9.3 du chapitre 9 n'est donc pas d'indiquer la voie à suivre, mais de fournir des références aux sources qui peuvent être utilisées dans les applications nationales en complément à la CCNE-TDR. Trois parties abordent séparément les questions de la cartographie et de l'évaluation des

²⁰⁷ Caisse des Dépôts et Consignations/ CDC Biodiversité <http://www.cdc-biodiversite.fr/> (consulté le 14 juillet 2014).

²⁰⁸ <http://www.gistindia.org/monograph.html> (consulté le 14 juillet 2014).

²⁰⁹ <http://www.teebweb.org/our-publications/all-publications/> (consulté le 14 juillet 2014).

services écosystémiques en unités physiques, la valorisation des services écosystémiques et l'utilisation des valorisations monétaires, par exemple pour l'évaluation de la richesse.

9.3.1. Évaluer les services écosystémiques en unités physiques

9.15 Un essai de la CCNE-TDR au niveau national révèlera probablement l'existence de travaux antérieurs portant sur des services écosystémiques réalisés dans différents contextes, tels que la définition de stratégies de conservation de la nature, l'aménagement du territoire et la recherche. Il est aussi probable que la demande politique d'une expérimentation de la CCNE-TDR nécessitera de traiter de services écosystémiques spécifiques présentant un intérêt particulier. Des références à la comptabilité des services écosystémiques pourraient donc s'avérer utiles.

9.16 Des centaines d'études contiennent des évaluations des services écosystémiques et, vu leur nombre, ne peuvent être mentionnées ici²¹⁰. On se limitera donc au récent rapport sur la cartographie et l'évaluation des écosystèmes et de leurs services (MAES, 2014) qui est proposé comme une introduction et l'étude d'une large gamme de questions méthodologiques et pratiques²¹¹. Le projet MAES est mis en œuvre par l'UE en vue de l'élaboration d'indicateurs pour l'évaluation des écosystèmes dans le cadre de l'Action 5 de la stratégie 2020 de l'UE pour la biodiversité.

9.17 Le premier rapport MAES (2013) présente un cadre analytique pour l'évaluation des écosystèmes dans le cadre de l'Action 5 de stratégie de l'UE pour la biodiversité 2020, se réfère au SCEE et utilise la CICES version 4.3. MAES fait également spécifiquement mention de l'Objectif d'Aichi 2 de la CBD d'*« intégrer les valeurs de la biodiversité dans les systèmes de comptabilité »* « *Bien que l'Action 5 soit officiellement associée à l'Objectif 2 de la stratégie pour la biodiversité, il est clair que sa portée est plus grande et que cela sous-tend la réalisation d'un grand nombre d'objectifs et autres actions de la stratégie* ».

9.18 Le projet MAES est dirigé par le Centre commun de Recherche (CCR) de la Commission Européenne et codirigé par l'Agence européenne pour l'environnement. Cette étroite coordination a pour avantage important de se situer dans un cadre de comptabilité du capital écosystémique et d'utiliser l'inventaire de la couverture des terres CORINE Land-Cover comme infrastructure de données commune.

²¹⁰ On trouve des références à des études sur les services écosystémiques sur les sites Web du PNUE, de WAVES, de l'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire et dans la documentation scientifique portant sur l'économie écologique et les indicateurs écologiques.

²¹¹ Trois documents de travail ou rapports MAES ont été publiés par le JRC:
En 2011: *A European assessment of the provision of ecosystem services - Towards an atlas of ecosystem services*. Maes. J., Paracchini, M-L. and Zulian, G.), <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/11111111/16103> (consulté le 14 juillet 2014).
En 2013: *An analytical framework for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020*. Maes J. et al. http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/pdf/MAESWorkingPaper2013.pdf (consulté le 14 juillet 2014).
En 2014: *Indicators for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020*. Maes J. et al. http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/pdf/2ndMAESWorkingPaper.pdf (consulté le 14 juillet 2014).

Figure 9.02 Le contexte politique Action 5 - MAES²¹²



Source: MAES 2014

9.19 Le rapport MAES présente des résultats à l'échelle européenne pour un grand nombre de services écosystémique. La cartographie et l'évaluation se poursuivent dans maints pays européens qui ont entamé le processus MAES au niveau national, régional ou à celui des études de cas. Les projets pilotes, auxquels participent volontairement des États membres et des autres parties prenantes, y compris des ONG, sont coordonnés par le CCR, la direction générale de l'environnement de la CE et l'Agence européenne pour l'environnement. Six domaines ont commencé à être étudiés : la nature, l'agriculture, la forêt, l'eau douce, l'écosystème marin et la comptabilisation du capital naturel. Les services sont cartographiés et évaluées en termes d'offre et de demande et reliés à la condition des écosystèmes qui les fournissent.

9.20 Le programme MAES évalue la faisabilité pratique de la classification intérimaire CICES et présente un intérêt particulier pour débuter les comptes des services écosystémiques. Le tableau 9.02 reproduit le tableau 14 du rapport MAES de 2014 (*op. cit.*) afin d'illustrer les domaines couverts.

²¹² NB: l'objectif de 15% dans la figure 9.02 se réfère à la stratégie pour la biodiversité de l'UE, qui déclare que « *d'ici à 2020, les écosystèmes et leurs services sont préservés et améliorés en établissant une infrastructure verte et en restaurant au moins 15% des écosystèmes dégradés* » <http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/comm2006/2020.htm> (consulté le 14 juillet 2014).

Tableau 9.02: Évaluation des indicateurs disponibles (MAES 2014)

MAES Tableau 14. Indicateurs disponibles pour l'évaluation des services écosystémiques dans différents écosystèmes.

Ecosystem services	Leader	Indicator	Marine systems
Cultivated crops	Agro	▪ Area and yields of food and feed crops	
Raised animals and their outputs	Agro	▪ Livestock	
Wild plants, algae and their outputs	Forest	▪ Distribution of wild berries (modelling)	
Wild animals and their outputs	Forest	▪ Population sizes of species of interest	
Plants and algae from in-situ aquaculture	Water		
Animals from in-situ aquaculture	Water	▪ Freshwater aquaculture production	
Water (Nutrition)	Water	▪ Water abstracted	
Biomass (Materials)	Forest; Agro	▪ Area and yield of fibre crops; ▪ Timber production and consumption statistics	
Water (Materials)	Water	▪ Water abstracted	
Plant-based resources	Forest	▪ Fuel wood statistics	
Animal-based resources			
Animal-based energy			
(Mediation of waste, toxics and other nuisances)	Forest	▪ Area occupied by riparian forests ▪ Nitrogen and Sulphur removal (Forests)	▪ Nutrient load to coast ▪ Heavy metals and persistent organic pollutants deposition ▪ Oxyrisk
Mass stabilisation and control of erosion rates	Forest; Agro	▪ Soil erosion risk or erosion protection	▪ Coastal protection capacity
Buffering and attenuation of mass flows			
Hydrological cycle and water flow maintenance			
Flood protection	Fresh	▪ Floodplains areas (and record of annual floods); ▪ Area of wetlands located in flood risk zones	▪ Coastal protection capacity
Storm protection			
Ventilation and transpiration	Agro	▪ Amount of biomass	
Pollination and seed dispersal	Agro	▪ Pollination potential	
Maintaining nursery populations and habitats		▪ Share of High Nature Value farmland ▪ Ecological Status of water bodies	▪ Oxygen concentration ▪ Turbidity ▪ Species distribution ▪ Extent of marine protected areas
Pest and disease control			
Weathering processes	Agro	▪ Share of organic farming ▪ Soil organic matter content ▪ % of topsoil ▪ Cation exchange capacity	
Decomposition and fixing processes	Agro	▪ Area of nitrogen fixing crops	
Chemical condition of freshwaters	Water	▪ Chemical status	
Chemical condition of salt waters	Marine		▪ Nutrient load to coast; ▪ HM and POP loading ▪ Oxyrisk
Global climate regulation by reduction of greenhouse gas concentrations	Forest	▪ Carbon storage and sequestration by forests	▪ Carbon stock ▪ Carbon sequestration ▪ pH; ▪ Blue carbon ▪ Primary production
Micro and regional climate regulation	Forest	▪ Forest area	
Physical and experiential interactions	Forest; Agro	▪ Visitor statistics	
Intellectual and representative interactions	Water; Marine		
Spiritual and/or emblematic			
Other cultural outputs		▪ Extent of protected areas	

All services at COES class level except services in italic at COES group level. COES Division indicated by brackets.

9.3.2. Valorisation des services écosystémiques

9.21 Comme indiqué ci-dessus, les méthodes de valorisation des services écosystémiques sont bien connues et de nombreuses études ont été menées dans ce domaine. En principe, parce que tous les biens sont considérés par la comptabilité nationale comme des produits, tous les services d'approvisionnement devraient être dans le SCN, en particulier la production pour propre compte des ménages, qui consiste notamment à cueillir des baies, à ramasser du bois, à extraire de la tourbe ou à retirer l'eau d'un puits²¹³. L'encadré 9.01 fait référence uniquement à des documents sur la valorisation des services écosystémiques disponibles auprès d'organisations internationales. On trouve davantage de documentation au niveau des pays et dans le monde universitaire²¹⁴. Les chapitres 5 et 6 du SCEE- CEE- contiennent un examen approfondi et une discussion qui aident à évaluer la pertinence et la solidité des méthodes de valorisation monétaire dans un cadre de comptabilité.

Encadré 9.01 Quelques sources de publications sur la valeur et la valorisation des services écosystémiques

Le PNUE a des activités importantes sur la valorisation des services écosystémiques et le paiement de ces services (PES) dans le contexte de l'approche de l'économie verte, de TEEB ou de VANTAGE.

L'Unité de l'économie des services écosystémiques du PNUE-DEPI a produit une série de 17 documents de travail téléchargeables à http://www.ese-valuation.org/index.php/res/publication/25-ese-working-papers-series/8-working-papers-series_17, en particulier le manuel *Guidance Manual for the Valuation of Regulating Services* (<http://www.ese-valuation.org/guidance%20manual%20valuation%20reg%20serv%203.pdf>) et un *Guide pour l'évaluation et la comptabilité des services écosystémiques dans les petits États insulaires en développement* . http://apps.unep.org/publications/index.php?option=com_pub&task=download&file=Guidance_Manual_SIDS_Full_Report.pdf (Paulo A.L.D. Nunes 2015, document en anglais, résumé en français)

TEEB est également une importante source de documentation sur la valorisation des services écosystémiques, à commencer par les rapports TEEB eux-mêmes: <http://www.teebweb.org/our-publications/>

Bien que les publications du SCBD soient moins nombreuses, les questions liées à la valorisation des écosystèmes sont une préoccupation de longue date, comme l'indiquent les trois rapports suivants de la Série technique:

Pearce D. and Pearce C. 2001. *The Value of Forest Ecosystems*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity Montreal, 67p. (CBD Technical Series no. 4);

De Groot, R.S., Stuip, M.A.M., Finlayson, C.M. and Davidson, N. 2006. *Valuing wetlands: guidance for valuing the benefits derived from wetland ecosystem services*, Ramsar Technical Report No. 3/CBD Technical Series No. 27. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland and Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Canada; Gallagher L., Hill C., Martin A. et al. 2013.

Valuing the biodiversity of dry and sub-humid lands. Technical Series No.71. Secretariat of the Convention on Biological

²¹³ SCN 2008, *op.cit.*, paras. 6.32 et 6.33. Dans la pratique, un tel enregistrement n'est pas toujours effectué en raison de difficultés statistiques. En outre, par ce qu'il n'existe pas de prix de marché de transaction dans le cas de la production des ménages pour leur propre compte, des prix conventionnels doivent être utilisés. En particulier, par convention, aucun rendement net sur le capital n'est inclus lorsque la production à leur propre compte est entreprise par des producteurs non commerciaux (SNA 6.125) et dans une perspective de production, aucune marge commerciale n'est incluse, ce qui rend la comparaison de la consommation achetée et de la consommation produite pour son propre compte difficile.

²¹⁴ Par exemple, la International Society for Ecological Economics (ISEE) a organisé de nombreuses séances sur l'évaluation des services écosystémiques lors de ses conférences biennales et publié de nombreux articles sur le sujet dans son journal.

Diversity, Global Mechanism of the United Nations Convention to Combat Desertification and OSLO consortium (2013).

La **Banque mondiale** offre une documentation abondante sur les pages WAVES (<http://www.wavespartnership.org/en/publications>).

En particulier, le Comité politique et technique d'experts de WAVES (CPTE) présente de récents projets portant sur la valorisation des services écosystémiques :

Ecospace: spatial modelling and accounting for ecosystem services, dans lequel des cartes spécifiques sont produites pour des services écosystémiques et des actifs écosystémiques en unités physiques et monétaires (<http://www.wageningenur.nl/en/show/Ecospace-spatial-modelling-and-accounting-for-ecosystem-services.htm>);

Ecosystem Values Assessment and Accounting (EVA). L'un des principaux buts d'EVA est de piloter le développement de comptes écosystémiques – la mesure de flux de bénéfices écosystémiques vers l'économie, ce qui nécessite l'analyse, la cartographie, et la valorisation monétaire des services écosystémiques d'une manière qui soit en accord avec les comptes nationaux (<http://www.wavespartnership.org/en/ecosystem-values-assessment-accounting-project-peru>).

9.3.3. Agrégation et intégration de la valeur monétaire des services écosystémiques

9.22 L'agrégation et l'intégration des services écosystémique dans les valeurs monétaires est une autre extension de la comptabilité des services écosystémiques étroitement liée à la valorisation et la modélisation économiques. Bien qu'elles ne fassent pas partie de la CCNE-TDR, ces approches peuvent en bénéficier. On distingue deux grands types de travaux : les calculs de la richesse économique et l'agrégation des services écosystémiques en valeur monétaire.

9.23 Les calculs de la richesse sont bien établis – l'acronyme WAVES signifie Évaluation de la richesse et valorisation des services écosystémiques – et les publications sont accessibles (9.23). Au niveau micro-économique, les calculs de la richesse sont une partie importante de l'analyse coûts-bénéfices (ACB), dans laquelle les projets sont comparés aux bénéfices futurs escomptés. « *En ACB, les avantages et les coûts sont exprimés en termes monétaires et sont ajustés pour la valeur temps de la monnaie, de sorte que tous les flux de bénéfices et les flux des coûts des projets au cours du temps (qui ont tendance à survenir à différents moments) sont exprimés sur une base commune en termes de leur valeur actuelle nette.* »²¹⁵

9.24 Les calculs de la richesse au niveau national et mondial ont été entrepris en vue d'évaluer et comparer la richesse totale des nations ainsi les parts relatives de ses composants : capital produit, capital humain et capital naturel²¹⁶. Les deux publications importantes sont les suivantes :

- *La richesse changeante des nations*, 2011, Banque mondiale²¹⁷;
- *Rapport sur la richesse inclusive*, 2012, Programme international sur les dimensions humaines des changements planétaires, UNU et PNUE²¹⁸.

9.25 L'agrégation des services écosystémiques en termes monétaires a fait l'objet de longues discussions, initialement compliquées par l'idée d'ajuster le PIB ou de comparer la valeur totale des services écosystémiques avec le PIB. Le but n'est pas ici de rouvrir ces débats, mais de suggérer que l'idée de comparaisons avec le PIB est régulièrement revisitée. Ces recherches sur la valorisation des services écosystémiques peuvent bénéficier de l'existence de comptes écosystémiques en unités physiques qui visent à fournir une infrastructure commune à la plus large gamme d'applications possible. L'encadré 9.02

²¹⁵ Source: Wikipédia

²¹⁶ A noter que l'évaluation de la richesse totale ou inclusive implique l'idée que les formes de capital peuvent être substituées l'une par l'autre et résulte en des évaluations de la soutenabilité dite faible – faible du point de vue de la capacité totale de l'écosystème qui peut dans ce cas être remplacée par du capital fabriqué. La CCNE se réfère implicitement au paradigme de la soutenabilité forte selon lequel les écosystèmes sont considérés comme un capital essentiel qui doit être conservé pour lui-même.

²¹⁷ <http://www.worldbank.org/en/topic/environment/publication/changing-wealth-of-nations> (consulté le 14 juillet 2014)

²¹⁸ <http://ihdp.unu.edu/docs/Publications/Secretariat/Reports/SDMs/IWR%20SDM%20Low%20Resolution.pdf>

donne deux exemples récents de tentatives d'agrégation des services écosystémiques. Bien que leur contexte, et dans une mesure leur but, soient très différents, elles partagent l'objectif de calculer la valeur finale des services écosystémiques et de faire de ces calculs des contributions opérationnelles à la prise de décision. Il s'agit d'une expérience de calcul du « produit écologique brut » (PEB) (*Gross Ecological Product - GEP*) en Chine, appuyé par l'Union internationale pour la conservation de la nature (IUCN), et d'une approche de comptabilité expérimentale des écosystèmes dans l'état de Victoria en Australie.

9.26

Encadré 9.02 Deux exemples d'approches de l'agrégation des services écosystémiques

Le PEB en Chine

Le Produit écologique brut (PEB) est un projet du gouvernement chinois appuyé par l'IUCN. Il vise à développer des indicateurs spécifiques pour mesurer la valeur économique totale de tous les produits et services écosystémiques fournis par la nature pour le bien-être humain. Le PEB est perçu comme étant favorable la nouvelle Initiative Éco-civilisation de la Chine, présentée comme une priorité absolue dans le Rapport du 18^{ème} Congrès national du Parti communiste de la Chine. Ce projet, qui sera mené à Kubuqi, en Mongolie-intérieure, le septième plus grand désert en Chine, développera et mettra à l'essai un cadre d'évaluation du PEB et identifiera des dispositifs politiques, techniques et institutionnels pratiques pour la mise en place d'un système de comptabilité PEB.

« Le PEB compte les écosystèmes naturels comme une source de production plutôt qu'un *simple* coût. Si nous considérons que la civilisation écologique a quatre piliers : *les valeurs et l'éthique* économiques, sociales, environnementales *et*, des écosystèmes naturels, , le PEB serait un système de comptabilité révolutionnaire pour l'écosystème de la nature. Il serait lié aux principaux systèmes de comptabilité de l'économie verte tels que le SCEE et agirait comme un système d'indicateurs efficace pour la civilisation écologique ». Zhang Xinsheng, Président de l'IUCN et Secrétaire général de Eco-Forum Global <http://www.iucn.org/zh/china/?12537/1/IUCN-China-takes-lead-in-measuring-the-true-value-of-nature>.

L'approche PEB commence par mesurer les biens et les services écosystémiques en valeurs biophysiques. La première tâche est d'établir la quantité de services d'approvisionnement, de régulation et de services culturels à une période de temps donnée. La deuxième étape consiste à valoriser les services écosystémiques en utilisant différentes méthodes de valorisation, notamment l'emploi d'estimations du prix fictif et du surplus du consommateur. « Les principales méthodes de marché alternatives pour déterminer le prix sont la méthode des dépenses, la méthode des prix de marché, , la méthode fondée sur l'opportunité et la méthode coûts de transport. »

Il convient de noter que dans la comptabilité PEB, une attention est accordée à la mesure des flux intermédiaires (à l'intérieur ou entre les écosystèmes) afin d'obtenir l'équivalent de la valeur ajoutée dans le SCN, où la consommation intermédiaire est soustraite des ventes. Cette volonté de mesurer les flux finaux réels dans le PEB suscite des préoccupations semblables dans les comptes écosystémiques expérimentaux produits en 2013 pour l'état de Victoria, en Australie.

Les comptes écosystémiques victoriens

« Appliquer l'approche victorienne des marchés environnementaux aux comptes écosystémiques requiert une méthode ascendante i) quantifiant tous les flux intra-écosystème en utilisant une mesure de l'état des actifs; ii) quantifiant le volume des flux entre écosystèmes en fonction de l'état de l'actif et dans son contexte dans le paysage; iii) quantifiant le volume de services écosystémiques en fonction des flux entre écosystèmes et en tant que mesure de pertinence de la préférence anthropocentrique pour les flux. Par contre, la CEE-SCEE recommande l'emploi d'une approche descendante, selon laquelle seuls les services écosystémiques sont quantifiés et les mesures des flux intra- et inter-écosystèmes ne sont pas nécessaires. L'approche ascendante a l'avantage de rassembler des données le long d'une chaîne de causes et d'effets qui pourraient être ignorés dans l'approche descendante. La cartographie de cette chaîne pourrait être particulièrement importante afin d'évaluer les conséquences de décisions spécifiques sur l'ensemble de l'écosystème. Par exemple, la perte d'une forêt pourrait avoir des conséquences sur la qualité de l'eau de ruisseau qui pourrait à son tour nuire à l'estuaire en aval, avec un impact sur les stocks de poissons. Afin de comprendre pleinement les changements (dans ce cas les stocks de poissons) et de permettre une intervention efficace, il est nécessaire de comprendre l'ensemble du système. L'approche ascendante permet la modélisation et de surveiller des chaînes cumulatives de processus complexes dans l'ensemble du système. »

Eigenraam, M., Chua, J. and Hasker, J. 2013. *Environmental-Economic Accounting: Victorian Experimental Ecosystem Accounts, Version 1.0*. Department of Sustainability and Environment, State of Victoria http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/londongroup/meeting19/LG19_16_5.pdf.

CONCLUSION

La comptabilisation des écosystèmes ne remplace pas la science, elle est plutôt un moyen de rassembler les meilleures connaissances disponibles et de les présenter sous une forme susceptible d'aider les décideurs. Elle est aussi un moyen de rassembler et de résumer de façon logique et transparente des informations souvent dispersées.

Le développement des comptes du capital écosystémique est entravé par l'état de notre compréhension de la nature, des systèmes naturels et de la société, ainsi que par l'accès aux données existantes. Ce problème n'est pas particulier à ce domaine; le monitoring des changements climatiques et la comptabilité nationale elle-même font face à des difficultés semblables – bien qu'une plus longue tradition de développement de statistiques socioéconomiques ait conduit à des informations plus robustes dans ce dernier cas.

Sur le plan pratique, les données manquantes doivent être estimées à l'aide de modèles, afin de fournir aux décideurs des éléments factuels qu'ils peuvent manier et interpréter en plus des agrégats et socio-statistiques macro-économiques habituelles.

Vu l'urgence d'incorporer les valeurs des écosystèmes et de la biodiversité dans les processus décisionnels conformément à l'Objectif d'Aichi 2 de la CBD et à l'Objectif de développement durable 15 proposé par le Groupe de travail ouvert de l'Assemblée générale des Nations Unies, les questions et incertitudes scientifiques ne devraient plus être considérées comme un argument pour ne pas produire dès maintenant des comptes écosystémiques. Les progrès on plus de chance d'être réalisés en faisant des essais avec les connaissances et les données disponibles plutôt qu'en attendant la venue de meilleures informations, données et statistiques scientifiques – quoique toutes celle-ci soit hautement souhaitable. Cette approche est celle qui a été adoptée par la Commission de statistique des Nations Unies pour les comptes écosystémiques expérimentaux du SCEE, sachant que les premiers comptes dans des pays pionniers ne seront certainement pas parfaits, mais que l'expérience acquise en les produisant formera la base d'améliorations futures.

Par contre, les limitations de l'information sont un argument solide en faveur de la transparence des méthodes et des métadonnées. L'ambition de promouvoir la prise de décision fondée sur des données factuelles impose une grande responsabilité au comptable. Les différents acteurs devraient être en mesure de comprendre les incertitudes résultant de problèmes scientifiques et de données. Plus particulièrement, ils devraient être pleinement conscients des hypothèses sous-jacentes du cadre de comptabilisation des écosystèmes qui, comme tout modèle, ne peut être neutre.

Le cadre de la CCNE est principalement de nature statistique. Il vise en particulier à faciliter l'accès à une large gamme de données et de statistiques utiles à la comptabilité écosystémique, ainsi qu'à la modélisation ou la réalisation de différents types d'analyses. Un aspect important des méthodes de comptabilité est qu'elles impliquent des vérifications croisées des données de base, un moyen appréciable d'évaluer leur qualité. C'est particulièrement important dans tous les cas où différentes sources fournissent différentes valeurs pour une même variable, un cas fréquent en matière de biodiversité.

Une autre propriété de la CCNE est l'accent mis sur les changements, en particulier la mesure de la dégradation, ce qui nécessite la production de séries chronologiques, qui sont en soi un outil utile pour apprécier la cohérence et la vraisemblance des données. Le cadre de la CCNE n'est pas neutre, car il accorde la priorité à la mesure de valeurs écologiques fondées sur l'évaluation de la performance et de la résilience des écosystèmes plutôt qu'aux valeurs économiques. Cependant, les coûts de préservation et de restauration des écosystèmes sont des variables économiques essentielles dans la CCNE, alors que d'autres cadres favorisent une approche fondée sur les services écosystémiques et la valorisation monétaire des bénéfices.

Bien que la CCNE se prête à une très large gamme d'applications, y compris la comptabilisation des services écosystémiques, son raisonnement est de commencer par les comptes de base du capital écosystémique, ce qui est le but de la TDR.

La feuille de route de la mise en œuvre de la CCNE-TDR a été présentée en 5 étapes :

1. collecte de d'ensembles de données de référence et création d'une base de données des unités comptables écosystémiques (UCE);
2. collecte des données de base : données de monitoring et statistiques;
3. production de comptes de base, calcul de la capacité écosystémique totale, évaluation de la dégradation ou de l'amélioration;
4. analyse fonctionnelle du capital et des services écosystémiques en unités physiques;
5. analyse fonctionnelle du capital et des services écosystémiques en unités monétaires: mesure des coûts de dégradation non payés; valorisation des services écosystémiques.

Les étapes 1 à 3 correspondent à la TDR. Les étapes 4 et 5 sont des extensions.

La disponibilité de données déterminera le détail et l'exactitude de la première génération de comptes. Les tableaux comptables devront probablement être simplifiés dans la pratique, ce qui signifie qu'à un stade préliminaire toutes les données ne seront pas enregistrées. Cette simplification peut être entreprise en fonction des particularités nationales, notamment des caractéristiques spécifiques des écosystèmes du pays.

La collecte de données doit être envisagée pour le projet et au-delà de celui-ci. La coopération institutionnelle entre les agences environnementales, les bureaux de statistiques, les divers ministères et le secteur de la recherche devrait conduire, à court terme, à des accords de répartition des tâches et à la mise en place d'un comité de pilotage, et à moyen terme, à la création d'un système d'information environnementale patagé pour fournir les mises à jour annuelles.

Il se peut que les priorités politiques conduisent à mettre l'accent sur des zones spécifiques, par exemple les zones côtières, une région ou un parc naturel, ou encore des écosystèmes particuliers tels que les forêts ou les agro-systèmes. Dans ces cas, des comptes plus complets peuvent être envisagés dans la mesure où l'intérêt politique a sans doute conduit à une multiplication d'études contenant des données qui peuvent être employées pour un test. Cependant, il est recommandé que l'exercice de CCNE démarre par la production des comptes de base présentés dans cet ouvrage. Ceux-ci peuvent être établis de manière plus simple qu'il n'est nécessaire pour les comptes de zones prioritaires, mais il importe dans tous les cas d'avoir une vue de l'ensemble du contexte géographique : la zone côtière et l'arrière-pays, les forêts, l'agriculture ou les zones urbaines environnantes, les écosystèmes terrestres et les rivières qui les relient, etc.

A la fin, la gestion des contraintes de données et des priorités politiques conduira à une approche par paliers ou niveaux, semblable dans une certaine mesure à celle qui est proposée par le GIEC, pour lequel le niveau 1 est le calcul basé sur les valeurs globales par défaut, le niveau 2 sur les valeurs nationales et le niveau 3 correspondant au monitoring réel. MAES, le programme de cartographie et d'évaluation des services écosystémiques de l'Union européenne suit la même logique. Dans le cas de la CNEE, les différents paliers pourraient correspondre à l'utilisation de bases de données d'organisations internationales, de produits dérivés d'images satellite, de statistiques et d'indicateurs nationaux et de données de suivi *in situ*.

En adoptant une telle approche, les comptes CCNE-TDR peuvent être produits rapidement et livrer à court terme des informations précieuses aux décideurs tout en fournissant un cadre de référence pour un système futur dans lequel les valeurs des écosystèmes et de la biodiversité seront incorporées dans les comptes et en contribuant aux essais nécessaires pour l'amélioration à moyen et long terme du SCEE-CEE.

ACRONYMES

XXXX

GLOSSAIRE DES TERMES EMPLOYÉS DANS LE MANUEL CECN-TDR

Actif économique: *Voir Actif*

Actif: « *Un actif est une réserve de valeur représentant un avantage ou une série d'avantages revenant au propriétaire économique du fait de la détention ou de l'utilisation d'un bien pendant une période déterminée. Il s'agit d'un moyen de transférer de la valeur d'une période comptable à une autre.* » [SCN 2008, 3.5] et [SCEE]. Tous les actifs dans le SCN sont des actifs économiques, y compris les ressources naturelles (économiques). *Voir Actif économique; Actif écosystémique; Actif naturel ; Chapitre 2.*

Actifs écosystémiques et capital écosystémique : Divers projet de test du SCEE-CEE sont nommés CECN (ENCA), CCE (ou ECA), ou ANCA (pour Advancing Natural Capital Accounting) où C signifie « capital ». Dans le SCEE, «*le terme « actifs écosystémiques » a été adopté plutôt que « capital écosystémique », car le mot « actif » est plus conforme à la terminologie utilisée par le SCN et transmet également mieux l'intention de la comptabilité écosystémique d'englober les mesures à la fois en termes monétaires et physiques. En général, toutefois, les termes «actifs écosystémiques» et le «capital écosystémique» peuvent être considérés comme des synonymes.* » [SCEE] *Voir Chapitre 2.*

Actifs écosystémiques: les «*actifs écosystémiques sont des zones spatiales contenant une combinaison de composants biotiques et abiotiques et d'autres caractéristiques qui fonctionnent ensemble. [...] Dans des contextes différents, chacun de ces éléments et autres caractéristiques peuvent être considérés comme des actifs de plein droit (par exemple dans SCEE - Cadre Central, de nombreux composants individuels sont considérés comme des actifs environnementaux individuels).* Toutefois, à des fins de comptabilité écosystémique, l'accent est mis sur le système fonctionnel comme actif » [SCEE] Dans la CECN, « actif » est utilisé au sens du SCN 2008, c'est-à-dire d'actifs économiques naturels ; les écosystèmes sont appelés unités (UPSE, UCM, USR, UCTE, BH et sous-bassin versants) et leurs composants des ressources. *Voir Actifs; Actifs naturels; Chapitre 2.*

Actifs environnementaux: les «*Actifs environnementaux sont les composants naturels de la Terre vivants et non-vivants, constituant ensemble l'environnement biophysique, qui peuvent fournir des bénéfices à l'humanité.* » [SCEE] Les actifs écosystémiques sont inclus dans les actifs environnementaux. *Voir Actifs écosystémiques; Actifs naturels.*

Activités de protection de l'environnement : ce « *sont les activités dont le but est la prévention, la réduction et l'élimination de la pollution et d'autres formes de dégradation de l'environnement.* » [SCEE] *Voir Secteur des biens et services environnementaux; Services environnementaux; Chapitre 9.*

Agence européenne pour l'environnement (AEE): L'organe de l'Union européenne (UE) dédié à la fourniture d'informations fiables et indépendantes sur l'environnement. L'adhésion à l'AEE est également ouverte aux pays qui ne sont pas des Etats membres de l'Union européennes. Il y a 33 pays membres de l'AEE: les 28 États membres de l'UE et l'Islande, le Liechtenstein, la Norvège, la Turquie et la Suisse.

Amélioration de l'écosystème: « *augmentation et / ou amélioration qualitative d'un actif écosystémique qui est due à l'activité humaine, économique ou autre.* » [SCEE] Dans la CECN, l'accumulation de capacité écosystémique est enregistrée comme amélioration lorsqu'elle résulte d'activités humaines, les progrès naturels étant enregistrés séparément. *Voir Chapitre 2.*

Analyse coût-avantage: "Une technique visant à déterminer la faisabilité d'un projet ou d'un plan de quantifier les coûts et les avantages." [MA2005; TEEB] *Voir Chapitre 9.*

Apport de matières premières (en.: DMI – Direct Material Input): « *mesure l'apport de matières*

premières destinées à être utilisées par une économie, c'est-à-dire, en d'autres termes, toutes les matières premières ayant une valeur économique et utilisées dans les activités de production et de consommation (à l'exception des flux d'eau). Le DMI correspond à l'extraction intérieure (ou pour usage intérieur), à laquelle s'ajoutent les importations. Comparé à la consommation intérieure de matières (CIM ou DMC – Direct Material Consumption), le DMI permet de déterminer quelle est la part des matières premières consommées à l'intérieur du pays et quelle est la part qui en est exportée en vue d'alimenter la consommation d'autres économies. » [Eurostat] Voir Chapitres 5, 6.

Appropriation de l'eau douce: « *C'est un terme utilisé dans le contexte de l'évaluation de l'empreinte eau qui se réfère à la fois à la consommation d'eau douce pour les activités humaines (empreinte en eau verte et bleue) et à la pollution de l'eau douce par les activités humaines (empreinte en eau grise).* » [Water Footprint] Voir Appropriation; HAFWR; Chapitre 6.

Appropriation : mesure de l'intervention humaine totale dans l'écosystème. Cette intervention est plus large que l'extraction ou la consommation des ressources car sont prises en compte les ressources non utilisées mais appropriées telles que les racines des plantes récoltées (et tous les déchets et rejets de production végétale) ou la ressource en eau nécessaire pour diluer la pollution à des niveaux acceptables selon les normes en vigueur (eau grise). L'appropriation totale a été calculée pour la production primaire nette de biomasse et l'eau douce. La CECN se réfère à la consommation au lieu de l'appropriation. Voir Eau grise; HANPP; Appropriation de l'eau; Chapitres 5, 6.

Aquifère: un aquifère est défini comme « *une formation géologique où tous les espaces vides sont remplis par de l'eau (saturation). La formation doit être suffisamment perméable pour fournir des quantités d'eau économiquement exploitables.* » [FAO/AQUASTAT] Voir Chapitres 3, 6.

Bassin versant : zone géographique drainée par une rivière et de ses affluents. Il est caractérisé par des eaux de ruissellement envoyées à un même exutoire. Il est aussi appelé bassin fluvial, bassin de drainage, ou bassins hydrographiques. Les limites des sous-bassins versants sont intégrées dans la définition des UPSE. Voir Chapitres 2, 3, 6.

Bassin versant: Voir Bassin fluvial

Bien public: « *un bien ou service pour lequel le bénéfice perçu par un acteur ne diminue pas les bénéfices des autres, et dont l'accès ne peut être restreint.* » [MA2005; TEEB] Voir Chapitre 2.

Bien-être humain: « *Etat dépendant du contexte et de la situation, incluant base matérielle d'une bonne vie, liberté et choix, santé et bien-être physique, de bonnes relations sociales, la sécurité, la tranquillité d'esprit, et l'expérience spirituelle.* » [MA2005; TEEB] Le bien-être humain (well-being) a un sens différent du bien-être de la théorie économique dominante (welfare) qui se réfère uniquement à des valeurs monétaires. Voir Chapitres 1, 9.

Biocarbone: « *Biocarbone se réfère au carbone stocké dans la biosphère, dans la biomasse vivante et morte et dans le sol (y compris la tourbe)* ». [SCEE] Dans la CECN, le carbone écosystémique est composé de biocarbone et du carbone de l'atmosphère. Voir Carbone écosystémique; Tourbe; Chapitre 5.

Biodiversité : « *Diversité biologique : variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie, cela comprend la diversité au sein des espèces, entre les espèces et les écosystèmes.* » (Convention sur la diversité biologique (2003), Article 2, Emploi des termes). Voir Chapitres 2 et 7.

Capabilité écosystémique du capital : aptitude globale des écosystèmes de fournir des services maintenant et à l'avenir sans dégrader leur potentiel de renouvellement. La capacité de l'écosystème reflète sa performance globale en ce qui concerne le biocarbone, l'eau et les services intangibles qui dépendent de l'intégrité de l'écosystème et son bon fonctionnement. La capacité écosystémique du capital est mesurée dans une unité de compte commune (unité-équivalente) appelée ECU. Voir Chapitres 2, 8, 9.

Capabilité : potentiel global d'un écosystème de fournir l'un ou l'autre de ses services d'une manière

durable sans réduire son potentiel pour d'autres services. La notion de capacité renvoie au maintien des options sans savoir quelles seront les préférences des futurs utilisateurs. La capacité englobe l'utilisation durable des composantes ou des actifs de l'écosystème et des risques d'épuisement ainsi que le risque plus large de dégradation de ses structures et fonctions. L'accès futur aux services de nature incorporelle est compris dans la mesure de la capacité, même si ces services ne peuvent pas être épuisés, seulement dégradés. La capacité combine la mesure quantitative des ressources accessibles avec la soutenabilité de leur utilisation et des indices plus qualitatifs de santé de l'écosystème (intégrité, résilience...). L'unité de compte de la capacité des écosystèmes est l'ECU. *Voir ECU; Ressource accessible; Capacité; Valeur écologique unitaire; Chapitres 2 et 8.*

Capacité : potentiel d'un écosystème à fournir l'un ou l'autre de ses services. La capacité peut être mesurée comme la ressource totale disponible ou plus restrictivement comme la ressource qui est accessible sans épuisement. Les capacités sont mesurées service par service alors que la capacité de l'écosystème renvoie à son potentiel global de fournir l'ensemble de ses services. *Voir Ressource accessible; Capacité.*

Capital écosystémique : un sous-système du capital naturel composé du stock des écosystèmes naturels et modifiés qui produit un flux de biens et services écosystémiques essentiels pour la survie et le bien-être. En outre, il est la base de toute activité économique humaine. Il comprend l'air, l'eau, les organismes vivants et toutes les formations de la biosphère de la Terre. Il n'inclut pas les actifs du sous-sol à l'exception des nappes souterraines lorsqu'elles sont connectées aux eaux de surface. Toutefois, le rejet de ressources fossiles extraites dans l'environnement est enregistré dans le compte de capital écosystémique car il modifie le fonctionnement des écosystèmes. Le capital écosystémique est l'un des piliers du développement durable avec les capitaux économiques, sociaux et humains. Dans la CECN, le capital écosystémique est mesuré uniquement en unités physiques et en ECU; ses coûts d'entretien et de restauration sont mesurés en unités physiques et en monnaie. *Voir Chapitres 1, 2, 8, 9.*

Capital naturel: Pour l'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire et TEEB, le capital naturel est « une métaphore économique pour les stocks limités de ressources physiques et biologiques qui se trouvent sur la terre ». Dans la SCEE: « Le capital naturel à long terme n'est pas défini dans le SCEE- Comptabilité écosystémique expérimentale. Généralement, capital naturel est utilisé pour désigner tous les types d'actifs environnementaux, tels que définis dans le SCEE-Cadre central. Utilisé de cette façon le capital naturel a une portée plus large que les actifs écosystémiques tel que défini dans SCEE-Comptabilité écosystémique expérimentale car il comprend les ressources minérales et énergétiques. » [SCEE] Dans le programme MAES de l'Union Européenne, capital naturel est équivalent à capital écosystémique. *Voir Actifs écosystémiques; Capital écosystémique; Chapitres 1, 2.*

Caractéristiques de l'écosystème: les « caractéristiques de l'écosystème se rapportent au fonctionnement de l'écosystème et à son emplacement. Les principales caractéristiques conditionnant le fonctionnement d'un écosystème sont sa structure, sa composition, ses processus et ses fonctions. Les principales caractéristiques de l'emplacement d'un écosystème sont son étendue, sa configuration, les formes du paysage et le climat et les cycles saisonniers associés. » [SCEE] *Voir Condition (ou état) de l'écosystème.*

Carbone écosystémique : il comprend le biocarbone des écosystèmes terrestres et océaniques, produit par tous les écosystèmes par photosynthèse, stocké dans la matière vivante ou morte (y compris dans le sol et la tourbe), transféré le long de la chaîne alimentaire, et utilisé par les activités humaines et rejeté. Il comprend aussi tout le carbone stocké dans l'atmosphère quelle qu'en soit l'origine : respiration et autres processus naturels et combustion de biocarbone ou d'énergie fossile. *Voir Biocarbone; Chapitre 5.*

Changements climatiques: « changements du climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables». [CCNUCC]

CICES: Classification internationale commune des services écosystémiques (provisoire). *Voir Chapitre 9*

CITI (en.: ISIC): Classification internationale type par industrie de toutes les activités économiques utilisée dans la comptabilité nationale. NACE est la version européenne de la CITI.

Comptes écosystémiques du capital naturel (CECN): l'approche **écosystémique** de la comptabilisation du capital naturel. La CECN est une application et une extension du SCEE-CEE. La trousse de démarrage rapide (TDR) de la CECN se concentre sur les comptes en unités physiques.

Condition (ou état) de l'écosystème: « *la condition de l'écosystème reflète la qualité globale de l'actif écosystémique, en fonction de ses caractéristiques.* » [SCEE] Dans la CECN, « condition » est synonyme de « santé » ou d'état. **Voir Caractéristiques de l'écosystème; Chapitre 2.**

Consommation d'eau (utilisation consommatrice): "La partie de l'eau prélevée de sa source pour une utilisation dans un secteur spécifique (par exemple à des fins agricoles, industrielles ou municipales) qui ne redeviendra pas disponible pour une réutilisation en raison de son évaporation, transpiration, incorporation dans des produits, drainage direct vers la mer des zones d'évaporation, ou autre retrait de ressource en eau douce. Elle s'oppose à l'utilisation non-consommatrice de l'eau ". [FAO/AQUASTAT] **Voir Chapitre 6.**

Consommation de capital fixe (CCF): « *La consommation de capital fixe se définit comme la diminution, au cours de la période comptable, de la valeur courante du stock d'actifs fixes détenu et utilisé par un producteur du fait de la détérioration physique, de l'obsolescence prévisible ou des dommages accidentels pouvant être considérés comme normaux.* » [SCN2008] « La consommation de capital fixe ne couvre donc pas l'épuisement ou la dégradation des actifs naturels comme les terrains, les ressources minières ou les autres gisements, le charbon, le pétrole ou le gaz naturel (...). » [SNA2008, 6.241]. **Voir Chapitres 2, 9.**

Consommation intérieure de matières (CIM – ou DMC pour Direct material consumption): « *consommation intérieure de matières en kg, définie comme l'extraction plus les importations moins les exportations.* » [Eurostat] **Voir Chapitres 5, 6.**

Consommation intermédiaire : « correspond à la valeur des biens et des services consommés en entrée d'un processus de production, à l'exclusion des actifs fixes dont la consommation est enregistrée comme une consommation de capital fixe. » [SCEE] **Voir Valeur ajoutée.**

Coût de remplacement: « *Les frais exposés pour le remplacement des services écosystémiques par des procédés artificiels.* » [TEEB] **Voir Chapitres 2, 9.**

Coûts d'atténuation ou de restauration : « *coût de l'atténuation des effets de la perte des services écosystémiques ou le coût nécessaire pour que ces services soient restaurés.* » [TEEB] Le coût de restauration estimé correspond à une dépense non payée dont la charge incombe à l'agent économique du fait de la dégradation de l'écosystème. Cette dépense non payée est une consommation de capital écosystémique appelée à être couverte par des dépenses effectives de restauration. Dans ENCA, le coût de restauration prend en compte l'ensemble des fonctions de l'écosystème et non tel ou tel service particulier. **Voir Chapitres 2; 9.**

Couverture des terres (ou occupation des terres): « *La couverture terrestre correspond à une description (bio) physique de la surface de la terre. C'est ce qui recouvre le sol. Cette description permet de distinguer diverses catégories biophysiques – fondamentalement, les zones de végétation (arbres, buissons, champs, pelouses), les sols nus, les surfaces dures (rochers, bâtiments), les zones humides et les surfaces en eau (cours d'eau, lacs etc.).* » [AEE] Dans la CECN, la classification de l'occupation des terres (UCTE) comprend également le fond des unités marines côtières. **Voir Chapitres 3, 4.**

Croissance économique: « *Le changement de volume du produit intérieur brut (PIB) calculé aux prix de marché de l'année précédente.* » [CBS-NL] **Voir Produit intérieur brut; Valeur ajoutée; Chapitres 2, 9.**

Croissance verte: « *La croissance verte consiste à favoriser la croissance économique et le développement tout en veillant à ce que la qualité et la quantité des ressources naturelles puissent continuer à fournir les services environnementaux dont notre bien-être dépend. Il s'agit aussi de favoriser l'investissement, la concurrence et l'innovation qui soutiendront la croissance et fourniront de nouvelles opportunités économiques (définition de l'OCDE).* » [CBS-NL] **Voir Chapitre 1.**

Découplage: "Le découplage se produit lorsque le taux de croissance d'une pression sur l'environnement est inférieur à celui de son moteur économique (par exemple le PIB) sur une période donnée. Le découplage peut

être absolu ou relatif. Le découplage est dit absolu lorsque la variable environnementale étudiée est stable ou en baisse tandis que la force motrice de l'économie est en croissance. Le découplage est dit relatif lorsque le taux de croissance de la variable environnementale est positif, mais inférieur à celui de la variable de l'économie. "[CBS-NL] Dans les évaluations actuelles en matière d'efficacité de l'utilisation des ressources, le découplage est généralement exprimé par le rapport des flux matière au PIB. Voir Chapitre 2.

Déforestation: « *la diminution du stock de forêts et autres terres boisées en raison de la perte totale de la couverture forestière et le transfert des terres forestières vers d'autres utilisations (comme les terres agricoles, les terrains bâtis, routes, etc.) ou vers aucune utilisation identifiable.* » [SCEE] Cette définition de la déforestation empruntée à la FAO est également suivie dans la CECN où elle se distingue de la perte de couvert forestier. Voir Chapitre 4.

Dégénération de l'écosystème: « *réduction persistante de la capacité de fournir les services écosystémiques.* » [MA2005; TEEB]. Dans le SCEE-CEE et la CECN, la dégradation est l'effet des activités humaines; l'altération par des processus et catastrophes naturels est enregistrée séparément. Dans la CECN, la dégradation des écosystèmes est mesurée comme une perte de la capacité du capital écosystémique. Voir Chapitres 2, 8.

Dégradation: elle « *tient compte des changements dans la capacité des actifs environnementaux de livrer une large gamme de services écosystémiques et de la mesure dans laquelle cette capacité peut être réduite grâce à l'action des unités économiques, y compris les ménages.* » [SCEE] Dans la CECN, la dégradation est la perte de capacité du capital écosystémique dont les activités humaines sont responsables ; elle est mesurée en ECU. Voir Chapitres 2, 8.

Diversité des espèces (diversité spécifique): « *biodiversité au niveau des espèces, souvent en combinant les aspects de richesse en espèces, d'abondance relative, et leurs différences.* » [MA2005; TEEB] Voir biodiversité; Chapitre 7.

Durabilité: « *Une caractéristique ou état dans lequel les besoins de la population actuelle et locale peuvent être satisfaits sans compromettre la capacité des générations ou des populations dans d'autres endroits futures à satisfaire leurs besoins.* » [MA2005; TEEB] Voir Chapitre 1, 2, 9.

Eau bleue: « *L'eau des lacs, des rivières et des aquifères. L'eau bleue apparaît sous deux formes différentes: ruissellement des masses d'eau de surface et écoulement des eaux souterraines renouvelables dans les aquifères.* » [FAO/AQUASTAT] Voir Chapitres 2 et 6.

Eau de surface exploitable renouvelable et régulière : « *la quantité annuelle moyenne d'eau de surface qui est disponible avec une fréquence de 90 pour cent du temps. Dans la pratique, elle est équivalente au débit d'étiage d'une rivière. C'est la ressource qui est accessible avec un flux régulier pour les prélèvements ou le transfert.* » [FAO/AQUASTAT] Voir Ressource accessible.

Eau disponible: « *La partie des ressources en eau qui est disponible pour l'utilisation. Le concept est ambigu, et peut se référer à l'eau disponible pour un usage immédiat ou aux ressources d'eau douce disponibles pour des emplois futurs. Dans les deux cas, le coût de l'accès à l'eau doit être pris en compte.* » [FAO/AQUASTAT] Voir Ressource accessible; Ressources en eau exploitables.

Eau grise: « *Le volume d'eau douce qui est nécessaire pour assimiler la charge de polluants en tenant compte des concentrations de fond naturelles et des normes existantes de qualité de l'eau dans l'environnement. Il est calculé comme le volume d'eau qui est nécessaire pour diluer les polluants dans une mesure telle que la qualité de l'eau reste au-dessus des normes de qualité de l'eau approuvées.* » [Water Footprint] Dans la CECN, l'eau grise n'est pas ajouté à l'usage de l'eau, mais elle est soustraite de la ressource en eau disponible pour calculer la ressource en eau accessible. Le traitement la CECN est analogue à sa déduction par la FAO / AQUASTAT du débit minimum requis lors du calcul de la ressource en eau exploitable. Voir Ressource accessible; Eau de ressource exploitable; Empreinte eau; Chapitre 6.

Eau verte: « *La fraction des précipitations qui est stockée dans le sol et disponible pour la croissance des*

plantes. » [FAO/AQUASTAT] « Les précipitations sur la terre qui ne s'écoulent pas ou ni ne rechargent la nappe phréatique, mais qui sont stockées dans le sol ou qui restent temporairement à la surface du sol ou de la végétation. Finalement, cette partie des précipitations s'évapore ou transpire par les plantes. L'eau verte peut être productive pour la croissance des cultures (cependant toute l'eau verte ne peut être absorbée par les cultures, car il y aura toujours l'évaporation du sol et parce que toutes les périodes de l'année ou tous les territoires ne conviennent pas à la croissance des cultures). » [Water Footprint] Voir Chapitres 2, 6.

Eaux de surface : « toutes les eaux qui s'écoulent ou sont stockées sur le sol indépendamment de leurs niveaux de salinité. Elles englobent l'eau des réservoirs artificiels, des lacs, des fleuves, rivières et ruisseaux, ainsi que la neige, la glace et les glaciers. » [SCEE]. Voir Chapitre 6.

Eaux souterraines: Voir Aquifère

Econd: "Un Econd est une mesure, métrique ou un modèle certifiés, entre 0 et 100, qui reflète la santé d'un actif environnemental ou un indicateur de l'écosystème basé sur un état de référence". (WGCS Australie) Il ya des similitudes entre Econd et ECU, la principale différence étant la référence à un état initial. Toutefois, alors que l'Econd se réfère à un état de nature premier, les calculs en ECU se basent sur les changements relatifs d'état et les objectifs politiques de restauration approuvés. L'unité de compte utilisée dans la CECN est l'ECU. Voir ECU; Unité équivalente; Chapitres 2, 7.

Écosystèmes perturbés: « Écosystèmes qui ont été modifiés à la suite d'activités anthropiques ou de catastrophes naturelles. » [TEEB] Voir Intégrité de l'écosystème.

Écosystèmes: «Les écosystèmes sont un complexe dynamique de plantes, d'animaux et de micro-organismes et leur environnement non vivant interagissant comme une unité fonctionnelle.» (Convention sur la diversité biologique (2003), l'article 2, l'utilisation de termes). L'approche écosystémique de la CDB « reconnaît que les êtres humains, avec leur diversité culturelle, font partie intégrante des écosystèmes. » Dans le SCEE-CEE, « les écosystèmes peuvent être identifiés à différentes échelles spatiales et sont souvent imbriquées et se chevauchent. Par conséquent, à des fins comptables, les actifs écosystémiques sont définis par la délimitation de zones géographiques spécifiques et mutuellement exclusives. » Dans la CECN, en plus de zones, les écosystèmes linéaires pour lesquels la superficie n'est pas une mesure appropriée sont également enregistrés : rivières et écotones. Voir en particulier Chapitres 2, 3.

Écoulement exploitable d'eau souterraine : « le flux moyen qui est disponible avec une fréquence de 90 pour cent du temps, et qu'il est économiquement / écologiquement viable de prélever. » [FAO/AQUASTAT] Voir Ressource accessible.

ECU: Voir Unité de capacité écosystémique

Épuisement : « en termes physiques, c'est la diminution de la quantité du stock d'une ressource naturelle sur une période comptable qui est due à l'extraction des ressources naturelles par les unités économiques lorsqu'elle se produit à un rythme supérieur à celui de la régénération. » [SCEE] Dans la CECN , l'épuisement est mesuré pour chaque ressource écosystémique de base comme la différence entre ressources accessible et utilisation totale. Voir Chapitres 2, 8.

Équivalent CO₂ (CO₂-e ou CO₂eq): "Mesure qui décrit combien un type et une quantité donnée de gaz à effet de serre pourraient causer de réchauffement climatique, en utilisant la quantité fonctionnellement équivalente ou concentration de dioxyde de carbone (CO₂) comme référence. L'émission de 1 kg de méthane est égale à 21 équivalents-CO₂ et l'émission de 1 kg d'oxydes d'azote est égale à 310 équivalents-CO₂. "[CBS-NL] CO₂-e est l'unité équivalente (unité de compte) utilisée pour la mise en œuvre du Protocole de Kyoto. Voir Chapitres 2, 5, 8.

Etendue de l'écosystème: elle «correspond à la taille d'un actif écosystémique, souvent en termes de superficie d'une zone». [SCEE] Dans la CECN, l'étendue est une des dimensions de la quantité d'un écosystème (généralement surface ou longueur), d'autres étant le volume, la masse ou dans le cas des rivières la quantité est également mesurée en USMR. Voir Chapitre 2.

ETR ou ETr: voir *Evapotranspiration réelle*

Eutrophisation: « Un enrichissement excessif des eaux en nutriments et les effets biologiques négatifs associés. » [CBS-NL] **Voir Chapitres 5, 6.**

Evaluation monétaire: *Voir Evaluation économique; Chapitre 9.*

Evapotranspiration potentielle (ETP): *Voir Evapotranspiration (Potentielle)*

Evapotranspiration potentielle: « L'ETP est la quantité maximale d'eau susceptible d'être perdue comme la vapeur d'eau, dans un climat donné, par une étendue continue couverte de végétation et bien alimentée en eau. Elle comprend donc l'évaporation du sol et la transpiration de la végétation d'une région spécifique pour un intervalle de temps donné. » [FAO/AQUASTAT] ETP est un concept de modélisation, pas de comptabilité. **Voir Evapotranspiration réelle.**

Évapotranspiration réelle: « L'évapotranspiration réelle (ETR) représente le taux réel de l'absorption d'eau par la plante, qui est déterminé par le niveau de l'eau disponible dans le sol et combine simultanément les deux pertes par évaporation de la surface du sol et par transpiration de la surface de la plante. » [FAO/AQUASTAT] **Voir Évapotranspiration potentielle.**

Externalité: « La conséquence d'une action qui affecte une personne autre que l'agent qui entreprend cette action et pour laquelle l'agent n'est ni rémunéré ni sanctionné par les marchés. Les externalités peuvent être positives ou négatives. » [MA2005.; TEEB] **Voir Chapitre 9.**

Facteur de dilution: « le nombre de fois où un volume d'effluents pollués doit être dilué avec de l'eau à température ambiante afin d'arriver au niveau de la concentration maximale acceptable. » [Water Footprint] **Voir Ressource accessible; Ressources en eau exploitables; Chapitre 6.**

Flux de retour : ils comprennent la part des prélèvements de carbone écosystémique et d'eau renvoyés à l'environnement tels que les rejets de récolte, les pertes dans la distribution ou l'utilisation, ou les résidus ou déchets traités ou non traités. **Voir Ressource accessible; Carbone écosystémique; Chapitre 6.**

Fonction d'un écosystème: Une fonction est « Un sous-ensemble d'interactions entre structure et processus qui sous-tendent la capacité d'un écosystème de fournir des biens et des services. » [TEEB] **Voir Chapitre 2.**

Gaz à effet de serre (GES): « gaz de l'atmosphère qui absorbent et émettent un rayonnement dans l'infrarouge thermique. Ce processus est la cause fondamentale de l'effet de serre. Les principaux gaz à effet de serre sont le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4), le protoxyde d'azote (N_2O), les HCFC, CFC, CF_4 et le SF_6 de PFK. » [CBS-NL] **Voir Changements climatiques; CO₂-e; Chapitres 2, 5.**

Industrie: « Dans le cadre des comptes nationaux, une industrie se compose d'un groupe d'établissements engagés dans des types d'activité identiques ou similaires. » [Eurostat] Un établissement est une entreprise, ou une partie d'une entreprise, qui est située dans un seul lieu. Les industries comprennent des administrations publiques (producteurs de services gouvernementaux). Dans la terminologie du SCN, un secteur économique regroupe des unités institutionnelles entières telles que des entreprises (souvent faites de plusieurs établissements ayant des activités différentes) ou des institutions gouvernementales. Cependant, il peut arriver dans le langage courant que le terme secteur soit utilisé comme synonyme d'industrie. La classification internationale type des industries est la CITI.

Infrastructure écologique: « Tout espace qui fournit des services tels que eau douce, régulation du micro climat, loisirs, etc., à une large population avoisinante, généralement urbaine. Parfois appelée infrastructure vert e. » [TEEB] **Voir Chapitre 2, 7.**

Intégrité de l'écosystème: elle « Implique exhaustivité ou intégralité et en déduit la capacité d'un écosystème de maintenir toutes ses composantes ainsi que leurs relations fonctionnelles lorsqu'il est perturbé. » [TEEB] **Voir Chapitre 7.**

Krigage: « Le krigage réalise l'interpolation spatiale d'une variable régionalisée par calcul de l'espérance

mathématique d'une variable aléatoire, utilisant l'interprétation et la modélisation du variogramme expérimental. » (Wikipedia). **Voir Chapitre 3, 5.**

Ménage : « groupe de personnes qui partagent le même logement, qui mettent en commun une partie, ou la totalité, de leur revenu et de leur patrimoine et qui consomment collectivement certains types de biens et de services, principalement de la nourriture et des services de logement. » [SCEE] **Voir Chapitre 9.**

Patrimoine Naturel (Comptes du Patrimoine Naturel, 1986): le « patrimoine naturel » est l'ensemble des ressources naturelles héritées de nos ancêtres, que nous utilisons pour des bénéfices actuels et que nous devons transmettre aux générations futures. Il comporte trois fonctions irréductibles les unes aux autres : économique, écologique et socio-culturelle. Les Comptes du patrimoine naturel (1986) définissent trois types de comptes, pour les éléments (les ressources de base), les secteurs économiques (de la comptabilité nationale) et les écozones (unités de couverture des terres et unités écosystémiques complexes). Les comptes en unités physiques sont traités en premier; l'évaluation monétaire fait toutefois partie du cadre. **Voir Chapitre 1.**

Productivité (biomasse): « *Taux de biomasse produite par un écosystème, généralement exprimée en biomasse produite par unité de temps par unité de surface ou de volume. La productivité primaire nette est définie comme l'énergie fixée par les plantes moins leur respiration.* » [MA2005.; TEEB] **Voir Chapitre 5**

Produit intérieur brut (PIB): « *Une mesure globale de la production, égale « à la somme de la valeur ajoutée brute de toutes les unités institutionnelles résidentes (c'est-à-dire les industries) actives dans la production, augmentée des impôts et diminuée de toute subvention ou produit non inclus dans la valeur de la production. La valeur ajoutée brute correspond à la différence entre la production et la consommation intermédiaire.* » [Eurostat] **Voir Chapitres 1, 9.**

Redondance fonctionnelle: « *La caractéristique des écosystèmes par laquelle plus d'une espèce du système peuvent effectuer un processus particulier. La redondance peut être totale ou partielle – c'est-à-dire qu'une espèce peut ne pas être en mesure de remplacer totalement les autres espèces ou elle peut compenser une partie seulement des processus dans lesquels les autres espèces sont impliquées.* » "[MA2005; TEEB] **Voir Biodiversité; Intégrité de l'écosystème; Chapitre 7.**

Rendement soutenable ou équilibré : « *l'excédent d'animaux ou de végétaux qui peut être prélevé sur une population sans nuire à la capacité de régénération de celle-ci.* » [SCEE] **Voir Chapitre 2.**

Réponses: « *Les actions humaines, y compris les politiques, les stratégies et les interventions, qui traitent de questions spécifiques, besoins, opportunités ou problèmes. Dans le cadre de la gestion de l'écosystème, les réponses peuvent être de nature juridique, technique, institutionnelle, économique et comportementale et peuvent fonctionner à différentes échelles spatiales et temporelles.* » [MA2005.; TEEB] **Voir Chapitre 1.**

Résidence: « *La résidence d'une unité institutionnelle est dans le cadre des comptes nationaux le territoire économique avec lequel elle présente les liens les plus forts, en d'autres termes, son centre d'intérêt économique prédominant* » [Eurostat] Pour le GIEC, les émissions de GES sont rapportées au territoire où elles ont lieu, pas à la résidence des émetteurs. Le SCEE-CEE et la CECN définissent les écosystèmes sur une base territoriale. **Voir Chapitres 2, 5.**

Résilience: « *L'aptitude d'un écosystème de se remettre d'une perturbation sans intervention humaine.* » [TEEB] **Voir Chapitres 2, 7.**

Résistance: « *La capacité d'un écosystème de supporter ou tolérer une perturbation et à rester dans certaines conditions ou états limites, sans intervention humaine.* » [TEEB] **Voir Chapitres 2, 7.**

Ressource accessible: la quantité d'une ressource qui est accessible pour des usages d'une manière durable. Ce n'est pas le stock lui-même, ni le stock total augmenté des flux entrants. L'accessibilité prend en compte la partie de la ressource qui est nécessaire à l'écosystème pour son propre renouvellement et le fait que seul un excédent est exploitable de manière durable. L'accessibilité des ressources qui ne sont pas inépuisables par extraction est mesurée indirectement, en termes de l'intégrité et de la santé des

écosystèmes qui les produisent. La ressource accessible est calculée par ajustement de la ressource disponible de tous les éléments qui limitent son utilisation: respect du rendement maximal durable afin d'éviter l'épuisement, disponibilité en temps opportun, éloignement, coûts économiques d'exploitation abordables, respect des normes environnementales et autres contraintes juridiques. **Voir Ressource disponible; Ressources en eau exploitables, Chapitres 5, 6 et 7.**

Ressources biologiques cultivées : Elles « englobent les ressources animales à production permanente et les ressources arboricoles, agricoles et végétales à production permanente dont la croissance et la régénération naturelles sont placées sous le contrôle, la responsabilité et la gestion directs d'une unité institutionnelle. » [SCEE] Dans le SCN 2008, la distinction entre ressource biologique cultivée et non-cultivée est faite dans le cadre de la définition de règles pour l'enregistrement de la croissance naturelle, soit en production courante (production annuelle ou travaux en cours) ou formation de capital fixe comptabilisable au terme de la croissance. [SNA2008, 10.88; 10.182] Dans la CECN, les ressources biologiques cultivées et non-cultivées font partie l'écosystème. Voir **Ressources naturelles; Chapitre 2.**

Ressources en eau exploitables (EWR total) : « (également appelées ressources en eau gérables ou potentiel de développement de l'eau) elles sont considérées comme disponibles pour le développement, en tenant compte de facteurs tels que la faisabilité économique et environnementale de stockage des eaux de crue en amont des barrages, l'extraction de l'eau souterraine, la possibilité physique de stocker l'eau qui s'écoule naturellement vers la mer, et les exigences de débit minimum (de navigation, des services environnementaux, de la vie aquatique, etc.). Les méthodes d'évaluation des ressources en eau exploitables varient d'un pays à l'autre. » Dans la CECN la ressource accessible englobe les ressources naturelles exploitables plus la ressource secondaire provenant des retours d'eau. [FAO/AQUASTAT] **Voir Ressource accessible.**

Ressources exploitables en eau de surface irrégulière : « Elles sont équivalentes à la partie variable des ressources en eau (par exemple, les inondations). Elles comprennent les variations saisonnières et inter-annuelles, par exemple le débit saisonnier ou l'écoulement durant les années humides. C'est le flux qui doit être régulé. » [FAO/AQUASTAT] **Voir Ressource accessible.**

Ressources minérales et énergétiques : Elles « englobent les gisements connus de ressources pétrolières, de ressources en gaz naturel, de ressources en charbon et en tourbe, et de minéraux non métalliques et métalliques. » [SCEE] La tourbe est une ressource produite par les écosystèmes des zones humides. Dans la CECN, formation de la tourbe, extraction et stocks sont comptabilisés dans le compte du carbone écosystémique. **Voir Chapitre 5.**

Ressources naturelles: Le SCN définit les ressources naturelles dans le but de faire une distinction entre ce qui « apparaît naturellement » et ce qui est le produit de l'activité économique et doit donc être enregistré dans le PIB (par exemple la récolte de l'agriculture). Cette distinction est nécessaire pour définir les limites de l'économie, mais ne signifie pas que les processus physiques impliqués sont exclusifs l'un de l'autre. Au lieu de cela, le SCN insiste que la croissance naturelle « ne doit pas s'analyser comme un processus purement naturel, qui se trouve en dehors du domaine de la production. La plupart des processus de production exploitent des forces naturelles à des fins économiques, par exemple les centrales hydroélectriques qui utilisent les rivières et la gravité pour produire de l'électricité. » [SN2008, 6.136] Le SCEE-CC et la CEE interprètent les conventions du SCN de manière restrictive et excluent les ressources biologiques générées et cultivées des services écosystémiques du fait qu'elles appartiennent à la sphère de l'économie. La CECN par contre enregistre tous les flux et stocks générés par les structures et processus écosystémiques (y compris la photosynthèse), qu'ils soient utilisés directement ou bien incorporés dans des produits ou des actifs économiques, considérant que dans le cas de l'agriculture ou des forêts aménagées, il ya une production conjointe économie – écosystème. **Voir Actif; Actif écosystémique; Chapitres 1, 2.**

Retour d'eau: « La part de l'eau prélevée à des fins agricoles, industrielles ou domestiques qui est renvoyée vers les eaux souterraines ou les eaux de surface dans le même bassin versant que l'endroit où elle a été extraite. Cette eau peut potentiellement être prélevée et utilisée à nouveau. » [Water Footprint] **Voir Chapitre 6.**

Ruisseau urbain : « la partie des précipitations sur les zones urbaines qui ne s'évaporent pas ou ne

s'infiltraient pas naturellement dans le sol, mais s'écoulaient par ruissellement, débordement, ou sont canalisées dans un drain de surface défini ou une installation d'infiltration construite. » [SCEE] **Voir Chapitre 6.**

Santé de l'écosystème: « *Etat ou condition d'un écosystème qui présente les attributs de la biodiversité dans des plages « normales » par rapport à son stade de développement écologique. La santé de l'écosystème dépend, entre autres de sa résilience et de sa résistance. »* [TEEB] Une métaphore qui soutient le principe de diagnostics basés sur l'observation de symptômes relatifs à l'organisation structurelle et fonctionnelle, la vigueur, la résilience, l'autonomie vis-à-vis d'apports artificiels ou la capacité de maintenir des populations en bonne santé. **Voir Chapitre 7.**

Secteur des biens et services environnementaux (SBSE) : il « *se compose des producteurs de tous les biens et services environnementaux, y compris les services environnementaux spécifiques, les produits à usage unique exclusif pour l'environnement, les biens et les technologies environnementales adaptés. »* [SCEE] En général, l'activité du SBSE a trait au maintien et à la restauration des fonctions de l'écosystème et non pas à la production de produits à base de services écosystémiques. **Voir Activités de protection de l'environnement; Services environnementaux; Chapitre 9.**

Secteurs : regroupements d'unités institutionnelles par activités principales. L'expression est couramment utilisée comme synonyme pour les activités économiques en général bien que les activités se rapportent en général en comptabilité nationale à des établissements. **Voir l'Industrie.**

Séquestration du carbone: « *Processus d'augmentation de la teneur en carbone d'un réservoir autre que l'atmosphère.* » [MA2005; TEEB] Dans la CECN, la distinction est faite entre la séquestration brute de carbone qui est la différence entre la production primaire brute et la respiration totale de l'écosystème (enregistrées comme production écosystémique nette ou PEN) et la séquestration nette de carbone après récoltes et autres prélèvements (enregistrée comme Solde net du carbone écosystémique ou SNCE). Le SNCE correspond à la mesure de la « *séquestration de carbone* » du GIEC. **Voir Chapitre 5.**

Service d'habitat (naturel): « *L'importance des écosystèmes en ce qui concerne la fourniture d'un espace de vie pour les espèces sédentaires et migratrices (et donc de maintenir le patrimoine génétique et un service de nurserie).* » [TEEB] Dans SCEE-CEE, les services d'habitat sont inclus dans les services de régulation. **Voir Services de régulation.**

Services d'approvisionnement: « *Les services d'approvisionnement sont les contributions aux bénéfices produits par ou dans l'écosystème, par exemple, un poisson ou une plante aux propriétés pharmaceutiques. Les bénéfices qui en découlent peuvent être fournis par les systèmes agricoles, ainsi que par les écosystèmes semi-naturels et naturels.* » [SCEE] Dans le SCEE-CEE, les services d'approvisionnement écosystémiques sont exclus du produit de l'agriculture et de la foresterie gérée. Dans la CECN toute la production conjointe économie-nature réalisée dans les écosystèmes aménagés ou cultivées est enregistrée comme un service écosystémique d'approvisionnement. **Voir Ressources naturelles; Chapitre 2.**

Services de loisirs: **Voir Services culturels.**

Services de régulation: « *Les services de régulation résultent de la capacité des écosystèmes à réguler le climat, les cycles hydrologiques et biochimiques, les processus de surface de la terre, et une variété de processus biologiques. Les services de régulation sont aussi communément appelés «services de régulation et d'entretien». Dans le cadre de la définition des services écosystémiques utilisés dans SCEE-Comptabilité expérimentale écosystémique ces deux termes sont synonymes.* » [SCEE] **Voir Chapitres 7, 9.**

Services de soutien: « *Services écosystémiques qui sont nécessaires pour le maintien de tous les autres services écosystémiques. Des exemples en sont la production de biomasse, production d'oxygène atmosphérique, la formation des sols et la conservation, le recyclage des nutriments, le cycle de l'eau...* » [MA2005; TEEB] Ils sont parfois qualifiés de services intermédiaires ou de fonctions.

Services écosystémiques culturels: « *Les bénéfices immatériels que les gens retirent des écosystèmes à travers l'enrichissement spirituel, le développement cognitif, la réflexion, les loisirs, et l'expérience esthétique, y compris, par exemple, les systèmes de connaissances, les relations sociales, et les valeurs esthétiques.* »

[MA2005; TEEB] **Voir Chapitre 7, 9.**

Services écosystémiques: « Les contributions directes et indirectes des écosystèmes au bien-être humain. Le concept de « biens et services écosystémiques » est synonyme de services écosystémiques. » [TEEB] « Les services écosystémiques sont les contributions des écosystèmes aux avantages obtenus par les activités humaines, économiques et autres. [...] Les services écosystémiques ne sont définis que si une contribution à un avantage est établie. Par conséquent, la définition des services écosystémiques exclut l'ensemble des flux communément appelé services de support ou intermédiaires. » [SCEE]. Dans la CECN, les services écosystémiques sont traités dans les comptes centraux comme trois ensembles de services : services d'approvisionnement en carbone et en eau et services de régulation et socioculturels confondus. La comptabilité détaillée des services écosystémiques (en unités physiques et en monnaie) est prévue dans les comptes fonctionnels. **Voir Chapitres 2, 9.**

Services environnementaux: « Industrie qui s'occupe de la collecte et du traitement des eaux usées et des déchets et de la dépollution des sols (NACE 37, 38 et 39). Les services environnementaux font partie des biens environnementaux et du secteur des services. [CBS-NL] Le secteur comprend les producteurs de technologies, de biens et de services qui mesurent, contrôlent, restaurent, préviennent, traitent, éliminent les dommages environnementaux dans l'air, l'eau et le sol, et l'épuisement des ressources, ainsi que les recherches et la sensibilisation à ceux-ci. » [CBS-NL] **Voir biens et services environnementaux; Activités de protection de l'environnement; Chapitre 9.**

Solde comptable: « Un compte est équilibré au moyen d'un solde comptable correspondant à la différence entre les ressources totales enregistrées, d'un côté, du compte et les emplois totaux comptabilisés, de l'autre. [...] Ces soldes comptables représentent dans tous les cas le résultat net des activités retracées dans les comptes en question et, qu'il s'agisse de la valeur ajoutée, du revenu disponible ou de l'épargne, ils revêtent un intérêt et une importance considérables pour l'analyse. » [SCN 2008, 1.14]. Dans la CECN, chaque tableau a son solde comptable tel que la « formation nette de l'occupation des terres » ou le « solde net du carbone écosystémique ». **Voir Introduction, Chapitres 1, 2.**

Stocks (Stocks en anglais): « Les stocks représentent la situation ou la détention des actifs et des passifs à un moment précis dans le temps. » (SNA2008, 3.14) // Egalement **Stocks (Inventories en anglais):** « Les stocks sont des actifs composés de biens et de services produits durant la période comptable courante ou une période antérieure, et qui sont détenus par une entreprise dans le but de la revente, de la production ou d'une utilisation ultérieure. » (SNA2008, 10.12) **Voir Chapitre 2.**

Stress hydrique: « symptômes de la rareté ou de la pénurie d'eau, par exemple, restrictions d'utilisation généralisées, fréquentes et graves, de plus en plus de conflits entre les utilisateurs et concurrence pour l'eau, baisse du niveau de fiabilité et de service, mauvaises récoltes et insécurité alimentaire. » [FAO-AQUASTAT] **Voir Chapitre 6**

Substituabilité: « La mesure dans laquelle le capital produit peut être substitué au capital naturel (ou vice versa). » [TEEB] **Voir Chapitres 2, 9.**

Système d'eaux continentales (SCEE : système hydrologique intérieur): Il « englobe les eaux de surface (fleuves et rivières, lacs, réservoirs artificiels, neige, glace et glaciers), les eaux souterraines et l'eau du sol dans le territoire de référence. » [SCEE] La CECN utilise les mêmes catégories, mais définit la catégorie sol comme « sol et végétation » ce qui facilite la présentation des comptes de l'eau par unités écosystémiques terrestres (UCTE et UPSE). **Voir Chapitre 7.**

Système socio-écologique: « Un écosystème, la gestion de cet écosystème par des acteurs et des organisations, ainsi que les règles, les normes sociales et les conventions sous-jacentes de cette gestion. » [MA2005; TEEB] **Voir Unité paysagère socio-écologique (UPSE); Chapitres 2, 3, 4.**

Taux d'actualisation : « un taux d'intérêt servant à ajuster la valeur d'un flux continu de recettes, coûts ou revenus futurs pour tenir compte des préférences temporelles et des attitudes face au risque. » [SCEE] **Voir Chapitre 9.**

Territoire économique : « la zone se trouvant sous le contrôle effectif d'un gouvernement unique. Elle

englobe la superficie d'un pays, ainsi que les îles, l'espace aérien, les eaux territoriales et les enclaves territoriales dans le reste du monde. Ne font pas partie du territoire économique les enclaves territoriales des autres pays et les organisations internationales implantées dans le pays de référence. » [SCEE] **Voir Chapitres 2, 3.**

Tour de mesure eddy (ou de covariance eddy): « *La méthode de mesure de covariance eddy (également appelée corrélation eddy et flux eddy) est une technique clé de mesure atmosphérique pour mesurer et calculer les flux turbulents verticaux à l'intérieur de la couche limite atmosphérique. [...] Il s'agit d'une méthode statistique utilisée en météorologie et d'autres applications (micro-météorologie, océanographie, hydrologie, agronomie, applications industrielles et réglementaires, etc) pour déterminer les taux d'échange de gaz traces dans les écosystèmes naturels, les champs agricoles, et de quantifier les taux d'émissions de gaz provenant d'autres surfaces terrestres ou en eau. La technique est particulièrement utilisée pour estimer le mouvement, la chaleur, la vapeur d'eau, le flux de dioxyde de carbone et de méthane. »* »(Wikipédia) Le réseau mondial FLUXNET de mesure in situ des flux de GES recueille des données de tours de mesure de covariance eddy. **Voir Chapitre 5.**

Tourbe: « *La tourbe est un mélange hétérogène de matériaux végétaux plus ou moins décomposés (humus) qui s'est accumulé dans un environnement saturé en eau et en l'absence d'oxygène. »* [PEAT] Dans la CECN, la tourbe est incluse dans le carbone écosystémique. **Voir Biocarbone; Carbone écosystémique; Chapitre 5.**

Unité comptable écosystémique (UCE) (en.: EAU, ecosystem accounting unit): « *Les unités comptables écosystémiques (EAU) sont de grandes zones spatiales, mutuellement exclusives, délimitées en vue de la mise en œuvre de la comptabilité. En général, elles vont refléter une perspective paysagère. Les facteurs considérés dans leur délimitation comprennent les limites administratives, les zones de gestion de l'environnement, les systèmes socio-écologiques et les caractéristiques naturelles à petite échelle (par exemple, les bassins fluviaux). »* » [SCEE] Dans la CECN, les UCE (EAU) sont composées d'UPSE, d'UCM et d'USR. Les UCE intérieures sont regroupées par sous-bassins versants. **Voir Chapitres 2, 3, 4.**

Unité de capacité écosystémique (ECU) est l'unité de compte (unité-équivalente) utilisé dans la CECN pour mesurer la valeur écologique des écosystèmes. **Voir Valeur écologique unitaire interne; Unité de compte ; Unité-équivalente; Chapitres 2, 8, 9.**

Unité de couverture des terres écosystémiques (UCTE) (en.: LCEU): « *Une unité écosystémique de couverture des terres (UCTE) est définie, dans la plupart des zones terrestres, par zones satisfaisant un ensemble prédéterminé de facteurs liés aux caractéristiques d'un écosystème. »* » [SCEE] Dans la CECN, les UCTE comprennent le fond d'unités marines côtières. **Voir Chapitres 3, 4.**

Unité de système de rivières (USR): Les USR sont des unités comptables écosystémiques. Elles sont définies comme le réseau hydrologique contenu dans un bassin ou un le plus souvent sous-bassin et utilisées pour la comptabilité écosystémique. Les USR sont composées de tronçons de cours d'eau homogènes (TCH ; HSR). **Voir Chapitres 2, 3, 6.**

Unité équivalente (ou unité de compte): elles sont utilisées pour mesurer les choses qui ont des caractéristiques communes ainsi que des différences a des fins de comparaison et d'agrégation de statistiques significatives. La définition d'une unité équivalente est basée sur le choix d'une caractéristique ou d'une fonction qui capture une valeur égale (équi-valence). Par exemple, le bétail est généralement mesuré en « *unité de gros bétail* », définie en termes de pâturage équivalent aux besoins d'une vache adulte. Les unités équivalentes pourront être déterminées par la sélection d'une dimension commune simple (par exemple la tonne dans le cas des comptes de flux de matières le m³ dans le SCEE-Eau) ou en définissant des unités composites avec les règles de conversion plus complexes (par exemple Econd, CO₂eq ou USMR). Dans la CECN, l'unité de compte commune nécessaire à la fois pour intégrer les comptes de l'écosystème et pour fournir des indicateurs phares agrégés est l'unité de capacité écosystémique (ECU). Voir Chapitres 2, 8.

Unité institutionnelle : « *une entité économique qui est capable, de son propre chef, de posséder des actifs, de prendre des engagements, de s'engager dans des activités économiques et de réaliser des opérations avec d'autres entités.»* [SCEE] **Voir Industrie.**

Unité marine côtière (UMC) : unités comptables écosystémiques (UCE) pour les écosystèmes marins côtiers. Leur fond est généralement cartographié en unités d'occupation du sol reflétant la végétation (herbiers marins) et autre couverture de biophysique. *Voir Unité comptable écosystémique (UCE); Couverture terrestre / Unités de couverture des terres écosystémiques (UCTE); Chapitres 3, 4.*

Unité paysagère socio-écologique (UPSE ; en.: SELU): les UPSE sont des unités comptables écosystémique. Elles sont la représentation de systèmes socio-écologiques terrestres et sont classées selon le type de paysage dominant et d'autres critères géographiques. *Voir Unité comptable écosystémique; Chapitres 2, 3, 4.*

Unité spatiale de base (USB ; en.: BSU): "Une unité spatiale de base (USB) est une petite zone. Idéalement, les USB sont formées par la délimitation de dallages (petites surfaces, par exemple, cellules de 1 km²), généralement en superposant une grille sur une carte du territoire concerné; mais elles peuvent aussi être les parcelles d'un cadastre ou les pixels d'une image de télédétection. Les USB sont les plus petites unités du modèle de données utilisé pour définir des zones aux fins de la comptabilité écosystémique. Elles peuvent être regroupées pour former des unités écosystémiques de couverture terrestre (UCTE) et unités comptables écosystémiques (UCE)." [SCEE] Dans la CECN, les USB sont les cellules de grilles régulières emboîtées. *Voir Chapitre 3.*

Unité standard de mesure des rivières (USMR) : unité de compte utilisée pour quantifier des rivières et cours d'eau de taille différente. L'UMSR est définie comme 1 km x 1m³ x 1 seconde⁻¹. Des expressions synonymes sont le kilomètre standardisé de rivière (SRKm) ou l'unité de rivière standard (SRU). *Voir Unité équivalente; Chapitres 2, 3, 6.*

Utilisation des terres : « description socio-économique (dimension fonctionnelle) de zones: zones utilisées à des fins résidentielles, industrielles ou commerciales, pour l'agriculture ou la sylviculture, à des fins récréatives ou de conservation, etc. Le lien avec la couverture terrestre est possible; il peut être possible de déduire l'utilisation des terres de la couverture terrestre et inversement. Mais les situations sont souvent compliquées et le lien n'est pas si évident. Contrairement à la couverture des terres, l'utilisation des terres est difficile à «observer». Par exemple, il est souvent difficile de décider si les herbages sont utilisés ou non à des fins agricoles. Les distinctions entre l'utilisation des terres et la couverture terrestre et leur définition ont une incidence sur le développement des systèmes de classification, collecte de données et les systèmes d'information en général. "[AEE] *Voir Chapitres 3, 4.*

Valeur ajoutée: « La valeur ajoutée brute (VAB) aux prix du marché est la production aux prix du marché moins la consommation intermédiaire aux prix d'acquisition; il s'agit du solde du compte de production des comptes nationaux. Pour un pays, la somme des VAB est égale au PIB "[Eurostat] *Voir Produit intérieur brut; Consommation intermédiaire; Chapitres 2, 9.*

Valeur écologique unitaire interne : une unité-équivalente calculée pour chaque composante d'un écosystème (carbone et eau écosystémiques et services fonctionnels d'infrastructure) en faisant la moyenne de son indice d'utilisation durable et de son indice de santé spécifique. « Interne » signifie que les effets d'un composant sur les deux autres ne sont pas pris en compte à ce stade. Ils seront intégrés lors du calcul du prix en ECU. *Voir ECU; Unité de compte ; Unité équivalente/unité de compte.*

Valeur écologique unitaire : valeur écologique d'une unité de ressource accessible mesurée en ECU, l'unité de compte standard utilisée dans la CECN pour mesurer la capacité de l'écosystème. En économie, la valeur unitaire est le prix moyen pondéré d'une quantité donnée. Dans la CECN, la valeur écologique unitaire est calculée par unité comptable écosystémique (UCE); son rôle est équivalent à un prix moyen écologique. *Voir Capabilité; Valeur écologique; Unité de capacité écosystémique; ECU; Chapitres 2, 8*

Valeur écologique: «L'évaluation non-monétaire de l'intégrité, de la santé ou de la résilience des écosystèmes, qui sont tous des indicateurs importants pour déterminer les seuils critiques et les exigences minimales pour la fourniture des services de écosystémiques." [TEEB] *Voir Valorisation économique; Chapitres 2, 9.*

Valorisation : « Le processus d'exprimer la valeur d'un bien ou d'un service particulier dans un certain contexte (par exemple, la prise de décision), généralement en termes de quelque chose qui peut être compté,

souvent de l'argent, mais aussi avec à des méthodes et des mesures empruntées à d'autres disciplines que l'économie (sociologie, écologie, etc.). » [MA2005; TEEB] Voir Valeur écologique; Chapitres 1, 2, 9.

Valorisation économique: « *Le processus consistant à exprimer la valeur d'un bien ou d'un service particulier dans un certain contexte (par exemple, la prise de décision) en termes monétaires. »* [TEEB] Voir Valeur écologique; Chapitres 1, 2, 9.

Vulnérabilité: « *L'exposition à des risques et au stress, et la difficulté à y faire face. Trois grandes dimensions de la vulnérabilité sont impliqués: l'exposition à des contraintes, des perturbations, et des chocs; la sensibilité des personnes, des lieux, des écosystèmes, des espèces aux contraintes ou perturbations, y compris leur capacité d'anticiper et de faire face au stress; et la résilience des personnes, des lieux exposés, des écosystèmes et des espèces en fonction de leur capacité d'absorber les chocs et les perturbations tout en continuant à fonctionner. »* [MA2005; TEEB] Voir Chapitres 1, 2, 7.

Zone économique exclusive (ZEE) d'un pays : « *la zone qui s'étend jusqu'à 200 miles nautiques des lignes de base normales d'un pays tel que défini dans la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer du 10 Décembre 1982 »* [SCEE] Voir Chapitres 2, 3.

BIBLIOGRAPHIE

- Aslaksen, I., Framstad, E., Garnåsjordet, P.A. et al. 2012. The Norwegian nature index: Expert evaluations in precautionary approaches to biodiversity policy, *Norsk Geografisk Tidsskrift – Norwegian Journal of Geography* 66: 257–271.
- Ayres, R.U. 1978. *Resources, Environment and Economics: Applications of the Materials/Energy Balance Principle*. Wiley, New York, USA.
- Bartalev, S. and Loupian, E. 2012. *Moderate- and High-resolution Earth Observation Data Based Forest and Agriculture Monitoring in Russia using VEGA Web-Service*, ESA Sentinel 2 Preparatory Symposium. European Space Agency, Rome, Italy.
http://www.congrexprojects.com/docs/12c04_doc/1-sentinel2_symposium_bartalev.pdf?sfvrsn=2 and <http://pro-vega.ru/eng/>
- BDOT 2006. *Évolution de l'occupation des terres entre 1992 et 2002 au Burkina Faso*. Deuxième Programme National de Gestion des Terroirs/Base de données d'occupation des terres (BDOT), Ouagadougou, Burkina Faso.
http://www.fidafrigue.net/IMG/pdf/BDOT_Analyse_Comptes_Langage_accessible_Janvier_2007_-2.pdf
- Bosch, P., Brouwer, R., Radermacher, W. et al. 1997. *Methodological Problems in the Calculation of Environmentally Adjusted National Income Figures (GREENSTAMP Final Summary Report)*, Report for the European Commission Directorate General XII. European Commission, Brussels, Belgium.
- Brodsky, L., Vobora, V., Gangkofner, U. et al. 2013. *Mapping and Monitoring Small Linear Landscape Features*, Living Planet Symposium 2013, Edinburgh. European Space Agency, Rome, Italy. <http://seom.esa.int/LPS13/e9c7f56b/>
- Bruckner, M., Polzin, C. and Giljum, S. 2010. *Counting CO₂ Emissions in a Globalised World: Producer Versus Consumer-Oriented Methods for CO₂ Accounting*, Discussion paper. Deutsches Institut für Entwicklungspolitik, Bonn, Germany. http://seri.at/wp-content/uploads/2009/11/Bruckner-et-al-2010_Counting-CO2-emissions.pdf
- Butchart, S.H., Resit Akçakaya, H., Chanson, J. et al. 2007. *Improvements to the Red List Index*. PLoS ONE 2(1): e140.
<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0000140>
- Certain, G. and Skarpaas, O. 2010. *Nature Index: General Framework, Statistical Method and Data Collection for Norway*, NINA Report 542. Norwegian Institute for Nature Research, Trondheim, Norway.
http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaLES/egm/NINA542_bk.pdf
- Chichilnisky, G. 1994. *North-South trade and the global environment*. American Economic Review 84(4): 851–874. http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1374644

CICPN 1986. *Les comptes du patrimoine naturel*, Collections de l'INSEE 535–536, Série C, 137–138. Commission interministérielle des comptes du patrimoine naturel, Institut national de la statistique et des études économiques, Paris, France.

http://projects.eionet.europa.eu/leac/library/background-papers-and-publications/comptes_patrimoine_naturel_insee_1986

Cosier, P. and Sbrocchi, C. 2013. *Accounting for Nature: A Common Currency for Measuring the Condition of Our Environment*, Environmental Defence Society Conference 2013. Environmental Defence Society, Auckland, New Zealand.

http://www.edscopy.org/content/docs/2013_presentations/Cosier,%20Peter%20130808%20FINAL.pdf

Cumani, R. and Latham, J. 2013. *FAO and Land Cover Mapping: Methodology, Tools and Standards and GLC-SHARE Database*, International Symposium on Land Cover Mapping for the African Continent, 25–27 June 2013. UNEP and RCMD, Nairobi, Kenya.

http://www.glcn.org/downs/pub/ppts/Kenya_lcAfrica/FAO_GLCSHARE_LC_Africa_Cumani-Latham.pdf

Davis, S.J. and Caldeira, K. 2010. Consumption-based accounting of CO₂ emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107(12): 5687–5692. <http://www.pnas.org/content/107/12/5687>

Devictor, V., Julliard, R., Clavel, J. *et al.* 2008. Functional biotic homogenization of bird communities in disturbed landscapes. *Global Ecology and Biogeography* 17(2): 252–261. doi: 10.1111/j.1466-8238.2007.00364.x

Diallo, A. and Sanon, O.I. 2013. *Comptabilité environnementale et utilisation des terres au Burkina Faso*, Atelier Infrarégional, Ouagadougou, Burkina Faso, 14–17 mai 2013. CDB/PNUE. <http://www.cbd.int/doc/meetings/im/rwim-wafr-01/other/rwim-wafr-01-adama-oumar-fr.pdf>

Di Gregorio, A., Jaffrain, G. and Weber, J.-L. 2011. *Land Cover Classification for Ecosystem Accounting*, Issue 3, Expert Meeting on Ecosystem Accounts, 5–7 December 2011, London, UK.

http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaLES/egm/Issue3_EEA_FAO.pdf

El Serafy, S. 1989. The proper calculation of income from depletable natural resources, in *Environmental Accounting for Sustainable Development: A UNEP/World Bank Symposium*. World Bank, Washington DC, USA. <http://www.cbd.int/financial/values/g-accounting-worldbank.pdf>

El Serafy, S. 1991. The environment as capital. In: Costanza, R. (ed.) *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability*. Columbia University Press, New York, USA.

- El Serafy, S. 1992. Sustainability, income measurement and growth. In: Goodland, R., Daly, H.E. and El Serafy, S. (eds.) *Population, Technology and Lifestyle: The Transition to Sustainability*. Island Press, Washington DC, USA.
- Friend, A.M. 2004. *Valuation of the Physical Stock Flow Accounts through Means of Ecopricing, Sraffa Ecosystem Valuation Method SEVM*, 8th Biennial Scientific Conference of the International Society for Ecological Economics, Montreal, 11–14 July 2004.
- GAISP 2005–2007. *GIST Monographs*, Green Accounting for Indian States Project, Green Indian States Trust. TERI Press, New Delhi, India. <http://www.gistindia.org/publications>
- Gallopin, G.C. 1991. Human dimensions of global change: linking the global and the local processes, *International Social Science Journal* 43(4): 707–718.
- Haberl, H., Erb, K.-H. and Kraussmann, F. 2013. Global human appropriation of net primary production (HANPP), *The Encyclopedia of Earth*, www.eoearth.org. <http://www.eoearth.org/view/article/153031/>
- Haines-Young, R., Potschin, M., Kumar, P. et al. 2010. *Ecosystem Accounting and the Cost of Biodiversity Losses: The Case of Coastal Mediterranean Wetlands*, EEA Technical report No 3/2010. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark. <http://www.eea.europa.eu/publications/ecosystem-accounting-and-the-cost>
- Haines-Young, R. and Weber, J.-L. 2006. *Land Accounts for Europe 1990–2000: Towards Integrated Land and Ecosystem Accounting*, EEA Report No 11/2006. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark. http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2006_11
- Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R. et al. 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change, *Science* 342(6160): 850–853. doi: 10.1126/science.1244693. <http://www.sciencemag.org/content/342/6160/850>
- Heldal, J. and Østdahl, T. 1984. Synoptic monitoring of water quality and water resources: A suggestion on population and sampling approaches, *Statistical Journal of the United Nations Economic Commission for Europe* 2: 393–406. http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/ceea/archive/Water/Heldal_Ostdahl.pdf
- Holling, C.S. 1972. Resilience and stability of ecological systems, *Annual Review of Ecological Systems* 4: 1–23.
- Houdet, J., Trommetter, M., Weber, J., 2010. *Promoting Business Reporting Standards for Biodiversity and Ecosystem Services: The Biodiversity Accountability Framework*. Association Orée/Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité, Paris, France. <http://www.businessbiodiversity.eu/default.asp?Menue=153&News=310>
- Jaeger, J., Soukup T., Madriñán, L.F. et al. (2011). *Landscape Fragmentation in Europe*, Joint EEA-FOEN report, EEA Report No 2/2011. European Environment Agency,

Copenhagen, Denmark. <http://www.eea.europa.eu/publications/landscape-fragmentation-in-europe>

Jaffrain, G. 2007. *Diachronic Analysis and Land Cover Accounts in Burkina Faso*, BDOT Presentation, EIONET meeting, Copenhagen, January 2006. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.
http://projects.eionet.europa.eu/leac/library/cube/land_cover/presentation_leac_burkina_faso_ppt

Kelleher, K. 2005. *Discards in the World's Marine Fisheries: An Update*, FAO Fisheries Technical Paper 470. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. <http://www.fao.org/docrep/008/y5936e/y5936e00.htm>

Lacaze, M. 1999. *Corilis: Lissage de Corine land cover pour l'Europe*, IFEN-EEA Methodological report. Institut français de l'environnement, Orléans, France.

Lacaze, M. and Nirascou, F. 2000. *Ces terres qui nous entourent...*, Les données de l'environnement No 51. Institut français de l'environnement (IFEN), Orléans, France.
http://www.side.developpement-durable.gouv.fr/cda/portal.aspx?INSTANCE=exploitation&PORTAL_ID=medd_P0_D_ProdServ_Publications_CGDD.xml

Lange, G.-M. and Jiddawi, N. 2009. Economic value of marine ecosystem services in Zanzibar: Implications for marine conservation and sustainable development, *Ocean & Coastal Management* 52(10): 521–532. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2009.08.005.

Long, G. 1972. *À propos du diagnostic écologique appliqué au milieu de vie de l'homme*, Options Méditerranéennes No 13. Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes (CIHEAM), Montpellier, France.
<http://om.ciheam.org/om/pdf/r13/CI010462.pdf>

MA 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington DC, USA.
<http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>

Maes, J., Paracchini, M-L. and Zulian, G. 2011. *A European Assessment of the Provision of Ecosystem Services: Towards an Atlas of Ecosystem Services*, European Commission Joint Research Centre. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
<http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/11111111/16103>

Maes J. et al. 2013. *An Analytical Framework for Ecosystem Assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020*, Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES). European Commission, Brussels, Belgium.
http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/pdf/MAESWorkingPaper2013.pdf

Maes J. et al. 2014. *Indicators for Ecosystem Assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020*, Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES). European Commission, Brussels, Belgium.

http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/pdf/2nd_MAESWorkingPaper.pdf

Margat, J. and Vallée, D. 2000. *Water Resources and uses in the Mediterranean Countries: Figures and Facts*. Blue Plan for the Mediterranean Region. Regional Activity Centre, Sophia Anapolis, France.

Martínez, A.G. 2009. *Exergy Cost Assessment of Water Resources: Physical Hydronomics*, PhD Dissertation. Department of Mechanical Engineering, University of Zaragoza, Spain. [http://zaguan.unizar.es/record/4551/files/TESIS-\(2010\)-026.pdf](http://zaguan.unizar.es/record/4551/files/TESIS-(2010)-026.pdf)

Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. 2011. *National Water Footprint Accounts: The Green, Blue and Grey Water Footprint of Production and Consumption*, Value of Water Research Report Series No 50. UNESCO Institute for Water Education (UNESCO-IHE), Delft, The Netherlands. <http://www.waterfootprint.org/?page=files/WaterFootprintsNations>

Meza, F., Jiliberto, R., Maldini, F. et al. 1999. *Cuentas Ambientales del Recurso Agua en Chile*, Documento de Trabajo No 11, Serie Economía Ambiental. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía y Ciencias Forestales, Santiago, Chile.

Muukkonen, J. 2009. *Carbon Sequestration: Forest and Soil*. Issue Paper, 14th Meeting of the London Group on Environmental Accounting, Canberra. Statistics Finland, Helsinki, Finland.

http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/londongroup/meeting14/LG14_12a.pdf

Naredo, J.M. 1997. Spanish water accounts. In: Mesonada, C.S-J. (ed.) *Environmental Economics in the European Union*. Mundi Prensa, Madrid, Spain.

Naredo, J.M. and Para, F. (eds.) 1998. *Hacia una ciencia de los recursos naturales*. Siglo XXI de España, Madrid, Spain.

Naredo, J.M. and Valero, A. (eds.) 1999. *Desarrollo económico y deterioro ecológico*, Colección Economía y Naturaleza. Fundación Argentaria y Visor, Madrid, Spain. <http://www.fcmanrique.org/publiDetalle.php?idPublicacion=113>

ONU 2009. *Système de comptabilité nationale 2008*, Version préliminaire. Organisation des Nations Unies, New York, USA.

<http://unstats.un.org/unsd/nationalaccount/docs/SNA2008FR.pdf>

Peterson, A.T. and Kluza, D.A. 2005. *Ecological Niche Modeling as a New Paradigm for Large-Scale Investigations of Diversity and Distribution of Birds*. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-191. USDA Forest Service, Washington DC, USA. http://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr191/psw_gtr191_1201-1204_peterson.pdf

Peterson, A.T., Soberón, J., Pearson, R.G. et al. 2011. *Ecological Niches and Geographic Distributions*, Monographs in Population Biology 49. Princeton University Press, New Jersey, USA.

Postel, S., Daily, G. and Erlich, P. 1996. Human appropriation of renewable freshwater, *Science* 271: 785–788.
<http://www.as.wvu.edu/biology/bio463/Postel%20et%20al%201996%20Global%20water.pdf>

Potter, C., Klooster, S. and Genovese, V. 2012. Net primary production of terrestrial ecosystems from 2000 to 2009. *Climatic Change* 115(2): 365–378.
<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-012-0460-2>

Rapport, D.J., Costanza, R. and McMichael, A.J. 1998. Assessing ecosystem health, *Trends in Ecology and Evolution* 13(10): 397–402. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5347\(98\)01449-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5347(98)01449-9)

Rapport, D.J., Gaudet, C.L., Constanza, R. *et al.* (eds.) 1998. *Ecosystem Health: Principles and Practice*. Wiley-Blackwell, Hoboken, New Jersey, USA.

Rapport, D.J. and Singh, A. 2006. An Ecohealth-based framework for state environment reporting, *Ecological Indicators* 6: 408–429. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.

Rapport, D.J. and Whitford, W.G. 1999. How ecosystems respond to stress, *BioScience* 49(3): 193–203. <http://www.jstor.org/stable/1313509>

Scholes, R.J. and Biggs, R. 2005. A biodiversity intactness index, *Nature* 434(3): 45–49.
<https://www.cbd.int/doc/articles/2005/a-00262.pdf>

Slezak, M. 2012. Mowing down seagrass meadows will cut loose carbon. *New Scientist*, www.newscientist.com. <http://www.newscientist.com/article/dn21825-mowing-down-seagrass-meadows-will-cut-loose-carbon.html>

Stiglitz, J.E., Sen, A. and Fitoussi, J.-P. 2009. *Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress*. Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress. <http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/>

Tafi, J. and Weber, J.-L. 2000. *Inland Water Accounts of the Republic of Moldova: Preliminary Results of Resource Accounts in Raw Quantities, 1994 and 1998*. EUROSTAT Technical report. Statistical Office of the European Union, European Commission, Luxembourg. http://aoa.eea.europa.eu/tools/virtual_library/bibliography-details-each-assessment/answer_6784090870/w_assessment-upload/index.html?as_attachment:int=1

Tubiello, F.N., Salvatore, M., Cóndor Golec, R.D. *et al.* 2014. *Agriculture, Forestry and Other Land Use Emissions by Sources and Removals by Sinks*, FAO Statistics Division Working Paper Series, ESS/14- 02. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. <http://www.fao.org/docrep/019/i3671e/i3671e.pdf>

UN 1992. *Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development*, United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, 3–14 June 1992. United

Nations, New York, USA.

<http://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>

UN 1993. *Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting*, Interim version, United Nations Studies in Methods, Series F, No. 61. United Nations, New York, USA. <http://unstats.un.org/unsd/pubs/gesgrid.asp?id=55>

UN 2003. *Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting 2003*, United Nations Studies in Methods, Series F, No. 61 Rev. 1. United Nations, New York, USA. <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seea2003.pdf>

UN 2007. *SEEA Water, System of Environmental-Economic Accounting for Water*. United Nations, New York, USA.

<http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaw/seeawaterwebversion.pdf>

UN 2009. *System of National Accounts 2008*. United Nations, New York, USA.

<http://unstats.un.org/unsd/nationalaccount/docs/SNA2008.pdf>

UN 2013a. *Framework for the Development of Environment Statistics (FDES)*, Final draft. United Nations, New York, USA. <http://unstats.un.org/unsd/environment/fdes.htm>

UN 2013b. *System of Environmental-Economic Accounting 2012: Experimental Ecosystem Accounting*, White cover publication, pre-edited text subject to official editing. United Nations, New York, USA.

<http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/eea white cover.pdf>

UN 2014. *System of Environmental Economic Accounting 2012: Central Framework*. United Nations, New York, USA.

http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaRev/SEEA_CF_Final_en.pdf

UNEP/UNU-IHDP 2012. *Inclusive Wealth Report 2012*, United Nations Environment Programme/United Nations University International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

<http://cl.ly/1r3v2V3P3T1h422S1225>

UNU 2011. *Satoyama-Satoumi Ecosystems and Human Well-being: Socio-ecological Production Landscapes of Japan*, Summary for decision makers. United Nations University, Tokyo, Japan. http://archive.ias.unu.edu/resource_centre/SDM-EN_24Feb2011.pdf

Valero, A., Uche, J., Valero, A. et al. 2006. *Physical Hydronomics: Application of the Exergy Analysis to the Assessment of Environmental Costs of Water Bodies – The Case of the Inland Basins of Catalonia*. CIRCE Foundation, University of Zaragoza, Spain.

[http://teide.cps.unizar.es:8080/pub/publicir.nsf/codigospub/0436/\\$FILE/cp0436.pdf](http://teide.cps.unizar.es:8080/pub/publicir.nsf/codigospub/0436/$FILE/cp0436.pdf)

Vanoli, A. 2002. *Une Histoire de la comptabilité nationale*. Éditions La Découverte, Paris, France. <http://www.editionsladecouverte.fr/catalogue/index-Une histoire de la comptabilite nationale-9782707137029.html>

- Vanoli, A. 2005. *A History of National Accounts*. IOS Press, Amsterdam, Netherlands.
<http://www.iospress.nl/book/a-history-of-national-accounting> (Summary at
http://www.insee.fr/en/ffc/docs_ffc/cs103h.pdf)
- Vitousek, P.M., Ehrlich, P.R., Ehrlich, A.H. et al. 1986. Human appropriation of the products of photosynthesis, *BioScience* 36(6): 368–373.
<http://biology.duke.edu/wilson/EcoSysServices/papers/VitousekEtal1986.pdf>
- Walker, B., Holling, C.S., Carpenter, S.R. et al. 2004. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems, *Ecology and Society* 9(2): 5.
<http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/>
- Weber, J.-L. 1983. The French natural patrimony accounts, *Statistical Journal of the United Nations Economic Commission for Europe* 1: 419–444.
- Weber, J.-L. 1987. Écologie et statistique : les comptes du patrimoine naturel, *Journal de la Société de Statistique de Paris* 128: 137–162.
http://www.numdam.org/item?id=JSFS_1987__128__137_0
- Weber, J.-L. 2007. Implementation of land and ecosystem accounts at the European Environment Agency, *Ecological Economics* 61(4): 695–707.
http://projects.eionet.europa.eu/leac/library/ecological_2007.pdf
- Weber, J.-L. 2008. *Land and ecosystem accounts in the SEEA revision*. Position paper for the London Group meeting, Brussels, 2008. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.
http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/londongroup/meeting13/LG13_25a.pdf
- Weber, J.-L. 2011a. *An Experimental Framework for Ecosystem Capital Accounting in Europe*, EEA Technical report No 13/2011. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark. <http://www.eea.europa.eu/publications/an-experimental-framework-for-ecosystem>
- Weber, J.-L. 2011b. *Approach to Simplified Ecosystem Capital Accounts*. Sixth Meeting of the UN Committee of Experts on Environmental-Economic Accounting, New York, June 2011. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.
<http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/ceea/meetings/UNCEEA-6-33.pdf>
- Weber J.-L. 2011c. Ecosystem services in green national accounting. In: Koellner, T. (ed.) *Ecosystem Services and Global Trade of Natural Resources*. Routledge, London, UK.
- Weber, J.-L. 2014. *Experimental Ecosystems Natural Capital Accounts, Mauritius Case Study, Methodology and Preliminary Results 2000–2010*. Indian Ocean Commission, Mauritius.
http://commissionoceanindien.org/fileadmin/resources/Islands/ENCA_Mauritius.pdf

World Bank 1989. *Environmental Accounting for Sustainable Development: A UNEP/World Bank Symposium*. World Bank, Washington DC, USA.
<http://www.cbd.int/financial/values/g-accounting-worldbank.pdf>

World Bank 2006. *Where is the Wealth of Nations? Measuring Capital for the 21st Century*. World Bank, Washington DC, USA. <http://siteresources.worldbank.org/INTEEI/214578-1110886258964/20748034/All.pdf>

World Bank 2011. *The Changing Wealth of Nations: Measuring Sustainable Development in the New Millennium*. World Bank, Washington DC, USA.
<http://siteresources.worldbank.org/ENVIRONMENT/Resources/ChangingWealthNations.pdf>

