



OBSERVATOIRE
DU SAHARA
ET DU SAHEL



AFD
AGENCE FRANÇAISE
DE DÉVELOPPEMENT



Copernicea

AFRIKENCA 2001-2020

**Une première série de comptes écosystémiques
du capital naturel pour le continent africain**

Version provisoire



Ce document a été élaboré sous la coordination de l'Observatoire du Sahara et du Sahel dans le cadre du projet COPERNICEA. Il a été validé par l'ensemble des pays concernés par le projet.

Réalisé par : MM. Jean Louis WEBER (consultant), Thierry TAPSOBA (OSS)

Révisé par : Mmes Ndeye Fatou MAR, Abir BEN ROMDHANE (OSS)

et Jana TAFI (consultante)

et M. Emmanuel FOURMANN (AFD)

Relu par : Mmes Nadia KHAMMARI et Kaouther HAMROUNI

et M. Abina Karim BELLO (OSS)

Edité par : Mme Salma AMMAR (OSS)

Résumé

Le projet **COPERNICEA** de « COoPération Régionale pour de Nouveaux Indicateurs de Comptabilité Écosystémique en Afrique » a pour objectif de doter à terme ces six pays d'une capacité autonome et indépendante de production de comptes écosystémiques du capital naturel selon la méthode ENCA (Ecosystem Natural Capital Accounting). Cet objectif suppose de maîtriser l'acquisition des données entrantes (collecte, vérification, harmonisation et validation) mais aussi la méthodologie ENCA en tant que système de traitement des données, de production de variables comptables quantifiées et d'indicateurs de synthèse à la fois comparables et agrégeables. L'OSS, en tant qu'organisation internationale maître d'ouvrage du projet, capitalise sur la méthode ENCA, les données entrantes, les données produites et l'accompagnement institutionnel et technique de ses membres.

Dans le cadre de sa mise en œuvre, une première étape a été de produire pour tout le continent africain et pour l'île de Madagascar, une version initiale des comptes ENCA à l'échelle d'unités statistiques spatialisées d'environ 100-150 km² (environ 200 000 unités élémentaires). Ces comptes ont été établis pour les années 2001, 2005 et annuellement de 2010 à 2020. Cette série de comptes de niveau 1 utilisant des bases de données internationales s'appelle AfrikENCA. Les comptes ENCA sont ensuite détaillés dans les projets menés par les institutions nationales participant au projet avec les données disponibles dans le pays, au niveau 2 (national) ou 3 (local).

Ce document expose la démarche COPERNICEA, rappelle les applications opérationnelles de la méthode ENCA en Afrique et dans le monde, détaille la construction de la version 1 d'AfrikENCA, présente différentes applications qui ont été menées sur des sujets d'importance comme la Grande Muraille Verte, la gestion d'aires protégées et l'évolution des corridors écologiques entre aires protégées, l'évolution de la santé des écosystèmes dans les aires protégées comprenant de la faune vulnérable ou en danger (au sens de la liste rouge de l'UICN) et l'état des écosystèmes forestiers et boisés.

1 Le projet COPERNICEA et la comptabilité écosystémique en Afrique

Le projet de « COoPération Régionale pour de Nouveaux Indicateurs de Comptabilité Écosystémique en Afrique » (COPERNICEA) est mis en œuvre par l'**Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS)**. Il est cofinancé par l'AFD, l'Agence française de développement, l'OSS et les six pays concernés : Burkina-Faso, Guinée-Conakry, Maroc, Niger, Sénégal et Tunisie.

Il a été lancé en mars 2020 et devait initialement durer 4 années (2020-2023).

L'objectif du projet est de doter l'OSS et les six pays d'un dispositif opérationnel de production de comptes écosystémiques du capital naturel utilisant la méthode ENCA (acronyme anglais qui sera utilisé par commodité rédactionnelle) présentée en annexe. L'OSS assure ici la maîtrise d'ouvrage, l'animation régionale et l'accompagnement des travaux nationaux, la capitalisation scientifique et technique sur la méthode ENCA, la centralisation des données, la communication et la mise à disposition des résultats comptables.

Les actions du projet COPERNICEA sont structurées autour de quatre principales composantes :

- Renforcement institutionnel et mise en place de structures aux niveaux régional et national ;
- Création de l'infrastructure opérationnelle de la comptabilité ENCA ;
- Consolidation des capacités des acteurs impliqués dans le processus d'élaboration des comptes ;
- Communication et promotion de l'intégration des comptes écosystémiques dans les processus d'évaluation et de décision comme indicateurs de développement durable.

La mise en œuvre du projet s'appuie sur une équipe dédiée au sein de l'OSS et sur six équipes nationales qui mobilisent et fédèrent les services pertinents de différents organismes, notamment les ministères en charge de l'environnement et du développement durable, les agences spécialisées dans les domaines de l'eau, de la forêt, de la biodiversité et des aires protégées, ainsi que les offices nationaux de statistique, les centres de recherche et les universités. Les structures détenant ou produisant des informations et des données seront donc amenées à les mutualiser et à optimiser leur accessibilité pour une grande variété d'utilisateurs.

Le dispositif permettra de développer rapidement une première comptabilité écosystémique du capital naturel, d'abord biophysique selon le cadre comptable ENCA, puis socio-économique. Cette première comptabilité, mise en œuvre avec une méthodologie commune, fournit des résultats comparables d'un pays à l'autre et agrégeables au niveau régional. Le caractère multi-pays (deux pays méditerranéens, deux pays côtiers, deux pays sahéliens) permet une émulation des

équipes, une mutualisation des moyens et une optimisation des coûts.

Cette comptabilité a pour ambition de quantifier et d'évaluer la situation et la résilience des écosystèmes, et de permettre un suivi spatio-temporel de l'état des services écosystémiques. Outre les besoins spécifiques des pays participants, le projet vise à renforcer la capacité de rapportage des 6 pays aux programmes internationaux et régionaux relatifs à la désertification, au changement climatique, à la diversité biologique et plus généralement aux Objectifs de Développement Durable et au SEEA-EA¹.

La méthode ENCA mobilise des données géo-localisées qu'elle retrace suivant les différentes étapes décrites dans la trousse de démarrage rapide (voir Annexe) pour les affecter à des unités statistiques territoriales. Par la suite, la méthode permet de calculer pour ces unités statistiques une valeur comptable dite de capacité écosystémique, calculée dans une métrique non monétaire. Il est ensuite possible de suivre l'évolution de cette valeur comptable au cours du temps pour observer si la situation de l'écosystème associé à l'unité territoriale s'améliore, reste stable ou se détériore et d'évaluer les déterminants de ces évolutions. Pour installer une capacité nationale à produire une comptabilité ENCA, il y a deux étapes à franchir :

- Constituer, harmoniser, valider une base de données pertinentes et cohérentes sur plusieurs années (a minima données internationales gratuites, plus ou moins enrichie par des données nationales).
- Comprendre et maîtriser le logiciel comptable ENCA, pour le nourrir en données, produire des comptes et des cartes et procéder à des analyses.

Le projet COPERNICEA se propose d'accompagner les équipes nationales dans ces deux étapes, de manière à construire une capacité de production indépendante et autonome dans chacun des 6 pays. En outre, le projet COPERNICEA a l'ambition de sensibiliser les acteurs aux enjeux et de mettre à disposition de la communauté internationale des données, des analyses et des outils pour comprendre les évolutions de la santé des écosystèmes, dont dépendent la plupart des ménages africains.

C'est dans ce cadre que l'équipe de l'OSS s'est proposée de produire une première série de comptes ENCA pour tout le continent africain, pour les années 2001-2005-2010-2011-2012-2013-2014-2015-2016-2017-2018-2019-2020. La version 1 de AfrikENCA est disponible depuis novembre 2022. Elle est désormais librement accessible sur le site web de l'OSS [OSS, 2023]. Cette activité fondatrice a été permise par le développement rapide des bases de données, les progrès observés dans la vitesse et la puissance des outils de calcul, mais également et surtout, par les expériences préliminaires menées par différentes équipes sur différents territoires (voir Section 2).

L'étape suivante, qui a débuté au printemps 2022, est la mise en œuvre de la méthode ENCA à l'échelle nationale par des équipes nationales au Burkina Faso, en Guinée, au Maroc, au Niger, au Sénégal et en Tunisie. Cette étape a été préparée par une série de sessions de formation utilisant le didacticiel Kangaré-Écosystèmes qui permet la prise en main pratique de la méthodologie à partir d'une étude de cas qui suit pas-à-pas les étapes de la fabrication des comptes en utilisant un Système d'Information Géographique (SIG). Le SIG utilisé pour la formation est celui employé pour faire les comptes écosystémiques AfrikENCA, SAGA GIS² [Conrad, 2015].

2 Rappel des premières applications opérationnelles de la comptabilité ENCA en Afrique et dans le monde

ENCA a hérité des travaux pionniers de l'Agence européenne pour l'environnement (AEE) où les premiers « comptes des terres et des écosystèmes » (LEAC) ont été publiés en 2006 [Haines-Young, 2006] et mis à jour, l'année la plus récente

¹ENCA est une variante du SEEA-Ecosystem Accounting publié par l'ONU en 2022. La relation de la comptabilité ENCA et du SEEA-EA et la compatibilité des comptes en termes biophysiques sont présentées en Annexe.

²SAGA est l'abréviation de System for Automated Geoscientific Analyses (système d'analyses géoscientifiques automatisées). SAGA est un logiciel gratuit et open source (FOSS) développé à l'Université de Hambourg. Son utilisation est intuitive et ses performances sont excellentes sur un PC de bon niveau avec Windows ou Linux. SAGA est interfacé ODBC et permet notamment l'accès au gestionnaire de base de données PostgreSQL. Il peut être utilisé avec le logiciel statistique R (RSAGA) et avec l'interface de programmation d'application SAGA GIS API for Python. Les comptes ENCA peuvent bien entendu être produits avec d'autres logiciels (notamment QGIS, ArcGIS, etc.) en suivant le même modèle comptable. Les fonds de carte utilisés pour cet article proviennent de la base Google-Satellite.

étant 2018 [EEA 2019 (a) et EEA 2019 (b)]. La méthodologie LEAC a été adoptée par le cadre ENCA-QSP pour la comptabilité de l'occupation des sols.

Entre 2016 et 2020, l'Agence européenne pour l'environnement (AEE) a mis en œuvre un projet financé par l'UE visant à établir un système d'information environnementale partagé (ENI SEIS II East) dans les pays du Partenariat oriental de l'UE, à savoir l'Arménie, l'Azerbaïdjan, la Biélorussie, la Géorgie, la Moldavie et l'Ukraine. Dans le cadre des sessions de formation Kangaré destinées aux experts nationaux, des comptes d'occupation des sols de type LEAC ont été produits pour chacun de ces pays pour 2000 et 2015 [Tafi, 2020].

D'autres applications pilotes utilisant ENCA-QSP sont les comptes de capital écosystémique de Maurice de 2014 [Weber, 2014b], une thèse de doctorat à l'École normale supérieure de Lyon sur les comptes du bassin versant du Rhône, France [Argüello Velazquez, 2019] et la comptabilité du capital naturel écosystémique dans 4 pays du Plateau des Guyanes en 2000 et 2015 [Rahm, 2021] réalisée pour le WWF France par l'Office National des Forêts International (ONFI) avec la contribution des agences des pays participants (Guyana, Suriname, Guyane française et Amapà brésilienne). L'UICN vient de finaliser, avec l'appui d'ONFI, un rapport utilisant la méthode ENCA appliquée au Vietnam [Mitterpergher, 2023b].

A Madagascar, l'équipe du laboratoire IOGA de l'université d'Antananarivo a développé, avec le soutien du Global Development Network et d'un financement de l'AFD, une application de la comptabilité ENCA pour le suivi des aires protégées [Rakotondraompiana, 2015].

En Afrique, plusieurs projets ont également utilisé la méthodologie ENCA. Une équipe de l'UICN a travaillé avec le WWF-Gabon l'appui d'ONFI sur des comptes au Gabon [WWF-Gabon, 2021] [Mitterpergher, 2022]. L'UICN vient de publier, en 2023 une étude basée sur les comptes ENCA au Kenya [Mitterpergher, 2023a].

Le présent document souhaite mettre en lumière deux projets ENCA exécutés en Guinée et au Sénégal, coordonnés avec COPERNICEA : PAPBio ENCA (opéré par l'UICN et VITO avec l'appui d'un comité des experts locaux) [Buchhorn, 2023] et ZAEG (opéré par une équipe de techniciens guinéens avec l'appui d'IGNFI et le CIRAD) [Morand, 2023].

2.1 Application PAPBio de la méthode ENCA à des aires naturelles protégées au Sénégal et en République de Guinée

PAPBio³ est un programme de l'UICN financé par l'Union Européenne dans le but d'améliorer la gouvernance des aires naturelles protégées en Afrique de l'Ouest. Une application pilote ENCA est réalisée dans le cadre de PAPBio.

« Le projet est mené avec l'assistance technique de l'Institut flamand pour la recherche technologique (VITO). L'objectif de cette étude était de développer et d'évaluer une plateforme efficace et harmonisée de comptabilité du capital naturel (Sys4ENCA) pour soutenir la gestion des aires protégées en Afrique de l'Ouest, basée sur le cadre de la comptabilité écosystémique du capital naturel.

Une première évaluation de la plateforme a été réalisée sur une région transfrontalière entre le Sénégal et la Guinée comprenant deux aires protégées, Niokolo et le paysage de Bafing-Falémé. La plateforme semi-automatisée Sys4ENCA, combinée à une approche multi-niveaux, s'est avérée être un outil précieux pour faciliter la gestion des aires protégées, car elle fournit non seulement des informations consolidées à l'échelle locale, mais aussi le contexte plus large et les pressions externes, c'est-à-dire le changement climatique et la demande de terres. Étant donné sa nature automatisée, la plateforme réduit les erreurs humaines, augmente l'efficacité, la vitesse et l'harmonisation des calculs sur de longues périodes de temps et à des échelles spatiales. » [Buchhorn, 2023].

³PAPBio stands for "Programme d'appui pour la préservation de la biodiversité et les écosystèmes fragiles, à la gouvernance régionale et au changement climatique en Afrique de l'Ouest - PAPBio" of the European Union (EU).

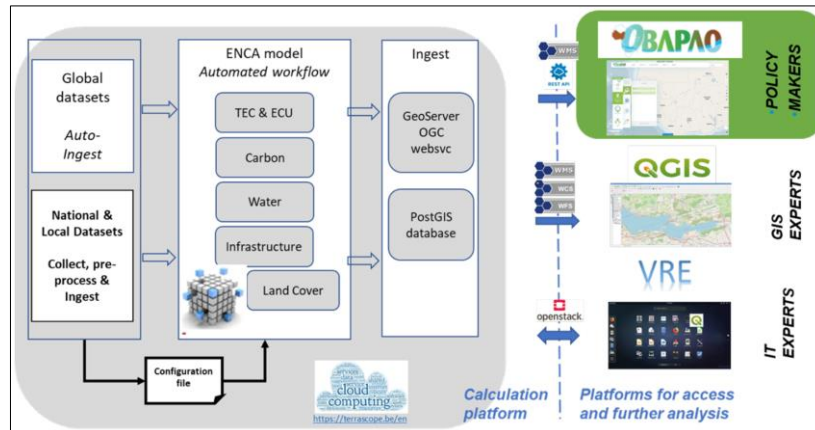


Figure 1 La plateforme de traitement Sys4ENCA pour la comptabilisation semi-automatique des comptes écosystémiques du capital naturel selon la trousse de démarrage rapide de la méthode ENCA [source : Buchhorn, 2023]

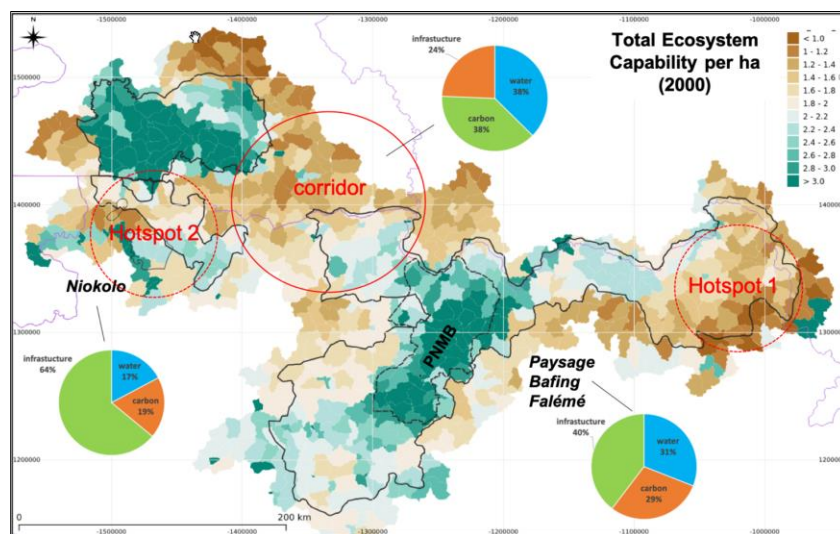


Figure 2 Capacité totale des écosystèmes (CET) par hectare de la région transfrontalière comprenant les paysages du Niokolo et du Bafing-Falémé, telle que simulée par Sys4ENCA pour l'année 2000 en utilisant des ensembles de données régionales (niveau 2) au niveau le plus élevé de la ventilation des sous-bassins [source : Buchhorn, 2023].

Le projet ENCA PAPBio couvre les parcs naturels de Niokolo-Koba, Niokolo-Badiar et Baffing-Falémé ainsi que leur contexte géographique. Des experts de Guinée et du Sénégal ainsi que de l'ONG Wild Chimpanzee Foundation sont impliqués dans le projet. Ce dernier propose une approche à 3 niveaux, avec des comptes de niveau 1 produits avec des données internationales, de niveau 2 avec des données nationales et de niveau 3 avec des données locales fournies par les gestionnaires des parcs. Le projet est maintenant étendu pour couvrir le parc de protection de la nature transfrontalier dit du W du Niger.

2.2 Comptes ENCA dérivés du zonage agro-écologique (ZAE) de la République de Guinée

Le ministère de l'agriculture guinéen a entrepris un zonage agroécologique du pays à partir d'images satellites à haute résolution, visant à identifier et quantifier les zones agricoles actuelles, à évaluer le potentiel agricole et à cartographier l'occupation et l'évolution du sol sur une période de 10 ans (2005-2015). Ce projet a été mis en œuvre sur deux ans dans un cadre partenarial entre une équipe de techniciens et d'experts guinéens et une équipe d'experts d'IGN France International et du CIRAD, l'organisme français de recherche et de coopération agricole.

Le projet comprenait le renforcement des capacités afin d'assurer un transfert complet des compétences sur toutes les activités du projet, de la réalisation d'une couche de couverture terrestre aux applications pertinentes dans le domaine

de l'agriculture et de l'environnement, dans le but de fournir des outils d'aide à la décision aux multiples acteurs guinéens. En tant qu'application du ZAEG, des comptes d'occupation du sol suivant la méthodologie ENCA ont d'abord été produits. Cette application a été étendue aux comptes ENCA complets grâce à une recherche menée par un étudiant en master d'agronomie [Morand, 2023].

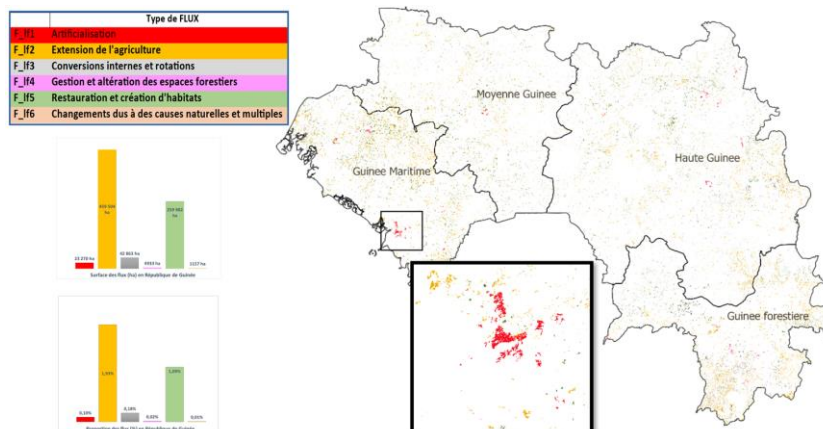


Figure 3 Comptes des flux de couverture des terres 2005-2015 par régions naturelles de Guinée [Source : IGNFI and CIRAD]

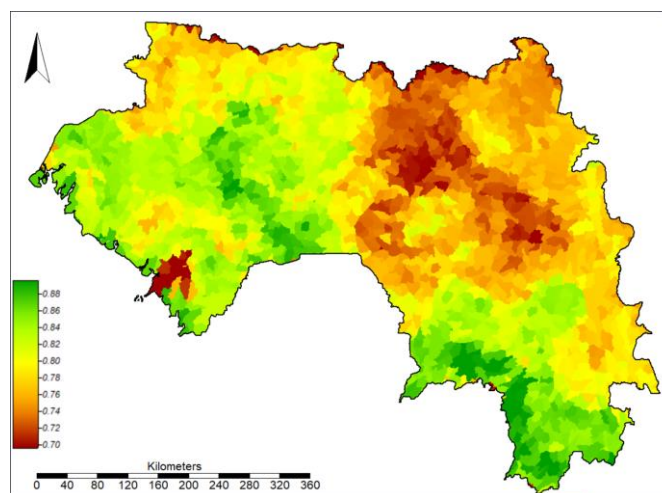


Figure 4 Comptes ENCA : Indice de santé de l'infrastructure écosystémique par UPSE, République de Guinée 2015 [Source : Morand, 2023]

La figure 3 montre qu'à l'échelle nationale, le changement de l'occupation des sols en 10 ans est de 3 % et qu'il est principalement dû à l'agriculture itinérante, mise en évidence par l'importance des flux lcf2 Extension agricole et lcf5 Restauration des habitats (suite à l'abandon de l'agriculture). Cependant, nous pouvons noter que durant cette période, l'extension de l'agriculture (459 504 ha) est deux fois plus importante que la restauration des habitats (259 982). Les tendances nationales couvrent une variété de situations, y compris des changements rapides comme le processus d'artificialisation de lcf1 autour de la capitale, Conakry. La figure 4 montre, pour le découpage de référence en UPSE, l'indice de santé du compte Infrastructure des écosystèmes de la méthode ENCA qui met en évidence des situations très contrastées.

Après la mise à jour de la ZAEG pour l'année 2021, les premiers comptes ENCA 2005-2015 ont été complétés et leurs résultats seront repris dans le projet COPERNICEA.

3 La réalisation d'AfrikENCA 2001-2020

3.1 Le modèle de données de la méthode ENCA

AfrikENCA est une version continentale des comptes ENCA correspondant à un niveau 1, le niveau 2 étant celui des comptes établis avec des données nationales et le niveau 3 étant celui des échelles locales. Cette approche en 3 niveaux est assez similaire à celle des trois niveaux (ou en anglais « tiers ») du rapportage à la convention sur le Climat. Les objectifs d'AfrikENCA sont de fournir une vision d'ensemble à l'échelle du continent, tant des situations que des tendances, de permettre une première appropriation du langage ENCA ainsi qu'une approche progressive des comptes de niveau 1 et 2. Les données disponibles de niveau 2 et 3 étant le plus souvent incomplètes au regard des besoins de la comptabilité ENCA, la base de données prétraitées pour AfrikENCA permet aux pays participant à COPERNICEA de concentrer leurs efforts sur les questions ou sur les zones prioritaires et de limiter la collecte de données à ces priorités. Les données AfrikENCA jouent alors le rôle de valeurs par défaut ce qui permet, dès le départ, des mises en perspective utiles pour l'analyse des comptes détaillés.

AfrikENCA est compilé selon le modèle de données ENCA qui utilise des statistiques et des géo-données (SIG). Environ 50 jeux de données ont été assimilés selon le modèle de données et intégrés (Annexe).

Les données sont vérifiées, recoupées avec des données analogues dans le cas de sources multiples. S'il apparaît que des données couvrant de manière cohérente un sous-thème d'une base générale sont meilleures que ce que propose cette dernière, une substitution peut être opérée. Les données sont extrapolées et interpolées lorsqu'elles ne couvrent pas l'ensemble de la période comptable.

Les données sont également maillées (rastérisées) si nécessaire et les données disponibles en format raster sont, en général, ré-échantillonnées pour correspondre à la grille de travail utilisée pour les comptes. Cette assimilation des données facilite ensuite leur intégration dans les comptes proprement dits.

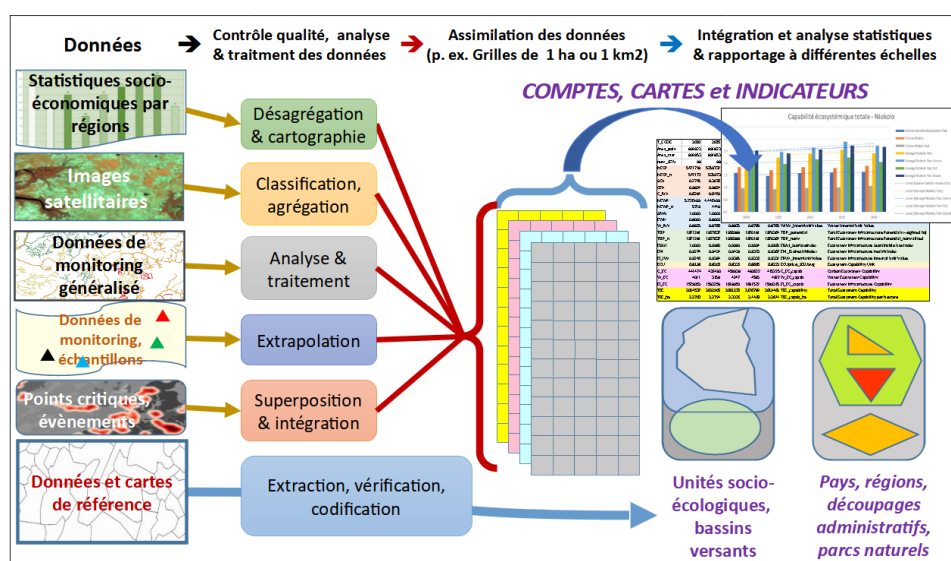


Figure 5 Le modèle de données de la méthode ENCA

L'intégration des comptes se fait sur plusieurs niveaux. Le premier niveau est celui des unités paysagères socio-écologiques (UPSE) qui sont les unités statistiques élémentaires pour lesquelles des comptes écosystémiques complets sont calculés. Les UPSE sont la représentation cartographique d'unités théoriques appelées en écologie systèmes socio-écologiques, géosystèmes, écozones ou encore écosystèmes. En général, les UPSE sont composées d'un certain nombre d'unités de couverture des terres. Dans la comptabilité écosystémique, la définition des UPSE combine un type paysager dominant et les limites de bassin versants. L'objectif est d'intégrer aux écosystèmes terrestres les rivières qui les relient. A l'échelle du continent africain, les UPSE ont été définies comme des bassins hydrographiques de niveau 10 dans la classification de Pfafstetter, ce qui correspond à une superficie moyenne de 150 km². Les UPSE peuvent être caractérisées par leur type d'occupation des terres dominant (urbain, agricole, forestier...) et par d'autres caractéristiques géographiques comme le relief (altitude et pente...), le climat (aride, semi-aride, semi-humide, humide...)

ou la proximité de la mer. Pour des comptabilités ENCA nationales ou locales, les UPSE peuvent également être subdivisées par type sous-dominant d'occupation des terres.

AfrikENCA utilise les meilleures sources de données en accès libre. Cette version 1 se base sur les informations disponibles dans les bases de données et les statistiques internationales. C'est une première version pertinente à l'échelle continentale. Elle est destinée à s'améliorer à cette échelle avec le progrès (rapide) des systèmes de monitoring et aux échelles plus fines avec l'engagement des pays et la mobilisation de leurs données propres et de leur expertise scientifique. Une cinquantaine de bases de données et de statistiques ont été utilisées. Les principales sources sont indiquées en Annexe.

En raison d'une résolution insuffisante ou de données manquantes dans plusieurs bases internationales, les comptes des petits Etats insulaires sont incomplets et inexacts. Les comptes des unités côtières marines ne sont pas actuellement compilés dans AfrikENCA v1 mais le seront dans la version 2 et dans les projets nationaux.

Les comptes AfrikENCA v1 sont calculés pour toute l'Afrique pour les années 2001, 2005, 2010 et annuellement jusqu'en 2020 pour 1) aligner les comptes et l'agenda politique des pays et 2) faire des évaluations de tendances pertinentes. Les comptes sont établis sur une base annuelle afin de repérer d'éventuelles anomalies dues soit à des données fragiles, soit à des années météorologiques atypiques.

4 Les comptes AfrikENCA 2001-2020

Dans la version continentale, les comptes écosystémiques du capital naturel sont compilés par unités paysagères socio-écologiques (UPSE) d'environ 100 à 150 km² en moyenne.

Il y a plus de 200 000 UPSE dans la base de données AfrikENCA.

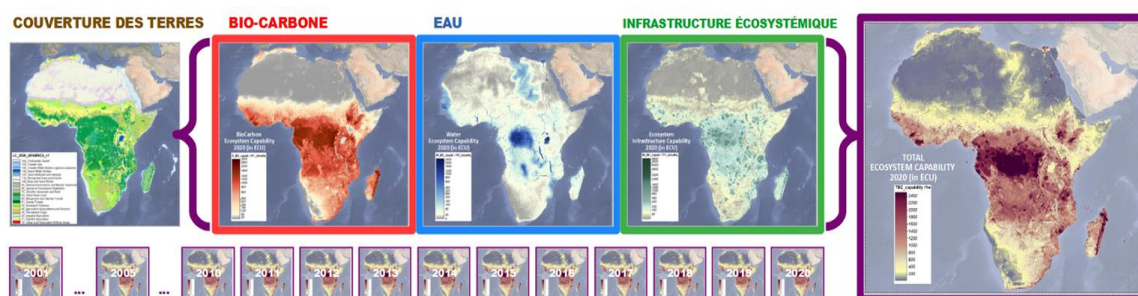


Figure 6 Présentation de la séquence des comptes de capacité et de la Capacité écosystémique totale

Chaque UPSE individuelle peut être interrogée pour l'ensemble des variables ENCA (Figure 7).

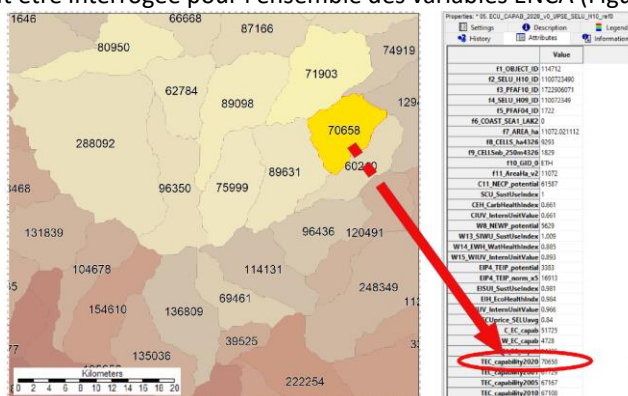


Figure 7 Exemple de compte d'UPSE accessible avec un SIG [NB : la table peut aisément être exportée]

Les comptes établis par UPSE peuvent être agrégés à des territoires plus larges telles que des divisions administratives, des pays ou des bassins fluviaux (voir ci-dessous Tableau 1 et Figures 8 un exemple de compte pour le bassin du fleuve Congo).

Compte de la couverture des terres (étendue des écosystèmes) 2001-2020 en km ²		Bassin versant du fleuve Congo																Total	
		10-UrbArtif	21-AgriPluv	22-AgriIrrig	30-PermCult	40-MosaAgri	50-Herbag	61-ForDens	62-Mangrov	63-AutreFor	70-SavaBrous	80-VegEpar	90-MixNat	100-Sab/Roch	110-NeigGla	120-MarisOuv	130-EauxCont	EstuPlan	Total
Total Couverture des terres 2001		1471	225414	2155	1277	140980	52339	31259	199873	2666204	108890	11	136744	559	0	75182	71061	117 3713536	
Consommation de couverture des terres 2001																			
Étalement urbain/artificiel	C_lcf1	0	598	5	1	443	114	0	4	243	166	0	484	3	0	26	12	0	2099
Extension de l'agriculture	C_lcf2	0	0	0	0	44	18	574	20051	213	0	391	5	0	40	69	0	0	30406
Conversions internes	C_lcf3	0	8500	1013	10	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9622
Gestion et altération des espaces forestiers	C_lcf4	0	16755	296	90	27710	1724	8440	19494	149073	11896	2	12133	16	0	3707	0	0	251337
Restauration et extension des habitats naturels	C_lcf5	15	3202	300	32	6207	800	0	0	23	1935	0	0	0	0	984	252	0	13749
Changements dus à des causes naturelles et multiples	C_lcf6	5	33	90	0	159	18	15	266	3766	446	2	178	6	0	250	2071	0	7304
Érosion et accretion côtières	C_lcf7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Autres changements non classés ailleurs	C_lcf8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sous-total consommation		20	29089	1703	133	34617	2700	8473	20338	182157	14655	4	13187	30	0	5007	2404	1	314518
Formation de couverture des terres 2020																			
Étalement urbain/artificiel	F_lcf1	2099	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2099
Extension de l'agriculture	F_lcf2	0	18858	1000	68	10480	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30406
Conversions internes	F_lcf3	0	1041	8549	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9622
Gestion et altération des espaces forestiers	F_lcf4	0	0	0	0	2230	20	0	102003	7646	7	139431	0	0	0	0	0	0	251337
Restauration et extension des habitats naturels	F_lcf5	0	0	0	0	197	0	1634	15	0	11848	0	0	0	0	55	0	0	13749
Changements dus à des causes naturelles et multiples	F_lcf6	0	0	0	0	88	1	475	1452	306	105	84	78	0	4186	529	0	0	7304
Érosion et accretion côtières	F_lcf7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Autres changements non classés ailleurs	F_lcf8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sous-total formations changements		2099	19898	9549	100	10677	2318	21	2109	103472	7952	112	151362	78	0	4241	529	1	314518
Aucun changement observés		1451	196325	451	1145	106363	49640	22786	179535	2484047	94235	7	123557	529	0	70175	68657	116	3399018
Total Couverture des terres 2020		3551	216223	10001	1245	117040	51957	22808	181644	2587519	102186	119	274918	607	0	74416	69187	117 3713536	
Formation nette de couverture des terres		2079	-9191	7846	-33	-23939	-382	-8452	-18230	-78685	-6703	107	138175	48	0	-766	-1875	0	
Formation nette de couverture des terres en % de 2001		141.3%	-4.1%	364.1%	-2.5%	-17.0%	-0.7%	-27.0%	-9.1%	-3.0%	-6.2%	965.7%	101.0%	8.6%	0.0%	-1.0%	-2.6%	-0.1%	

Tableau 1 Exemple de compte de changement de couverture des terres 2001-2020 pour le bassin du Congo

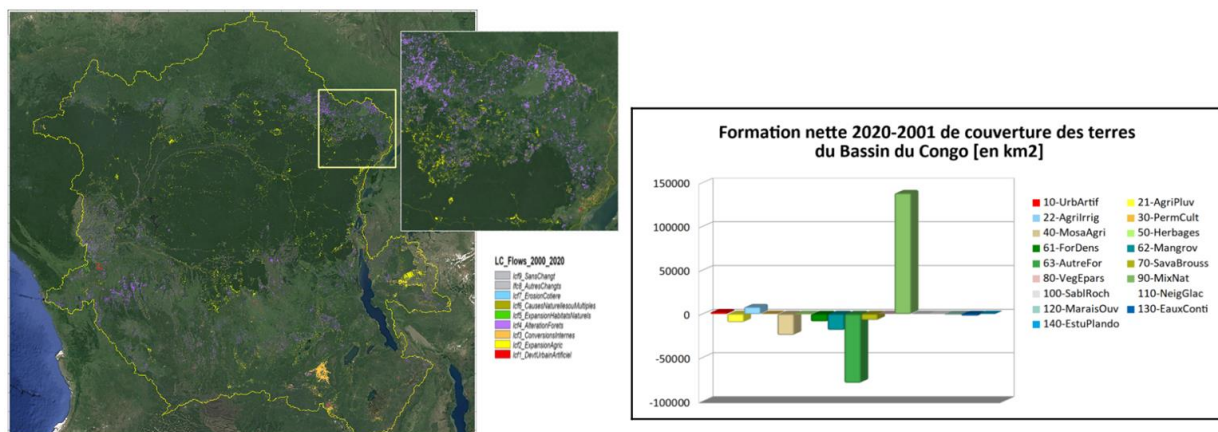


Figure 8 Exemple de compte de changement de couverture des terres 2001-2020 pour le bassin du Congo

Le tableau 1 montre que l'extension agricole et l'altération des forêts (sans conversion agricole) ont eu lieu pour l'essentiel au détriment des « Autres forêts » (forêts claires). L'altération importante des forêts n'est compensée par une gestion forestière (reboisement ou recrus naturels) qu'à hauteur de 3 % indiquant ainsi un processus de déforestation. Le graphique de la formation nette de la consommation montre de fortes pertes en forêts claires (lc63) et dans une moindre mesure en forêts marécageuses (lc62) au profit de la classe lc90 (paysage naturel composite). La carte des flux de couverture des terres Figure 8 montre les distributions spatiales différentes de l'extension de l'agriculture [lcf2 - jaune] et de l'altération et gestion des forêts [lcf4 - violet].

Les comptes AfrikENCA sont compilés et diffusés selon le zonage initial en UPSE puis agrégés selon différents découpages. La figure 9 montre, au centre, les comptes présentés par bassins hydrologiques {HYBAS} de niveau 4 (bassins intérieurs) ou 5 (bassins côtiers). A droite, les résultats comptables sont cartographiés par bassins de niveau 3 (HYB03). Un nom est donné aux bassins de niveau HYBAS 04-05 et HYBAS 03 afin de faciliter leur repérage et la lecture des tableaux.

Figure 9 Indicateur EIP4 Potentiel de l'infrastructure écosystémique par UPSE et agrégés par bassins hydrologiques

Outre les comptes complets par UPSE, plusieurs séries de variables comptables sont également fournies par mailles raster de 100m, 250m ou 1km selon la précision des données primaires utilisées. Ces dernières sont référencées mais ne sont pas directement disponibles sur la plateforme de l'OSS qui renvoie à leur source pour leur téléchargement.

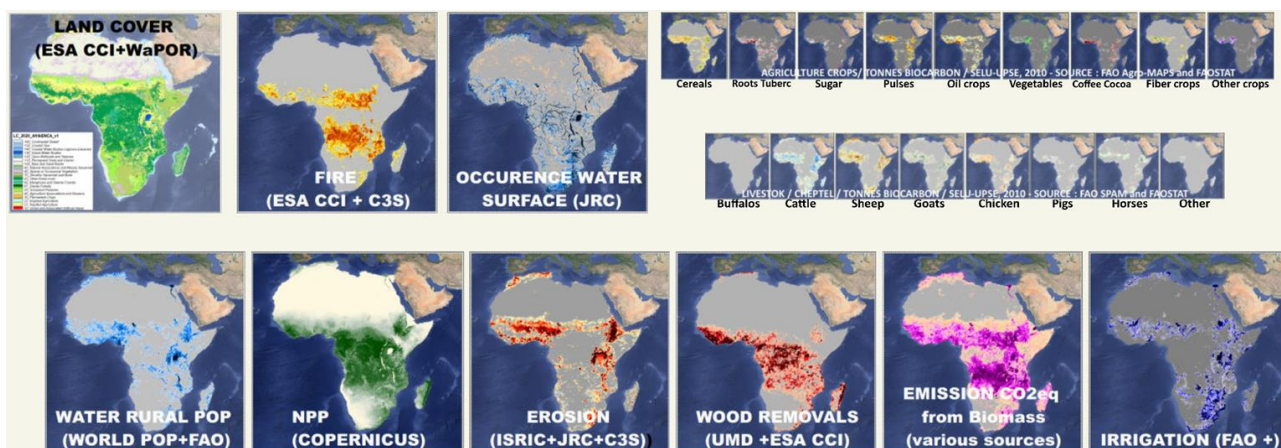


Figure 10 Exemples de données raster résultant du retraitement de données primaires pour les besoins de la comptabilité ENCA

Le cadre comptable ENCA peut être mis en œuvre à n'importe quelle échelle, du niveau mondial au niveau local et pour des acteurs économiques. Il fournira les mêmes indicateurs comptables. La différence se situe au niveau des détails et de la précision. Pour un démarrage rapide, les comptes globaux permettent de planter le décor et, plus tard, d'établir le contexte de comptes plus détaillés, de plus haute résolution et compilés à des fins spécifiques. La hiérarchie des échelles et les séries chronologiques permettent de contextualiser les comptes locaux dans l'espace et le temps et de les développer au regard de leurs objectifs spécifiques.

5 Analyse rapide des premiers résultats d'AfrikENCA 2001-2020

AfrikENCA représente une première étape de la mise en œuvre de la méthode ENCA dans le cadre du programme COPERNICEA mené par l'Observatoire du Sahara et du Sahel avec le soutien de l'Agence française de développement (AFD).

Le continent africain et l'île de Madagascar abritent une flore et une faune variées dont le détail ne peut être retracé dans des comptes de niveau 1 qui sont nécessairement synthétiques. Pour une présentation des principaux écosystèmes africains, on peut se reporter au livre documentaire publié par l'OSS (OSS [2022]).

La première version d'AfrikENCA à l'échelle continentale fournit déjà des résultats utilisables pour l'analyse de l'état et de la dégradation des écosystèmes. Les comptes fournissent d'abord une vision d'ensemble des tendances et permettent de comparer les régions géographiques. Des résultats préliminaires ont été présentés à la COP 15 de la Convention des Nations Unies pour la Lutte Contre la Désertification (CNULCD) en mai 2022 à Abidjan et les résultats finaux à la COP 15 de la CBD en décembre 2022 à Montréal.

Au-delà de la vision macroscopique des grandes tendances, ils fournissent des signaux sur les zones où les changements sont les plus marqués. Ces premières indications doivent bien entendu être confirmées ou corrigées avec des analyses plus précises basées sur des données plus détaillées que celles fournies par les bases internationales. En l'état, les comptes ENCA d'échelle continentale peuvent être utilisés, en particulier parce qu'ils fournissent des indicateurs agrégés qui peuvent être décomposés pour rechercher les variables élémentaires explicatives. Par exemple, l'indicateur CEC de la capacité écosystémique carbone est relié, d'une part, aux processus naturels qui définissent le Potentiel net de carbone écosystémique (Production Primaire Nette [NPP] et pertes de bio-carbone par érosion des sols et dues aux incendies récurrents) et, d'autre part, via le prix en UCE, à l'indicateur d'utilisation soutenable qui compare les apports naturels et les pertes directes dues aux prélèvements (récoltes agricoles et forestières) et indirectes dues aux changements d'utilisation des terres.

L'analyse des résultats doit, cependant, être faite avec précaution pour au moins trois raisons :

- La première tient aux **anomalies** qui peuvent exister dans les bases de données utilisées.

- La seconde tient aux **estimations** qui ont été faites pour plusieurs variables, utilisant des coefficients par défaut qui ne sont disponibles qu'à un niveau agrégé, comme c'est le cas des valeurs extraites des statistiques agricoles et forestières nationales. Dans ces deux cas, on peut espérer que les versions suivantes de AfriKENCA permettront d'apporter des améliorations.
- La troisième raison a trait aux **fluctuations de la météorologie** d'une période à l'autre et à leur impact sur les montants de précipitation et de production de biomasse, appelée Production Primaire Nette en français (PPN) ou Net Primary Production (NPP) en anglais. Il faut donc être prudent sur la comparaison entre deux années et éviter de comparer une année anormalement sèche et une année anormalement humide. Ce problème signifie que des méthodes basées sur des climatogrammes devront être développées pour corriger les indicateurs des variations saisonnières, de la même manière que les indicateurs économiques sont corrigés par l'indice des prix, ce qui permet de distinguer les valeurs à prix courants (les prix observés) et celles à prix constant (les prix que l'on peut comparer d'une année à l'autre). Ces modélisations devront être réalisées par les météorologues eux-mêmes avec les données extrêmement abondantes dont ils disposent, notamment dans la base Copernicus Climate Change Service [C3S, 2023] dont des variables agrégées ont été utilisées pour les premiers chiffres de AfriKENCA.

La figure 11 illustre, pour l'ensemble de l'Afrique, la nature des problèmes rencontrés pour les indicateurs agrégés de capacité écosystémique. Les histogrammes indiquent ce qui semble être des anomalies et, dans le cas de l'eau, l'effet de la variation de la pluviométrie. Ces histogrammes sont des illustrations. L'analyse requiert au minimum des ajustements par zones bio-climatiques, ce qui pourra être fait dans les prochaines versions. Toutefois, on notera que toutes les droites de régression linéaire indiquent une décroissance de la capacité écosystémique et de ses composants à l'échelle du continent africain.



Figure 11 Histogrammes montrant la variabilité des indicateurs de capacité pour la période 2001-2020 et la tendance générale à l'échelle de l'Afrique

De manière empirique, les premières analyses réalisées portent sur les années 2005 et 2019 qui semblent assez comparables. Pour la Grande muraille verte, lancée en 2010, c'est la période 2010-2019 qui est retenue.

Nous présentons dans la suite quelques éclairages sur :

- La Grande Muraille Verte ;
- Des applications sur les parcs naturels ;
- Des applications sur les forêts.

L'objectif est de montrer comment des variables élémentaires éclairent et expliquent les évolutions révélées par les indicateurs agrégés de la comptabilité ENCA et, par conséquent, comment les comptes ENCA permettent d'éclairer les évolutions, d'attirer l'attention sur les tendances préoccupantes et pourraient, in fine, contribuer à éclairer les décideurs et orienter les politiques publiques.

5.1 Évolution de capacité écosystémique de la région de la Grande Muraille Verte 2010-2019

Initiative panafricaine de restauration et de gestion durable des écosystèmes, la Grande Muraille Verte (GMV) a pour ambition de lutter contre la dégradation des terres et la pauvreté (voir OSS [2008] et OSS [2015]). A cet effet, plusieurs actions ont été menées depuis son lancement en 2010, d'où l'intérêt à analyser la période 2010-2019.

Le changement de la capacité écosystémique totale [CET] résulte des multiples facteurs enregistrés dans les tableaux comptables ENCA, tels que la productivité de la biomasse, les prélèvements de bois, les incendies, l'érosion des sols, l'utilisation des terres, ainsi que les précipitations, le ruissellement des rivières ou la fragmentation des paysages et des rivières et les pertes de biodiversité. L'évolution de la CET est un indicateur agrégé qui fournit un premier aperçu synthétique à l'instar du PIB dans le domaine économique.

Comme le PIB, la CET doit faire l'objet d'une analyse plus approfondie pour comprendre le rôle relatif des variables à l'origine du changement dans différents contextes. De même que les indicateurs de la Convention Cadre des Nations Unies pour le Changement Climatique (stock de carbone) et de la CNULCD (Neutralité en termes de dégradation des terres-NDT), la CET s'appuie sur des comptes du carbone spatialisé. Dans les trois cas, il s'agit de carbone organique, celui de la biomasse et du sol. En outre, la CET intègre dans sa composition l'eau et l'intégrité de l'infrastructure écosystémique et de sa biodiversité.

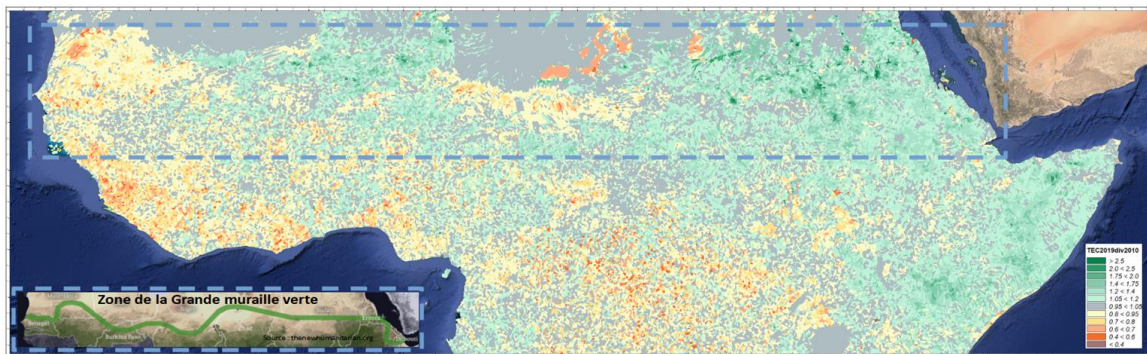


Figure 12 Évolution de la Capacité écosystémique totale par hectare, ratio 2019/2010

La carte ci-dessus qui compare l'année 2019 à 2010 (lancement de la Grande Muraille Verte par les pays de la région) est une évaluation brute préliminaire qui doit être affinée en tenant compte de l'influence du facteur pluviométrique. La CET doit également être interprétée dans son contexte paysager.

La perte de CET dans les zones forestières (partie sud de la carte Figure 12) suggère une perte d'arbres et une déforestation, tandis que dans les savanes, les pâturages et les parcours, elle met en évidence le processus de désertification. Cette analyse peut être réalisée en utilisant les comptes annuels de couverture des terres d'AfriKENCA. En tenant compte de ces observations, l'évaluation préliminaire de la CET pour la zone de la Grande Muraille Verte met en évidence des contrastes avec le verdissement dans les parties nord et est de la zone tandis que la partie centrale/occidentale montre une désertification significative (ainsi que la perte d'arbres dans les régions forestières). On notera que la formule de l'indicateur de changement (CET_{2019}/CET_{2010}) fait que le même résultat peut être obtenu pour deux zones UPSE à partir de niveaux stocks de CET très différents et doit être interprété en conséquence.

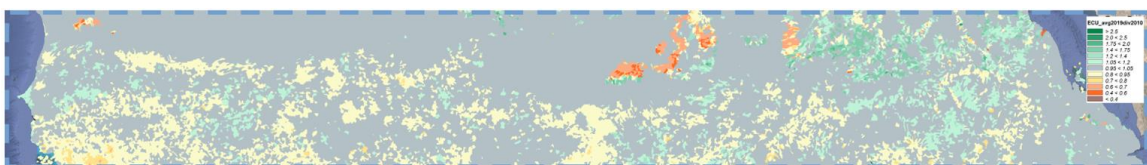


Figure 13 Évolution de la valeur moyenne non pondérée en Unités de capacité écosystémique [UCE], ratio 2019/2010

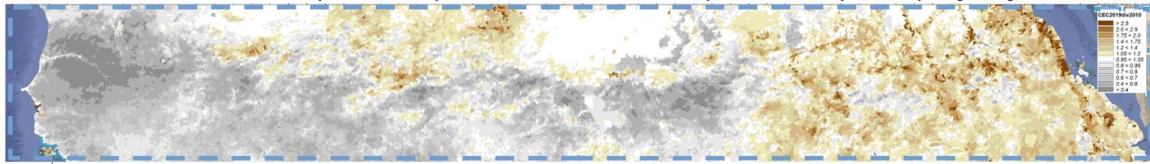


Figure 14 Évolution de la Capacité écosystémique bio-carbone [CEC] par hectare, ratio 2019/2010

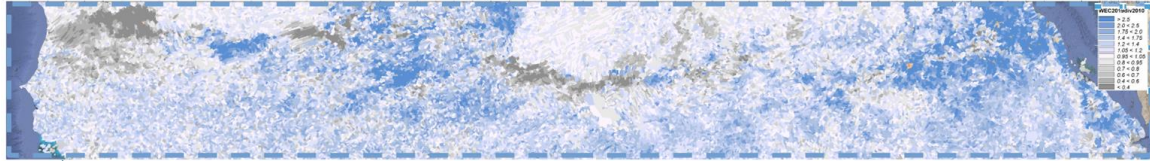


Figure 15 Évolution de la Capacité écosystémique eau [CEE ; WEC] par hectare, ratio 2019/2010

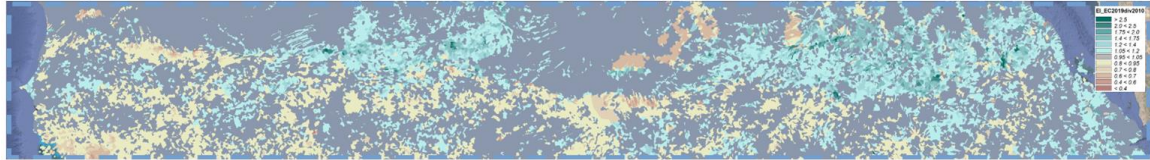


Figure 16 Évolution de la Capacité de l'infrastructure écosystémique [CIE ; EI_EC] par hectare, ratio 2019/2010

Pour la zone de la Grande Muraille Verte, on constate que les changements de la Figure 12 sont nuancés par l'importance de la pluviométrie de 2019 par rapport à 2010, dans une grande majorité d'UPSE (Figure 15), notamment à l'est et au centre. Celles qui n'en ont pas bénéficié ont des valeurs de CET en déclin, notamment pour le bio-carbone. Celles qui en ont fortement bénéficié ont, à l'inverse, des valeurs de CET plus élevées.

Par contre, les zones de faible progrès des précipitations sont très contrastées entre l'est de la zone où les différentes CET s'améliorent dans l'ensemble et la partie sud sud-ouest où le bio-carbone et l'infrastructure se dégradent (mais moins dans le cas de cette dernière). Cela indique que ces premiers résultats doivent être pris avec précaution car ils laissent à penser que des valeurs inhabituellement basses de 2010 ont pu suggérer des gains parfois illusoire en 2019. Un test a donc été fait pour comparer les évolutions de la CET des périodes 2005-2010 et 2010-2019 et produire une carte des zones qui sont soit en croissance, soit en décroissance sur les deux périodes, des zones en croissance de 2005 à 2010 puis en décroissance de 2010 à 2019 et celles qui sont en décroissance de 2005 à 2010 et en croissance ensuite et, finalement, celles qui sont stables dans la fourchette -5% +5%. Cette carte (Figure 17) confirme le contraste entre l'ouest et l'est de la zone et, dans l'ensemble, l'importance de dégradation écosystémique qui révèle les progrès de la désertification dans la zone sahélienne et la dégradation des forêts plus au sud.



Figure 17 Tendances de la Capacité écosystémique totale 2005-2010-2019

5.2 Application des comptes ENCA au suivi d'aires protégées et de corridors écologiques en Afrique centrale

L'indicateur de Capacité écosystémique totale (CET) est appliqué à une sélection d'aires protégées africaines afin de repérer celles dont l'état est stable et celles qui donnent des signes de dégradation. La CET est calculée par Unités paysagères socio-écologiques (UPSE ; en. : SELU). AfriKENCA v.1 présente les comptes de plus de 200 000 UPSE pour les

années 2001, 2005, 2010 et, annuellement, pour les années suivantes jusqu'en 2020. L'évaluation a été faite pour des ensembles d'UPSE entières composant les parcs naturels.

Figure 14, la comparaison de la CET des UPSE, composant ces parcs naturels d'une zone transfrontalière d'Afrique centrale, porte sur l'année 2019. Elle fait apparaître des situations contrastées [A]. Le contraste est encore plus grand si l'on considère l'évolution de la CET entre 2005 et 2019 [B]. La CET du parc de Zemongo s'améliore nettement. Celle de Bomu-Est, Lantoto et Garamba est stable. Le Parc National du Sud Soudan (Southern) montre une détérioration importante dans sa zone centrale alors que dans le cas de Bomu-Ouest, c'est la périphérie qui se dégrade.

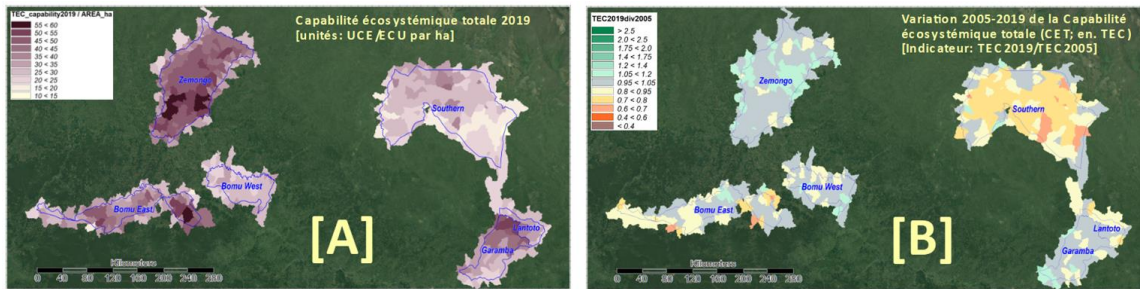


Figure 18 Capabilité écosystémique totale 2019 et évolution 2005-2019 de quatre parcs naturels

L'analyse première peut être poussée plus loin, en étudiant ensuite les composantes de la CET : capacité de l'infrastructure écosystémique, capacité de l'eau et capacité du bio-carbone (Figure 19, [C]).

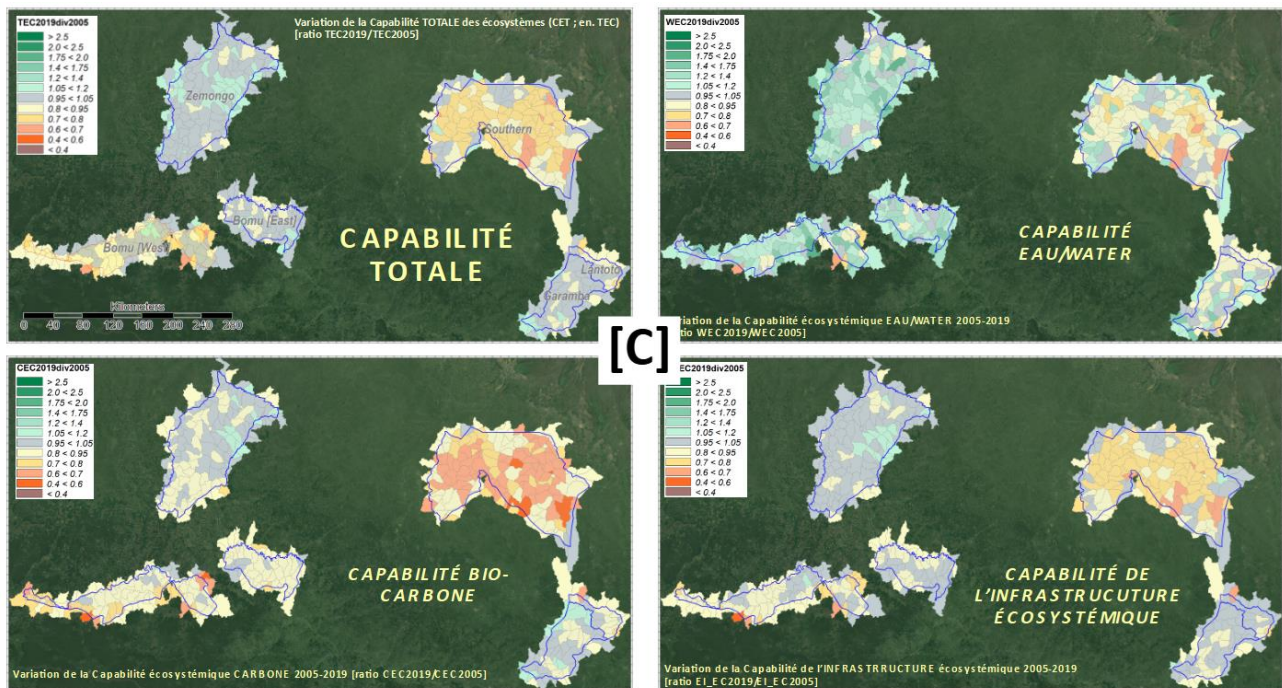


Figure 19 Décomposition de l'évolution 2005-2019 de la Capabilité écosystémique totale de quatre parcs naturels

On peut en savoir plus en étudiant les comptes eux-mêmes. Ils comprennent des centaines de variables pour chaque UPSE, certaines d'entre elles étant même disponibles par pixels. Par exemple, l'indice de fond du paysage vert (IFPV), qui combine classes de couverture des terres pondérées et densité en arbres, est calculé dans Afrikenca v.1 par pixels de 250m. Figure 20, l'indicateur, montre les valeurs par UPSE [D] et pixels [E] où les changements ont eu lieu.

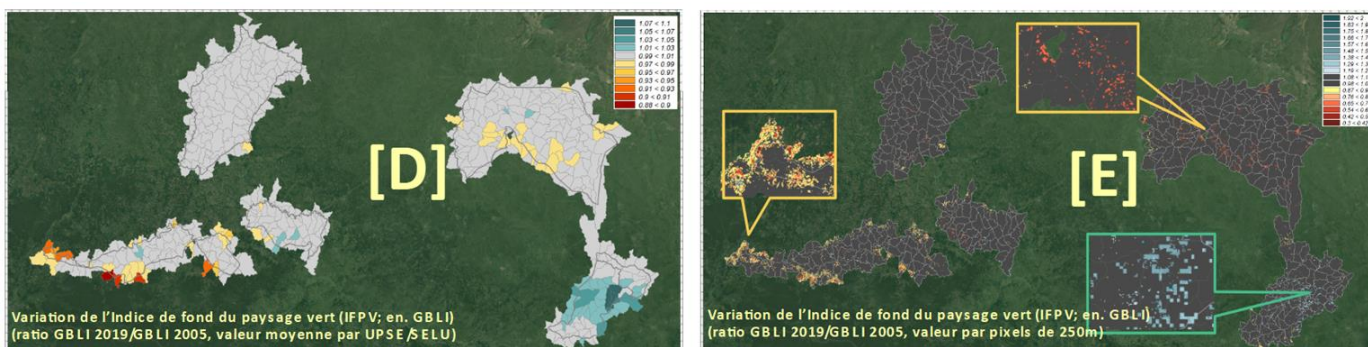


Figure 20 Indice de fond du paysage vert (IFPV ; en. : GBLI) par UPSE et par pixels de 250m pour quatre parcs naturels

D'autres variables comptables peuvent être analysées de la même façon par UPSE. Par exemple, les récoltes agricoles par produit [en F, Total], la vulnérabilité aux feux récurrents trois années de suite [G], les récoltes de bois formelles et informelles [H] ou les tendances de la biodiversité [I].

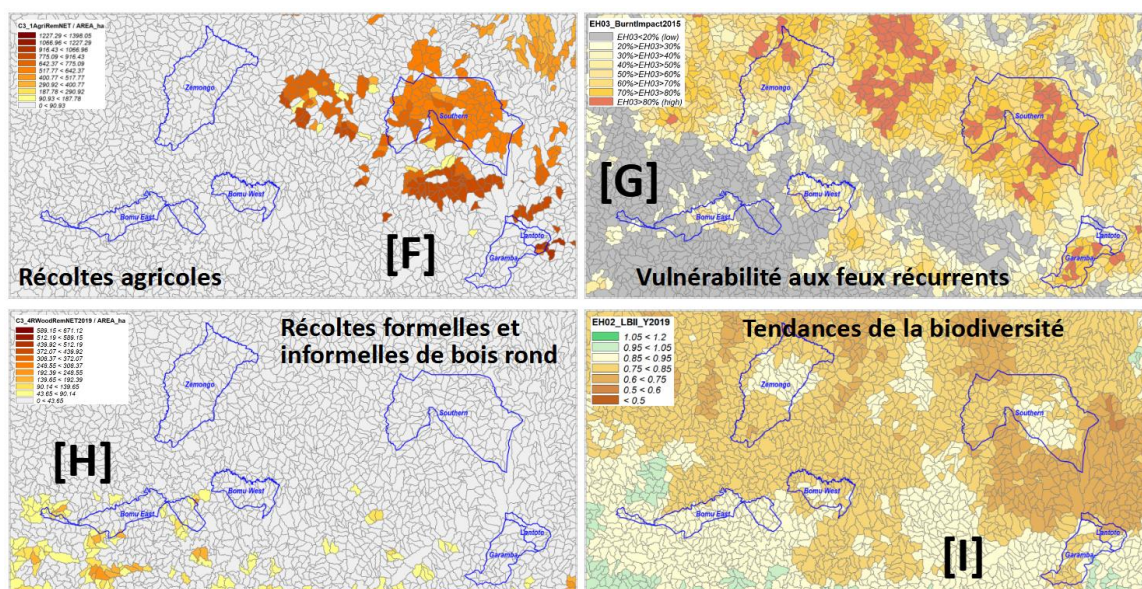


Figure 21 Variables explicatives de l'état de quatre parcs naturels (exemples)

Le contexte des aires protégées peut être également évalué, à l'instar de l'état des corridors écologiques. Figure 22, l'indicateur CET2019/CET2005 montre un contraste net entre le quadrant nord-est de la carte où la connectivité entre les parcs se maintient ou s'améliore (en gris ou vert) et le sud et l'est où la tendance est à la dégradation (en jaune ou orange).

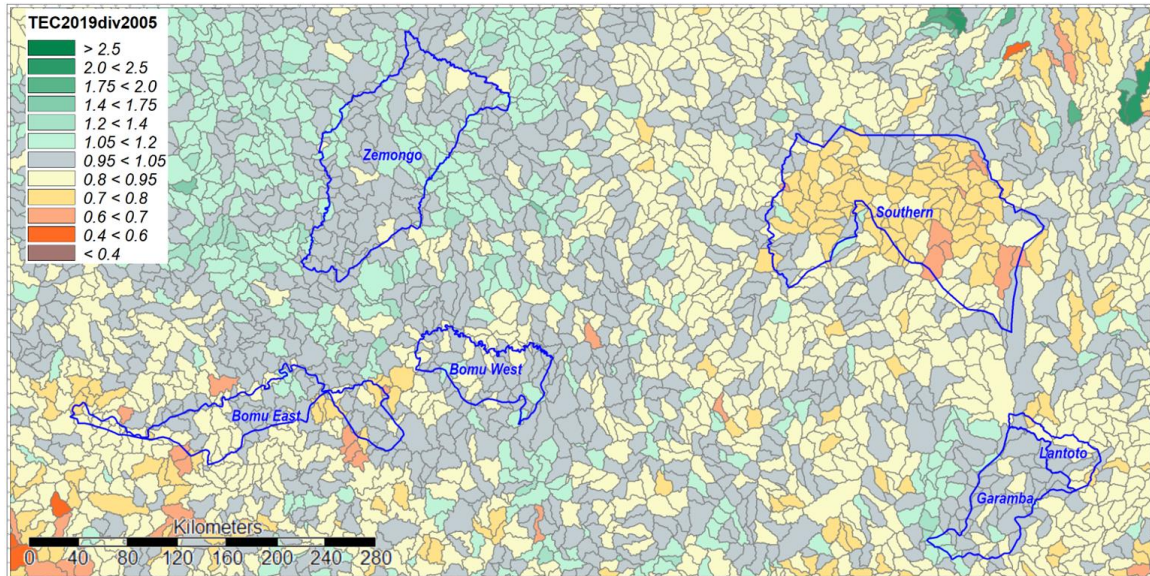


Figure 22 Évolution de la connectivité entre aires naturelles protégées

Ces premières analyses rapides sur deux dates sont à prendre avec précaution car elles comportent le risque de sur-interpréter des années atypiques. Pour remédier à ce problème, AfriKENCA v1 livre une série de 13 années : 2001, 2005 et comptes annuels de 2010 à 2020.

5.3 Application au suivi rapide d'aires protégées avec présence probable d'espèces en danger [EN] ou vulnérables [VU] au sens des listes Rouges de l'UICN (WDPa/WCMC/IUCN type I à IV)

Les résultats de l'application sont présentés à titre d'exemple pour 6 espèces animales en danger ou vulnérables : chimpanzés/bonobos, éléphants, girafes, lémurins, okapis et rhinocéros.

Les aires naturelles protégées de chacune de ces espèces ont été sélectionnées à partir de la base WDPa (World Database of Protected Areas) [UNEP-WCMC, 2023]. Les catégories UICN des types I à IV de protection les plus caractéristiques ont d'abord été retenues. La présence probable d'espèces en danger (EN) ou vulnérables (VU) est déduite des cartes des listes rouges de l'UICN, sont intersectées avec WDPa.

L'évaluation rapide des parcs naturels est faite du point de vue de leur capacité à protéger des espèces vulnérables [VU] ou en danger [EN] au sens des listes rouges de l'UICN.

Il convient de rappeler que :

- La présence des espèces n'est enregistrée que dans les seules aires protégées où leur statut est EN ou VU.
- Plusieurs de ces espèces coexistent dans certains parcs (que l'on va retrouver sur plusieurs cartes).
- Il ne s'agit que d'une « présence probable », déduite des cartes des listes rouges.

L'indicateur ENCA retenu est CET2019/CET2005. L'évaluation rapide fait apparaître des situations différentes avec des zones stables (gris), en légère amélioration (vert clair) et des zones critiques (de jaune à rouge).

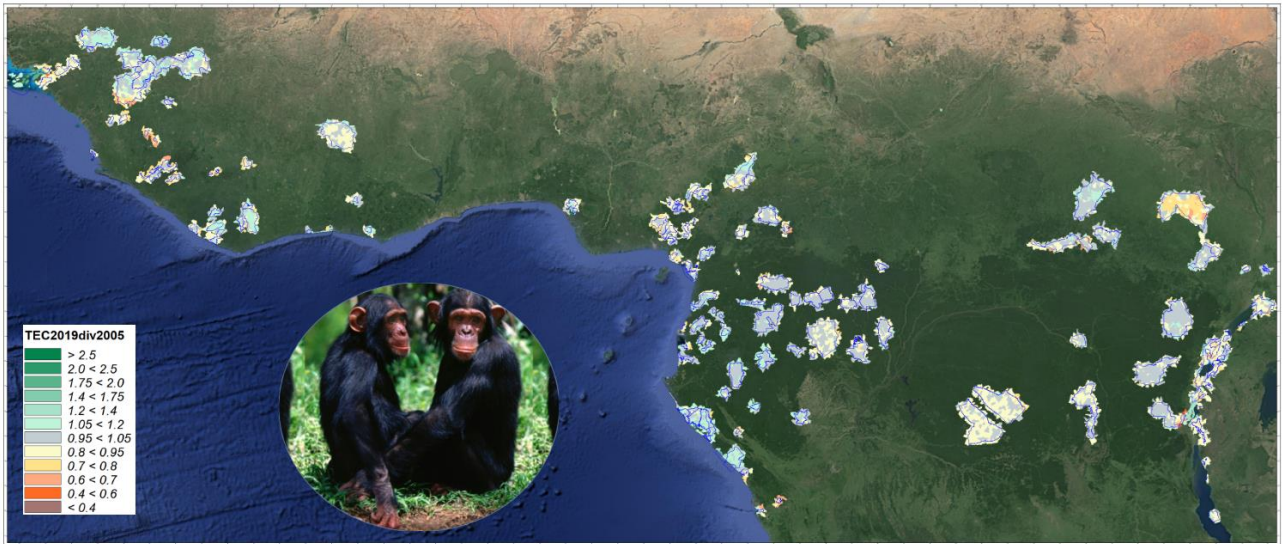


Figure 23 Évolution 2005-2019 de la Capacité écosystémique totale : Parcs avec des **chimpanzés et bonobos**

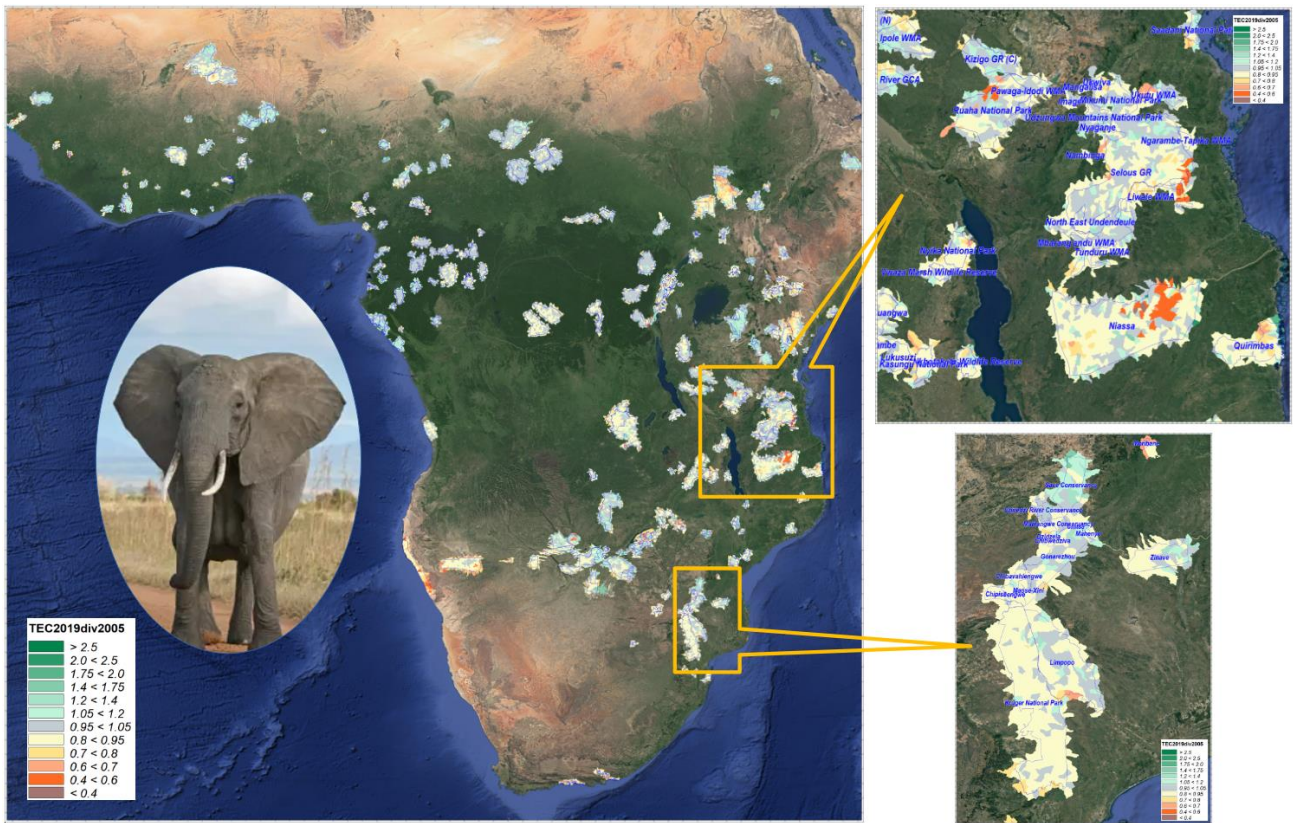


Figure 24 Évolution 2005-2019 de la Capacité écosystémique totale : Parcs avec des **éléphants**

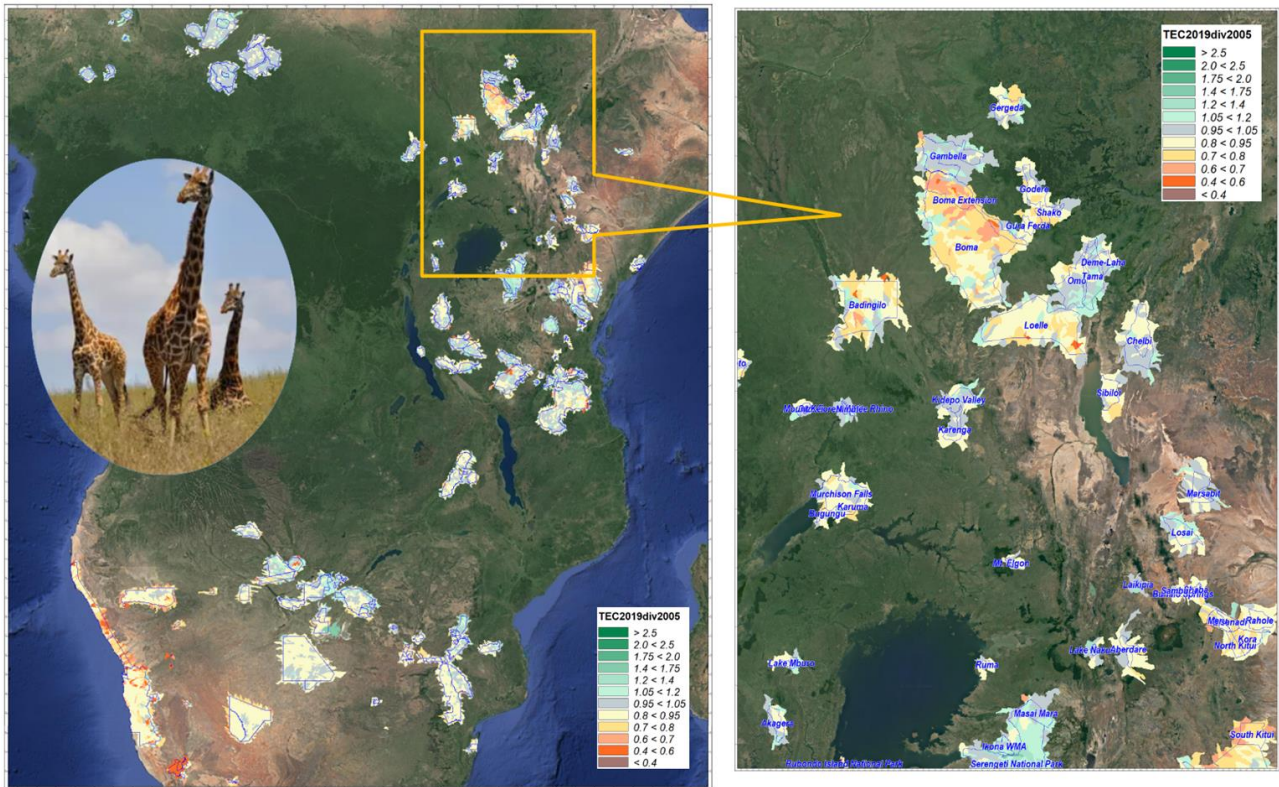


Figure 25 Évolution 2005-2019 de la Capacité écosystémique totale : Parcs avec des girafes

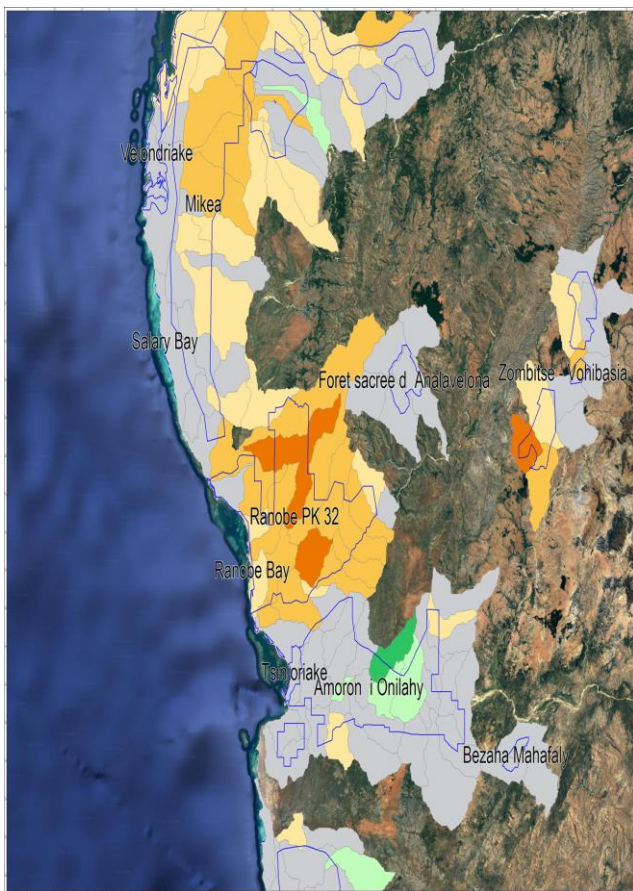


Figure 26 Évolution 2005-2019 de la Capacité écosystémique totale : Parcs avec des lémuriens (à gauche) et des okapis (à droite)

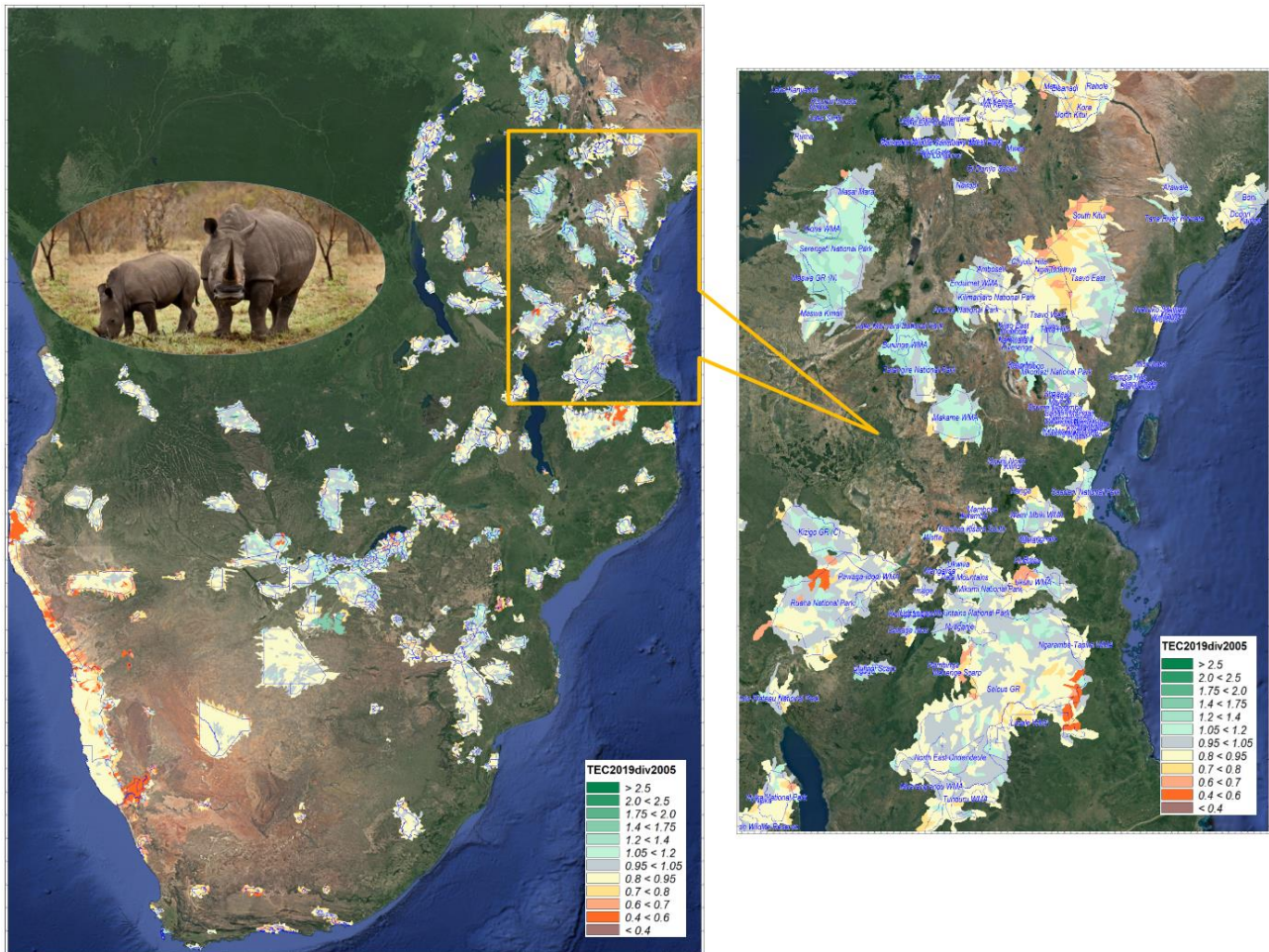


Figure 27 Évolution 2005-2019 de la Capacité écosystémique totale : Parcs avec des rhinocéros

5.4 Évaluation rapide des forêts et autres territoires naturels arborés avec AfriKENCA

5.4.1 Les forêts dans la comptabilité ENCA

Les arbres et les forêts apparaissent de multiples fois dans les tableaux comptables ENCA, en particulier dans les comptes de la couverture des terres (surfaces), de l'infrastructure écosystémique (densité en arbres) et du bio-carbone (stocks et flux de biomasse). Dans la synthèse finale de la capacité écosystémique, l'évaluation des UPSE forestières inclut également la dimension eau, notamment par l'intermédiaire des précipitations et de l'évapotranspiration. Les arbres sont pris en compte du point de vue du stock de biomasse aérienne et racinaire, de la production de matière organique morte et des autres flux qui les affectent : production primaire nette, récoltes de bois formelles et informelles, pertes dues aux changements de l'utilisation des sols (urbanisation, intensification agricole...) et aux feux.

Les forêts sont des systèmes paysagers plus ou moins naturels dominés par les arbres. Cette domination peut être appréciée de diverses manières. Ainsi, les statistiques de la FAO définissent une forêt à partir de 10 % du couvert arboré alors que les classifications d'images satellites se réfèrent plutôt à un couvert de 20 à 30 %, les forêts denses ayant un couvert supérieur à 60 %. Compte-tenu de l'importance des arbres dans les écosystèmes, ils sont explicitement pris en compte au-delà des forêts dans les classes de territoires dits « clos-ouverts » de la classification ESA CCI land cover [ESA, 2018], qui suit le système de classification d'images satellites LCCS de la FAO. Dans la classification ENCA adaptée à AfriKENCA, les arbres apparaissent dans la définition des « savanes boisées » et « territoires naturels mixtes ».

Les forêts de la comptabilité ENCA sont définies comme des unités écosystémiques de couverture des terres (UECT) classées en « forêts denses », « mangroves et forêts marécageuses » et « autres forêts » (qui correspondent aux forêts claires). La synthèse complète des comptes étant réalisée par UPSE, les comptes des UECT « forêts » au sens strict se

limitent donc aux variables de base : couverture des terres, stock de bio-carbone, NPP et pertes en arbres par exploitation du bois ou indirectes et à d'autres variables pixelisées, y compris des indicateurs de synthèse rasterisés.

Un autre niveau de comptabilisation des forêts est proposé dans la méthode ENCA, celui des systèmes socio-écologiques (les UPSE) à dominance forestière. On dispose alors de comptes complets pour ces unités.

Pour les besoins de l'application, les UPSE ont été classées selon une dominance en forêts et autres territoires boisés. Afin de se rapprocher de la nomenclature d'écosystèmes proposée pour le SEEA-EA, un critère climatique a été introduit. Les types paysagers dominants des UPSE ont été définis en combinant la couverture des terres (>33 % des pixels dans un UPSE) et les « ombrotypes » de la base ELU de l'USGS [USGS, 2018]⁴. La règle de dominance >33 % est appliquée à la somme des pixels des classes LC61 Forêts denses, LC62 Mangroves et LC63 Autres forêts. On obtient alors le Type paysager dominant (TPD), le Paysage forestier dominant [FOR].

Les pixels forestiers <33 % sont pris en compte pour le calcul de la dominance « arborées ». Le TPD « Autres paysages naturels arborés » [WOOD] est défini comme la somme par UPSE > 33 % des pixels des classes LC70 Savanes boisées et LC90 Végétation naturelle mixte augmenté des pixels de forêts (LC61, LC62 et LC63) présents mais au-dessous du seuil de 33 %. On notera que les seuils < ou > 33% ne font plus référence à la densité des arbres comme pour la définition de la couverture des terres en forêts mais au pourcentage d'unités (ha) ou de pixels de couverture des terres « forêts » par UPSE.

Les caractéristiques sèches et humides sont ajoutées pour le TPD [FOR] uniquement. Elles sont extraites de la base de données ELU (Ecological Land Units) de l'USGS [USGS, 2018] qui identifie 8 catégories d'« ombrotypes » allant de « 1_UltrahyperAride » à « 5_Sec », « 6_Subhumide » et enfin de « 7_Humide » à « 9_UltrahyperHumide ». Ce détail est utile pour évaluer une forêt spécifique, une ELU au sens de l'USGS ou une petite région.

Pour la comptabilisation des changements forestiers par SELU, les types USGS sont regroupés en trois catégories : Dry_Arid [FORDRY] (classes 1 à 5), Sub-humid [FORSUBHU] (classe 6) et Humid [FORHUMID] (classes 7 à 9).

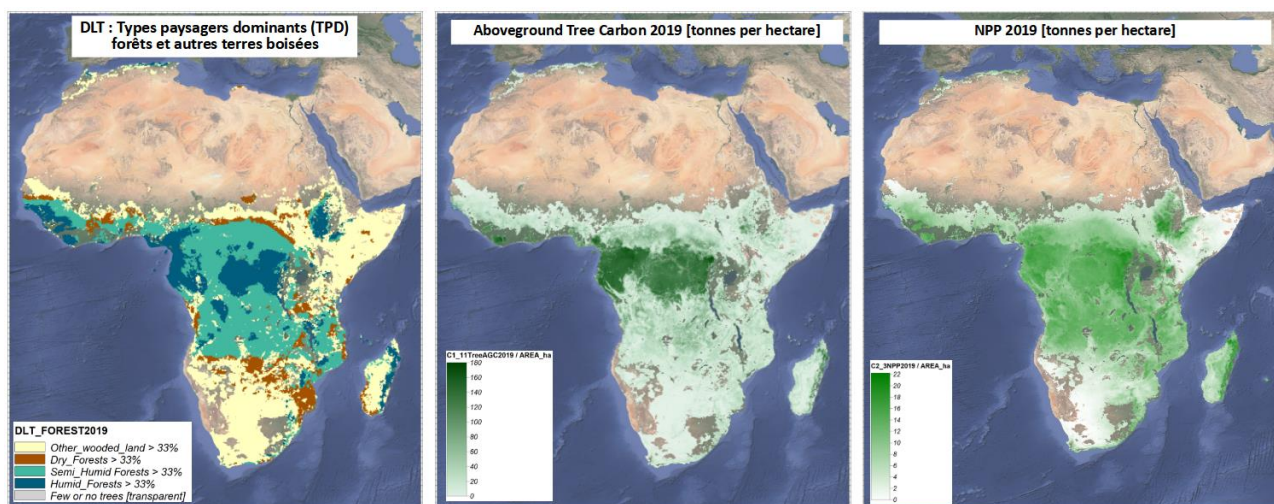


Figure 28 Types paysagers dominants forêts et autres territoires arborés || Stock aérien de carbone des arbres (tonnes de C par ha, 2019) || NPP des UPSE forestières et autres couverts arborés (t de C par ha, 2019)

5.4.2 Première évaluation des tendances des forêts africaines avec AfriKENCA

À l'échelle du continent africain où l'on observe des situations climatiques extrêmement contrastées allant de l'« hyper-aride » à l'« hyper-humide » au sens de la classification de l'USGS et de valeurs de la Capacité écosystémique totale de moins de 100 à plus de 15000 UCE par hectare, les variations locales d'une UPSE à l'autre sont forcément différentes. La

⁴La base des Ecosystem Land Units (ELU) de l'USGS (United States Geological Survey) est également utilisée par le SEEA-EA pour la définition des classes « d'étendue des écosystèmes » en combinaison avec le type de couverture des terres.

comparaison rapide de la CET en début et en fin de période montre des zones en dégradation alors que d'autres se maintiennent ou semblent progresser.

Cette évaluation basée sur deux dates est fragile comme expliqué dans l'introduction de ce chapitre, à la fois en raison d'anomalies accidentelles dans les données et des fluctuations des précipitations. L'observation des cartes de la figure 26 montre à la fois des zones où les évolutions semblent corrélées et d'autres qui ne le sont pas.

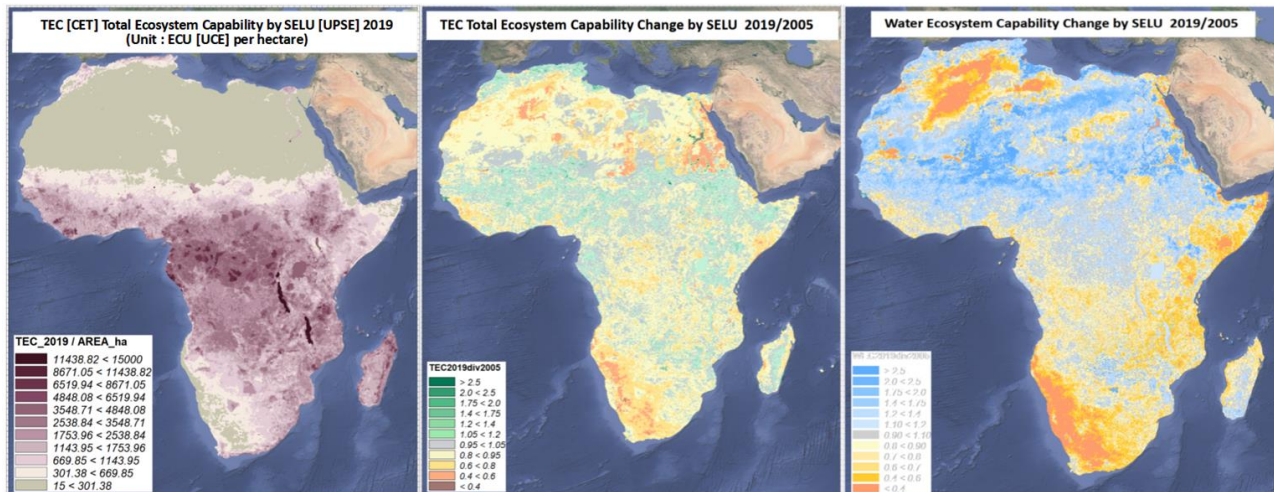


Figure 29 - Capacité écosystémique totale [CET ; en :TEC] 2019 (unités UCE/ha) || Variation de la CET 2019/2015 || Variation de la Capacité écosystémique eau 2019/2015 [CEE ; en :WEC]

L'examen de la carte des tendances de la CET sur les périodes 2005-2010 et 2010-2019, présentée dans la section 4.1 sur la Grande muraille verte du Sahel, montre l'importance, pour les territoires à dominance forestière ou arborée, de la dégradation de la CET, y compris dans une large partie de l'Afrique centrale qui a bénéficié de précipitations plus abondantes, comme le montre la Figure 30. On note que les zones en rouge se dégradent sur toute la période, celles en vert s'améliorent et celles en jaune clair sont stables.

L'observation de la carte de l'évolution de la Capacité écosystémique carbone montre une corrélation à l'évolution de la CET et un déclin dans les zones de forêts les plus denses. Par contre l'indicateur de biodiversité dérivé de LBII, le Local Biodiversity Intactness Index [Sanchez-Ortiz, 2019], annualisé pour les besoins des comptes, montre plutôt que celles-ci semblent se maintenir ou s'améliorer de ce point de vue.

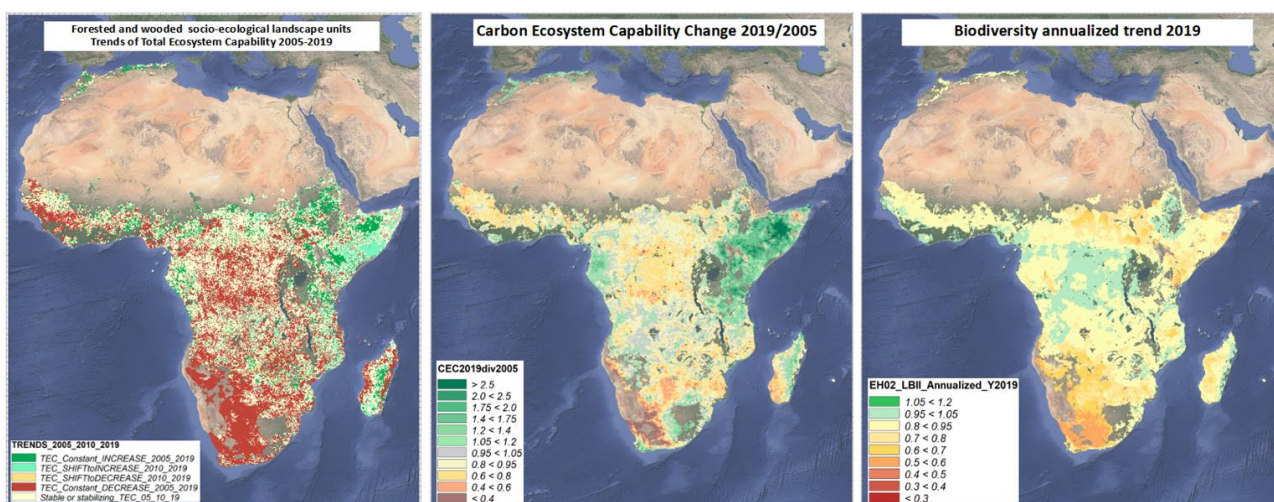


Figure 30 UPSE forestières et boisées : Variation de la Capacité écosystémique totale 2005-2010-2019 || Variation de la Capacité écosystémique carbone 2019/2015 || Variation annuelle de l'indicateur de biodiversité LBII annualisé

L'analyse peut être poussée plus loin avec d'autres variables comptables. Par exemple, on peut regarder l'impact des feux et celui des coupes de bois.

EH03 l'Indice d'impact des feux récurrent du compte de l'infrastructure écosystémique de la méthode ENCA, est l'inverse de l'occurrence moyenne des feux observés pendant 3 ans. Moins de 30% : impact limité ; au-delà de 50% : feux récurrents. Ce n'est pas une mesure des pertes en carbone qui sont estimées dans le compte du bio-carbone, mais des surfaces parcourues par le feu, identifiées par satellite. Le compte du bio-carbone utilisant les données sur les pertes annuelles en arbres Global Forest Change [Hansen, 2013] fournit par contre une estimation différenciée des pertes en carbone des arbres et des autres végétations. Comme on peut s'y attendre, les forêts denses humides visibles en vert-brun très foncé sur l'image de fond Google-Satellite sont peu touchées. Par contre, les UPSE à dominance de forêts semi-humides et forêts sèches et d'autres couvertures arborées sont très atteintes.

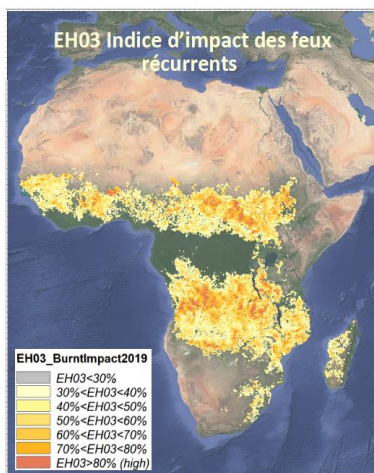


Figure 31 UPSE forestières et boisées : Indice d'impact des feux récurrents en 2019

Le flux ENCA C3_4, la récolte de bois rond légale et informelle du compte du carbone écosystémique est mesurée nette des rejets de production (écorce, branches...), de manière à être conceptuellement compatible avec les définitions courantes des statistiques d'exploitation forestière. C3_4 est estimé à partir des mesures des stocks de biomasse arborée de ESA CCI Biomass et des pertes annuelles en arbres de la base Global Forest Change. Les éléments non commercialisés par les exploitants forestiers (écorce, racines, branches...) sont enregistrés dans des rubriques séparées du compte du bio-carbone. De même, les pertes annexes de l'exploitation forestière et les impacts de l'artificialisation des terres ainsi que les pertes dues aux feux font l'objet de rubriques spécifiques.

L'indice de « récoltes nettes en bois rond » obtenu est bien supérieur aux statistiques officielles du fait de la prise en compte des coupes informelles qui échappent en général aux statistiques officielles. Par ailleurs, les destructions d'arbres pour les besoins de l'exploitation forestière elle-même peuvent être très importantes. Il s'agit notamment de l'ouverture de pistes forestières utilisables par les engins de chantier pour accéder aux arbres à forte valeur commerciale et des dégâts causés par la chute des grands arbres lors de l'abattage.

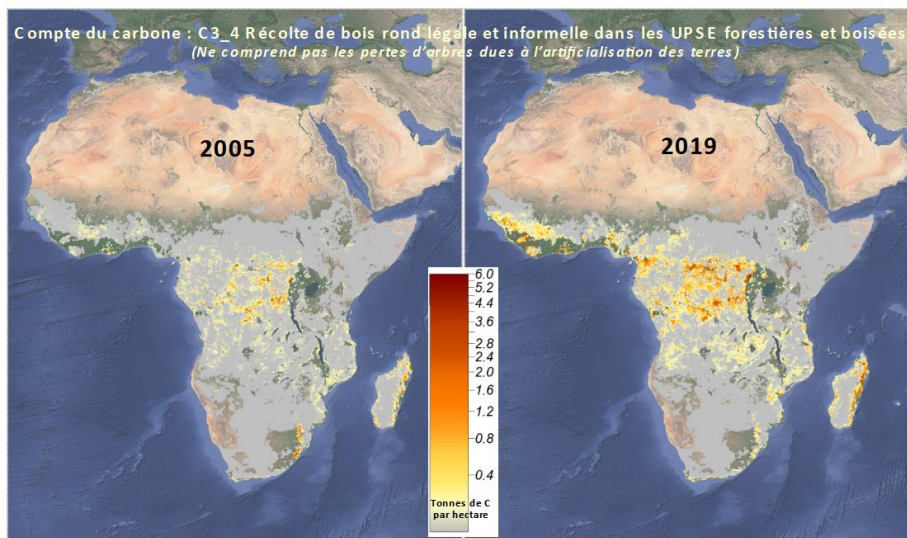


Figure 32 UPSE forestières et boisées : Récolte nette de bois rond légale et informelle 2005 et 2009 (en t de C par ha)

Des impacts importants du même ordre que les récoltes de bois rond sont provoqués par l'exploitation minière et la construction d'autres infrastructures, y compris de barrages. L'écart n'a pas été estimé pour AfrikENCA version 1, mais il est documenté dans le rapport sur les comptes ENCA 2000-2015 du Plateau des Guyanes [Rahm, 2021] pour lequel les pertes totales en arbres s'élevaient à plus de deux fois les coupes officielles.

Les cartes de la figure 32 montrent une très forte augmentation des coupes de bois dans les zones de forêts les plus denses d'Afrique centrale et occidentale.

6 Perspectives au-delà de la version initiale d'AfrikENCA (v1)

Les développements précédents ont montré différents usages et type d'analyses que l'on peut mener lorsque l'on dispose de comptes écosystémiques du capital naturel sur plusieurs années. Et les commentaires ont également permis de souligner la manière avec laquelle on peut remonter vers les variables déterminantes, où se situent les zones d'incertitudes et comment tenter de les réduire ou de les contourner. Ces données sont accessibles sur la plateforme numérique de l'OSS <http://copernicea.oss-online.org:8090/>

Dans cette partie, on esquisse les travaux qui seront menés dans les prochaines étapes. Certaines tâches relèvent de la mise à jour des premiers comptes et de l'extension du domaine couvert par AfrikENCA aux zones côtières marines. Elles permettront de disposer d'une version 2 d'AfrikENCA. D'autres travaux concernent la production des comptes nationaux et locaux dans les six pays participants à COPERNICEA, enrichis autant que possible en données nationales. Et enfin, on propose une approche sous forme de bilans écologiques permettant de relier les comptes des territoires écosystémiques aux comptes des secteurs et acteurs économiques pour fournir à ceux-ci le moyen de mesurer leur responsabilité écologique.

6.1 Mises à jour et développement d'AfrikENCA : vers une version 2.

AfrikENCA v1 est le premier ensemble de comptes intégrés d'écosystèmes avec des séries temporelles. Les mises à jour ultérieures incluront de nouveaux jeux de données qui n'étaient pas disponibles au moment de la production de la v1, afin d'améliorer la précision des comptes.

Il s'agit par exemple des données Global Cropland Dynamics produites par le laboratoire Global Land Analysis and Discovery (GLAD) de l'Université du Maryland [Potapov, 2021]. De même, les améliorations des jeux de données existants seront incorporées dans les nouveaux comptes. Les mises à jour et les améliorations seront facilitées par la disponibilité prochaine d'outils tels que Sys4ENCA, développé par VITO [Buchhorn, 2014], qui permet un traitement semi-automatique rapide des données. Dans tous les cas, la **cohérence des séries temporelles** sera maintenue car il s'agit d'une caractéristique importante pour l'analyse des données, en particulier en ce qui concerne la dégradation des écosystèmes.

L'inclusion des unités côtières marines [UMC] qui n'ont pas été traitées dans la v1 constitue une autre amélioration prévue pour AfrikENCA v2. La couche de référence géographique de base des unités côtières marines a été produite mais doit encore être « peuplée » de données. Les UMC sont limitées à une profondeur de – 30 m, ce qui correspond à un seuil pour la lumière et la photosynthèse. L'objectif est de pouvoir utiliser la cartographie du fond de la mer de la même manière que celle de la couverture des terres. Les UMC sont décomposées et codées par fronts de mer selon les découpages des bassins côtiers HYBAS05. Les HYBAS05 étant des agrégations d'UPSE, cela permet d'utiliser la méthode ENCA pour la gestion intégrée des zones côtières. En raison de leur taille, les UMC sont largement intégrées dans d'autres zonages tels que les zones économiques exclusives marines (EEZ) ou les zones de pêche de la FAO. Si nécessaire, des subdivisions peuvent être introduites, en particulier pour l'évaluation des pêcheries côtières qui sont de la plus haute importance tant du point de vue de l'aspect socio-économique que de la biodiversité. La figure 33 est une illustration du possible résultat de l'extension de la méthode ENCA aux UMC.

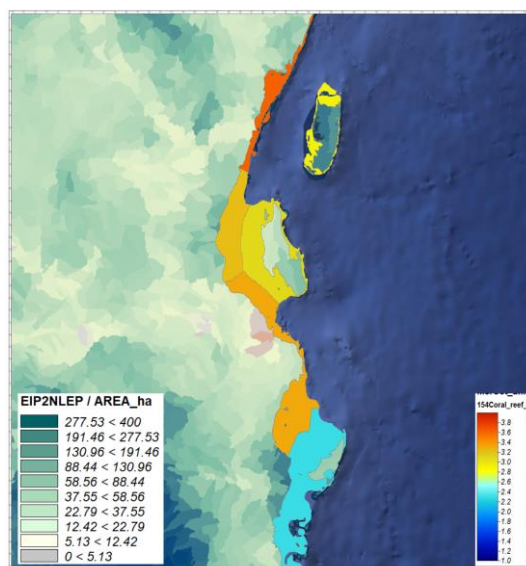


Figure 33 : Illustration de l'extension de la méthode ENCA aux unités marines côtières

Sur la partie gauche de la carte Figure 33, des teintes de bleu-vert indiquent la valeur par hectare du potentiel net des écosystèmes paysagers (NLEP). Au milieu et à droite de la carte, les couleurs de l'arc-en-ciel expriment l'indice d'état de santé des récifs coralliens tel qu'il a été cartographié dans la carte "Coral reef at threat" du WRI. L'échelle des scores est de 0 = bon état, 1 = pression modérée et 4 = menace très élevée.

De plus, les comptes de l'année 2021 seront produits en supplément des 13 années déjà disponibles.

6.2 Passage des comptes à l'échelle continentale vers des comptes ENCA nationaux et locaux

Le projet COPERNICEA vise la mise en œuvre par les institutions nationales, de comptes écosystémiques du capital naturel dans les pays participants,. AfrikENCA est une première application globale qui offre une base de départ pour les pays du projet et rend accessible des jeux de données internationaux de données dans un format adapté à la comptabilité ENCA.

Comme indiqué dans la section 1, six pays sont partenaires de l'OSS pour ENCA : Burkina Faso, Guinée-Conakry, Maroc, Niger, Sénégal et Tunisie. Des projets nationaux ont été lancés dans le but de répondre aux demandes spécifiques en utilisant les données nationales dans la mesure du possible. Ces projets nationaux ont une composante nationale ainsi que des applications locales et pour des territoires d'intérêt particulier (zones protégées, côtières, de développement...).

AfrikENCA ne fournit volontairement pas de comptes par pays, laissant cela à la responsabilité des pays de COPERNICEA qui coordonnent les projets nationaux.

Des comptes et des indicateurs synthétiques sont fournis par les bassins hydrologiques des niveaux 3 et 4-5 de la base de données HydroSHEDS [2006-2023]. La **figure 9, Section 4** montre, à gauche, les comptes par UPSE, au centre, les comptes présentés par les bassins hydrologiques de niveau 4 (bassins intérieurs) ou 5 (bassins côtiers). A droite, les résultats des comptes sont cartographiés par bassins versants de niveau 3 (HYBAS 03). Les bassins des niveaux HYBAS 04-05 et HYBAS 03 ont été nommés afin de faciliter leur localisation et la lecture des tableaux. Si un chercheur souhaite extraire les données AfrikENCA par pays, il peut, dans un premier temps, obtenir des images un peu floues mais acceptables en agrégeant simplement les UPSE à l'intérieur des frontières nationales.

6.3 Développement d'applications basées sur AfrikENCA

Désormais, les bases de données AfrikENCA peuvent être utilisées pour développer des applications de manière pratique afin de soutenir la planification écologique qui est de plus en plus reconnue comme outil essentiel au regard du besoin urgent de s'adapter au changement climatique et de faire face à ses conséquences. Les écosystèmes constituent des éléments importants de la régulation du climat et ne doivent pas être uniquement considérés comme des ressources économiques. La comptabilité écosystémique ENCA adopte une forte perspective de durabilité avec, au cœur de sa

construction, le principe de non-dégradation nette des écosystèmes. La dégradation étant évaluée de manière intégratrice à partir des comptes du bio-carbone, de l'eau et de l'intégrité de l'infrastructure des écosystèmes, les risques de jugements unilatéraux sont atténués. Dans cette perspective, les comptes actuels AfrikENCA v1 contribuent à poser les jalons pour des analyses plus détaillées et précises de l'état et de l'évolution de zones d'intérêt telles que, par exemple, les zones côtières, les parcs de protection de la nature, les périmètres agricoles, les zones urbaines, les zones forestières, etc. Les études prospectives sont également réalisables à l'aide d'outils de modélisation spatiale combinant des connaissances d'experts avec des données spatiales et statistiques. Elles sont pertinentes pour l'élaboration de politiques et l'évaluation de projets et pour l'aménagement du territoire.

La comptabilité des écosystèmes ne se substitue pas à l'ensemble des connaissances techniques et scientifiques nécessaires, ainsi qu'à celles provenant de l'expérience plus empirique des populations. Ce que la comptabilité intégrée des écosystèmes apporte, c'est une vision holistique des principales dimensions et sa traduction en un ensemble d'indicateurs quantifiés basés sur des données vérifiables. Ceci est essentiel pour le débat social sur la responsabilité de chacun et pour l'équité des politiques nécessaires. Bien sûr, l'interprétation des données n'est pas simple et leur bonne utilisation requiert l'expertise des spécialistes respectifs des différents domaines, en particulier pour le bas des tableaux comptables où les bilans matériels de base des surfaces, longueurs, volumes ou masses sont complétés par des diagnostics basés sur des variables semi-quantitatives ou complexes. Les comptes écosystémiques peuvent jouer le rôle d'un forum où les visions plus spécialisées sont confrontées aux autres facettes des systèmes.

La comptabilité ENCA est un modèle simplifié qui tente de rendre compte d'un minimum d'interactions : entre des quantités mesurables (en termes très pratiques) de composants, entre des bilans quantitatifs et des facteurs qualitatifs, entre des unités statistiques élémentaires échangeant par voisinage ainsi que du fait de leur connexion par les flux d'eau, entre des échelles qui s'influencent mutuellement, de haut en bas et de bas en haut. De même, la méthode ENCA décrit les interactions avec l'économie via l'utilisation des terres ainsi que l'exploitation de la biomasse et des ressources en eau qui sont classées selon les nomenclatures habituelles des produits (agriculture, sylviculture et pêche) et des secteurs économiques (utilisation de l'eau).

ENCA-QSP vise également à aborder la dimension sociale, principalement en définissant ses unités comptables comme des systèmes socio-écologiques, en utilisant également certaines variables démographiques pour estimer la consommation d'eau et, enfin, en proposant des indicateurs d'accessibilité à un potentiel paysager en bon état. Il faudrait en faire plus, conformément à la théorie de la santé des écosystèmes de David Rapport (EcoHealth) qui affirme que l'un des symptômes essentiels du « syndrome de détresse des écosystèmes » est la capacité des écosystèmes à soutenir des populations en bonne santé [Rapport, 1999]. Les socio-écosystèmes qui ne sont pas en mesure de fournir de la nourriture et de l'eau de bonne qualité aux populations ne sont pas en bonne santé. Le cadre comptable ENCA dispose de lignes pour enregistrer ce type d'indicateurs, dès lors que les données sont disponibles.

Le champ d'application de la base de données méthode ENCA pour l'Afrique est vaste et les premières indications ont été données dans les chapitres précédents. Les développements ont commencé pour améliorer les comptes afin de mieux répondre aux exigences des politiques nationales et des actions locales. Ils devraient finalement répondre à la comptabilité des acteurs économiques et à la nécessité d'enregistrer leur responsabilité vis-à-vis des écosystèmes qu'ils peuvent dégrader lorsqu'ils les exploitent. C'est l'objet des bilans écologiques à établir d'abord par secteur, puis par entreprise.

6.4 Vers l'établissement de bilans écologiques ?

En ce qui concerne l'établissement futur de bilans écologiques par entreprises, secteurs, pays... la logique de la méthode ENCA est de commencer par des bilans des actifs, créances et dettes écologiques en termes bio-physiques, et donc en UCE.

Les actifs écosystémiques sont, à la fois, une créance (un droit à les utiliser) et une dette (une obligation à les rendre dans l'état où on les a reçus). Le solde des créances et dettes va donc prendre en compte les améliorations écologiques de l'actif (créances) et sa dégradation du fait des activités humaines (dettes). La restauration d'un actif dégradé sera enregistrée comme une réduction des dettes par rapport à une situation de référence. La valeur nette de l'actif sera donc un indicateur important pour mesurer la responsabilité des acteurs économiques vis à vis de la nature et une mesure du risque pris par ceux qui dégradent : risque de pertes de ressources, risque de réputation et, surtout, risque lié à la difficulté à s'adapter aux normes qu'imposent les crises du climat et de la biodiversité.

Outre les actifs directement utilisés, le bilan écologique enregistre en dette l'augmentation de la dégradation des écosystèmes incorporée dans les produits achetés et symétriquement l'acquisition d'UCE par restauration ou compensation en réduction de dettes. Enfin, la création d'une nouvelle valeur écologique donnera droit à l'enregistrement de créances.

Bien entendu, ces mécanismes de marché devront être réglementés en termes de vérification des faits et de prise en compte des compensations éligibles au sein des régions ou entre elles. La création de nouvelles créances devra être certifiée. En ce qui concerne la conservation de la nature, les allocations d'écus aux parcs de protection de la nature peuvent être décidées en reconnaissant la responsabilité de la communauté mondiale compte tenu de la dégradation historique de l'écosystème. Le maintien ou l'augmentation de la valeur en ECU des zones protégées procurerait alors un revenu par le biais des mécanismes de compensation éligibles. À l'inverse, la dégradation de ces zones entraînerait une diminution de ce revenu. Un modèle de bilan provisoire est proposé dans le rapport TS77 de la CDB sur ENCA-QSP, chapitre 9, Tableau 9.01 [Weber, 2014(a)].

Enregistrer les dettes écologiques en termes biophysiques constitue un levier incitatif important pour les entreprises car l'indicateur peut être pris en compte dans l'évaluation des risques financiers par les agences de notation, les banques et les assurances et, plus généralement, les investisseurs.

Pour les pouvoirs publics, la mesure de la dégradation écosystémique fournie par ENCA constitue un outil nouveau pour les politiques incitatives ou de conditionnalité à l'accès aux marchés public et au crédit, venant compléter ceux qui se basent sur les pollutions et notamment les émissions de CO₂. Pour réduire les coûts relatifs à cette situation, les débiteurs écologiques devront donc soit restaurer s'ils le peuvent, soit faire restaurer par d'autres. Avec une mesure intégratrice de la dégradation écosystémique, l'effectivité de la compensation pourra être mesurée en UCE, ce qui permettrait d'échapper aux pratiques de « *green washing* ». Cela permettrait également de générer de nouveaux flux de financement pour la protection de la nature et la restauration des écosystèmes dans une perspective de développement sans dégradation nette des écosystèmes. Quant aux entreprises ayant à faire face à ces coûts, elles chercheront à amortir les provisions qu'elles pourront être amenées à faire, et de ce fait, à calculer elles-mêmes les montants en monnaie correspondants.

Annexe 1 : Description rapide de la comptabilité écosystémique du capital naturel et de ses relations avec les systèmes comptables et de données existants

La Comptabilité écosystémique du capital naturel (CECN, en anglais, ENCA pour *Ecosystem Natural Capital Accounting*) est une méthodologie de mesure de l'état des systèmes socio-écologiques, de leur stabilité, de leur dégradation ou de leur amélioration, publiée par la CDB en 2014 comme « trousse de démarrage rapide », un « Quick Start Package » (CECN-TDR ; en. ENCA-QSP), afin de soutenir la mise en œuvre des comptes d'écosystème comme le demande l'objectif 2 de la stratégie d'Aichi 2010 [Weber, 2014(a)]. La comptabilité ENCA est une variante des comptes d'écosystème du SEEA des Nations unies [United Nations, 2021] adopté comme standard statistique international en 2021. Alors que le SEEA-EA vise à mesurer les bénéfices économiques monétaires des services fournis par les écosystèmes considérés comme des actifs, la trousse de démarrage rapide de la méthode ENCA aborde le potentiel et la résilience des écosystèmes en termes biophysiques afin de mesurer leur dégradation.

Le cadre comptable ENCA est composé d'un compte de la couverture des terres et de ses changements sur lequel sont construits trois autres comptes : bio-carbone, eau et infrastructure écosystémique (paysages, rivières et zones côtières marines). Des comptes complets sont établis par unités statistiques socio-écologiques pour lesquelles l'interaction écosystème-activités humaines peut être évaluée. En pratique, ces unités paysagères socio-écologiques (UPSE) sont définies cartographiquement pour les écosystèmes terrestres à partir de l'occupation des terres dominante (forêts, marécages, herbages, zones de culture, zones urbaines...) et des bassins versants où s'écoule l'eau des rivières. En ce qui concerne la mer, seules les aires marines côtières sont traitées dans la trousse de démarrage rapide (TDR) de ENCA.

Les bilans de base de ENCA sont intégrés selon les principes de la comptabilité notamment d'exhaustivité et de parti-double. Par exemple, le compte de l'eau enregistre pour chaque UPSE l'écoulement sortant des rivières qui est repris pour un même montant en écoulement entrant de l'unité située immédiatement à l'aval. Lors de l'agrégation des UPSE en bassins plus grands, seul le débit final est enregistré. Le modèle de calcul ENCA est présenté sous la forme de feuilles de calcul où les variables exogènes collectées et introduites sont indiquées et les différentes équations comptables explicitées : totaux, soldes, reports entre sous-comptes et le cas échéant les valeurs par défaut utilisées pour certaines estimations. Les comptes fournissent chacun des indicateurs définis comme des soldes comptables spécifiques. Il s'agit par exemple du Changement net de l'étendue des diverses classes de couverture des terres, du Solde net du carbone écosystémique, du Solde net de l'eau écosystémique et du Potentiel total de l'infrastructure écosystémique.

Chacun des trois bilans quantitatifs est complété par un tableau de calcul de sa Valeur unitaire interne. Celle-ci est définie comme le produit de deux indicateurs. Le premier est dérivé des bilans quantitatifs et indique si l'utilisation de la ressource est soutenable. Son format est le ratio Ressource accessible/Utilisation. Si ce ratio est ≥ 1 , il n'y a pas d'épuisement et l'indicateur est conventionnellement 1. Par contre, l'épuisement est mesuré par les valeurs du ratio < 1 . Le second indicateur est l'état de santé de la ressource. Il est établi sur la base d'un diagnostic reposant sur l'observation de symptômes de détresse de l'écosystème autres que son épuisement quantitatif. Ces symptômes sont variés et le diagnostic dépend de la connaissance que l'on a des écosystèmes. Ils peuvent porter sur des variables d'intoxication par les pollutions, de dysfonctionnement, de fragmentation, de vulnérabilité, de pertes de biodiversité... Cette partie du compte écosystémique requiert l'expertise des spécialistes des différents domaines ⁵.

Mesurer la valeur écologique

La mise en œuvre des politiques requiert de fixer des objectifs et des instruments d'évaluation quantifiables. Pour le climat, un objectif est défini sur la base de la relation entre température moyenne de l'atmosphère et concentration de gaz à effet de serre et des actions sont entreprises en vue de limiter cette dernière en réduisant les émissions nettes mesurées par une unité composite, le CO₂-équivalent. Ces politiques et actions se basent sur une comptabilité standardisée des engagements et des performances des pays et des entreprises, comptes et « budgets » dits « carbone ». Rien de tel pour la biosphère, pour laquelle sont invoquées la complexité des choses et l'absence d'une métrique sur laquelle baser des politiques intégrées. Il y a là un déséquilibre qui se traduit dans les faits par la nature et l'ampleur des

⁵La cartographie du bon état écologique des rivières produite tous les six ans par les États membres de l'Union Européenne pour leur rapport à la Directive Cadre sur l'eau est un exemple du type de diagnostic qui peut être repris dans la comptabilité écosystémique. Ces données ont été utilisées dans la thèse de Jazmin Arguello sur la faisabilité de comptes écosystémiques à l'échelle du bassin versant du Rhône [Argüello Velazquez, 2019].

mesures prises dans deux domaines étroitement liés. Face à ce problème, la comptabilité ENCA propose donc une métrique mesurant la valeur écologique de la biosphère et ses modifications afin de permettre la mise en place de nouvelles politiques qui prennent en compte l'interaction économie-Nature, de manière plus complète, au-delà des réglementations administratives. Cette unité-équivalente, appelée Unité de capabilité écosystémique (UCE ; en. ECU) dans la comptabilité ENCA est proche dans son esprit de la devise *Econd* proposée par Peter Cozier et testée en Australie [Cosier, 2010] ainsi que de l'indicateur composite de mesure de la dégradation des terres, promu par la Convention de l'ONU pour combattre la désertification et repris pour l'indicateur ODD 15.3.

Pour mesurer la valeur écologique, la comptabilité ENCA utilise donc une devise spéciale, l'UCE, qui est la moyenne arithmétique des valeurs unitaires internes du bio-carbone, de l'eau et de l'infrastructure écosystémique. Le « prix » en UCE reflète à la fois l'utilisation durable de chaque ressource et son état de santé. Ce n'est pas un prix de marché mais une valeur sociale qui s'apparente plus à un prix administré. Toutefois, une fois la formule de calcul convenue, ce prix varie en fonction des conditions naturelles et des pratiques des agents économiques, indépendamment de toute décision administrative. Les indicateurs ENCA agrégés convertis en UCE peuvent être alors additionnés pour calculer la Capabilité écosystémique totale (CET ; en EN. : TEC). Les potentiels écosystémiques du bio-carbone, de l'eau et de l'infrastructure écosystémique d'abord calculés en unités physiques (tonnes, m³ et hectares) sont multipliés par la valeur écologique moyenne de chaque unité socio-écologique élémentaire, ce qui donne la valeur de leur capabilité en UCE. L'addition de ces trois capabilités donne la CET. L'avantage de cet indicateur agrégé est qu'il réagit à ce qui se passe sur chacune de ses trois composantes. La CET étant l'agrégat ultime produit par le modèle comptable intégré de ENCA, il permet l'identification d'anomalies, de tendances générales et de faire des comparaisons. Il est ensuite possible de remonter aux différentes variables explicatives contenues dans les tableaux.

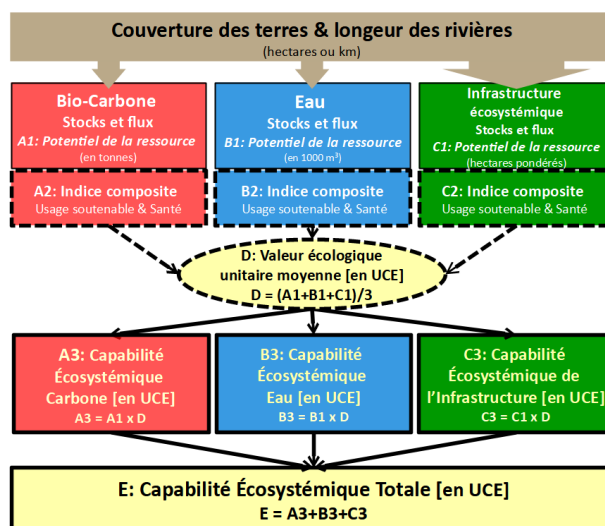


Figure 34 Structure du cadre comptable de la méthode ENCA

Comptabilité écosystémique et monnaie

La logique de la comptabilité ENCA est de mesurer la dégradation écosystémique afin de la faire prendre en compte par les agents économiques et dans la comptabilité nationale. Le processus est conçu en plusieurs temps : comptes écosystémiques par unités fonctionnelles géographiques (la Trousse de démarrage rapide), établissement de bilans écologiques en unités physiques et, finalement, calcul des coûts de restauration, de compensation ou d'évitement nécessaires pour contrebalancer la dégradation directe et indirecte résultant de l'activité économique. Dans cette approche, l'estimation en termes monétaires n'est prévue de manière générale que pour la fraction dégradée des écosystèmes du fait des activités économiques. Ces coûts non payés pourront alors être enregistrés par les entreprises comme un amortissement supplémentaire [Rambaud 2015] permettant de financer la restauration et en comptabilité nationale comme un correctif pour le calcul de la Demande finale au prix complet [Vanoli, 2017].

Le SEEA-EA propose une comptabilité complète en termes physiques et en termes monétaires des services d'écosystèmes et des écosystèmes eux-mêmes en tant qu'actifs naturels, à intégrer ensuite avec les comptes économiques. La valeur monétaire des écosystèmes est estimée suivant la règle théorique générale de la valeur économique d'un capital comme valeur nette actualisée de l'ensemble des services qui en sont attendus. Curieusement, la question des coûts de restauration est laissée de côté dans quelques paragraphes, uniquement du point de vue d'une

éventuelle évaluation des actifs aux coûts de restauration, ce qui est (sagement) rejeté de ce point de vue. Il n'y a aucune mention des coûts en tant que variable économique essentielle en soi pour calculer le surplus d'exploitation économique, le coût total de la demande finale ou l'effort nécessaires pour maintenir l'état du capital écosystémique.

La comptabilité ENCA ne place pas la valorisation des services et actifs écosystémiques au cœur de son modèle sans cependant l'exclure. Le chapitre 9 du rapport technique TS77 de la CBD esquisse des comptes satellites pouvant accueillir des valorisations de services écosystémiques particuliers. De fait, les services écosystémiques dits d'approvisionnement sont enregistrés dans les soldes comptables et les flux d'utilisation de la comptabilité ENCA. S'agissant de biens, ils sont en principe tous enregistrés en comptabilité nationale et dans les systèmes d'enquêtes qui lui sont liés comme les enquêtes sur les budgets des familles de la Banque Mondiale. Le prix des produits qui ne sont pas commercialisés sont définis en relation avec les prix de marché des produits analogues. Pour ces biens, la comptabilité ENCA postule que le prix de marché n'est pas complet lorsqu'un produit a engendré une dégradation lors de sa production et qu'il faut y incorporer les coûts de restauration non payés. Le service de séquestration du carbone est également enregistré en tonnes de carbone par le Solde net du carbone écosystémique du compte du bio-carbone. Pour les services fonctionnels ou intangibles de régulation et socio-culturels, la mesure est plus complexe car elle implique en général la confrontation d'une fonction naturelle et d'une population qui y accède. Ces services ont une place dans le tableau d'utilisation de l'infrastructure écosystémique. À ce stade, seul un nombre limité de services fonctionnels est proposé et le tableau n'en présente pas le total. Dans la mesure où il y a une large compatibilité entre les comptes en termes physiques du SEEA-EA et la comptabilité ENCA, cette dernière fournit aux économistes une partie des données dont ils ont besoins pour leurs évaluations, soit dans le cadre macro-économique, soit dans celui d'études des coûts et bénéfices de projets et de leurs impacts.

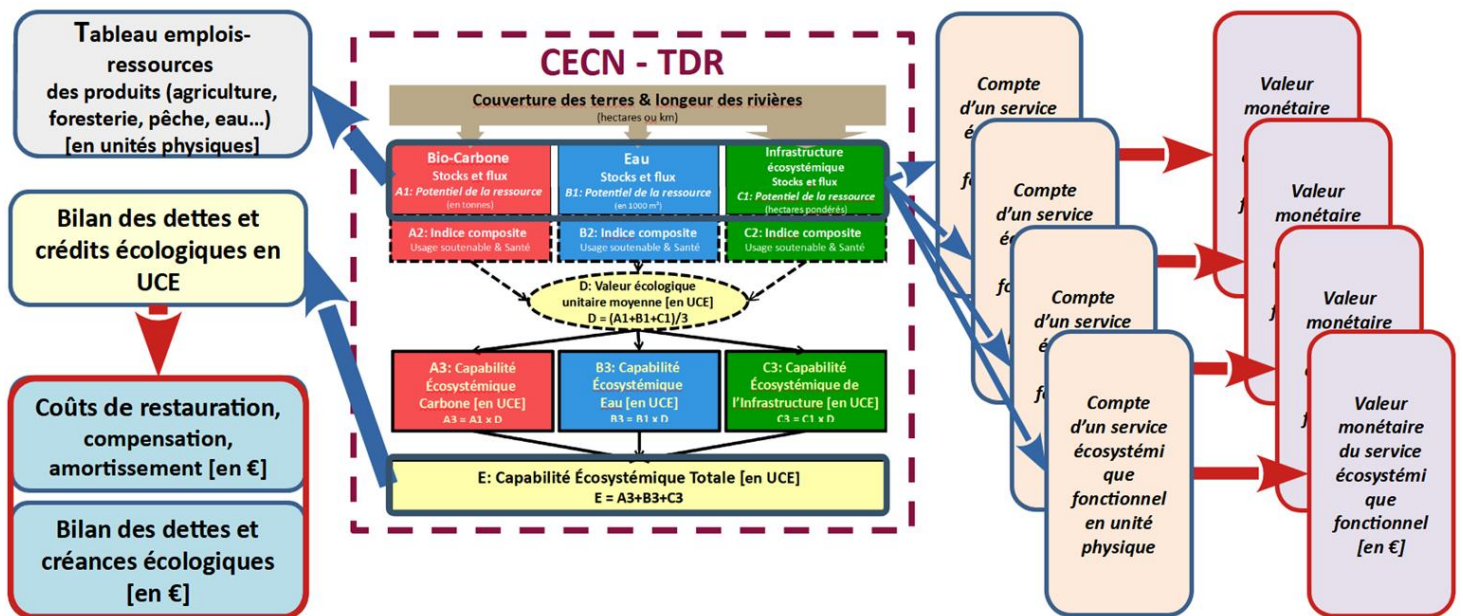


Figure 35 Cadre comptable ENCA-QSP (fr. : CECN-TDR) et comptes dérivés ou satellites

On notera enfin la possibilité d'établir des comptes satellites socio-économiques du cadre ENCA-QSP pour enregistrer les flux réels observés des activités économiques formelles et informelles, les dépenses effectives de protection de la Nature ainsi que les variables sociales clés des relations des populations à leur écosystème : santé, conditions de vie, alimentation, accès à l'eau...

Finalement, la comparaison entre le SEEA-EA et ENCA montre qu'en ce qui concerne les comptes en termes biophysiques qui sont une condition préalable aux évaluations économiques en monnaie, les deux systèmes sont largement compatibles.

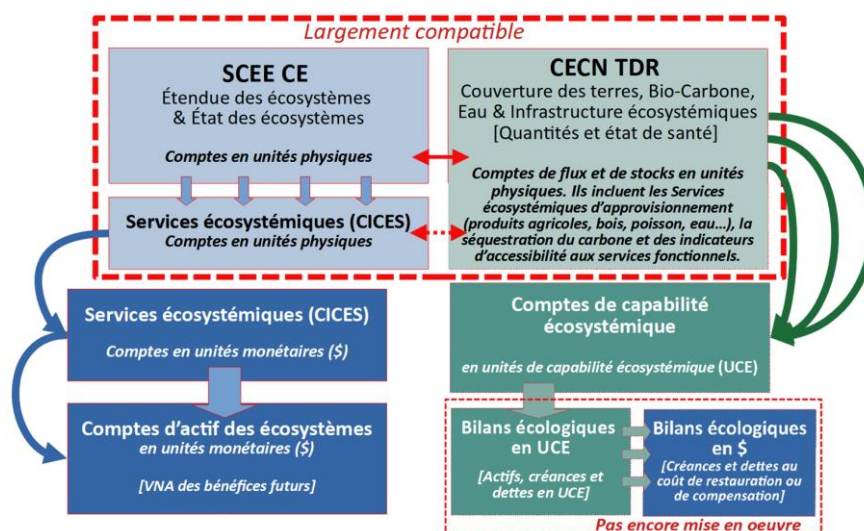


Figure 36 Compatibilité entre le SCEE-Comptabilité des Écosystèmes (SCEE-CE, en. SEEA-EA) et la Comptabilité Écosystémique du Capital Naturel (CECN-TDR, en. ENCA-QSP)

Annexe 2 Principales sources internationales de données utilisables pour la comptabilité écosystémique de niveau 1

- EU Copernicus Climate Change Service (C3S, météorologie, évapotranspiration)
- EU Copernicus Global Land (DMP/NPP)
- Agence spatiale européenne Climate Change Initiative (ESA CCI biomasse et ESA CCI land cover)
- UMD-GLAD/Université du Maryland/USGS/NASA (Global Forest Change, Global maps of cropland extent and change)
- UN Biodiversity LAB (catalogue donnant accès à un grand nombre de bases de données)
- NASA (GRACE, niveau des eaux souterraines)
- World Table Depth (WTD, eaux souterraines superficielles)
- FAO/WaPOR (pour l'Afrique ; land cover, productivité en biomasse de l'eau)
- FAOSTAT (récoltes, cheptel, statistiques)
- FAO/CGIAR (SPAM, récoltes par mailles)
- FAO/GLW (GLW 3, cheptel par mailles)
- FAO AQUASTAT (partage de l'usage eau de surface/eau souterraine)
- ISRIC (carbone organique du sol)
- WWF/USGS/UMcGill (HydroSHEDS, réseau hydrographique et bassins versants, débits moyens des rivières)
- EC-JRC (occurrence des surfaces en eau et érosion des sol)
- Prospects/GEOBON (LBII, Local Biodiversity Intactness Index)
- IUCN (KBA/Key Biodiversity Areas, Listes rouges)
- WCMC (WDPA, World Database of Protected Areas)
- WCMC/Ocean Wiewer (catalogue donnant accès à un grand nombre de bases de données sur les zones côtières)
- WorldClim (précipitations moyennes par maille kilométrique)
- WorldPOP (population par mailles)
- OpenStreetMap (OSM, réseaux de transport)
- GADM (limites administratives)

Références Bibliographiques

Argüello Velazquez J. [2019]: Implementing Ecosystem Natural Capital Accounting Methodology to the Rhone watershed : the proof-of-concept. Biodiversity. Université de Lyon, [2019]. English. <https://www.theses.fr/2019LYSEN040>

Buchhorn M., Van den Hoof C., Smets B., Weber J.-L., Sanon A., Tiemtoré S. [2023]: Facilitating the management of protected areas in West Africa through multi-level ecosystem accounting, Sustainability, 2023 [forthcoming]C3S [2023]:

Copernicus Climate Change Service implemented by ECMWF

<https://climate.copernicus.eu/> & <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/search?type=dataset>

Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Wehberg, J., Wichmann, V., and Böhner, J. [2015]: System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4, Geosci. Model Dev., 8, 1991-2007, doi:10.5194/gmd-8-1991-2015 <https://saga-gis.sourceforge.io/en/index.html> <https://sourceforge.net/projects/saga-gis/files/>

Cosier P. and McDonald J. [2010] : A common currency for building environmental (ecosystem) accounts, LG/16/22, 16th Meeting of the London Group on Environmental Accounting Santiago, Chile, 25 – 28 October 2010 https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/11_21.pdf

EEA(a) [2019]: Corine Land Cover Accounting Layers 2000, 2006, 2012 and 2018, European Environment Agency <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-accounting-layers>,

EEA(b) [2019]: Land cover and change accounts 2000-2018, European Environment Agency <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/land-cover-and-change-statistics>

ESA CCI [2018]: Climate Change Initiative Land cover Products, European Space Agency <https://www.esa-landcover-cci.org/?q=node/164>

Hansen, M. C., P. V. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S. A. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S. V. Stehman, S. J. Goetz, T. R. Loveland, A. Kommareddy, A. Egorov, L. Chini, C. O. Justice, and J. R. G. Townshend. 2013. "High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change." Science 342 (15 November): 850–53. Source: Hansen/UMD/Google/USGS/NASA. Data available on-line from: <https://glad.earthengine.app/view/global-forest-change> .

HydroSHEDS [2006-2023], HydroSHEDS by WWF, McGill University, USGS et. al. <https://www.hydrosheds.org/>

Haines-Young, R., and Weber, J.-L. [2006]: Land accounts for Europe, 1990-2000, EEA report 11/2006. http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2006_11

Mittempergher, D., Vergez, A. [2023a]. Natural capital assessment and ecosystem accounts for Kenya. IUCN, Gland, Switzerland https://drive.google.com/file/d/1Li7JQ8PfAHa9fAITNMTKmQRlUmuUldkD/view?usp=share_link

Mittempergher, D., Vergez, A. [2023b]. Natural capital assessment and ecosystem accounts for Viet Nam. IUCN, Gland, Switzerland https://drive.google.com/file/d/1zA36dLbkbFE_Hdg58OYGMZFFD_wqzVj4/view?usp=share_link

Mittempergher, D., Vergez, A., Puydarrieux, P. [2022]. Rapport de restitution: Comptes du capital naturel – Gabon. IUCN, Gland, Switzerland https://drive.google.com/file/d/1gbgNvt96iKXPUGyJ-2QkxAN6rNBco0T9/view?usp=share_link

Morand J.-A., Jaffrain G., Weber J.-L., and Sannier C. [2023], Experimental Ecosystem Natural Capital Accounts in the Republic of Guinea, accepted paper for presentation at the 39th Symposium of Remote Sensing of Environment, Antalya, Türkiye, 24-28 April 2023

Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS) [2008] La Grande Muraille Verte, <http://www.oss-online.org/fr/publications/Muraille-verte>

Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS) [2015] La Grande Muraille Verte, un programme de développement pour le Sahara et le Sahel : une approche de suivi-évaluation des projets à partir des applications géospatiales http://www.oss-online.org/fr/publications/OSS-BRICKS-GMV_fr

Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS) [2022] Les écosystèmes africains entre dégradation et restauration <http://www.oss-online.org/fr/ld-ecosystemes-afrique>

Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS) [2023], Plateforme COPERNICEA <http://copernicea.oss-online.org:8090/> (Nom d'utilisateur : guest et Mot de passe : guest2022)

Potapov P., Turubanova S., Hansen M.C., Tyukavina A., V., Khan A., Song X.-P., Pickens A., Shen Q., Cortez J. [2021] : Global maps of cropland extent and change show accelerated cropland expansion in the 21st century. *Nature Food*. <https://www.nature.com/articles/s43016-021-00429-z>

Rahm M., Lardeux C., Weber J.L., Ramihangihajason T. [2021] Ecosystem natural capital accounting in the Guiana Shield in 2000 and 2015. Application of the quick start package of the convention on biological diversity (CBD) for implementing Aichi biodiversity target 2 on integration of biodiversity values in national accounting systems. ECOSEO project. WWF. 98 p. <https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2022-11/Ecosystem%20Natural%20Capital%20Accounting%20in%20the%20Guiana%20Shield%20-%20ECOSEO%20Project.pdf>

Rakotondraompiana S., Edmond R., Rakotoniaina S., Faramalala M., Randriamihagason T., et al. [2015]. Comptabilité du Capital Naturel pour la Gestion d'une Aire Protégée. Cas de la Nouvelle Aire protégée d'Antrema (Nord-Ouest Madagascar). <https://www.researchgate.net/publication/286372770> *Comptabilite du Capital Naturel pour la Gestion d'une Aire Protegee Cas de la Nouvelle Aire protegee d'Antrema Nord-Ouest Madagascar*

Rambaud A. and Richard J. [2015]: The "Triple Depreciation Line" instead of the "Triple Bottom Line": Towards a genuine integrated reporting. *Critical Perspectives On Accounting*, 2015, Special Issue on Social and Environmental Accounting, 33, pp.92-116. http://base.alliance-respons.net/docs/elsevierdl_richard.pdf

Rapport D. J., Whitford, W. [1999]. How Ecosystems Respond to Stress: Common Properties of Arid and Aquatic Systems. *BioScience*. 49.193-203.10.2307/1313509. <https://www.researchgate.net/publication/240310960> *How Ecosystems Respond to Stress Common Properties of Arid and Aquatic Systems*

Sanchez-Ortiz et al. [2019]: Global maps of Biodiversity Intactness Index (- bioRxiv) LBII Local Biodiversity Intactness Index, PREDICTS, NHM London, WCMC, CSIRO. <https://data.nhm.ac.uk/dataset/global-maps-of-biodiversity-intactness-index-sanchez-ortiz-et-al-2019-biorxiv> and GeoBON <https://geobon.org/ebvs/indicators/local-biodiversity-intactness-index/>

Sayre R., Dangermond J. et al. [2014] A new map of global ecological land units — An ecophysiographic stratification approach, Association of American Geographers, U. S. Geological Survey, GEO BON <https://pubs.er.usgs.gov/publication/70187380>

Tafi J. and Babin D., 2020, SEEA's work on land and ecosystem accounting in EU's Eastern Partnership countries, Twenty-sixth Meeting of the UN London Group, 5-8 and 12 October 2020, <https://seea.un.org/events/london-group-environmental-accounting-26th-meeting>

UNEP-WCMC and IUCN (2023), Protected Planet: The World Database on Protected Areas (WDPA) [On-line], [February 2023], Cambridge, UK: UNEP-WCMC and IUCN. Available at: <https://doi.org/10.34892/6fwd-af11> & www.protectedplanet.net

United Nations et al. [2021]: System of Environmental-Economic Accounting-Ecosystem Accounting (SEEA EA). White cover publication, pre-edited text subject to official editing. <https://seea.un.org/ecosystem-accounting>

USGS [2018]: Global Ecological Land Unit (ELUs), US Geological Survey <https://www.usgs.gov/centers/geosciences-and-environmental-change-science-center/science/global-ecosystems-data>

Vanoli A. [2017]: Prise en compte des relations entre l'économie et la Nature, 16e colloque de l'Association de Comptabilité Nationale, INSEE, Paris, 2017 <https://www.insee.fr/fr/information/2834065>

Weber J.-L. [2014 (a)]: Ecosystem Natural Capital Accounts: a Quick Start Package for implementing Aichi Biodiversity Target 2 on Integration of Biodiversity Values in National Accounting Systems in the context of the SEEA Experimental Ecosystem Accounting, CBD Technical Series No. 77, www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-77-en.pdf Traduit en français: "Comptes écosystémiques du capital naturel: une trousse de démarrage rapide" <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-77-fr.pdf>

Weber J.-L. [2014 (b)]: Experimental Ecosystem Natural Capital Accounts - Mauritius Case Study (Methodology and preliminary results 2000 – 2010), Indian Ocean Commission, Mauritius, 2014, 41 pages <https://www.wavespartnership.org/en/knowledge-center/experimental-ecosystem-natural-capital-accounts-mauritius-case-study-methodology>

WWF [2021] Capital naturel et stratégies des organisations : une visite guidée des outils, 73 pages https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2021-08/20210831_Guide_Capital-Naturel-Strategies-des-organisations_WWF.pdf

WWF-Gabon and IUCN [2021], Valoriser le capital naturel pour appuyer des politiques de conservation de la nature au Gabon, WWF-Gabon Policy Brief, https://drive.google.com/file/d/14UkBg0sKQbVoyYAuWduZQgisePQk2Osd/view?usp=share_link

AFRIKENCA 2001-2020

Une première série de comptes écosystémiques du capital naturel pour le continent africain

Version provisoire

