

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/332607491>

Évaluation de la capacité des écosystèmes de la région Hauts-de-France à produire des services écosystémiques

Technical Report · April 2019

CITATIONS

0

READS

205

2 authors:



C. Sylvie Campagne

Leibniz Universität Hannover

22 PUBLICATIONS 81 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Philip K. Roche

National Research Institute of Science and Technology for Environment and Agric...

111 PUBLICATIONS 1,869 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Biological management of arable weed plant communities [View project](#)



LEVANA [View project](#)



PRÉFET
DE LA RÉGION
HAUTS-DE-FRANCE

Évaluation de la capacité des écosystèmes de la région Hauts-de-France à produire des services écosystémiques



Étude et rapport réalisés par C. Sylvie Campagne et Philip Roche,
UR RECOVER, IRSTEA Aix-en-Provence

En partenariat avec la DREAL Hauts-de-France: Coline Grabinski et Frédéric Bince,
Service Eau et Nature

Sommaire

1. Introduction	1
1.1. Notions.....	2
1.2. Région Hauts-de-France.....	4
2. Méthode et outils	7
2.1. Matrice des capacités	7
2.2. Liste des services écosystémiques	8
2.3. Écosystèmes retenus en région Haut-de-France	8
2.4. Méthodologie.....	10
3. Résultats.....	14
3.1. Atelier de septembre	14
3.2. Matrice des écosystèmes.....	14
3.3. Corrélations entre les services	23
3.4. Bouquets de services produits.....	26
3.5. Matrice régionale	31
3.6. Cartes des services produits	32
3.7. Comparaison des Matrices PnrSE et Région	35
4. Synthèse	37
Retours sur les résultats	37
Limites.....	39
Bibliographie	41
Annexe.....	43

Remerciement

Un grand merci aux experts qui ont rempli les matrices pour leur investissement. Merci aux participants des réunions pour la finalisation de la méthode. Merci à Franck Spinelli du bureau d'étude Écosphère et aux relecteurs du rapport.

1. Introduction

La loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages de 2016¹ a introduit la nécessité de prendre en compte les services produits par la nature et la biodiversité, appelés services écosystémiques. Cependant à l'heure actuelle, cette thématique est largement absente des évaluations environnementales et des projets d'aménagement du territoire. En vue de mobiliser les services écosystémiques pour favoriser la prise de conscience et les actions de préservation de la biodiversité, un effort pédagogique est nécessaire « afin de mobiliser les parties prenantes en amont des débats sur les projets de territoire, notamment lors des étapes de consultation ou de concertation » et « il semble essentiel d'impliquer le public au sein de ces processus pour la compréhension et l'acceptation des décisions en les sensibilisant à la contribution des services écosystémiques au bien-être humain » (Bierry *et al.* 2015). En France, plusieurs projets ont été initiés afin d'évaluer et de cartographier les services écosystémiques et ainsi répondre à l'initiative européenne d'évaluation des écosystèmes et de leurs services écosystémiques (MAES²), ainsi que de contribuer aux activités de l'IPBES (la plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques). C'est notamment le cas de l'Évaluation Française des Écosystèmes et des Services Écosystémiques (EFESE³), piloté par le CGDD, dont l'objectif est de faire l'état des lieux de l'état des écosystèmes et de leurs services produit au niveau national.

Afin d'augmenter l'application des connaissances sur les services écosystémiques dans les actions territoriales, il est nécessaire de disposer d'un cadre d'évaluation souple, cohérent et instructif qui tient compte des différences spatio-temporelles dans la façon dont les services écosystémiques sont produits (de Groot *et al.*, 2010 ; Chan *et al.*, 2012). De plus, ce cadre doit être applicable pour un large éventail d'écosystèmes et de services (e.g. Burkhard *et al.* 2009 ; Potschin & Haines-Young 2012, Hermann *et al.* 2013; Kandziora *et al.* 2013; Burkhard *et al.* 2014; Jacobs *et al.* 2014). L'évaluation des services écosystémiques repose sur trois grands domaines: économique, social et biophysique (Burkhard et Maes, 2017). Dans de nombreux cas, obtenir des données quantitatives sur l'ensemble des services écosystémiques sur de larges régions géographiques est très difficile. La complexité du fonctionnement des écosystèmes nécessiterait une grande quantité de données pertinentes disponibles à différentes échelles, spatiale et temporelle. Il faut alors se recentrer sur quelques services ou se reporter sur des protocoles d'échantillonnages, l'utilisation de modèles ou la mobilisation d'expertises territoriales ou sectorielles.

L'approche via la mobilisation d'expertises territoriales ou sectorielles a prouvé sa pertinence pour construire des matrices d'indicateurs semi-quantitatifs reliant les écosystèmes et les services écosystémiques (e.g. Burkhard *et al.*, 2010; Stoll *et al.*, 2014; Vihervaara *et al.*, 2010). De manière générale, l'utilisation d'expertises est courante dans les études de conservation, d'écologie et d'évaluation biophysique (Jacobs *et al.*, 2014). De plus, l'approche centrée sur les écosystèmes est l'une des stratégies d'analyse les plus fréquentes dans la littérature, c'est d'ailleurs celle du Millenium Ecosystem Assessment (Potschin and Haines-Young, 2012). De plus, ces matrices, appelées Matrices de Capacité, peuvent aisément être exprimées spatialement sous forme cartographique. Elles permettent ainsi de cibler les priorités et sont, par leur simplicité et leur flexibilité, un outil de pédagogie pour les gestionnaires des politiques publiques.

D'un point de vue pratique, une matrice des capacités est une table pivot entre les services écosystémiques et les types d'occupation du sol qui les fournissent. Chaque cellule de la matrice est remplie avec un score (0 à 5) reflétant la capacité à fournir un service écosystémique donné. Ces scores peuvent être obtenus sur la base d'un recueil de dire d'expert ou bien de données empiriques existantes (Campagne et Roche, 2018). L'utilisation de matrice permet une évaluation rapide des services écosystémiques et donne un aperçu des tendances des

¹ <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/loi/2016/8/8/2016-1087/jo/texte>

² http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/index_en.htm

³ <http://www.fondationbiodiversite.fr/fr/societe/avec-la-societe/appui-a-la-decision/appui-a-l-evaluation/efese.html>

services produit à l'échelle du paysage (Hermann *et al.* 2013). L'évaluation de la capacité en services écosystémiques fournis par la région Hauts-de-France a été effectuée avec l'approche des matrices de capacités, afin de prendre en compte tous les différents types d'écosystèmes et de services dans une approche participative intégrant la connaissance des acteurs du territoire.

Objectifs de l'étude

Le Service Eau et Nature de la DREAL Hauts-de-France souhaite proposer des outils permettant une meilleure prise en compte des services écosystémiques dans les évaluations environnementales. L'expertise de l'IRSTEA a été sollicitée pour évaluer les services écosystémiques et aboutir à l'élaboration d'un document cadre sur les services écosystémiques de la région Hauts-de-France.

À terme, le but est de fournir une méthode aux bureaux d'études et à l'Autorité Environnementale pour qu'ils puissent ensuite décliner localement l'analyse de ces services. Ici nous présentons la méthode et les résultats de l'évaluation des services écosystémiques fournis par la région Hauts-de-France.

Dans un premier temps, la méthode appliquée sera détaillée. Ensuite, les résultats sont présentés avec le détail de l'atelier et la présentation de la matrice des écosystèmes. Puis, une analyse des corrélations entre les services écosystémiques a permis de mettre en avant les compromis et les synergies entre ceux-ci. À partir des résultats de la matrice des écosystèmes, deux modes de représentations principaux des résultats sont possibles : les bouquets de services et les cartes. Ils sont, avec les matrices, les outils d'aide à la décision les plus utilisés à partir d'une approche par matrice (Campagne *et al.* 2018). Finalement, est présentée une comparaison de la matrice des écosystèmes de la Région avec celle réalisée sur le Parc Naturel Régional Scarpe-Escaut en 2016. Une synthèse des résultats, puis la présentation des limites et des perspectives concluent ce rapport.

1.1. Notions

La notion de service écosystémique met en avant l'importance des systèmes écologiques et de la biodiversité pour le bien-être humain, en proposant un lien entre nature et société (Bierry *et al.*, 2012). Le concept de service écosystémique a été initié afin de soutenir les efforts de conservation par la démonstration du rôle joué par les écosystèmes sur le bien-être humain et l'économie (Costanza *et al.*, 2017). Il a été rapidement élargi jusqu'à être maintenant omniprésent dans la conception des politiques de préservation de la biodiversité (Haines-young et Potschin, 2013 Hrabanski *et al.*, 2012) et des fonctionnalités écologiques. Les services écosystémiques sont définis dans le rapport du *Common International Classification of Ecosystem Services* (CICES, Haines-young et Potschin, 2013) comme « des contributions que les écosystèmes ont sur le bien-être humain ». Par définition, ils reposent sur une considération anthropocentrée⁴ des valeurs de la nature (MEA, 2005).

Grâce à cette vision, la notion des services écosystémiques est facilement accessible et comprise par les non écologues et les non scientifiques.

Lele *et al.* (2013) développent dans leur étude les différentes origines de l'attraction du concept des services écosystémiques dont celle de faire évoluer l'aspect négatif du développement économique pour la vie sauvage vers un aspect positif de la conservation du milieu naturel pour le bien-être de l'homme. Ce concept contribue aussi à étendre les échelles d'analyse des études locales d'un seul service écosystémique à des modèles à l'échelle régionale de l'ensemble des services écosystémiques (Lele *et al.*, 2013). Dans la continuité, de nombreuses publications précédentes, Villamagna, Angermeier, & Bennett (2013) développent l'idée que « les services écosystémiques ont un grand potentiel pour influencer les décisions sur l'environnement, notamment, car ils relient les fonctions et les conditions des écosystèmes aux intérêts humains et de ce fait résonnent avec un large éventail de personnes ».

⁴ Centrée sur les besoins des humains et des sociétés

Par ailleurs, de nombreuses publications sur les services écosystémiques exposent la capacité du concept de guider les stratégies de gestion des ressources naturelles de façon durable et équitable (e.g., Costanza et Folke, 1997; MA, 2005 Müller *et al.*, 2010; TEEB, 2010; Abson *et al.*, 2014; in Jacobs *et al.*, 2014) mais celle-ci n'a pas encore été suffisamment mise en œuvre et évaluée scientifiquement (Laurans *et al.*, 2013).

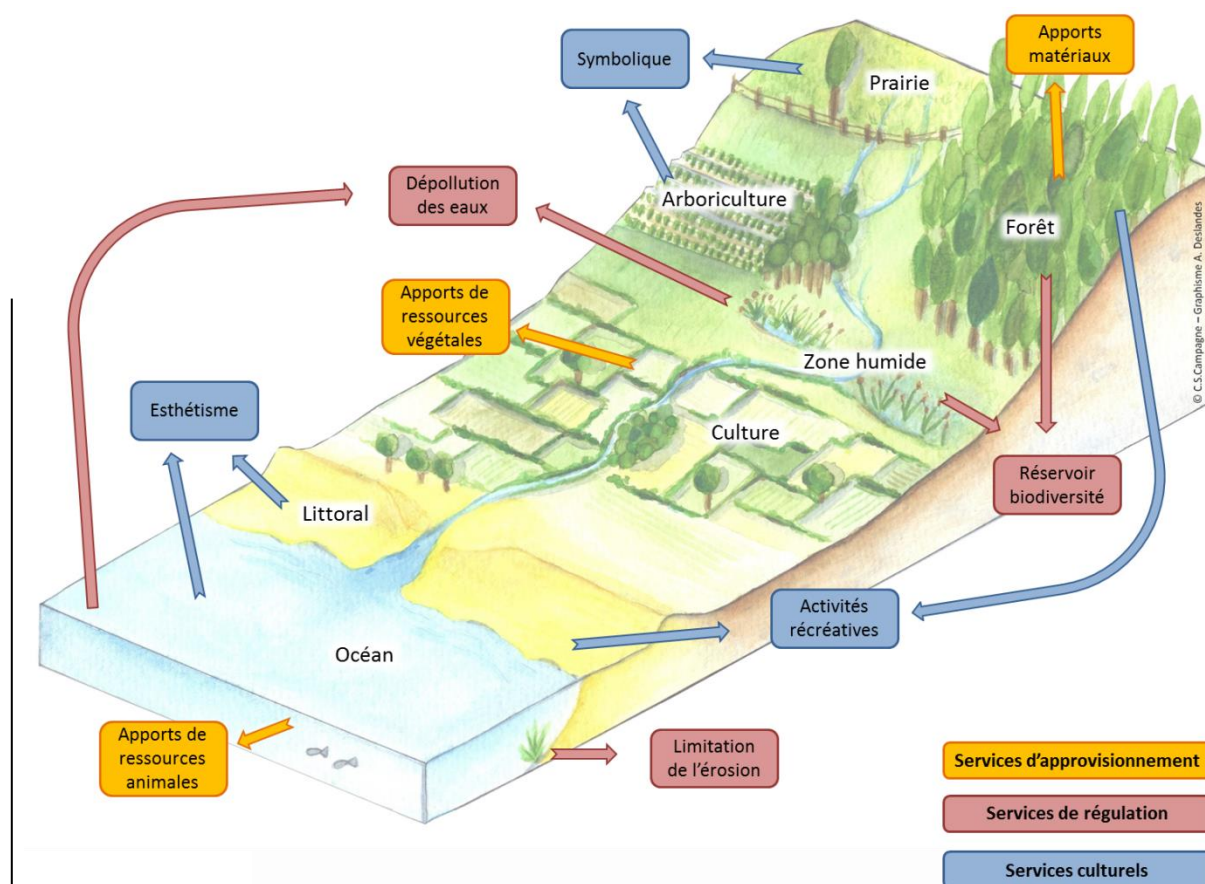


Figure 1 : Illustration des services écosystémiques les plus produits par les écosystèmes

© C.S. Campagne- Graphisme A. Deslandes

L'hypothèse environnementaliste, qui a généré ce concept, est que la compréhension de l'importance des services écosystémiques pour nos sociétés et le bien-être humain, permettent de soutenir les efforts de conservation de la biodiversité en démontrant le rôle majeur joué par les écosystèmes. Cette notion est maintenant très largement présente dans la conception des politiques de préservation de la biodiversité et des fonctionnalités écologiques.

Les services écosystémiques sont habituellement répartis dans trois catégories (Figure 1):

- Les *services d'approvisionnement* sont les services à l'origine des « produits finis » que l'on peut extraire des écosystèmes, tels que la nourriture, les différents matériaux et fibres naturelles, etc. ;
- Les *services de régulation* sont des services non matériels contribuant plus indirectement au bien-être de l'homme à travers les fonctions de régulation des écosystèmes, tels que la régulation du climat ou des incendies, mais aussi le maintien de cycle de vie et d'écosystème ;
- Les *services culturels* représentent les différentes valeurs immatérielles que l'on peut attribuer aux écosystèmes, une valeur esthétique, symbolique (comme les valeurs emblématiques) et récréative, telles que les activités de pleine nature (chasse, pêche, randonnée, etc.).

Les services écosystémiques sont, par définition, à l'interaction entre les écosystèmes et la société humaine. Cependant dans cette notion, il est crucial de distinguer de nombreuses « sous-notions » (Burkhard *et al.*, 2014; Schröter *et al.*, 2014 ; Albert *et al.*, 2016 ; Schröter *et al.*, 2016). Les deux grandes distinctions sont entre l'offre et la demande en services écosystémiques. L'offre détermine ce que la nature produit et donc « fournit » et la demande regroupe ce que l'homme consomme ou utilise. Dans chacun de ces deux groupes, des distinctions sont encore faites et engendrent des méthodes d'évaluations différentes. Dans la présente étude, il a été retenu d'évaluer la capacité qui est le rendement maximal hypothétique des écosystèmes (Baró *et al.*, 2017 ; Burkhard *et al.*, 2012 ; Ramirez-Gomez *et al.*, 2015 ; Schröter *et al.*, 2016 ; Villamagna *et al.*, 2013) qui peut être augmenté ou diminué grâce à la gestion des écosystèmes et de la conversion utilisation des terres (Schröter *et al.*, 2016). La capacité diffère de l'offre qui est le service fourni ou délivré dans une période donnée (Baró *et al.*, 2015; Mouchet *et al.*, 2014a).

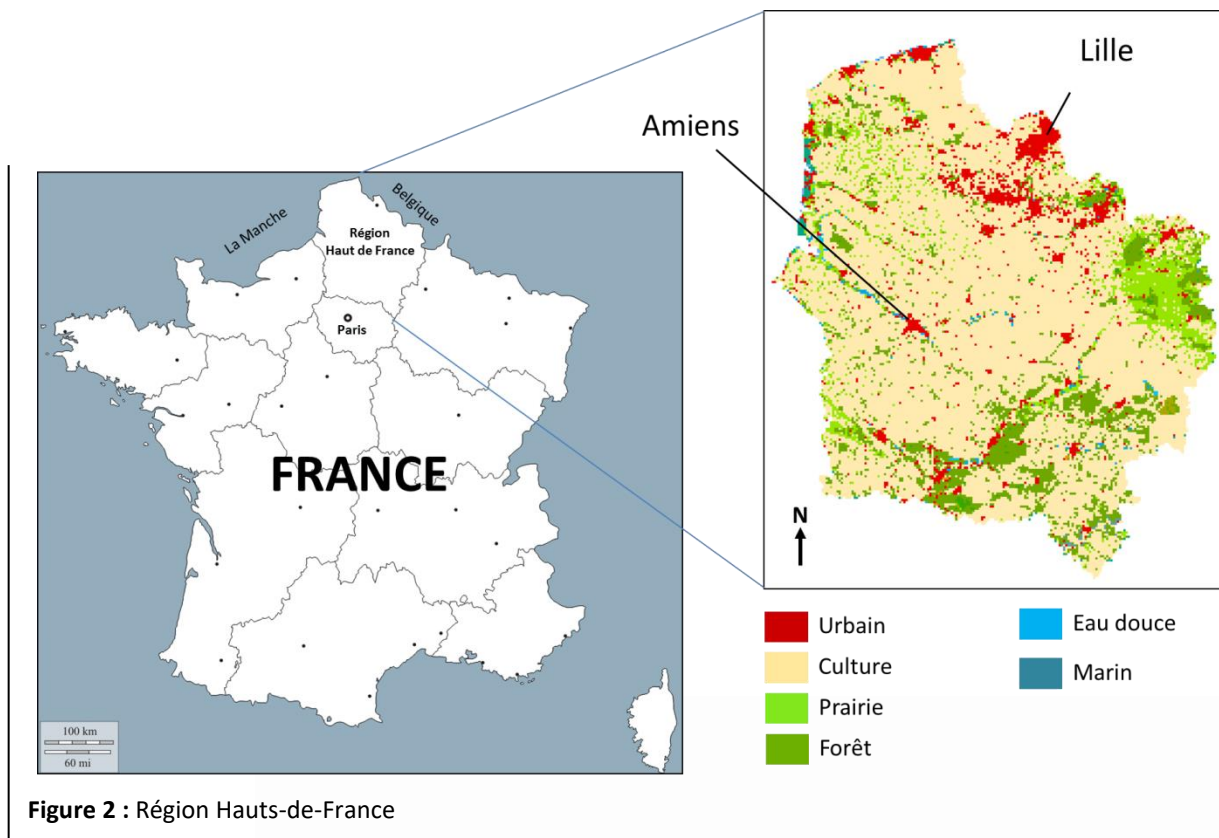
1.2. Région Hauts-de-France

Les Hauts-de-France, région administrative du Nord de la France, créée par la réforme territoriale de 2014, résultent de la fusion du Nord-Pas-de-Calais et de la Picardie. Elle s'étend sur 31 813 km² et compte cinq départements : l'Aisne, le Nord, l'Oise, le Pas-de-Calais et la Somme. Son chef-lieu est Lille. La région est limitrophe de la région parisienne située au sud, de la Normandie à l'ouest et du Grand Est à l'est (Figure 2). De plus, elle est frontalière de la Belgique sur toute sa partie nord-est, et est bordée par la Manche et la mer du Nord, à l'ouest et au nord. Avec 6 millions d'habitants et une densité de population de 189 hab. /km², elle représente la 3^{ème} région la plus peuplée du pays et la 2^{ème} la plus densément peuplée de France métropolitaine après l'Île-de-France. La région est portée par une métropole à rayonnement européen (Métropole Européenne de Lille) et un maillage urbain dense dans lequel Amiens apparaît comme métropole d'équilibre.

La région est, à la fois rurale (avec une couverture de 85% du territoire de communes peu ou très peu denses) et agricole et caractérisée par une grande diversité de milieux et de paysages (Figure 2) : prairies humides, pelouses calcicoles, grandes plaines agricoles, marais arrière littoraux, bocages, etc. Certains secteurs présentent une structure bocagère, aujourd'hui encore remarquable, comme dans l'Avesnois, la Thiérache, le Pays de Bray, le Boulonnais ou l'Audomarois. Des zones humides de grande importance marquent le territoire régional : les tourbières alcalines de la vallée de la Somme, le marais Audomarois, les Hortillonnages d'Amiens, la haute et la moyenne vallée de l'Oise, etc. Enfin, outre les rivières de l'Oise et de l'Aisne qui structurent fortement leur bassin, on observe une succession de fleuves côtiers. Ils présentent des paysages et patrimoines naturels reconnus et façonnent les côtes de la Manche et de la Mer du Nord. La Somme en est le plus important et emblématique, aux côtés de la Bresle, l'Authie, la Maye et la Canche.

a) Le littoral des Hauts-de-France

De la Manche à la mer du Nord, de la baie de Somme à la Côte d'Opale, les Hauts-de-France offrent un littoral de plus de 190 km. Le littoral court du port de Dunkerque aux villas Belle Époque de Mers-les-Bains, des stations balnéaires de la côte d'Opale aux longues plages et landes sauvages de la côte picarde. La région dispose, sur une partie de son littoral, d'un espace présentant des qualités environnementales d'exception, aussi bien sur le plan de son écosystème (baie de Somme) que de ses paysages. Cordons dunaires, falaises de calcaire ou de grès, forêts de pins, plages de sable fin... Le littoral des Hauts-de-France, exceptionnel, se démarque par la diversité de ses paysages. La Côte d'Opale se caractérise par deux caps classés : le Cap Blanc-Nez et le Cap Gris-Nez, intégrés au parc régional des Caps et Marais d'Opale, rare parc littoral de France. Classée au patrimoine mondial de l'Unesco, la baie de Somme fait partie des plus belles baies du monde. Elle représente un vaste espace naturel préservé, haut lieu de l'ornithologie, où des milliers d'oiseaux migrateurs viennent chaque année faire une halte. Le littoral des Hauts-de-France attire de nombreux touristes, qui profitent d'un climat propice - selon les saisons - à la baignade, la randonnée, la culture, les sports nautiques, les balades à vélo, les promenades à dos de cheval Henson... De multiples équipements culturels et de loisirs ponctuent ce littoral.



b) Les forêts et espaces boisés

Dans le sud-est de la région, un arc forestier se structure notamment autour d'importantes forêts remarquables (Chantilly, Compiègne, Halatte, Laigue, Retz, Mormal, etc.) en lien avec des boisements plus morcelés. Néanmoins, l'absence de forêts sur de nombreux territoires de la nouvelle région conduit à une moyenne d'espaces forestiers et naturels plus faible qu'à l'échelle nationale. On constate toutefois, depuis une vingtaine d'années, une dynamique positive sur ces espaces. Avec 428 000 hectares de forêt (privée à 72 %) produisant 4 000 000 m³/an de bois, la région est la dernière de France en termes de superficie forestière (13,4 % de l'espace) mais la 5^{ème} région en consommation de bois. Hors boisements de l'Office National des Forêts, la forêt est détenue par un peu plus de 120 000 propriétaires, souvent détenteurs de petites parcelles (seuls 1 900 d'entre eux possèdent un massif de 25 hectares ou plus). Après une longue phase de régression du haut Moyen Âge à la révolution industrielle, cette forêt a regagné du terrain et est encore en expansion (+10 % en quinze ans vers 2000-2010). Elle est feuillue à plus de 90 %, l'enrésinement y étant pour l'essentiel artificiel. Les peupleraies y sont nombreuses, également artificielles, et essentiellement dans les vallées humides

c) Une région de grandes cultures

La région est principalement constituée de terres agricoles. Elles en sont la principale composante et à elles seules, couvrent plus des trois quarts du territoire régional (76,4%). Elles se caractérisent par 62% de terres arables, cultivées par des exploitations de grande taille. Les cultures sont principalement céréalières, oléagineuses, betteravières et de pommes de terre. Les prairies occupent 9,70% du territoire.

Les exploitations agricoles sont généralement vastes : la surface agricole utilisée atteint, en moyenne, 78,5 hectares (contre 55,1 hectares en France métropolitaine). La région est leader dans la production de céréales (notamment de blé tendre) mais aussi dans la production de légumes, secteur dans lequel elle assure 20 % de la production nationale (et même 60 % pour la production de pommes de terre).

d) Les bassins hydrographiques

En France métropolitaine, la gestion de l'eau s'exerce autour de 7 bassins hydrographiques, délimités naturellement par la ligne de partage des eaux. La région Hauts-de-France est concernée par deux bassins hydrographiques : le bassin Artois-Picardie et le bassin Seine Normandie. Le bassin Artois-Picardie est le plus petit des sept bassins métropolitains. Sa superficie est de 20 000 km², soit 3,6 % du territoire national. Il couvre l'ensemble des départements du Nord, du Pas-de-Calais, et partiellement les départements de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise. C'est un bassin particulier, avec des reliefs d'amplitude modérée et des cours d'eau à faibles débits. Il comporte de nombreux canaux et cours d'eau canalisés. Le bassin Artois-Picardie a une densité de population deux fois plus importante que la moyenne nationale. Fortement marqué par les activités humaines, il porte encore la mémoire de son lourd passé industriel. Le territoire offre aussi une grande diversité de paysages naturels qui renferment de précieuses richesses biologiques. Ainsi les dunes du littoral, les coteaux calcaires, et les marais hébergent de nombreuses espèces animales et végétales. Le bassin Seine Normandie, quant à lui s'étend sur environ 17 000 km². Le sous-bassin des vallées d'Oise présente une activité agricole intense, une industrialisation importante et une densité de population forte.

e) Une répartition hétérogène des espaces artificialisés

Les espaces artificialisés (écosystèmes, zones d'activités et infrastructures) occupent plus de 3500 km² sur les 32 023 km² de la nouvelle région soit 11,5 % du territoire. Cette moyenne régionale masque des disparités importantes. La principale zone artificialisée est constituée par la métropole lilloise associée à la vaste conurbation urbaine du bassin minier.

Elles représentent à elles deux 7,5 % du territoire total de la nouvelle région. En dehors des autres principaux pôles (Amiens, Beauvais, Boulogne-sur-Mer, Calais, Dunkerque, Maubeuge, St Quentin...), du littoral et de la vallée de l'Oise (Creil, Compiègne, Chauny), l'urbanisation est moins importante. Cette organisation territoriale, d'un réseau de villes structurant de grands espaces ruraux, est présente sur l'essentiel du territoire régional. Elle engendre un maillage urbain favorable à une artificialisation diffuse.

2. Méthode et outils

2.1. Matrice des capacités

La méthode utilisée dans l'étude pour évaluer la capacité des écosystèmes à fournir des services écosystémiques est la construction d'une matrice des capacités basée sur le recueil des connaissances d'un panel d'experts du territoire et de ses écosystèmes. Une matrice des capacités est une table de correspondance qui relie les types de couverture terrestre (c'est-à-dire les types d'écosystèmes et/ou les modes d'occupation et/ou d'usage du sol) aux services écosystémiques (Burkhard *et al.*, 2009).

L'approche utilisant des matrices des capacités a été introduite par Burkhard *et al.* en 2009. Depuis, l'utilisation d'une notation semi-quantitative de la capacité en services écosystémiques a été développée et appliquée dans de nombreuses études (par exemple, Hermann *et al.*, 2014 Kroll, Müller, Haase, & Fohrer, 2012 Stoll *et al.*, 2015 Vihervaara *et al.*, 2010), dans de nombreux pays (par exemple en Autriche et en Hongrie par Hermann *et al.* 2014, en Chine par Cai *et al.* 2017, aux USA par Cotillon, 2013, en Thaïlande par Kaiser *et al.* 2013) et à différentes échelles (par exemple échelle locale dans Nedkov *et al.* 2014, échelle nationale dans Depellegrin *et al.* 2016 et échelle européenne dans Stoll *et al.*, 2015).

Certaines limites de cette méthode ont été soulignées dans Hou, Burkhard, & Müller, 2012 et Jacobs *et al.* 2014 : manque de transparence méthodologique, de reproductibilité ou encore l'incertitude. Des solutions ont récemment été proposées, en particulier pour la prise en compte des incertitudes et des sources de variabilité (Campagne *et al.* 2017).

Typologie des habitats naturels	Liste des services écosystémiques		
	Régulation et entretien	Approvisionnement	Culturels
	0	4	2
	5	2	
	1		

Figure 3 : Schéma d'une matrice des capacités

La matrice des capacités comprend en colonne la liste des services écosystémiques et en ligne la typologie des écosystèmes (Figure 3) détaillées dans les paragraphes suivants). Pour chaque type d'écosystème ou d'occupation du sol **un score** de 0 à 5 est attribué. Ce score exprime la capacité à fournir un service écosystémique donné (5 : l'écosystème a un fort potentiel à produire le service et 0 : il a un faible potentiel à le produire). Les scores reflètent une potentialité actuelle moyenne au cours de l'année. Dans notre approche, les scores sont établis suite au recueil d'évaluations individuelles de spécialistes et/ou de gestionnaires généralistes des territoires concernés. Dans la matrice finale, les scores de capacité de fourniture des services écosystémiques sont produits en utilisant la moyenne de toutes les matrices individuelles.

Une étude de la variabilité et des méthodes à utiliser pour calculer les scores finaux nous a montré qu'à partir de 15 participants, le score final est stable ainsi que sa variabilité (Campagne *et al.*, 2017). Nous avons donc appliqué ce principe et constitué un panel d'expert d'une taille supérieure à 15 membres.

Afin de prendre en compte l'incertitude de la connaissance des experts sollicités pour évaluer les scores, **un indice de confiance** par type d'écosystème et par service écosystémique a été demandé à chaque expert. Ainsi conjointement au remplissage de la matrice, les experts peuvent exprimer leur aisance et leur confiance dans leur propre notation. L'indice de confiance va de 1 : « Je ne me sens pas à l'aise pour ces notations » à 3 : « Je me

sens plutôt à l'aise dans ces notations ». Durant les ateliers ou les rendez-vous individuels, l'approche, la méthode et les définitions des services écosystémiques et des écosystèmes ont été présentés aux participants. Ensuite les matrices ont été remplies entièrement par chacun d'eux.

2.2. Liste des services écosystémiques

La liste des services écosystémiques, présentée dans le Tableau 1 et détaillée en Annexe 1, a été déterminée avec la DREAL Hauts-de-France et des experts régionaux à partir d'une liste proposée par l'IRSTEA inspirée du CICES (*Common International Classification of Ecosystem Services, Haines-young & Potschin, 2013*). Afin d'adapter les services au territoire des Hauts-de-France, quatre réunions et des échanges ont eu lieu au cours d'avril, à septembre 2017 avec la DREAL Hauts-de-France, l'IRSTEA, Écosphère, le Conservatoire Botanique de Bailleul (CBNB), l'Observatoire régional de la Biodiversité (ORB), les Conservatoires d'Espace Naturel et la région Hauts-de-France.

Tableau 1 : Liste des services écosystémiques

Services écosystémiques						
Services d'approvisionnement	Nutrition	Biomasse non sauvage	Production végétale alimentaire cultivée		SA1 	
			Production animale alimentaire élevée		SA2 	
		Biomasse sauvage	Ressource végétale et fongique alimentaire sauvage		SA3 	
			Ressource animale alimentaire sauvage		SA4 	
		Eau	Eau douce		SA5 	
	Matériaux	Matériaux bruts	Matériaux et fibres		SA6 	
			Ressource secondaire pour l'agriculture/ alimentation indirecte		SA7 	
			Composées et matériel génétique des êtres vivants		SA8 	
		Énergie	Biomasse à vocation énergétique		SA9 	
Services de régulation	Maintien des conditions biologiques, physiques et chimiques	Régulation du climat et de la composition atmosphérique			SR1 	
		Régulation des animaux vecteurs de maladies pour l'homme			SR2 	
		Régulation des ravageurs			SR3 	
		Maintenance du cycle de vie et de l'habitat	Offre d'habitat, de refuge et de nurserie		SR4 	
			Pollinisation et dispersion des graines		SR5 	
		Maintien de la qualité des eaux			SR6 	
		Maintien de la qualité du sol			SR7 	
	Médiation des flux - régulation des risques naturels	Contrôle de l'érosion			SR8 	
		Protection contre les tempêtes			SR9 	
		Régulation des inondations et des crues			SR10 	
	Réduction des nuisances	Limitation des nuisances visuelles, olfactives et sonores			SR11 	
	Services culturels	REPRESENTATIONS- subjectif : interactions spirituelles, symboliques, religieuses & historiques		Emblème ou symbole		SC1 
				Héritage (passé et futur) et existence		SC2 
Esthétique				SC3 		
USAGES- objectif : interactions physiques et intellectuelles avec les écosystèmes et paysages		Activités récréatives		SC4 		
		Connaissance et éducation		SC5 		

Tableau 2 : Liste des écosystèmes

Écosystèmes aquatiques 	Eaux douces	H1
	Fonds ou rivages des plans d'eau non végétalisés	H2
	Végétations aquatiques	H3
	Eaux courantes	H4
	Végétations immergées	H5
	Végétations de ceinture des bords des eaux	H6
	Bas marais, tourbières de transition, sources	H7
Écosystèmes agricoles 	Steppes et prairies calcaires sèches	H8
	Prairies acides et dunes fossiles	H9
	Lisières humides à grandes herbes	H10
	Prairies humides	H11
	Prairies mésophiles	H12
	Prairies à fourrage des plaines	H13
	Prairies améliorés	H14
	Cultures	H15
	Bandes enherbées	H16
	Vergers	H17a
	Vignobles	H17b
Écosystèmes forestiers 	Landes	H18
	Fourrés	H19
	Forêts caducifoliées	H20
	Forêts riveraines, forêts et fourrés très humides	H21
	Plantations de feuillus et indéterminées	H22
	Plantations de conifères	H23
	Haies, alignements d'arbres	H24
Écosystèmes urbains 	Parcs urbains et grands jardins	H25
	Prairies à métaux lourds	H26
	Espaces bâtis et urbains diffus	H27
	Carrières en activité	H28
	Carrières abandonnées	H29
	Terrils	H30
	Voies de chemin de fer, friches et abords de voies de communication	H31
	Lagunes et réservoirs industriels	H32
	Réseaux routiers et ferroviaires	H33
Écosystèmes marins et littoraux 	Mers et océans - Graveleux	H34a
	Mers et océans - Sableux	H34b
	Récifs	H34c
	Estuaires, fleuves et rivières soumis à marées (colonne d'eau)	H35
	Écosystèmes côtiers soumis à marées	H36
	Dépressions humides dunaires	H37
	Plages de sables	H38
	Plages de galets	H39
	Côtes rocheuses et falaises	H40
	Dunes blanches et grises	H41
	Dunes arbustives et arborées	H42

2.1. Écosystèmes retenus en région Haut-de-France

La liste d'écosystèmes de l'étude a été déterminée à partir des deux occupations du sol des anciennes régions Nord-Pas-de-Calais : ARCH et Picardie : OSPic. L'OSPic 2010 réalisée par photo-interprétation a été enrichie pour le SRCE en 2013 (OS_FinalV4) et couvre les trois départements de la Somme, l'Oise et l'Aisne à l'échelle de 1/25 000^{ème}.

Les données ARCH (*Assessing Regional Écosystème Change*, <http://www.archnature.eu/>) sont issues d'une coopération transfrontalière (programme INTERREG) entre l'ancienne Région Nord-Pas-de-Calais et le Comté du Kent (Angleterre). Cette cartographie des écosystèmes naturels couvre l'ensemble du territoire des 2 régions partenaires à l'échelle du 1/5 000^{ème} pour l'ancienne région Nord-Pas-de-Calais et 1/1 000^{ème} pour le Kent et utilise une nomenclature des écosystèmes naturels adaptée de CORINE biotopes⁵. Pour le versant Nord-Pas de Calais, la cartographie a été réalisée par photo-interprétation d'images aériennes couleurs et infrarouges en 2009 et en 2012-2013 pour la dernière version, sous la supervision scientifique du CBNBI. À partir de ces deux occupations du sol, en concertation avec la DREAL et des experts locaux, la liste d'écosystèmes présentée dans le Tableau 2 a été utilisée pour l'évaluation des services écosystémiques. Les définitions et les correspondances avec les occupations du sol sont disponibles en Annexe 2.

Les occupations du sol utilisées n'ont pas de cartographie des habitats marins et littoraux intégrale. Les résultats de l'étude sont une première évaluation des milieux marins et littoraux qui sera complétée par la suite. Une étude complémentaire et plus spécifique aux habitats marins sera réalisée.

2.1. Méthodologie

La méthodologie de l'étude se divise en 7 points (Figure 4).

1) Objectif et préparation

Afin d'évaluer les services écosystémiques (SE) à l'échelle de la région à dire d'experts, différentes spécialités en écologie et en gestion des milieux sont nécessaires. Une liste initiale d'experts a été établie par l'IRSTEA et la DREAL. Puis, cette liste a été consolidée en septembre 2017 en interaction avec le Conservatoire Botanique National de Bailleul, Écosphère et l'Observatoire Régional de la Biodiversité. À cette occasion la liste des milieux et des services écosystémiques prises en compte a été également validée.

2) Atelier de notation

L'atelier de notation est une réunion de l'ensemble des experts participant à la notation avec un objectif de compréhension de la méthode, des écosystèmes et des SE. Il s'agit également d'un temps de concertation et d'interaction sur les thématiques liées à l'évaluation. L'atelier a été organisé sur une journée. Le matin a été consacré à la présentation générale de l'étude, et la liste des SE et des écosystèmes. Un temps de discussion et d'échange a permis de clarifier la définition de certains écosystèmes et de certains SE. L'après-midi a été consacré au remplissage d'une partie de la matrice pour ouvrir la discussion sur la méthode de remplissage et sur les avis liés aux scores. Dans tous les cas, les scores restent individuels et lors des discussions autour des scores. Les règles de bienséance, de liberté d'expression, de respect des divergences d'opinions et de critiques constructives ont été respectées.

⁵ Informations prises sur le site internet : https://inpn.mnhn.fr/habitat/cd_typo/22

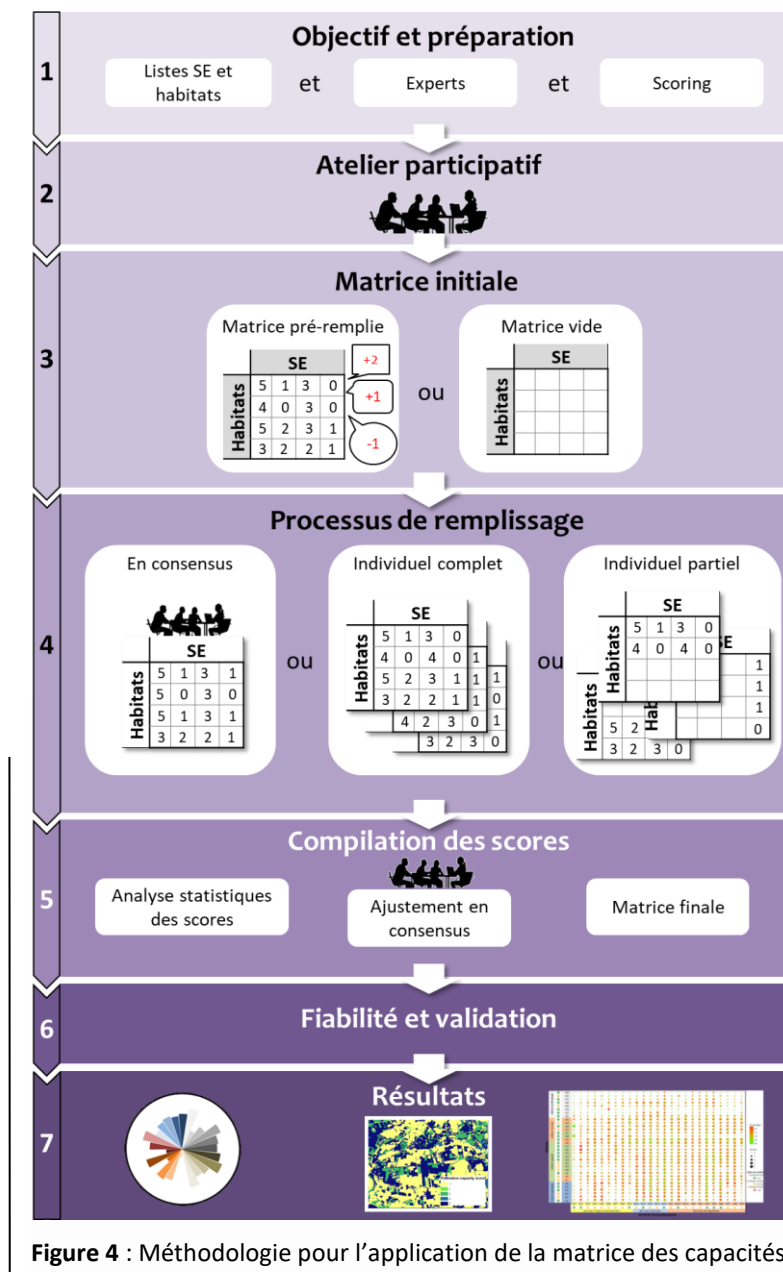


Figure 4 : Méthodologie pour l'application de la matrice des capacités

3-4) Matrice initiale et processus de remplissage

La matrice des capacités peut être remplie de différentes façons (Campagne et Roche, 2018). Elle peut être pré-remplie (avec des données issues de la littérature ou par groupe restreint de personnes) ou vide. Le processus de remplissage peut se faire soit par consensus, chaque score est alors déterminé après une discussion entre les participants, par remplissage individuel de la matrice, puis calcul des scores centraux (moyenne ou médiane). Chaque méthode de remplissage a ses avantages et ses inconvénients (Campagne et Roche, 2018). Le choix en région s'est porté sur un remplissage individuel complet des matrices afin de favoriser la robustesse statistique (Campagne *et al.*, 2017). En effet la méthode par consensus, ne permet pas d'évaluer la variabilité des scores et demande beaucoup de ressources en temps pour chaque participant.

Les experts remplissent individuellement l'intégralité de la matrice avec des scores de 0 à 5 ainsi que l'indice de confiance de 1 à 3. Ils renseignent un questionnaire concernant leurs expertises en termes de territoires, de

grands types d'écosystèmes et de fonctions (Décisionnaires, Gestionnaires, Experts naturalistes ou Bureau d'études) qui peuvent servir à posteriori à chercher des biais de notation liés à ces différents critères.

5-6) Compilation des scores

Les scores représentent les capacités potentielles moyennes des écosystèmes à produire les services écosystémiques. Il convient cependant de prendre également en compte l'erreur standard, l'indice de confiance et l'indice de consensus, données complémentaires aux scores lors des analyses et interprétations des résultats. Ces autres paramètres permettent d'évaluer les incertitudes et la robustesse des scores.

- L'erreur standard d'un score illustre la variabilité des scores entre les différents participants soit la divergence de représentation de la capacité.
- L'indice de confiance est l'aisance du participant dans son score.
- De plus, pour évaluer le degré d'accord entre les experts (Jacobs *et al.* 2015), est utilisé un indice d'accord inter-évaluateurs (ICC pour *intra-class correlation statistics*) à partir de statistiques de corrélation intra-classes (Müller et Büttner 1994). Cet indice donne une représentation de la cohérence soit la mesure dans laquelle les experts classent les capacités des écosystèmes pour produire des SE dans le même ordre, mais pas nécessairement avec les mêmes scores.

L'ICC est généralement interprété via les classes déterminées par Cicchetti (1994) : Moins de 0,40 = accord faible; Entre 0,40 et 0,59 = accord moyen; Entre 0,60 et 0,74 = accord bon; Entre 0,75 et 1,00 = accord excellent. Cependant, ces valeurs d'ICC ont été calibrées pour l'accord sur un codage simple et une valeur unique. De plus, les écosystèmes considérés et la diversité des expertises sollicitées induit mécaniquement des valeurs d'ICC plus faibles. Il faut donc considérer ces classes comme des indications et non des valeurs absolues.

La matrice des capacités des écosystèmes en Hauts-de-France est issue de la moyenne bootstrapée des matrices de tous les participants sans poids en fonction de leurs caractéristiques. Le bootstrap est une méthode statistique de rééchantillonnage des données qui permet, par un processus itératif de retraitage des scores, de simuler un grand nombre d'échantillons avec une composition aléatoire des notateurs de bases. Cette méthode est largement utilisée en statistique pour améliorer la robustesse des estimations statistiques, notamment dans le cas où les variables considérées présentent un risque de non ajustement au modèle statistique Normal de référence. « Boostropé(e) » est un terme de jargon statistique pour indiquer que le paramètre a été calculé en utilisant la méthode du bootstrap qui est un rééchantillonnage des données disponibles pour simuler des ensembles de composition diverse. Ainsi, sur la base du panel d'expert, on va reconstituer un grand nombre de pseudo-panels composés d'une répétition aléatoire des experts réellement présents (de leurs scores) et recalculer les valeurs de scores centrales dans ces différentes configurations.

La matrice finale présente les écosystèmes et leur capacité à produire des services sans considération de leur importance (en termes de surface) sur le territoire. Pour avoir une représentation des services produits par les écosystèmes à l'échelle de la région est créée une matrice pondérée, que nous avons nommée « **Matrice régionale** » par distinction avec la « Matrice des écosystèmes de la région » où les scores sont définis au niveau des écosystèmes. En supposant une relation linéaire entre l'aire de l'écosystème et sa capacité en service écosystémique, le score moyen du service S_x de l'écosystème H_x a été multiplié par le pourcentage de la surface de chaque écosystème sur la Région (surface de l'écosystème H_x en ha dans la Région divisé par la surface totale de la Région en ha) en utilisant la formule (1).

$$(1) \quad ((\text{Scores}_{Sx-Hx}) \times (\text{Surface}_{Hx} / \text{Surface}_{\text{Région}}) \times 100) = \text{ScoreP}_{Sx-Hx}$$

Les pourcentages d'occupation du sol proviennent de la cartographie de l'ORB HdF 2018.

Depuis la création de la matrice des capacités (juin 2017), une nouvelle cartographie de la région Hauts-de-France a été faite par l'ORB. Ainsi, certains écosystèmes de la matrice des écosystèmes ne sont plus dans la nouvelle

cartographie. Par exemple les écosystèmes de la matrice des écosystèmes « Cultures » H15, « Bandes enherbées » H16 et « Haies, alignements d'arbres » H24 (Tableau 1) sont, dans la cartographie de l'ORB 2018, regroupés dans l'écosystème cartographié « Cultures » 82. Pour calculer la part de H15, H16 et H24 dans le score de l'écosystème cartographique « Cultures » 82, nous nous sommes basés sur des surfaces d'occupation du sol d'ancienne cartographie dont les surfaces respectives sont H15 : 1848807,15 ha ; H16 : 3287,88 ha et H24 : 200,00 ha. Par exemple, avec les scores respectifs de SR1 (H15 – 1,6 ; H16 - 2,1 et H24 - 3,3), le score non pondéré de « Cultures » 82 a été calculé avec la formule (2).

$$(2) \quad ((\text{Surface}_{H15} * \text{Score}_{SR1-H15}) + (\text{Surface}_{H16} * \text{Score}_{SR1-H16}) + (\text{Surface}_{H24} * \text{Score}_{SR1-H24})) / (\text{Surface}_{H15} + \text{Surface}_{H16} + \text{Surface}_{H24}) = \text{Score}_{SR1-82}$$

Ensuite la formule (1) est appliquée pour avoir le score pondéré de « Cultures » 82.

7) Résultats

Les résultats sont généralement utilisés sous trois formes : les matrices, les cartes et les bouquets. Les scores peuvent être directement utilisés pour des analyses précises. Des cartes à différentes échelles sont possibles et des bouquets de services ou d'écosystèmes peuvent être utilisés pour une visualisation claire et compréhensible des résultats.

Les cartes présentées ici ont été faites à partir de la cartographie des écosystèmes Hauts-de-France, échelle 1/25 000ème, réalisée par l'ORB en 2018 d'après ARCH 2012-2013 et OS_FinalV4 2013 (ORB HdF 2018 : Guillaume Bertho, Observatoire de la biodiversité des Hauts-de-France, version du 07/06/2018 pour les cartes récentes) selon une typologie en 43 postes basés sur Corine Biotope.

Analyses

Les moyennes des scores des participants sont calculées par moyenne bootstrapée avec le logiciel R 3.4.1 (R Development Core Team 2018) et le package «boot». Le Tableau 5 présente la matrice régionale sous forme graphique, réalisée avec le logiciel R 3.4.1, le package et la fonction «ggplot2». Le calcul de l'ICC ont été fait grâce au package «lrr». Les cartes ont été faites avec le logiciel QGIS 2.18.

Les analyses de corrélation ont été effectuées à l'aide de la corrélation de Spearman (rho) qui évalue le degré de corrélation entre deux variables liées de façon monotone mais pas nécessairement linéaire. Elles ont été faites avec la fonction «rcorr» du package « Hmisc » en utilisant rho et les probabilités par paire corrigées par l'inférence multiple à l'aide de la méthode de Holm (Seep.adjust). La représentation graphique de la matrice des corrélations a été faite avec le package « corrplot ».

Le test de comparaison de moyenne entre la matrice des écosystèmes du PNR Scarpe-Escaut et celle de la Région Hauts-de-France a été réalisé en utilisant le package «Deducer» 0.7-9 et avec la p-value du test perm.t.test (données non appariées non normales avec des variances homogènes). Les tests ont été effectués sur l'ensemble des données soit les 30 matrices des participants de la Région Hauts-de-France et les 17 matrices des participants du PNR-SE.

3. Résultats

3.1. Atelier de septembre

L'atelier a eu lieu le 21 septembre 2017 au centre de formation du Paraclet, à Fouencamps. Il a été animé par Sylvie Campagne et Philip Roche de l'IRSTEA et Coline Grabinski de la DREAL Hauts-de-France.



Figure 5 : Photographie prise lors de l'atelier à Fouencamps le 21 septembre 2017

L'atelier s'est déroulé sur la journée entière. Le matin a été consacré aux présentations des définitions, de l'étude, de la méthode et de la liste des services écosystémiques et des écosystèmes. Durant l'après-midi, les participants ont eu l'opportunité de commencer le remplissage individuel de la matrice et d'échanger sur les questions, problèmes et limites mises en avant.

L'atelier a réuni 35 participants de divers organismes (Figure 5). Pour les personnes n'ayant pas pu assister à l'atelier, des entretiens individuels ont eu lieu avec les mêmes présentations que l'atelier.

2.1. Matrice des écosystèmes

La matrice est constituée de 25 services écosystémiques et de 45 écosystèmes soit de 1125 scores. En tout 30 matrices (Tableau 3) ont été constituées par 33 personnes. D'après le retour des personnes, le temps nécessaire pour remplir la matrice est d'environ 3-4 heures. La matrice P13 a été remplie par 2 personnes et la matrice P27 (Tableau 3) a été remplie par 3 personnes. Les caractéristiques des personnes ayant rempli les mêmes matrices sont similaires et comme ces 2 matrices ont été remplies en consensus, nous considérons donc 30 matrices et parlerons dans la suite du rapport de 30 participants.

Les résultats issus d'une étude réalisée en 2017 ont permis de montrer que le nombre d'experts nécessaire pour obtenir une matrice des capacités avec des scores de capacité robustes nécessite un minimum de 15 personnes (Campagne *et al.* 2017). Dans l'étude régionale, avec 30 participants, le nombre d'experts nécessaire est atteint comme nous le confirme la Figure 6 dont on remarque que le plateau de moyenne basse de la variabilité est atteint à partir de 15 participants. Dans le panel d'experts, l'égalité homme-femme est assez bien représentée avec 46% de femmes. Les expertises liées aux différentes échelles sont représentées avec, entre 16 et 21 experts ayant une expertise par département et 10 avec une expertise à l'échelle de la région.

Les expertises liées aux grands types d'écosystèmes sont sous-représentées pour les écosystèmes marins et littoraux ainsi que pour les écosystèmes urbains avec respectivement 11 et 12 experts contre 19,5 en moyenne pour les autres grands types d'écosystèmes. 6 participants se placent comme experts généralistes de tous les grands types d'écosystèmes. Les types d'activité(s) des experts mobilisés sont divers avec 11 décisionnaires, 8 gestionnaires, 13 experts naturalistes et 5 participants de bureaux d'études.

Tableau 3 : Détails des 30 participants

			Département(s) d'expertises					Écosystèmes d'expertises					Types d'expertises*			
Organisme	Fonction	Sexe	Aisne (02)	Nord (59)	Oise (60)	Pas-de-Calais (62)	Somme (80)	Écosystèmes marins et littoraux	Écosystèmes agricoles	Écosystèmes aquatiques	Écosystèmes forestiers	Écosystèmes urbains	Décisionnaires	Gestionnaires	Experts naturalistes	Bureau étude
P1	DREAL Hauts-de-France	Instructrice CITES					x	x	x	x	x	x	x			
P2	CSRPN	Membre - Ornithologue		x		x		x	x	x	x				x	
P3	ORB HdF	Chargé de mission scientifique	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x
P4	CEN Picardie	Directeur adjoint – responsable scientifique	x		x		x	x	x	x	x			x		
P5	DREAL Hauts-de-France	Chargé de mission eaux souterraines, captages, pollutions diffuses, SAGE, sécheresse	x	x	x	x				x				x		
P6	CPIE Val d'Authie	Responsable secteur "études et accompagnement des territoires : aménagements et attractivité"		x		x			x	x	x	x		x		x
P7	Écosphère	Chargé d'études flore et phyto-écologie	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x	x
P8	Écosphère	Directeur Qualité & Développement	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
P9	DREAL Hauts-de-France	Réfèrent Assainissement - Gestionnaire de données Eaux	x	x	x	x	x			x				x		
P10	BS3V, futur PNR Baie de Somme Picardie Maritime	Chargé de mission Biodiversité, Agriculture, Eau			x		x		x						x	
P11	Picardie Nature	Chargée d'études faune	x		x		x		x		x				x	
P12	CBNBL	Chargé de mission		x		x		x	x	x	x	x			x	
P13	EPTB Somme Ameva	Chargée d'études de programmation de travaux sur les cours d'eau	x		x		x			x						x
P14	CNPF	Ingénieur forestier	x	x	x	x	x				x		x			
P15	DREAL Hauts-de-France	Chargé de mission stratégie foncière	x	x	x	x	x				x		x			
P16	DREAL Hauts-de-France	Chargé de mission TVB et planification			x		x			x	x			x		
P17	Parc naturel régional de l'Avesnois	Chargé de mission "Patrimoine naturel et biodiversité"		x					x	x	x	x			x	
P18	Fédération régionale des chasseurs des Hauts de France	Chargé de mission				x	x	x	x	x				x	x	
P19	ONF	Responsable du service Environnement et Accueil du public	x		x		x				x			x		
P20	FDAAPPMA 80	Chargé d'études					x			x					x	
P21	Picardie Nature	Chargé d'études faune	x				x		x		x	x			x	
P22	DREAL Hauts-de-France	Chargé de mission Natura 2000	x	x	x	x	x	x			x		x	x		
P23	Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage	Chargée d'Études et de développement	x	x	x	x	x	x	x		x				x	
P24	AR HDF et UFBAP *	Coordinatrice territoriale	x	x	x	x	x			x				x		
P25	Conseil Régional des Hauts-de-France	Chargé de Mission		x		x			x	x	x	x	x		x	
P26	DREAL Hauts-de-France	Chargée de mission protection de la biodiversité		x	x	x	x		x		x	x	x			
P27	GON	Président, Directeur et Chargé d'étude		x		x		x	x	x	x	x			x	
P28	DREAL Hauts-de-France	Chargée de mission des risques littoraux				x		x						x		
P29	AFB	Technicienne Appui Technique aux politiques de l'Eau	x	x	x	x	x			x			x			
P30	DDT 60	Chargé de mission Nature et Biodiversité			x				x	x	x	x	x			
Total			16	18	19	19	21	11	18	20	21	12	11	8	13	5

* AR HDF = Association Régionale des fédérations départementales pour la pêche et la protection des milieux aquatiques des Hauts-De-France UFBAP = Union des Fédérations départementales pour la pêche et la protection des milieux aquatiques du Bassin Artois-Picardie

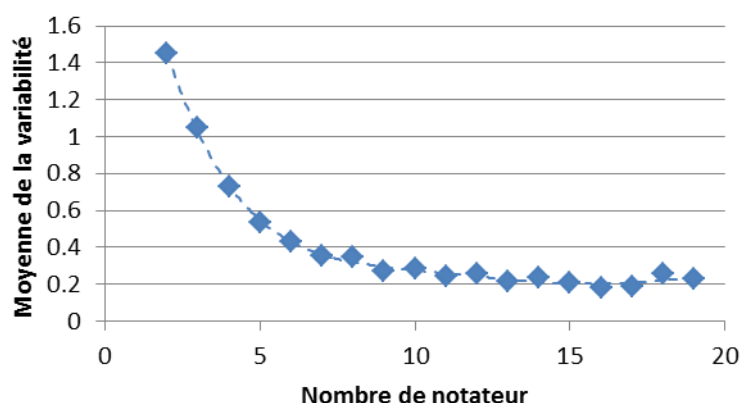


Figure 6 : Effet de la taille du panel d'experts (nombre de participants) sur la variation (écart-type) des moyennes des scores moyens de la matrice des écosystèmes Hauts-de-France (par rééchantillonnage statistique du tableau de données)

Comment interpréter exhaustivement les résultats de la matrice ?

Il faut considérer plusieurs éléments : **les scores, l'erreur standard, l'indice de confiance et l'indice d'accord inter-évaluateurs (ICC).**

Les scores représentent la capacité de l'écosystème à produire le service écosystémique ; ce sont les valeurs dans le Tableau 4 et la taille des points dans le Tableau 5. Les scores sont les résultats principaux. Les autres valeurs sont des données complémentaires aux scores qu'il convient de considérer lors des analyses et interprétations des résultats.

L'erreur standard d'un score illustre la variabilité des scores entre les différents participants soit la divergence de représentation de la capacité. Elle est illustrée par la couleur des points dans le Tableau 5. L'indice de confiance est l'aisance du participant dans son score et est présentée pour chaque écosystème et chaque service par des ronds vert, jaune ou rouge dans le Tableau 5. L'erreur standard est une estimation de la variabilité entre les participants et l'indice de confiance de la variabilité au sein de chaque participant.

L'ICC complète la variabilité des scores en identifiant les SE sur lesquels les différents experts ne sont pas d'accord. Les indices d'accord inter-évaluateurs permettent d'identifier les SE qui nécessitent plus d'attention.

La matrice des capacités de la Région Hauts-de-France est présentée dans le Tableau 4 avec les scores moyens bootstrappés. Le Tableau 5 présente sous forme graphique les scores médians (taille des points), les erreurs standards (valeurs en Annexe 3 et couleur des points dans le Tableau 5) et la moyenne des indices de confiance pour chaque écosystème et chaque service par des ronds vert, jaune ou rouge dans le Tableau 5). Les ICC sont présentés en Annexe 4.

Les résultats sur la Région Hauts-de-France donnent un score moyen de tous les écosystèmes pour tous les services de 1,93 (sur une échelle de 0 à 5), une erreur standard moyenne de 0,23, un indice de confiance moyen à 2,03 (« plutôt à l'aise ») et un ICC moyen à 0,37 soit un accord général faible. Les erreurs standards sont majoritairement homogènes entre les écosystèmes et les services. Des valeurs légèrement plus faibles sont obtenues pour les écosystèmes urbains et plus fortes pour « Cultures » H15 et « Maintien de la qualité du sol » SR7 à 1,06. Les indices de confiance sont hétérogènes entre les types d'écosystèmes et les types de services en variant entre 1,33 et 2,50. Les ICC sont les plus faibles pour « Ressource secondaire pour l'agriculture/alimentation indirecte » SA7 et « Composées et matériel génétique des êtres vivants » SA8 avec respectivement 0.026 et 0.186 et avec un maximum pour « Régulation du climat et de la composition atmosphérique » SR1 à 0.514.

Tableau 4 : Matrice des capacités en services écosystémiques de la région Hauts-de-France. Valeurs moyennes bootstrappées.

			Services de régulation et d'entretien											Services d'approvisionnement									Services culturels				
			Régulation du climat et de la composition atmosphérique	Régulation des animaux vecteurs de maladies pour	Régulation des ravageurs	Offre d'habitat, de refuge et de	Pollinisation et dispersion des	Maintien de la qualité des eaux	Maintien de la qualité du sol	Contrôle de l'érosion	Protection contre les tempêtes	Régulation des inondations et des crues	Limitation des nuisances visuelles, olfactives et sonores	Production végétale alimentaire cultivée	Production animale alimentaire	Ressource végétale et fongique alimentaire sauvage	Ressource animale alimentaire sauvage	Eau douce	Matériaux et fibres	Ressource secondaire pour l'agriculture/ alimentation	Composées et matériel génétique des êtres vivants	Biomasse à vocation	Emblème ou symbole	Héritage (passé et futur) et	Esthétique	Activités récréatives	Connaissance et éducation
	Code	ÉCOSYSTÈME	SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7	SR8	SR9	SR10	SR11	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	SA6	SA7	SA8	SA9	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5
Écosystèmes aquatiques	H01	Eaux douces	2.8	1.4	1.4	4.0	1.7	2.2	1.3	0.8	0.3	2.7	1.4	0.7	2.7	1.2	4.0	4.4	0.5	1.1	2.4	0.4	3.4	3.8	3.9	4.2	3.8
	H02	Fonds ou rivages des plans d'eau non végétalisés	0.9	1.2	1.0	2.5	0.6	1.8	1.0	0.4	0.1	1.0	0.6	0.2	0.7	0.2	1.3	1.6	0.4	0.4	1.4	0.1	0.9	1.4	1.6	1.3	1.9
	H03	Végétations aquatiques	2.2	1.2	1.2	4.0	1.7	3.5	2.1	1.8	0.2	1.6	1.5	0.2	0.7	0.9	2.2	1.7	1.0	1.1	2.7	0.8	1.9	2.3	3.0	1.3	2.8
	H04	Eaux courantes	2.7	2.1	1.6	3.5	3.0	2.9	1.3	0.6	0.3	2.0	1.7	0.7	2.0	0.9	4.0	4.5	0.3	1.0	2.1	0.9	3.6	3.7	4.1	4.2	3.8
	H05	Végétations immergées	2.2	1.3	1.3	3.9	1.4	3.6	2.2	2.0	0.4	1.6	1.4	0.3	0.7	0.8	2.3	1.7	1.1	1.0	2.6	0.8	1.7	2.2	2.2	0.9	2.7
	H06	Végétations de ceinture des bords des eaux	2.7	1.3	1.7	4.3	2.8	4.1	3.3	3.8	1.1	3.0	2.2	0.6	0.9	1.3	2.4	1.9	2.0	1.6	2.6	1.6	2.7	2.9	3.3	1.7	3.1
	H07	Bas marais, tourbières de transition, sources	3.0	0.9	1.6	4.1	2.8	4.0	3.6	3.0	0.8	4.1	1.9	0.7	1.1	1.6	2.7	3.1	1.8	1.8	3.2	2.6	3.5	4.1	3.7	2.5	3.9
Écosystèmes agricoles	H08	Steppes et prairies calcaires sèches	1.7	2.4	2.5	3.2	3.3	2.0	2.8	2.6	0.5	1.4	1.2	0.4	2.1	1.3	1.9	1.0	1.2	2.0	2.7	0.8	2.9	3.1	3.4	2.0	3.1
	H09	Prairies acides et dunes fossiles	1.6	2.1	2.2	2.8	2.8	2.1	2.7	2.5	0.5	1.5	1.5	0.3	1.7	1.3	2.0	0.9	1.1	1.7	2.3	0.8	2.4	2.9	2.9	1.7	2.8
	H10	Lisières humides à grandes herbes	2.5	1.3	2.3	3.9	3.4	3.2	3.7	3.3	0.6	3.2	1.6	0.6	1.6	1.7	2.3	1.8	1.5	2.3	2.7	1.1	2.1	2.2	2.5	1.3	2.5
	H11	Prairies humides	2.8	1.4	2.4	3.8	3.4	3.9	3.7	3.4	0.5	4.0	1.4	0.9	3.5	2.3	2.6	2.3	1.7	3.1	3.1	1.2	3.2	3.5	3.5	2.1	3.4
	H12	Prairies mésophiles	2.3	1.9	2.3	3.1	3.3	2.9	3.2	3.3	0.4	2.6	1.3	0.8	3.8	2.2	2.4	1.6	1.7	3.5	2.6	1.0	2.0	2.4	2.7	1.9	2.5
	H13	Prairies à fourrage des plaines	2.2	2.0	2.3	2.8	3.0	2.3	2.9	3.1	0.4	2.3	1.1	1.1	3.5	1.8	2.6	1.4	1.8	4.3	2.1	1.5	2.2	2.3	2.5	1.5	2.2
	H14	Prairies améliorés	2.0	1.9	2.0	2.3	2.8	1.9	2.4	3.0	0.5	2.2	1.0	1.1	3.5	1.4	2.3	0.9	1.7	3.8	1.7	1.3	1.5	1.5	1.8	1.5	1.9
	H15	Cultures	1.6	1.9	0.6	2.1	1.9	0.8	1.1	1.3	0.5	1.5	0.7	4.8	1.7	0.6	2.8	0.7	3.6	4.0	1.8	3.5	2.2	1.8	1.6	1.6	2.4
	H16	Bandes enherbées	2.1	1.9	2.7	2.7	3.1	3.2	3.1	3.0	0.6	2.3	1.3	0.6	1.1	1.3	2.3	1.3	1.2	2.6	1.3	1.1	1.2	1.7	1.4	1.4	2.4
	H17a	Vergers	2.3	1.8	1.9	2.9	3.5	1.7	2.6	2.9	1.8	1.7	2.1	4.3	1.7	1.6	2.3	1.2	1.8	1.8	2.3	1.6	2.8	3.3	3.3	1.7	3.0
	H17b	Vignobles	1.6	1.7	1.5	1.5	2.1	1.0	1.6	1.8	1.1	1.1	1.5	4.5	0.5	0.8	1.7	0.7	1.4	1.4	1.8	1.1	3.3	3.3	3.0	1.5	2.8
Écosystèmes forestiers	H18	Landes	2.4	2.1	2.7	3.4	3.2	2.5	2.9	3.2	1.5	2.0	2.0	0.5	1.2	1.9	2.4	1.0	1.7	1.5	2.6	1.6	2.8	3.2	3.3	2.5	2.8
	H19	Fourrés	2.8	1.9	2.7	3.9	3.2	2.7	3.2	3.5	2.1	2.3	2.5	0.6	1.0	2.6	3.0	1.2	2.1	1.5	2.7	2.5	1.6	1.8	2.1	1.7	2.2
	H20	Forêts caducifoliées	4.6	1.6	2.6	4.4	3.3	3.6	4.2	4.3	3.7	3.1	4.0	0.5	0.6	3.8	3.8	2.0	3.9	1.7	3.7	4.5	3.9	4.1	4.2	4.3	4.2
	H21	Forêts riveraines, forêts et fourrés très humides	4.4	1.6	2.5	4.4	3.4	4.0	4.1	4.3	3.7	4.0	4.2	0.4	0.6	3.2	3.5	2.1	3.9	1.3	3.3	4.1	3.1	3.6	3.8	3.6	3.6
	H22	Plantations de feuillus et indéterminées	4.1	1.6	2.0	3.2	3.0	3.2	3.4	3.9	3.0	2.6	3.9	0.7	0.7	2.7	3.3	1.8	4.2	1.3	2.6	4.4	2.0	2.2	2.2	2.9	2.7
	H23	Plantations de conifères	3.8	1.8	2.0	2.9	2.6	2.7	2.7	3.6	3.1	2.5	3.8	0.3	0.3	2.5	2.7	1.5	4.2	0.9	2.5	4.3	1.9	1.9	2.3	3.1	2.7
	H24	Haies, alignements d'arbres	3.3	2.1	3.1	3.9	3.9	3.2	3.6	3.9	3.6	2.9	4.0	1.2	0.9	3.5	3.3	1.4	3.1	1.6	2.6	3.6	3.2	3.7	3.6	2.5	3.6

Écosystèmes urbains	H25	Parcs urbains et grands jardins	2.4	2.0	1.8	2.8	3.2	2.1	2.5	2.2	2.0	1.7	3.7	1.5	0.6	1.4	0.9	1.1	1.4	1.0	1.5	1.5	2.9	3.3	3.3	4.3	3.0
	H26	Prairies à métaux lourds	1.5	1.8	1.4	1.8	2.3	0.6	0.8	2.1	0.3	1.8	1.3	0.3	0.1	0.2	0.4	0.3	0.7	0.4	1.2	0.2	1.1	1.2	1.2	0.7	2.0
	H27	Espaces bâtis et urbains diffus	0.1	2.1	1.3	1.4	0.8	0.1	0.1	0.3	1.1	0.1	0.3	0.5	0.5	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.4	2.4	2.2	2.3	2.3	1.8
	H28	Carrières en activité	0.3	1.6	1.0	0.9	0.6	0.3	0.3	0.2	0.1	0.8	0.2	0.1	0.1	0.1	0.4	0.4	1.6	0.2	0.4	0.3	0.6	0.6	0.4	0.2	1.4
	H29	Carrières abandonnées	1.4	1.4	1.6	2.9	2.1	1.3	1.1	1.1	0.5	1.7	1.5	0.2	0.3	1.2	1.7	1.5	0.7	0.7	1.3	0.6	1.6	1.7	1.5	1.8	2.5
	H30	Terrils	1.1	1.6	1.5	2.6	2.2	0.5	0.7	0.8	0.9	0.3	1.1	0.3	0.4	0.8	1.3	0.4	1.0	0.7	1.7	1.1	4.0	3.9	2.8	2.7	3.5
	H31	Voies de chemin de fer, friches et abords de voies de communication	0.9	1.6	1.6	2.0	2.3	0.8	0.6	1.2	0.7	0.5	0.7	0.2	0.2	1.2	1.1	0.3	0.7	0.6	1.1	1.1	0.9	1.1	0.4	0.7	1.2
	H32	Lagunes et réservoirs industriels	0.8	0.8	0.9	1.8	1.0	0.9	0.5	0.7	0.2	1.8	0.4	0.2	0.2	0.4	0.9	2.0	0.2	0.2	0.7	0.2	0.7	0.7	0.4	0.4	1.2
	H33	Réseaux routiers et ferroviaires	0.0	1.6	0.8	0.3	0.7	0.0	0.0	0.2	0.0	0.3	0.1	0.2	0.2	-	0.3	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.4	0.6	0.3	0.6	0.7
Écosystèmes marins et littoraux	H34a	Mers et océans - Graveleux	3.7	1.7	0.7	3.4	1.0	2.2	0.6	0.6	0.2	0.9	1.8	0.4	2.2	1.6	4.3	1.4	1.0	0.8	3.2	0.9	3.7	3.4	4.3	4.2	4.0
	H34b	Mers et océans - Sableux	4.0	1.8	0.9	3.5	1.1	2.2	0.6	0.6	0.3	1.0	2.0	0.2	2.3	1.5	4.3	1.6	1.1	0.6	3.2	0.8	3.9	3.4	4.3	4.3	4.1
	H34c	Récifs	2.5	1.9	0.6	4.0	0.6	2.1	0.8	1.1	1.1	0.3	1.3	0.2	1.1	1.3	3.7	0.4	0.5	0.3	3.1	0.3	3.6	3.7	4.1	3.2	4.2
	H35	Estuaires, fleuves et rivières soumis à marées (colonne d'eau)	3.3	1.7	1.1	4.0	2.0	2.5	1.5	1.1	0.6	1.7	1.6	0.4	1.6	1.7	4.0	1.5	0.8	1.0	2.9	0.8	3.9	3.7	4.3	3.8	4.1
	H36	Écosystèmes côtiers soumis à marées	2.4	1.5	1.0	3.9	2.1	2.4	1.8	1.9	0.9	1.5	1.5	0.9	1.9	2.5	3.9	0.8	1.1	0.9	2.8	0.6	3.4	3.6	4.1	3.9	4.0
	H37	Dépressions humides dunaires	1.9	1.3	1.1	3.4	1.8	2.3	1.5	1.6	0.5	1.7	1.4	0.3	0.6	1.1	2.0	1.3	0.6	0.5	2.3	0.4	3.0	2.9	3.4	2.7	3.3
	H38	Plages de sables	0.5	1.8	0.7	2.2	0.6	1.4	0.8	1.0	0.6	0.5	1.3	0.1	0.2	0.5	1.6	0.2	1.6	0.3	1.3	0.4	3.6	3.8	4.1	4.5	3.0
	H39	Plages de galets	0.5	1.8	0.6	2.2	0.7	1.2	0.9	1.3	0.6	0.6	1.3	0.1	0.2	0.5	1.5	0.2	1.8	0.2	1.3	0.3	3.4	3.6	4.0	4.2	3.0
	H40	Côtes rocheuses et falaises	0.9	1.9	0.9	3.4	1.5	1.3	1.0	1.6	2.2	0.7	1.9	0.2	0.2	0.6	1.7	0.6	1.1	0.3	1.9	0.3	4.2	4.1	4.6	3.5	3.5
	H41	Dunes blanches et grises	1.0	1.7	1.2	2.9	1.9	1.5	1.4	2.1	2.5	1.3	2.2	0.3	0.4	1.0	1.8	0.6	1.0	0.4	1.9	0.6	3.7	3.7	4.1	3.5	3.5
	H42	Dunes arbustives et arborées	2.7	1.4	1.5	3.4	2.6	2.1	2.1	2.7	3.0	1.7	2.9	0.5	0.6	1.5	2.1	0.8	1.6	1.0	2.1	1.5	3.4	3.5	3.7	3.0	3.2
			SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7	SR8	SR9	SR10	SR11	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	SA6	SA7	SA8	SA9	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5

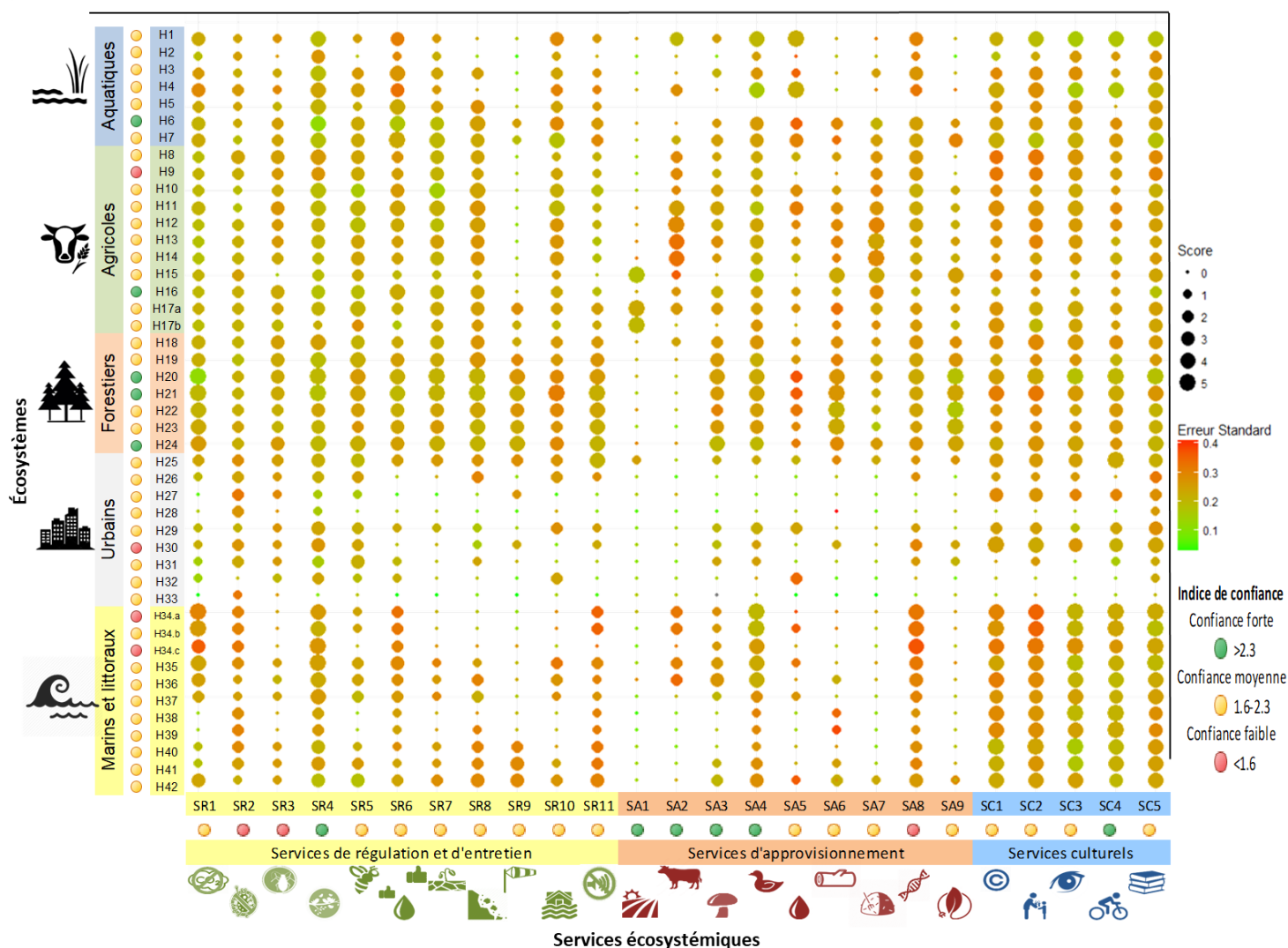


Tableau 5 : résultats de la matrice avec les scores médians, l'écart type et les indices de confiance

Les écosystèmes

D'après les résultats à dire d'experts, l'ensemble des écosystèmes de la région Hauts-de-France ont une capacité potentielle modérée à produire des services d'approvisionnement (moyenne de tous les SA à 2.0), faible à produire des services de régulation (moyenne de tous les SR à 1.5) et moyenne à produire des services culturels (moyenne de tous les SC à 2.7). Ce sont les écosystèmes forestiers qui rendent le plus de services et les écosystèmes urbains le moins.

Les écosystèmes aquatiques ont une capacité potentielle plus élevée à produire des services culturels (moyenne 2,8), le score le plus élevé est pour SR4 à 3,7 et les scores les plus faibles pour SR9 à 0,4 et SA1 à 0,5.

L'écosystème H1 « Eaux douces » a une capacité potentielle forte à produire des services culturels (moyenne de 3.8) et ses capacités potentielles les plus basses (inférieur à 1) sont pour les services SR8, SR9, SA1, SA6 et SA9.

L'écosystème H2 « Fonds ou rivages des plans d'eau non végétalisés » a une capacité potentielle générale faible (moyenne de 1.0) et un score le plus élevé pour SR4 à 2 ,5.

L'écosystème H3 « Végétations aquatiques » a une capacité potentielle générale assez modérée (moyenne de 1.7) avec des maxima pour SR4 à 4,0 et SC3 à 3,0 et des minima à SR9 à 0,2 et SA1 à 0,2.

L'écosystème H4 « Eaux courantes » a une capacité potentielle générale forte à produire des services culturels (moyenne à 3,8) et ses capacités potentielles les plus basses (inférieur à 1) sont pour les services SR8, SR9, SA1, SA3 SA6 et SA9.

L'écosystème H5 « Végétations immergées » a une capacité potentielle générale assez modérée (moyenne de 1,7) avec des maxima pour SR4 à 3,9 et SC3 à 3,0 et des minima à SR9 à 0,2 et SA1 à 0,2.

L'écosystème H6 « Végétations de ceinture des bords des eaux » a une capacité potentielle générale modérée à produire des services écosystémiques (moyenne de 2,4) avec des maximums pour SR4 à 4,3 et SR6 à 4,1 et des minimums à SA1 à 0,6 et SA2 à 0,9.

L'écosystème H7 « Bas marais, tourbières de transition, sources » a une capacité potentielle générale forte à produire des services culturels (moyenne à 3,5) et ses capacités potentielles les plus basses (inférieur à 1) sont pour les services SR2, SR9 et SA1.

Les écosystèmes agricoles ont des scores moyens modérés (moyennes pour SA, SR et SC respectivement de 2,1 ; 1,9 et 2,4). Le score le plus faible des écosystèmes agricoles est pour SR9 à 0,7 et le plus fort pour SR5 avec 3,0.

L'écosystème H8 « Steppes et prairies calcaires sèches » a une capacité potentielle générale à produire des services écosystémiques modérée (moyenne de 2,1) avec des maximums pour SR4 à 3,2, SR5 à 3,3 et SC2 et SC3 à 3,1 et des minimums à SR9 à 0,5 et SA1 à 0,4.

L'écosystème H9 « Prairies acides et dunes fossiles » a une capacité potentielle générale à produire des services écosystémiques modérée (moyenne de 1,9) avec aucun score supérieur à 3 et des minimums à SR9 à 0,5 et SA1 à 0,3.

L'écosystème H10 « Lisières humides à grandes herbes » a une capacité potentielle générale à produire des services écosystémiques modérée (moyenne de 2,2) avec des scores plus élevés pour les services de régulation (moyenne de 2,6) et ses capacités potentielles les plus basses (inférieur à 1) à SR9 et SA1 à 0,6.

L'écosystème H11 « Prairies humides » est l'écosystème agricole qui fournit le plus de services (moyenne de 2,7) avec une capacité potentielle générale élevée à produire des services culturels et des services d'approvisionnement (respectivement à 3,1 et 2,8).

L'écosystème H12 « Prairies mésophiles » a une capacité potentielle générale à produire des services écosystémiques modérée (moyenne de tous les services à 2,3) avec des scores les plus élevés pour SA2 à 3,8 et SA7 à 3,5 et ses capacités potentielles les plus basses (inférieur à 1) à SR9 à 0,4 et SA1 à 0,8.

L'écosystème H13 « Prairies à fourrage des plaines » a une capacité potentielle générale à produire des services écosystémiques modérée (moyenne de tous les services à 2,2) avec des scores les plus élevés pour SA2 à 3,5 et SA7 à 4,3 et ses capacités potentielles les plus basses (inférieur à 1) à SR9 à 0,4 et SR11 et SA1 à 1,1.

L'écosystème H14 « Prairies améliorés » a une capacité potentielle générale à produire des services écosystémiques modérée (moyenne de tous les services à 1,9) avec des scores les plus élevés pour SA2 à 3,5 et SA7 à 3,8 et ses capacités potentielles les plus basses (inférieur à 1) à SR9 à 0,5 et SR11 à 1,1.

L'écosystème H15 « Cultures » a une plus grande capacité potentielle à produire des services d'approvisionnement (moyenne des SA à 2,6). Ses scores les plus élevés sont SA1 à 4,8 et SA7 à 4,0 et ses scores les plus bas pour SR3 à 0,6, SR9 à 0,5 et SA3 à 0,6.

L'écosystème H16 « Bandes enherbées » a une capacité potentielle générale à produire des services écosystémiques modérée (moyenne de tous les services à 1,9) avec des maximums pour SR5, SR6, SR7 et SR8 (avec respectivement 3,1 ; 3,2 ; 3,1 et 3,0) et un minimum à SR9 SA1 à 0,6.

L'écosystème H17a « Vergers » a une plus grande capacité potentielle à produire des services culturels (moyenne des SC à 2,8), ses scores les plus élevés sont SR5 à 3,5 et SA1 à 4,3 et il possède la capacité la plus élevée des écosystèmes agricoles à fournir SR9 avec un score à 1,8.

L'écosystème H17b « Vignobles » a une plus grande capacité potentielle à produire des services culturels (moyenne des SC à 2,8), son score le plus élevé est SA1 avec 4,5 et ses scores les plus faibles sont SA2 à 0,5, SA3 à 0,8 et SA5 à 0,7.

Les écosystèmes forestiers sont les écosystèmes rendant le plus de service avec des capacités potentielles à produire les SR, SA et SC à 3,1 ; 2,2 et 2,9. Les scores les plus élevés pour les écosystèmes forestiers sont pour SR4 à 3,7 et SR8 à 3,8. Les scores les plus faibles sont pour SA1 à 0,6 et SA2 à 0,8.

L'écosystème H18 « Landes » a une capacité potentielle générale à produire des services écosystémiques modérée (moyenne de tous les services 2,3) avec des scores au-dessus de 3 pour SR4, SR5, SR8, SC2 et SC3 et un score inférieur à 1 pour SA1 (à 0,5).

L'écosystème H19 « Fourrés » a une capacité potentielle générale à produire des services écosystémiques modérée (moyenne de tous les services 2,3) avec des scores au-dessus de 3 pour SR4, SR5, SR7, SR8 et SA4 et un score inférieur à 1 pour SA1 (à 0,5).

L'écosystème H20 « Forêts caducifoliées » est l'écosystème qui rend le plus de services avec un score moyen à 3,4. Ses scores en dessous de 2 sont SR2 à 1,6, SA1 à 0,5, SA2 à 0,6 et SA7 à 1,7.

L'écosystème H21 « Forêts riveraines, forêts et fourrés très humides » est le deuxième écosystème rendant le plus de services avec un score moyen à 3,2. Ses scores en dessous de 2 sont SR2 à 1,6, SA1 à 0,4, SA2 à 0,6 et SA7 à 1,3.

L'écosystème H22 « Plantations de feuillus et indéterminées » a une capacité potentielle générale à produire des services écosystémiques (moyenne de tous les services 2,7). Ses scores en dessous de 2 sont SR2 à 1,6, SA1 et SA2 à 0,7, SA5 à 1,8 et SA7 à 1,3.

L'écosystème H23 « Plantations de conifères » a une capacité potentielle générale élevée à produire des services écosystémiques (moyenne de tous les services à 2,5) avec des maximums pour SA6 à 4,2 et SA9 à 4,3 et des minimums à SA1 et SA2 à 0,3.

L'écosystème H24 « Haies, alignements d'arbres » est le troisième écosystème rendant le plus de services avec un score moyen à 3,0. Ses scores en dessous de 2 sont SA1 à 1,2, SA2 à 0,9, SA5 à 1,4 et SA7 à 1,6.

Les écosystèmes urbains sont les écosystèmes rendant le moins de services, particulièrement les services de régulation (moyenne des SR à 0,6).

L'écosystème H25 « Parcs urbains et grands jardins » est l'écosystème qui rend le plus de service au sein des écosystèmes urbains (moyenne de tous les services à 2,2). Il fournit particulièrement des services culturels (moyenne des SR à 3,4). Ses scores en dessous de 1 sont pour SA2 à 0,6 et SA4 à 0,9.

L'écosystème H26 « Prairies à métaux lourds » a une capacité potentielle générale faible (moyenne de tous les services à 1,0) avec un score le plus élevé pour SR5 à 2,3.

L'écosystème H27 « Espaces bâtis et urbains diffus » a une capacité potentielle générale très faible (moyenne de tous les services à 0,9) avec des scores les plus élevés pour les services culturels (moyenne de SC à 2,2).

L'écosystème H28 « Carrières en activité » a une capacité potentielle générale très faible (moyenne de tous les services à 0,5) avec des scores supérieurs à 1 pour SR2 à 1,6, SA5 à 1,6 et SC5 à 1,4.

L'écosystème H29 « Carrières abandonnées » a une capacité potentielle générale faible (moyenne de tous les services à 1,3) avec des scores les plus élevés pour SR4 à 2,9, SR5 à 2,1 et SC5 à 2,5.

L'écosystème H30 « Terrils » a une capacité potentielle générale faible (moyenne de tous les services à 1,5) et des scores élevés pour les services culturels (moyenne des SC à 3,4) et pour SR4 à 2,6.

L'écosystème H31 « Voies de chemin de fer, friches et abords de voies de communication » a une capacité potentielle générale très faible (moyenne de tous les services à 0,9) avec des scores supérieurs à 2 pour SR4 à 2,0 et SR5 à 2,3.

L'écosystème H32 « Lagunes et réservoirs industriels » a une capacité potentielle générale très faible (moyenne de tous les services à 0,7) avec des scores les plus élevés pour SR4 à 1,8 et SR10 à 1,8 et SA4 à 2,0.

L'écosystème H33 « Réseaux routiers et ferroviaires » est l'écosystème rendant le moins de services avec une capacité nulle ou très faible générale (moyenne à 0,3). Le seul score au-dessus de 1 est SR2 à 1,6.

Les écosystèmes marins et littoraux sont les écosystèmes rendant le plus les services culturels (moyenne des SC à 3,7). Ils ont une forte capacité potentielle à produire SR4 (score à 3,3) et des capacités potentielles faibles à produire SR3 (à 0,9), SA1 (à 0,3), SA5 (0,9), SA7 (à 0,6) et SA9 (à 0,6).

L'écosystème H34.a « Mers et océans – Graveleux » a une forte capacité potentielle à produire des services culturels (moyenne des SC à 3,9). Ses scores les plus élevés sont (en dehors de ses scores pour les services culturels tous supérieurs à 3) SR1 à 3,7, SR4 à 3,4, SA4 à 4,3 et SA8 à 3,2 et ses scores les plus faibles sont SR9 à 0,2 et SA1 à 0,4.

L'écosystème H34.b « Mers et océans – Sableux » a une forte capacité potentielle à produire des services culturels (moyenne des SC à 4,0). Ses scores les plus élevés sont (en dehors de ses scores pour les services culturels tous supérieurs à 3) SR1 à 4,0, SR4 à 3,5, SA4 à 4,3 et SA8 à 3,2 et ses scores les plus faibles sont SR9 à 0,3 et SA1 à 0,2.

L'écosystème H34.c « Récifs » a une forte capacité potentielle à produire des services culturels (moyenne des SC à 3,8). Ses scores les plus élevés sont (en dehors de ses scores pour les services culturels tous supérieurs à 3) SR4 à 4,0, SA4 à 3,7 et SA8 à 3,1 et ses scores les plus faibles sont SR10 à 0,3, SA1 à 0,2, SA7 et SA9 à 0,3.

L'écosystème H35 « Estuaires, fleuves et rivières soumis à marées (colonne d'eau) » a une forte capacité potentielle à produire des services culturels (moyenne des SC à 4,0). Ses scores les plus élevés sont (en dehors de ses scores pour les services culturels tous supérieurs à 3) SR1 à 3,3, SR4 à 4,0 et SA4 à 4,0 et ses scores les plus faibles sont SR9 à 0,6 et SA1 à 0,4.

L'écosystème H36 « Écosystèmes côtiers soumis à marées » a une forte capacité potentielle à produire des services culturels (moyenne des SC à 3,8). Ses scores les plus élevés sont (en dehors de ses scores pour les services culturels tous supérieurs à 3) SR4 à 3,9 et SA4 à 3,9 et ses scores les plus faibles sont SA5 à 0,8 et SA9 à 0,6.

L'écosystème H37 « Dépressions humides dunaires » a une capacité potentielle élevée à produire des services culturels (moyenne des SC à 3,1). Ses scores les plus élevés sont SR4 à 3,4 et SC3 à 3,4 et ses scores inférieurs à 1 sont pour produire SR9, SA2, SA6, SA7 et SA9.

L'écosystème H38 « Plages de sables » a une forte capacité potentielle à produire des services culturels (moyenne des SC à 3,8) et une faible capacité potentielle à produire des services d'approvisionnement (moyenne des SA à 0,7).

L'écosystème H39 « Plages de galets » a une forte capacité potentielle à produire des services culturels (moyenne des SC à 3,6) et une faible capacité potentielle à produire des services d'approvisionnement (moyenne des SA à 0,7).

L'écosystème H40 « Côtes rocheuses et falaises » a une forte capacité potentielle à produire des services culturels (moyenne des SC à 4,0) et une faible capacité potentielle à produire des services d'approvisionnement (moyenne des SA à 0,8).

L'écosystème H41 « Dunes blanches et grises » a une forte capacité potentielle à produire des services culturels (moyenne des SC à 3,7) et une faible capacité potentielle à produire des services d'approvisionnement (moyenne des SA à 0,9).

L'écosystème H42 « Dunes arbustives et arborées » a une forte capacité potentielle à produire des services culturels (moyenne des SC à 3,4). Ses scores les plus élevés sont (en dehors de ses scores pour les services culturels tous supérieurs à 3) SR4 à 3,4 et SR9 à 3,0 et ses scores les plus faibles sont SA1 à 0,5 et SA2 à 0,6.

Les services

Les résultats qui viennent d'être présentés pour les écosystèmes ne prennent en compte que le score final de la matrice des écosystèmes. Cependant, il convient de prendre en compte les valeurs associées aux scores soit l'erreur standard, l'indice de confiance et l'ICC. La matrice faisant 1125 scores, sont détaillés ici les résultats uniquement pour 8 services écosystémiques sélectionnés par la DREAL Hauts-de-France en fonction de leur intérêt.

Le service « Maintien qualité eaux » SR6 présente un ICC faible (0,35) et un indice de confiance moyen de 2,3. Avec une erreur standard de 0.23, son score moyen est de 2,1 et a des scores forts pour les écosystèmes aquatiques (scores moyens à 3,2) et forestiers (scores moyens à 3,1).

Le service « Contrôle de l'érosion » SR8 présente un ICC faible (0,24), un indice de confiance moyen avec 2,2 et un score moyen de 2,1 avec une erreur standard de 0.23. Il présente de forts scores pour les écosystèmes forestiers (scores moyens de 3,8).

Le service « Régulation des inondations » SR10 présente un ICC faible (0,34) et un indice de confiance moyen avec 2,3. Avec une erreur standard de 0.24, son score moyen est de 1,8 et ses scores les plus forts sont pour les écosystèmes forestiers (scores moyens à 2,8).

Le service « Eau douce » SA5 présente un ICC faible (0,34) et un indice de confiance moyen avec 2,2. Avec une erreur standard de 0.25, son score moyen est de 1,3 et ses scores les plus forts sont pour les écosystèmes aquatiques (scores moyens à 2,7).

Le service « Biomasse » SA9 présente un ICC faible (0,39) et un indice de confiance moyen avec 1,9. Avec une erreur standard de 0.22, son score moyen est de 1,3 et ses scores les plus forts sont pour les écosystèmes forestiers (scores moyens à 3,6).

Le service « Pollinisation » SR5 présente un ICC faible (0,29) et un indice de confiance moyen avec 2,1. Avec une erreur standard de 0.22, son score moyen est de 2,2 et ses scores sont forts pour les écosystèmes forestiers et agricoles (scores moyens à 3,2 et 3,0 respectivement).

Le service « Offre d'écosystèmes » SR4 présente un ICC faible (0,42) et un indice de confiance moyen avec 2,4. Avec une erreur standard de 0.23, son score moyen est de 3,0 et ses scores sont forts pour les écosystèmes forestiers et aquatiques (scores moyens à 3,7 pour les deux types d'écosystèmes).

Le service « Activités récréatives » SC4 présente un ICC faible (0,46) et un indice de confiance moyen avec 2,4. Avec une erreur standard de 0.23, son score moyen est de 2,4 et ses scores sont forts pour les écosystèmes marins et littoraux (scores moyens à 2,4).

2.2. Corrélations entre les services

Les services écosystémiques sont basés sur des processus et des fonctions faisant partie d'un écosystème global avec toute sa biodiversité et ses fonctions en interaction. Posséder des connaissances sur les interactions entre services est primordial pour la gestion des milieux afin de prédire les effets directs et indirects des options de gestion et d'aménagement lors des prises de décisions. Les services écosystémiques interagissent de manière spatio-temporelle au sein d'un territoire (Raudsepp-Hearne *et al.*, 2010). Il existe plusieurs types d'interactions : compromis, synergie et neutre. Les compromis sont des interactions antagonistes où l'augmentation d'un ou plusieurs services entraîne la réduction d'un autre service ou plusieurs autres services (Mouchet *et al.*, 2014b). Inversement, les synergies sont des associations positives de deux ou plusieurs services. Pour visualiser ces

interactions, il faut représenter simultanément plusieurs services écosystémiques. Dans l'idéal, il est souhaitable que l'évaluation de chacun des services provienne d'une même approche ou qu'ils soient évalués avec la même méthode ce qui est le cas avec la matrice des capacités (Campagne, 2018). Une analyse des corrélations a permis d'analyser les interactions entre les services.

Comment interpréter les corrélations entre services écosystémiques ?

Le coefficient de corrélation de Spearman indique la force de corrélation entre deux éléments. Les valeurs positives signifient une corrélation positive soit une synergie alors que les valeurs négatives signifient une corrélation négative soit un compromis. Les coefficients de corrélation sont généralement interprétés selon l'échelle suivante : 0 à 0,19 "très faible" ; 0,20 à 0,39 "faible" ; 0,40 à 0,59 "modéré" ; 0,60 à 0,79 "fort" et 0,80 à 1,0 "très fort". Les résultats de l'analyse des corrélations entre les services de la matrice des écosystèmes sont présentés en Figure 7 avec en bleu les corrélations positives et en rouge les corrélations négatives et la taille des points est en fonction de la valeur absolue des coefficients de corrélation correspondants (plus la corrélation est proche de 0, plus le point est petit). Le Tableau 6 présente les valeurs des coefficients de corrélation de Spearman et les p-values de corrélation corrigées avec la méthode de Holm. Les cellules des corrélations (parties basses de la matrice) tendent vers la couleur bleue lorsque la valeur du coefficient tend vers 1 et vers le rouge lorsque la valeur tend vers -1. Ces résultats sont significatifs lorsque la p-value est inférieure à 0,05, cellules en couleur pâle (parties hautes de la matrice dans le Tableau 6).

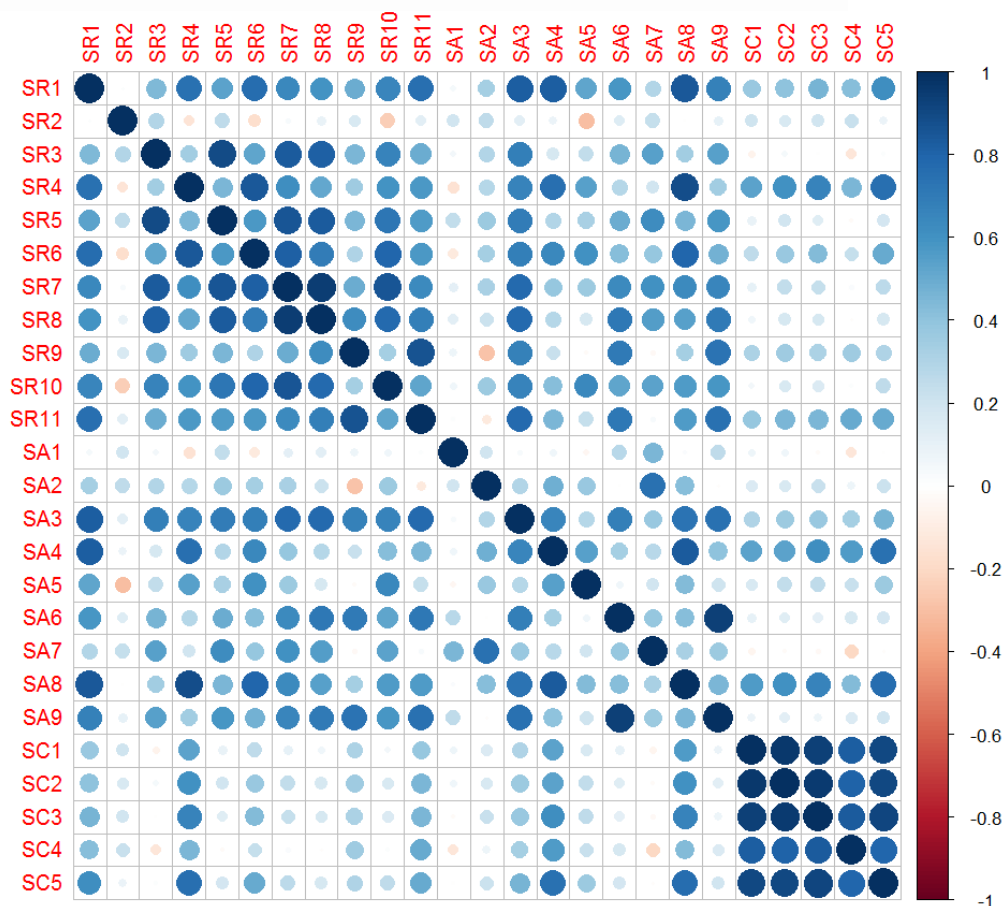


Figure 7 : Matrice des corrélations entre les services avec en bleu les corrélations positives et en rouge les corrélations négatives. La taille des points est fonction de la valeur absolue des coefficients de corrélation (plus la corrélation est proche de 0, plus le point est petit)

Les interactions sont majoritairement positives entre les services. Les synergies sont très fortes (> 0,80) et significatives au sein des services culturels. Les services de régulation présentent des synergies significativement modérées à très fortes sauf pour « Régulation des animaux vecteurs de maladies pour l'homme » SR2 qui montre, majoritairement, des corrélations très faibles ou faibles (< 0,30) non significative avec l'ensemble des services. De même « Protection contre les tempêtes » SR9 montre majoritairement des corrélations faibles ou modérées (< 0,60) avec l'ensemble des services. Les tendances dans les corrélations et leurs significativités sont ensuite spécifiques à un service et non à un type de services. Par exemple, on observe des synergies très fortes et significatives entre « Régulation du climat et de la composition atmosphérique » SR1, les services de production sauvage « Ressource végétale et fongique alimentaire sauvage » SA3 et « Ressource animale alimentaire sauvage » SA4.

De nombreuses corrélations spécifiques peuvent être observées dans la Figure 7 et le Tableau 6. Par exemple, une synergie forte et significative existe entre « Production animale alimentaire élevée » SA2 et « Ressource secondaire pour l'agriculture/ alimentation indirecte » SA7, ce que l'on peut interpréter due à la présence d'animaux sauvages dans les productions non intensives mais secondaires pour l'homme (lié aux espèces cultivées pour le fourrage par exemple).

Tableau 6 : Matrice des corrélations avec en bas les coefficients de corrélation de Spearman et en haut les p-value de corrélation corrigées avec la méthode de Holm.

Les cellules des corrélations tendent vers la couleur bleue lorsque la valeur tend vers 1 et vers le rouge lorsque la valeur tend vers -1 et les -values (partie supérieure de la matrice) sont en couleur pâle lorsque inférieure à 0,05 soit significative.

	Services de régulation et d'entretien											Services d'approvisionnement									Services culturels				
	Régulation du climat et de la composition atmosphérique	Régulation des animaux vecteurs de maladies pour l'homme	Régulation des ravageurs	Offre habitat, de refuge et de nursery	Pollinisation et dispersion des graines	Maintien de la qualité des eaux	Maintien de la qualité du sol	Contrôle de l'érosion	Protection contre les tempêtes	Régulation des inondations et des crues	Limitation des nuisances visuelles, olfactives et sonores	Production végétale alimentaire cultivée	Production animale alimentaire élevée	Ressource végétale et fongique alimentaire sauvage	Ressource animale alimentaire sauvage	Eau douce	Matériaux et fibres	Ressource secondaire pour l'agriculture/ alimentation indirecte	Composées et matériel génétique des êtres vivants	Biomasse à vocation énergétique	Emblème ou symbole	Héritage (passé et futur) et existence	Esthétique	Activités récréatives	Connaissance et éducation
	SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7	SR8	SR9	SR10	SR11	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	SA6	SA7	SA8	SA9	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5
SR1		1.00	0.39	<0.001	0.04	<0.001	0.00	0.01	1.00	0.00	<0.001	0.43	0.04	<0.001	<0.001	0.00	0.20	0.14	<0.001	0.00	1.00	1.00	0.35	0.35	0.00
SR2	0.01		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SR3	0.45	0.30		1.00	<0.001	0.03	<0.001	<0.001	0.60	<0.001	0.76	0.04	1.00	0.00	1.00	1.00	0.04	<0.001	1.00	<0.001	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SR4	0.75	-0.14	0.35		1.00	<0.001	0.01	0.27	1.00	0.03	0.00	1.00	0.58	0.00	<0.001	0.00	1.00	1.00	<0.001	1.00	0.29	0.02	0.00	0.88	<0.001
SR5	0.54	0.25	0.89	0.45		0.02	<0.001	<0.001	0.26	<0.001	0.08	1.00	0.49	<0.001	1.00	0.94	0.01	<0.001	1.00	<0.001	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SR6	0.77	-0.18	0.53	0.85	0.57		<0.001	0.00	1.00	<0.001	0.00	1.00	0.11	<0.001	<0.001	<0.001	0.35	0.01	<0.001	0.02	1.00	1.00	1.00	1.00	0.56
SR7	0.64	0.03	0.84	0.62	0.85	0.82		<0.001	0.17	<0.001	0.01	0.00	0.34	<0.001	0.37	0.01	<0.001	<0.001	0.01	<0.001	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SR8	0.59	0.10	0.81	0.51	0.84	0.69	0.94		0.00	<0.001	0.00	0.08	1.00	<0.001	1.00	1.00	<0.001	<0.001	0.23	<0.001	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SR9	0.49	0.16	0.45	0.35	0.46	0.30	0.50	0.63		1.00	0.00	1.00	1.00	0.07	1.00	1.00	0.01	1.00	1.00	0.00	1.00	0.57	1.00	0.78	1.00
SR10	0.66	-0.24	0.66	0.59	0.73	0.79	0.85	0.78	0.34		0.08	1.00	0.93	0.00	0.14	<0.001	0.04	0.00	0.44	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SR11	0.76	0.13	0.50	0.57	0.56	0.58	0.64	0.68	0.87	0.52		1.00	1.00	0.00	0.05	0.94	0.11	1.00	0.01	0.01	0.50	0.22	0.07	0.05	0.01
SA1	0.05	0.19	0.05	-0.16	0.25	-0.12	0.11	0.12	0.07	0.06	0.02		0.00	0.14	0.99	1.00	0.44	<0.001	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SA2	0.34	0.25	0.29	0.29	0.36	0.34	0.33	0.22	-0.29	0.37	-0.12	0.20		0.02	<0.001	0.27	1.00	<0.001	0.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SA3	0.82	0.13	0.69	0.66	0.70	0.68	0.78	0.77	0.67	0.67	0.77	0.03	0.30		<0.001	0.22	0.00	0.00	<0.001	<0.001	1.00	1.00	1.00	1.00	0.84
SA4	0.83	0.08	0.18	0.76	0.29	0.65	0.38	0.29	0.23	0.43	0.46	0.06	0.49	0.66		0.01	1.00	0.20	<0.001	0.17	0.44	0.51	0.05	0.23	0.00
SA5	0.52	-0.30	0.24	0.54	0.32	0.61	0.37	0.17	-0.02	0.65	0.24	-0.04	0.37	0.29	0.55		1.00	0.35	0.02	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SA6	0.58	0.14	0.46	0.28	0.49	0.43	0.63	0.71	0.71	0.53	0.71	0.27	-0.00	0.68	0.34	0.07		0.00	1.00	<0.001	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SA7	0.30	0.24	0.54	0.20	0.62	0.39	0.60	0.55	-0.04	0.54	0.04	0.46	0.75	0.38	0.28	0.20	0.38		0.35	<0.001	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SA8	0.85	-0.01	0.35	0.89	0.46	0.79	0.63	0.54	0.33	0.56	0.57	0.02	0.42	0.73	0.83	0.44	0.42	0.32		0.50	0.18	0.09	0.00	0.99	<0.001
SA9	0.67	0.10	0.54	0.34	0.58	0.47	0.65	0.70	0.74	0.58	0.75	0.26	-0.01	0.74	0.40	0.21	0.93	0.37	0.46		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SC1	0.37	0.20	-0.07	0.53	0.10	0.26	0.11	0.07	0.31	0.05	0.39	0.07	0.15	0.30	0.53	0.17	0.11	-0.06	0.56	0.09		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
SC2	0.41	0.17	0.05	0.61	0.19	0.37	0.25	0.18	0.36	0.16	0.45	0.06	0.16	0.37	0.53	0.24	0.14	-0.02	0.61	0.13	0.97		<0.001	<0.001	<0.001
SC3	0.46	0.19	-0.01	0.66	0.13	0.44	0.24	0.17	0.32	0.16	0.46	-0.02	0.23	0.37	0.61	0.26	0.12	-0.03	0.67	0.08	0.94	0.95		<0.001	<0.001
SC4	0.43	0.22	-0.13	0.45	-0.02	0.23	0.03	-0.01	0.36	0.02	0.50	-0.14	0.08	0.34	0.56	0.22	0.17	-0.21	0.44	0.16	0.82	0.80	0.84		<0.001
SC5	0.62	0.09	0.02	0.76	0.19	0.51	0.26	0.18	0.31	0.25	0.50	-0.00	0.22	0.47	0.74	0.36	0.18	-0.01	0.77	0.19	0.91	0.91	0.92	0.79	

2.3. Bouquets de services produits

La notion de bouquet de services résulte de l'observation de l'association spatio-temporelle de services écosystémiques au sein d'un territoire (Raudsepp-Hearne *et al.*, 2010). Pour représenter simultanément plusieurs services écosystémiques, l'idéal est que l'évaluation de chacun des services provienne d'une même approche ou qu'ils soient évalués avec la même méthode, ce qui est le cas avec la matrice des capacités. Les bouquets de services écosystémiques permettent une représentation visuelle rapidement compréhensible pour un large public, même en l'absence de connaissances sur les services. De plus, les bouquets de services permettent également de visualiser simplement les interactions entre les services écosystémiques.

Les bouquets de services écosystémiques sont représentés via un diagramme en fleur, c'est-à-dire, un graphique combiné de type 'camembert' et 'radar' comme présenté dans la Figure 9 avec la correspondance couleur en Figure 8.

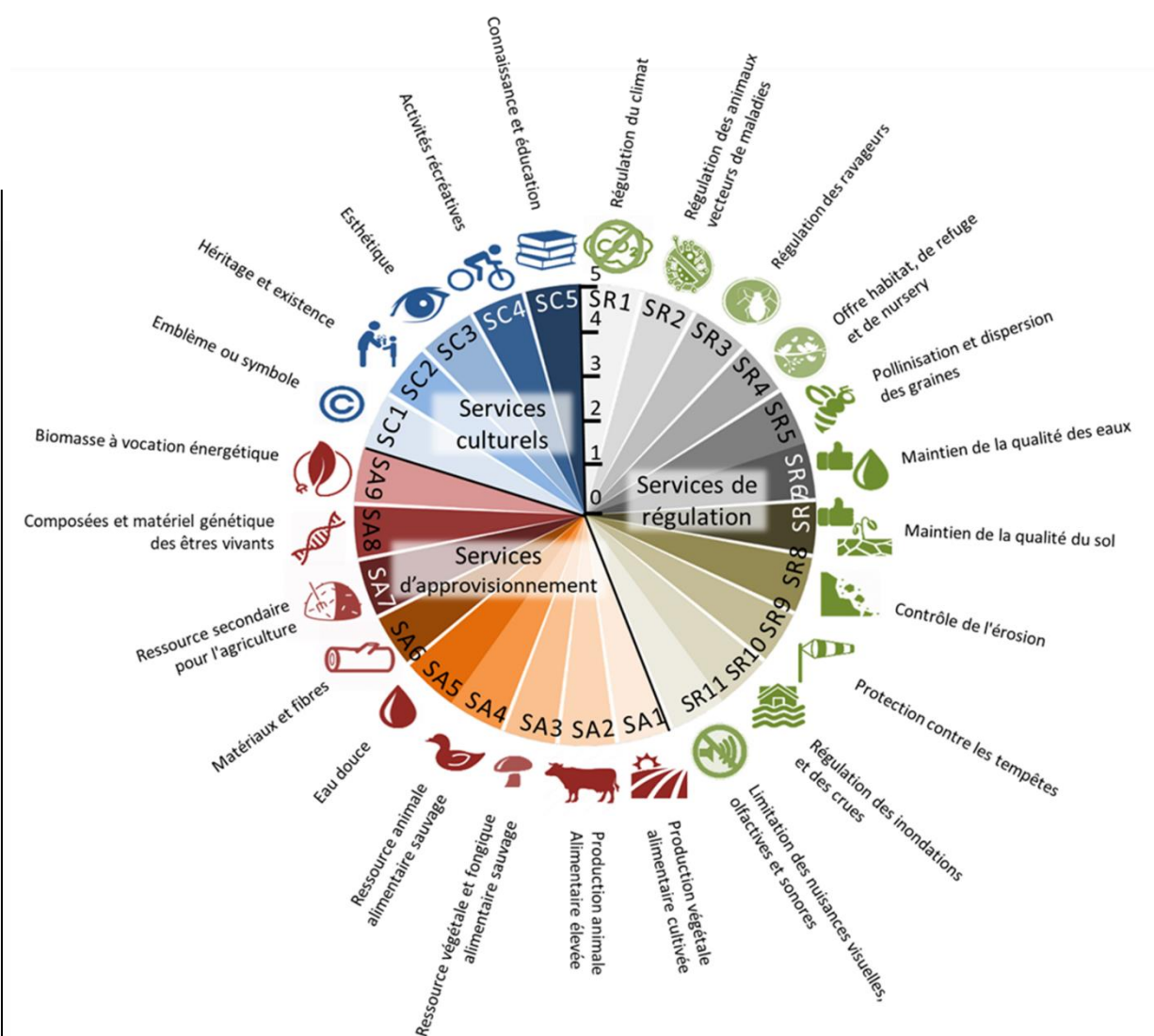


Figure 8 : Correspondance des couleurs des bouquets de services écosystémiques

Comment interpréter les bouquets de services écosystémiques ?

Dans chaque bouquet de services écosystémiques, chaque part (différencié par des couleurs) est un service écosystémique. La correspondance entre les couleurs et les services est présentée en Figure 8. La longueur des parts correspondant au rayon, indique le niveau de fourniture du service écosystémique soit le score de la matrice. Le cercle externe du bouquet signifie une fourniture de 5 et le centre du bouquet signifie une fourniture à 0.

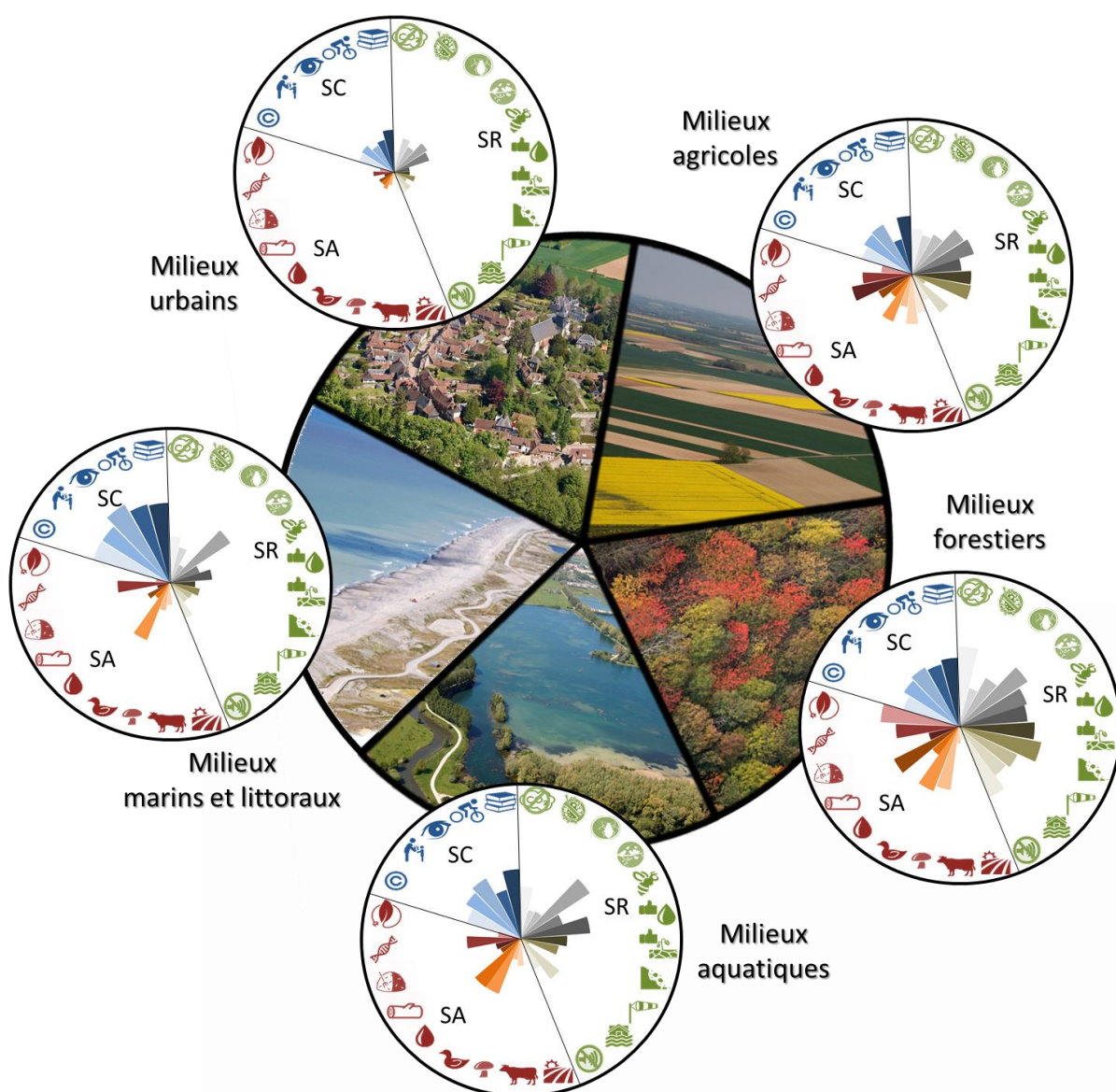


Figure 9 : Bouquets de services écosystémiques fournis par les écosystèmes agricoles, forestiers, aquatiques, marins et urbains

La Figure 9 présente les bouquets de services produits par les grands types d'écosystèmes à l'échelle de la Région. Une approche par les écosystèmes, soit par les différents types de milieux, constitue l'entrée privilégiée mettant en avant les enjeux de gestion liés au changement d'occupation du sol sur un territoire (Couvét *et al.* 2015). Avec ces 5 bouquets, on retrouve les tendances issues de la matrice. La différence entre la forte capacité des écosystèmes forestiers et la faible capacité des écosystèmes urbains à produire des services s'observe aisément. La forte capacité des écosystèmes marins et littoraux à produire des services culturels est aussi observable (parts dans les nuances de bleu dans les bouquets, Figure 9).

Il est aussi possible de faire des bouquets de services à différentes échelles (entité, communes, départements, etc.) et de faire des bouquets d'écosystèmes, c'est-à-dire, représenter pour un écosystème donné, la capacité à produire les différents services écosystémiques. Selon les objectifs de gestion, les actions peuvent être orientées vers un service particulier et donc le ou les écosystèmes importants pour sa fourniture. Cependant, il est important de noter que les services sont en interaction et qu'un service ne peut être pris en compte

individuellement. Ainsi les bouquets d'écosystèmes sont à compléter avec des bouquets de services. La DREAL Hauts-de-France s'est intéressée à huit services écosystémiques par rapport à différentes actions de gestion sur la région. Il est ainsi important d'avoir une représentation de la capacité des écosystèmes produisant le plus ces services. La Figure 10 présente les scores de la capacité de tous les écosystèmes à produire les services : « Offre d'écosystèmes » SR4, « Pollinisation » SR5, « Maintien de la qualité de l'eau » SR6, « Contrôle de l'érosion » SR8, « Régulation inondations » SR10, « Eau douce » SA5, « Biomasse » SA9 et « Activités récréatives » SC4. Par exemple, pour augmenter la capacité d'une zone à contrôler l'érosion (SR8), il faudra privilégier les écosystèmes forestiers et agricoles.

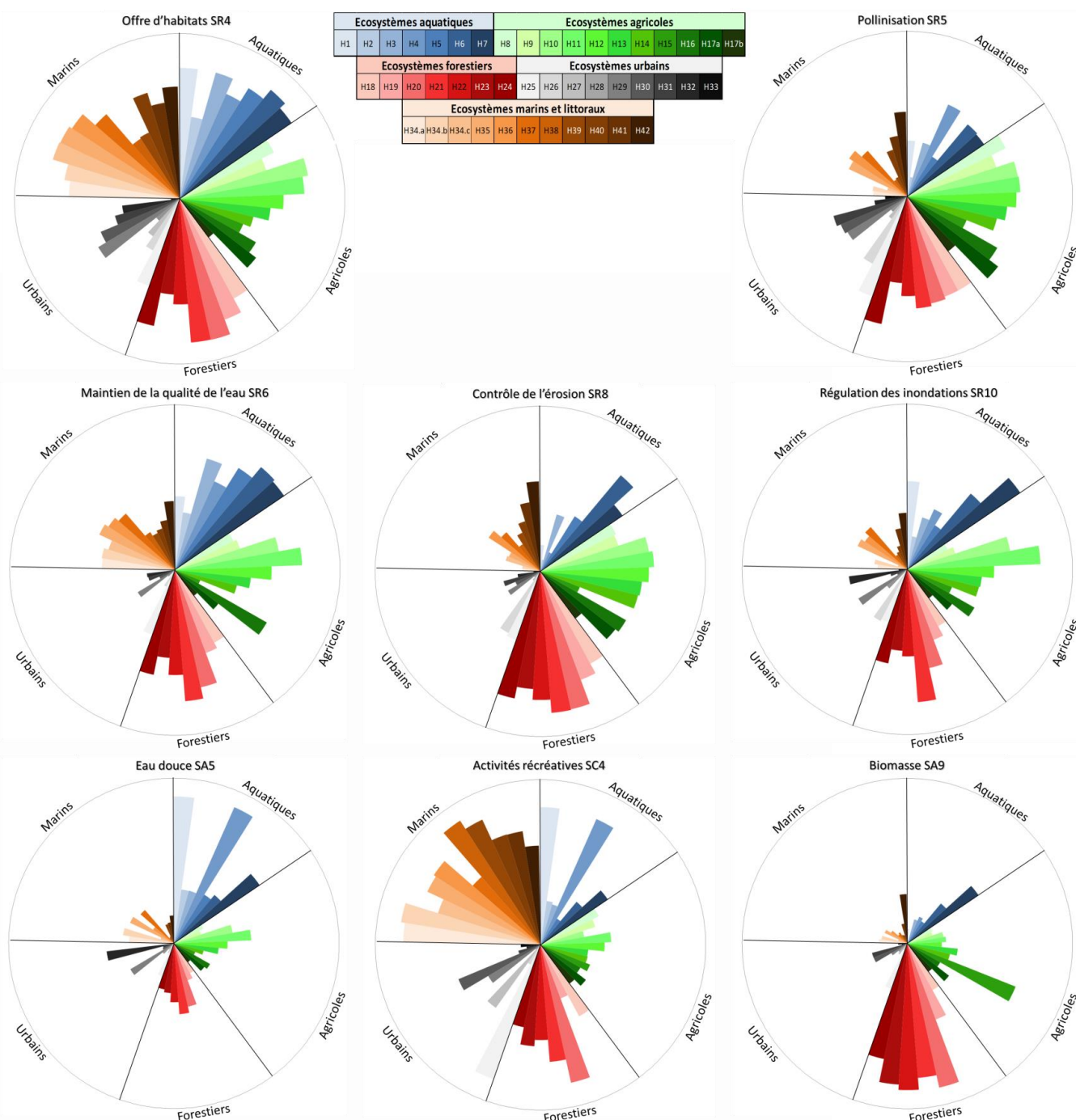


Figure 10 : Bouquets des écosystèmes pour 8 services écosystémiques

Tableau 7: Matrice régionale : score pondérée par la surface des écosystèmes

Code Cartographie	Nom Cartographie	Aire Région (ha)	% Région	Code Matrice	SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7	SR8	SR9	SR10	SR11	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	SA6	SA7	SA8	SA9	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5
11	Mers et océans	36054.9	1.11	H34a ; H3Ab	4.3	2.0	0.9	3.8	1.2	2.5	0.7	0.6	0.3	1.1	2.1	0.3	2.5	1.7	4.7	1.6	1.2	0.8	3.6	0.9	4.2	3.8	4.7	4.7	4.5
14	Vasières et bancs de sable sans végétation	16675.7	0.51	H36	1.2	0.8	0.5	2.0	1.1	1.2	0.9	1.0	0.5	0.8	0.8	0.5	1.0	1.3	2.0	0.4	0.5	0.5	1.4	0.3	1.7	1.9	2.1	2.0	2.0
15	Marais salés, prés salés (schorres), steppes et fourrés sur gypse	2769.1	0.09	H36	0.2	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3
131	Fleuves et rivières soumis à marées	96.5	0.00	H35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
132	Estuaires	579.0	0.02	H35	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
23	Eaux saumâtres ou salées	284.1	0.01	H35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	Côtes rocheuses et falaises maritimes	189.1	0.01	H40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
161	Plages de sables	269.0	0.01	H38	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
162	Dunes	2656.7	0.08	H41 ; H37	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.2	0.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
171	Plages de galets sans végétation	148.7	0.00	H39	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
175	Plages de galets végétalisées	108.3	0.00	H39	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16291	Feuillus sur dunes	2992.2	0.09	H42	0.2	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
16292	Conifères sur dunes	1865.7	0.06	H42	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
162A	Dunes avec fourrés, bosquets	3692.3	0.11	H42	0.3	0.2	0.2	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4
54	Bas marais, tourbières de transition, sources	4778.4	0.15	H7	0.4	0.1	0.2	0.6	0.4	0.6	0.5	0.4	0.1	0.6	0.3	0.1	0.2	0.2	0.4	0.5	0.3	0.3	0.5	0.4	0.5	0.6	0.5	0.4	0.6
2	Milieux aquatiques non marins	361.7	0.01	H01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
221	Eaux douces	21713.0	0.67	H1 ; H2; H3 ; H5 ; H6	0.7	0.8	0.7	1.8	0.5	1.3	0.8	0.4	0.1	0.8	0.5	0.2	0.5	0.2	1.0	1.1	0.3	0.3	1.0	0.1	0.7	1.0	1.2	0.9	1.3
24	Eaux courantes	7700.1	0.24	H4	0.6	0.5	0.4	0.8	0.7	0.7	0.3	0.1	0.1	0.5	0.4	0.2	0.5	0.2	0.9	1.1	0.1	0.2	0.5	0.2	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9
34	Steppes et prairies calcaires sèches	8686.4	0.27	H8	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	0.5	0.7	0.7	0.1	0.4	0.3	0.1	0.6	0.4	0.5	0.3	0.3	0.5	0.7	0.2	0.8	0.8	0.9	0.5	0.8
35	Prairies siliceuses sèches	20.9	0.00	H9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

37	Prairies humides et mégaphorbiaies	66225.6	2.03	H10 ; H11	5.5	2.9	4.9	7.7	7.0	7.7	7.6	7.0	1.1	8.1	2.8	1.9	6.8	4.6	5.3	4.7	3.3	6.2	6.2	2.4	6.3	7.0	6.9	4.2	6.8
38	Prairies mésophiles	332006.3	10.19	H12 ; H13 ; H14	23.4	19.2	23.5	31.7	33.4	29.2	32.3	33.3	4.4	26.4	13.0	8.0	38.5	22.0	24.5	16.3	17.2	36.2	26.4	11.1	20.9	24.2	27.6	19.3	25.1
82	Cultures	1852110.7	56.87	H15; H16; H24	92.9	110.0	36.3	117.6	109.7	47.3	60.5	73.2	31.2	82.8	38.0	271.4	95.7	36.3	157.9	39.6	201.7	225.7	104.4	200.2	123.0	102.6	88.4	91.6	138.1
83V	Vergers	5660.6	0.17	H17a	0.4	0.3	0.3	0.5	0.6	0.3	0.4	0.5	0.3	0.3	0.4	0.8	0.3	0.3	0.4	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.5	0.6	0.6	0.3	0.5
8321	Vignobles	3526.3	0.11	H17b	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.5	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3
311	Landes humides	606.1	0.02	H18	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1
312	Landes sèches	2484.2	0.08	H18	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2
318	Fourrés	28424.9	0.87	H19	2.5	1.6	2.4	3.4	2.8	2.3	2.8	3.1	1.8	2.0	2.2	0.5	0.8	2.3	2.6	1.0	1.8	1.3	2.3	2.1	1.4	1.6	1.8	1.5	2.0
41	Forêts caducifoliées	364653.1	11.20	H20	51.5	17.8	28.9	48.9	37.1	40.7	46.7	47.9	41.2	34.2	44.9	6.0	7.2	42.9	42.9	21.9	43.5	18.5	41.2	50.0	43.2	45.5	47.3	47.8	47.0
44	Forêts riveraines, forêts et fourrés très humides	57914.0	1.78	H21	7.8	2.8	4.5	7.8	6.0	7.1	7.2	7.6	6.5	7.2	7.5	0.8	1.1	5.7	6.2	3.8	6.9	2.4	5.9	7.2	5.4	6.5	6.8	6.3	6.5
833	Plantations indéterminées	34118.2	1.05	H22	4.3	1.7	2.1	3.3	3.2	3.3	3.6	4.1	3.1	2.8	4.1	0.7	0.7	2.9	3.4	1.9	4.4	1.3	2.7	4.6	2.1	2.3	2.3	3.0	2.8
8331	Plantations de conifères	15860.6	0.49	H23	1.8	0.9	1.0	1.4	1.3	1.3	1.3	1.7	1.5	1.2	1.9	0.1	0.1	1.2	1.3	0.7	2.1	0.4	1.2	2.1	0.9	0.9	1.1	1.5	1.3
85	Parcs urbains et grands jardins	16199.6	0.50	H25	1.2	1.0	0.9	1.4	1.6	1.0	1.2	1.1	1.0	0.8	1.9	0.7	0.3	0.7	0.5	0.5	0.7	0.5	0.7	0.7	1.4	1.7	1.7	2.1	1.5
342	Prairies à métaux lourds	10.4	0.00	H26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
86	Villes, villages et sites industriels	259058.3	7.95	H27	1.0	16.3	10.1	11.1	6.5	0.5	0.6	2.7	9.0	0.5	2.7	3.6	4.3	1.6	2.2	1.9	2.2	1.3	2.4	3.2	19.3	17.6	18.3	18.6	14.2
863C	Carrières en activité	3406.1	0.10	H28	0.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1
8641	Carrières abandonnées	574.1	0.02	H29	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
87	Friches	20927.4	0.64	H31	0.6	1.0	1.0	1.3	1.5	0.5	0.4	0.7	0.5	0.3	0.5	0.1	0.1	0.8	0.7	0.2	0.4	0.4	0.7	0.7	0.6	0.7	0.2	0.4	0.8
89	Lagunes et réservoirs industriels	1280.1	0.04	H32	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8642A	Terrils, crassiers et autres tas de détrit	1224.4	0.04	H30	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
8642B	Terrils boisés	1653.9	0.05	H30	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2
991	Réseaux routiers	72443.1	2.22	H33	0.4	3.5	2.1	1.3	2.2	0.4	0.3	0.9	0.4	0.7	0.4	0.4	0.4	0.5	1.0	0.2	0.4	0.3	0.8	1.0	1.1	1.6	0.8	1.4	1.7
992	Réseaux ferrés	4990.4	0.15	H33	0.0	0.2	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

2.4. Matrice régionale

La matrice régionale est présentée en Tableau 7 avec les scores de la matrice des écosystèmes pondérés par les pourcentages d'occupation du sol des écosystèmes. 86,05 % du territoire sont occupés par 4 écosystèmes : les prairies mésophiles (code carto 38) ; les cultures (code carto 82) ; les forêts caducifoliées (code carto 41) et les villes, villages et sites industriels (code carto 86) représentant respectivement 10,1% ; 56,8% ; 11,2% et 7,95% du territoire régional. Ainsi les services écosystémiques du territoire des Hauts-de-France sont principalement produits par ces quatre écosystèmes dont plus de la moitié par les cultures.

Ce sont les « Cultures » 82 qui rendent le plus de services du fait de leur surface occupée importante (56,8% du territoire), malgré une capacité modérée par unité de surface.

À titre illustratif, la Figure 11 présente les sommes des scores des services écosystémiques produits par tous les écosystèmes de la région Hauts-de-France.

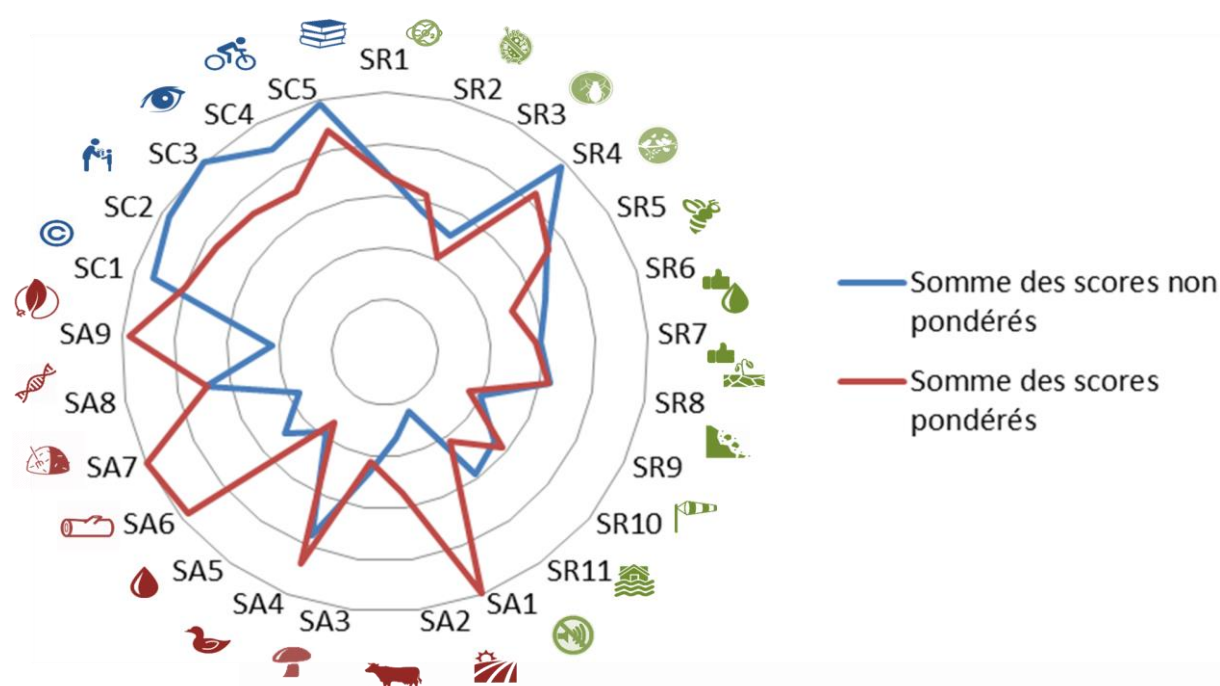


Figure 11 : Sommes des scores des services écosystémiques produits par tous les écosystèmes de la région Hauts-de-France, sans pondérations surfaciques en bleu et avec en rouge. Les sommes des scores ont été normées entre 0 et 1 par rapport à la valeur maximale de la série de données afin de pouvoir observer les profils des séries sur une même échelle.

Sans pondération surfacique (en bleu dans la Figure 11), les services ayant un score moyen les plus importants sont les services culturels et le service SR4 (refuge et nurserie). Ces tendances changent avec la pondération surfacique (en rouge dans la Figure 11), les services les plus fortement produits sont alors les services d'approvisionnement SA1 (Production végétale alimentaire cultivée), SA6 (Matériaux et fibres), SA7 (Ressource secondaire pour l'agriculture/ alimentation indirecte), SA9 (Biomasse à vocation énergétique) et le service culturel SC5 (Connaissance et éducation). En effet, on peut noter l'importance de la fourniture des services d'approvisionnement liée à la dominance de cultures et à leur capacité à produire des services liés aux systèmes de production.

Il est important de noter que la pertinence de la prise en compte de la superficie pour l'évaluation régionale des services d'approvisionnement et de régulation repose sur une hypothèse de proportionnalité, entre la surface d'écosystème et la quantité de service produites qu'il conviendra de vérifier à l'avenir. Ainsi, pour certains

services culturels tels que la valeur patrimoniale ou les valeurs esthétiques, l'hypothèse de proportionnalité n'est pas forcément raisonnable : un écosystème rare ou un écosystème répandu dans une région peuvent être tous deux considérés comme symboliques et/ou beaux.

2.5. Cartes des services produits

La cartographie des résultats de la matrice des capacités repose sur l'hypothèse que l'occupation et l'usage du sol sont les principaux facteurs déterminant le niveau de fourniture des services. La création de carte de services écosystémiques à partir de l'approche des matrices est relativement simple comparée à d'autres méthodes d'évaluation (Lavorel *et al.*, 2017). Cependant, par définition, cette approche ne prend pas en compte les hétérogénéités spatiales au sein des types d'occupations du sol. Ce qui peut être un problème si on souhaite travailler sur la variabilité au sein d'un même écosystème (Eigenbrod *et al.*, 2010).

Si la matrice des écosystèmes et les cartes faites à partir des scores permettent de mettre en avant les tendances à l'échelle de la région (Figure 12, Figure 13), la représentation cartographique d'un seul service écosystémique limite la prise en compte de la multifonctionnalité des écosystèmes (Seppelt *et al.*, 2011). Même si beaucoup d'évaluations de services écosystémiques se concentrent majoritairement sur un nombre restreint de services, il est possible de prendre en compte les synergies entre services écosystémiques et de rechercher ce que l'on appelle des bouquets de services écosystémiques produits par un écosystème ou un territoire. Les bouquets peuvent être représentés soit sous forme de cartographie les délimitant soit sous forme de graphiques (ex. Figure 9). Les services écosystémiques sont déterminés par des fonctions et des processus écologiques communs. Il est de ce fait important de prendre en compte plusieurs services écosystémiques, leurs corrélations et de croiser l'analyse de plusieurs cartes de services écosystémiques.

De plus les cartes des services écosystémiques sont à interpréter avec des données complémentaires, telles que les indices de biodiversité ou des données socio-économiques, afin de prendre en compte tous les enjeux pour l'élaboration d'outils d'aide à la décision.

Comment interpréter les cartes ?

Pour une bonne interprétation et compréhension des cartes il est important de considérer :

- **L'échelle des services écosystémiques** : par définition, les services écosystémiques évalués ont une échelle qui peut varier et qui influence les résultats et leurs interprétations. En se basant sur la littérature, nous recommandons d'exploiter les résultats de la matrice avec des cartes respectant les échelles présentées dans le Tableau 8 en fonction des services écosystémiques.

- **L'échelle de la cartographie d'occupation du sol** : la cartographie des services écosystémiques s'appuie sur une couche cartographique de base qui contient les modes d'occupation ou d'usage du sol. La résolution de cette couche cartographique détermine l'échelle la plus fine. En région des Hauts- de- France, la cartographie utilisée se base sur deux types de données (ARCH et OSPic) avec initialement des échelles différentes et des photo-interprétations à des années différentes. La résolution cartographique obtenue est de l'ordre de 100m².

- **L'échelle de restitution cartographique** : à partir de la cartographie de base, il est possible de produire des cartographies de services écosystémiques à différentes échelles en agrégeant les scores de services des différents écosystèmes présents au sein d'une fenêtre correspondant à l'échelle souhaitée. Ainsi pour la comparaison avec des données biophysiques externes, il est préférable de faire des cartes de SE agrégeant la structure du paysage en utilisant une résolution de base plus grossière, par exemple 1km².

Tableau 8 : Suggestion d'échelle d'analyse des services écosystémiques

Adapté de Geijzendorffer et Roche, 2013

			Entité	Commune/ intercommunalité	Région	Directionnelle	Zonale
Services de régulation	Régulation du climat et de la composition atmosphérique	SR1		X	X		X
	Régulation des animaux vecteurs de maladies pour l'homme	SR2	X	X			X
	Régulation des ravageurs	SR3	X	X			X
	Offre d'écosystème, de refuge et de nursery	SR4	X	X			
	Pollinisation et dispersion des graines	SR5	X	X			X
	Maintien de la qualité des eaux	SR6	X	X		X	
	Maintien de la qualité du sol	SR7	X	X			
	Contrôle de l'érosion	SR8	X	X		X	
	Protection contre les tempêtes	SR9	X	X		X	X
	Régulation des inondations et des crues	SR10	X	X		X	X
	Limitation des nuisances visuelles, olfactives et sonores	SR11	X	X			X
Services d'approvisionnement	Production végétale alimentaire cultivée	SA1	X	X			
	Production animale alimentaire élevée	SA2	X	X			
	Ressource végétale et fongique alimentaire sauvage	SA3	X	X			
	Ressource animale alimentaire sauvage	SA4	X	X	X		
	Eau douce	SA5	X	X	X	X	
	Matériaux et fibres	SA6	X	X			
	Ressource secondaire pour l'agriculture/ alimentation indirecte	SA7	X	X			
	Composées et matériel génétique des êtres vivants	SA8	X	X	X		
	Biomasse à vocation énergétique	SA9	X	X	X		
Services culturels	Emblème ou symbole	SC1	X	X	X	X	X
	Héritage (passé et futur) et existence	SC2	X	X	X		
	Esthétique	SC3	X	X	X		X
	Activités récréatives	SC4	X	X	X		X
	Connaissance et éducation	SC5		X	X		

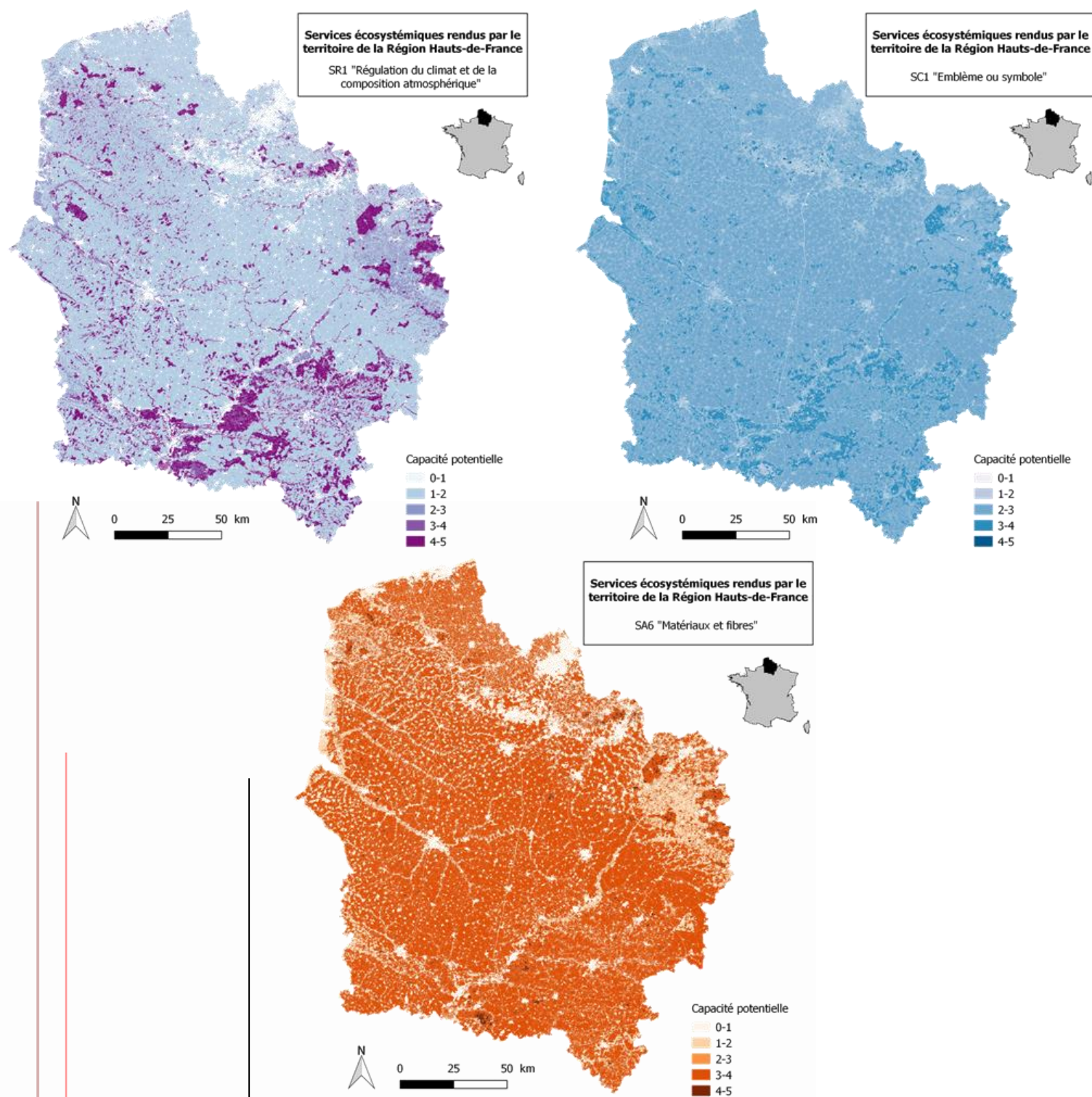
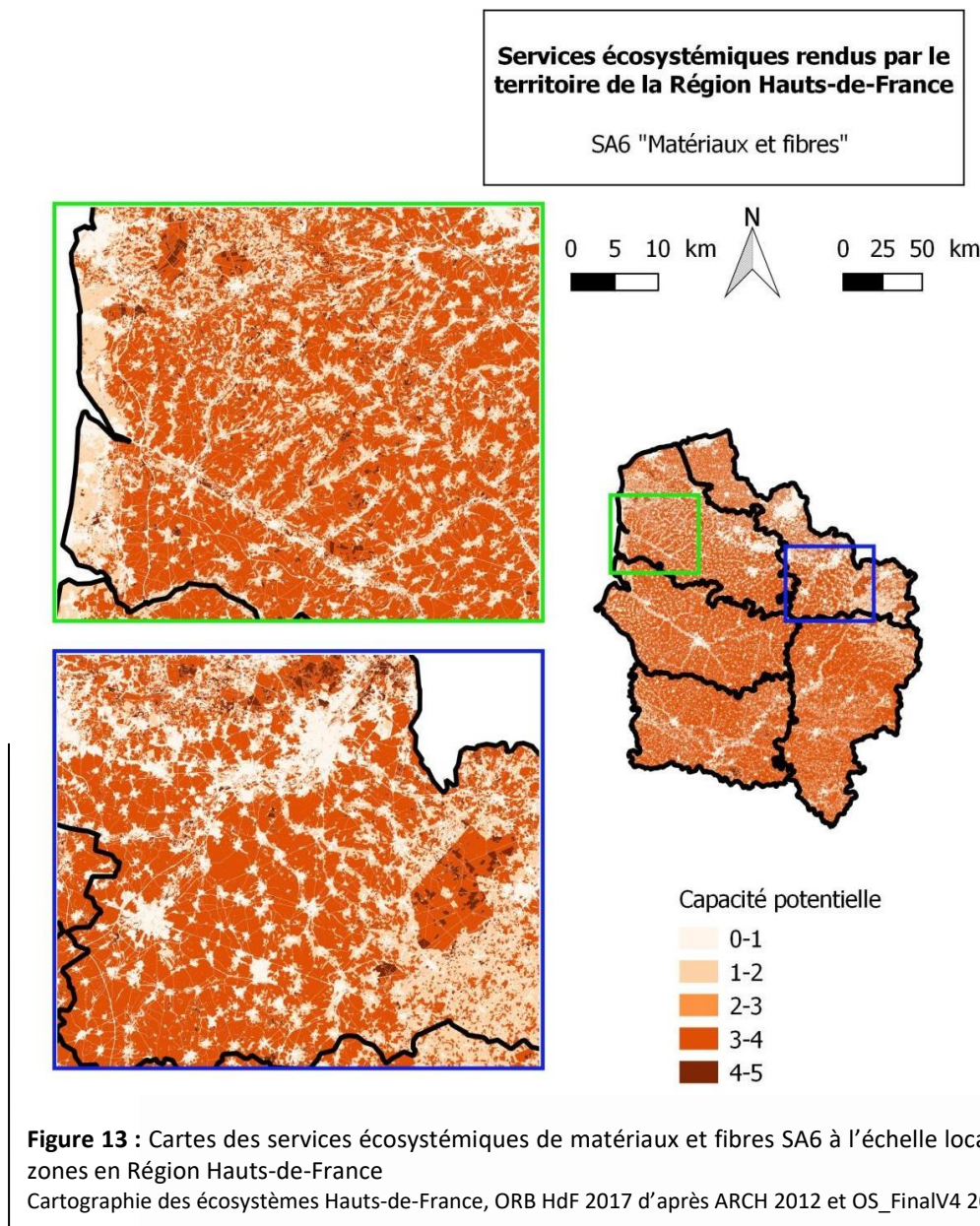


Figure 12 : Cartes des services systémiques de Régulation du climat SR1, d'Emblème ou symbole SC1 et de Matériaux et fibres SA6 à l'échelle de la région Hauts-de-France
Cartographie des écosystèmes Hauts-de-France, ORB HdF 2017 d'après ARCH 2012 et OS_FinalV4 2013



2.6. Comparaison des Matrices PnrSE et Région

En 2016, le Parc naturel régional Scarpe-Escout (PNR-SE) a effectué une évaluation de la capacité de ses écosystèmes à produire des services écosystémiques. La similarité entre la matrice du PNR-SE de 2016 et celle de la région Hauts-de-France de 2017 a été testée statistiquement par des tests de comparaison de moyennes. Les deux matrices ont les mêmes services écosystémiques mais pas les mêmes écosystèmes. En effet, Les écosystèmes marins ne sont pas présents sur le territoire du PNR-SE (H34a à H42 de la matrice région). De même, H17b (Vignobles) n'ont pas été pris en compte car ils ne sont pas présents sur le territoire du PNR-SE. Sur les 825 scores comparables, 67 sont significativement différents dont 5 après correction de Bonferroni (Tableau 9). Ainsi 8% des scores des matrices sont différents, mais seulement 0,6% après correction. Les deux matrices sont fondamentalement similaires. Les scores significativement différents concernent les services culturels (6 différences significatives pour SC1, et 8 pour SC3 et SC5) et le service « Régulation des animaux vecteurs de maladies pour l'homme » SR2 avec 8 différences significatives. De plus, ces différences significatives concernent plus les écosystèmes aquatiques avec H2 « Fonds ou rivages des plans d'eau non végétalisés » et H3 « Végétations aquatiques », avec respectivement 6 et 7 différences significatives.

Tableau 9 : P-value du test de comparaison entre les matrices du PNR Scarpe-Escaut de 2016 et de la Région Hauts-de-France de 2017

Écosys- tèmes	SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7	SR8	SR9	SR10	SR11	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	SA6	SA7	SA8	SA9	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5
H1	0.93	0.31	0.16	0.53	0.06	0.01	0.61	0.03	0.95	0.06	0.83	0.94	0.92	0.22	0.74	0.11	0.65	0.54	0.46	0.86	0.05	0.83	0.13	0.33	0.29
H2	0.07	0.86	0.99	0.25	0.53	0.13	0.39	0.00	0.53	-	0.55	0.79	0.08	0.56	-	0.01	0.58	0.59	0.60	0.79	0.02	0.22	0.14	0.04	0.18
H3	0.46	0.14	0.18	0.02	0.91	0.04	0.23	0.03	0.17	-	0.46	0.37	0.52	0.58	0.25	0.69	0.87	0.21	0.73	0.67	0.04	0.34	0.01	0.33	0.02
H4	0.24	0.35	0.69	0.84	0.00	0.23	0.02	0.49	0.65	0.58	0.58	0.60	0.94	0.64	0.29	0.07	0.74	0.27	0.65	0.10	0.14	0.79	0.29	0.46	0.21
H5	0.57	0.19	0.43	0.17	0.94	0.05	0.21	0.14	0.52	0.00	0.64	0.86	0.85	0.87	0.31	0.55	0.50	0.27	0.98	0.17	0.12	0.40	0.01	0.23	0.03
H6	0.81	0.01	0.17	0.93	0.18	0.46	0.92	0.95	0.61	0.12	0.76	0.47	0.67	0.50	0.86	0.90	0.47	0.88	0.69	0.59	0.84	0.61	0.01	0.56	0.09
H7	0.10	0.00	0.58	0.19	0.28	0.07	0.32	0.80	0.25	0.19	0.83	0.01	0.60	0.58	0.73	0.92	0.60	0.28	0.90	0.51	0.05	0.68	0.00	0.60	0.01
H8	0.71	0.57	0.60	0.07	0.23	0.98	0.28	0.56	0.81	0.41	0.24	0.46	0.77	0.47	0.06	0.45	0.43	0.36	0.30	0.93	0.20	0.97	0.24	0.14	0.01
H9	0.29	0.58	0.85	0.13	0.19	0.86	0.34	0.29	0.18	0.23	0.63	0.42	0.74	0.76	0.59	0.68	0.25	0.33	0.77	0.98	0.62	0.77	0.54	0.14	0.00
H10	0.41	0.02	0.77	0.40	0.05	0.40	0.54	0.48	0.20	0.40	0.04	0.07	0.20	0.88	0.87	0.83	0.92	0.02	0.97	0.88	0.60	0.46	0.04	0.08	0.00
H11	0.78	0.02	0.70	0.64	0.11	0.46	0.99	0.56	0.16	0.61	0.09	0.85	0.75	0.97	0.75	0.32	0.77	0.24	0.84	0.78	0.57	0.85	0.05	0.22	0.16
H12	0.70	0.52	0.69	0.73	0.80	0.94	0.89	0.52	0.13	0.40	0.35	0.53	0.93	0.93	0.03	0.43	0.98	0.22	0.86	0.23	0.57	0.28	0.26	0.84	0.29
H13	0.38	0.85	0.80	0.86	0.43	0.95	0.84	0.40	0.06	0.09	0.15	0.45	0.56	0.74	0.19	0.60	0.77	0.53	0.19	0.75	0.47	0.38	0.31	0.85	0.49
H14	0.59	0.71	0.46	0.91	0.02	0.44	0.32	0.86	0.22	0.27	0.35	0.38	0.69	0.70	0.40	0.71	0.71	0.47	0.39	0.93	0.86	0.68	0.96	0.84	0.80
H15	0.27	0.53	0.18	0.03	0.03	0.04	0.00	0.00	0.36	0.12	0.98	0.80	0.15	0.74	0.15	0.95	0.81	0.40	0.31	0.72	0.48	0.41	0.98	0.49	0.07
H16	0.59	0.81	0.20	0.19	0.41	0.55	0.43	0.44	0.27	0.49	0.35	0.76	0.70	0.48	0.14	0.57	0.88	0.03	0.05	0.60	0.37	0.78	0.07	0.80	0.96
H17a	0.83	0.89	0.78	0.49	0.91	0.50	0.93	0.72	0.75	0.07	0.19	0.03	0.48	0.27	0.53	0.83	0.23	0.89	0.62	0.91	0.91	0.71	0.24	0.10	0.74
H18	0.57	0.89	0.97	0.60	0.11	0.79	0.21	0.25	0.89	0.35	0.51	0.40	0.36	0.77	0.47	0.55	0.85	0.63	0.37	0.56	0.29	0.98	0.03	0.68	0.05
H19	0.36	0.49	0.95	0.43	0.24	0.89	0.17	0.30	0.37	0.63	0.55	0.34	0.73	0.70	0.73	0.88	0.87	0.64	0.47	0.99	0.11	0.37	0.07	0.16	0.19
H20	0.37	0.02	0.24	0.91	0.26	0.84	0.49	0.75	0.26	0.52	0.99	0.66	0.27	0.16	0.88	0.88	0.52	0.86	0.63	0.67	0.31	0.91	0.13	0.96	0.48
H21	0.88	0.02	0.22	0.30	0.32	0.72	0.18	0.39	0.37	0.11	0.97	0.84	0.60	0.20	0.97	0.58	0.59	0.92	0.53	0.84	0.02	0.17	0.00	0.77	0.00
H22	0.12	0.52	0.80	0.78	0.48	0.56	0.78	0.77	0.84	0.28	0.16	0.75	0.57	0.38	0.24	0.46	0.71	0.88	0.13	0.58	0.80	0.76	0.62	0.23	0.24
H23	0.13	0.86	0.21	0.38	0.23	0.16	0.27	0.26	0.82	0.54	0.21	0.55	0.90	-	0.14	0.40	0.99	0.96	0.10	0.82	0.38	0.24	0.36	0.03	0.06
H24	0.83	0.80	0.15	0.85	0.21	0.77	0.85	0.53	0.70	0.24	0.67	0.82	0.90	-	0.51	0.51	0.94	0.97	0.71	0.59	0.44	0.87	0.19	0.28	0.86
H25	0.42	0.13	0.60	0.45	0.26	0.38	0.03	0.34	0.37	0.42	0.03	0.54	0.82	0.20	0.54	0.22	0.11	0.73	0.31	0.67	0.09	0.15	0.94	0.79	0.42
H26	0.80	0.41	0.58	0.81	0.75	0.54	0.87	0.41	0.67	0.89	0.39	0.05	0.92	0.83	0.61	0.57	0.22	0.66	0.44	0.67	0.02	0.06	0.00	0.32	0.00
H27	0.41	0.01	0.54	0.81	0.64	0.94	0.91	0.05	0.51	0.99	0.12	0.53	0.90	0.35	0.82	0.27	0.84	0.78	0.75	0.46	0.03	0.88	0.23	0.55	0.53
H28	0.53	0.03	0.88	0.74	0.95	0.98	0.16	0.21	0.65	0.31	0.46	0.67	0.25	0.72	0.73	0.76	0.80	0.73	0.27	0.43	0.42	0.44	0.64	0.96	0.76
H29	0.15	0.16	0.29	0.58	0.92	0.77	0.07	0.09	0.46	0.05	0.23	0.45	0.59	0.53	0.70	0.89	0.88	0.72	0.54	0.57	0.37	0.98	0.72	0.60	0.58
H30	0.74	0.98	0.86	0.21	0.35	0.46	0.46	0.30	1.00	0.82	0.56	0.82	0.17	0.45	0.46	0.35	0.07	0.68	0.76	0.74	0.61	0.94	0.54	0.40	0.20
H31	0.37	0.56	0.43	0.96	0.82	0.19	0.45	0.12	0.14	0.16	0.35	0.20	0.82	0.08	0.77	0.49	0.91	0.69	0.71	0.58	0.42	0.70	0.60	0.91	0.61
H32	0.78	0.86	0.98	0.68	0.86	0.98	0.84	0.49	0.48	0.74	0.70	0.15	0.60	0.31	0.27	0.00	0.70	0.90	0.60	0.45	0.68	0.67	0.64	0.33	0.73
H33	0.63	0.08	0.72	0.49	0.11	0.68	0.66	0.41	0.66	0.37	0.41	0.36	0.94	0.01	0.45	0.62	0.67	0.59	0.56	0.70	0.14	0.43	0.42	0.29	0.64

En Jaune les p-values inférieures à 0.05 et en Rouge inférieures à 0.05/825 soit avec la correction de Bonferroni. Il y a 67 scores en jaune et 5 en rouge.

3. Synthèse

Retours sur les résultats

Avec 35 personnes présentes à l'atelier et 3 personnes externes qui n'ont pas pu être présentes à l'atelier, nous avons obtenu finalement 30 matrices. Deux matrices sur les 30 ont été réalisées collectivement (une par un binôme et une par un trinôme) avec des personnes travaillant dans la même structure. Cela met en évidence l'intérêt de l'étude et son importance au vu de la forte contribution de ses participants, sachant qu'ils ont mis beaucoup de temps à remplir la matrice. La matrice finale des écosystèmes a donc été réalisée sur ces 30 matrices indépendantes, ce qui est un nombre suffisant comme l'a montré l'étude de Campagne *et al.* (2017), qui a été vérifiée sur les données de cette étude (Figure 6). En conclusion, nous constatons le résultat positif de ce processus participatif.

D'après les résultats, les écosystèmes de la région Hauts-de-France ont une capacité modérée à produire des services d'approvisionnement (score moyen de 2.0 sur 5), une capacité faible à produire des services de régulation (score moyen de 1.5 sur 5) et une capacité moyenne à produire des services culturels (score moyen de 2.7 sur 5). **Ce sont les écosystèmes forestiers qui rendent le plus de services et les écosystèmes urbains le moins.**

La méthode de la matrice des capacités à dire d'expert produit de nombreuses indications et valeurs complexes à interpréter lorsque l'on considère l'ensemble des mesures (les scores, l'erreur standard, l'indice de confiance et l'indice d'accord inter-évaluateurs), mais permettant une interprétation approfondie des données.

La variabilité inter-notateur est plutôt modérée avec des erreurs standards de l'ordre de 0,2 à 0,3 (ce qui donne des intervalles de confiance des scores de l'ordre de 0,4 à 0,6 autour de la moyenne). Ce qui veut dire que **les valeurs de capacité en services écosystémiques ont une précision de l'ordre de + ou - 0,5 autour de la valeur centrale (matrice finale)**. Globalement les résultats montrent une variabilité inter-notateur homogène sauf pour les cultures (H15) et le service de maintien de la qualité du sol (SR7) qui présentent des variabilités fortes. Cette variabilité forte peut s'expliquer par un score de capacité très variant en fonction du type de cultures, du mode de gestion agricole et de la qualité du sol considérés par les notateurs. Ainsi les scores peuvent être très différents en fonction des interprétations pour certaines combinaisons écosystème /service spécifiques. L'indice de confiance montre une aisance généralement à 2 (soit « plutôt à l'aise, sur une échelle de 1 à 3, à l'exception de SR2 « Régulation des animaux vecteurs de maladies pour l'homme », SR3 « Régulation des ravageurs » et SA8 « Composées et matériel génétique des êtres vivants » qui ont des indices de confiance faibles).

De manière complémentaire, des mesures innovantes d'accords inter-notateurs avec l'ICC (*Intra Class Correlation*) ont été utilisées. Nous avons observé des valeurs d'indices d'accord entre notateurs assez faibles pour l'ensemble des services écosystémiques considérés, mais toutes très significativement différentes de 0. La différence significative de 0 indique que les notateurs ont noté d'une manière coordonnée.

Les indices d'accord les plus faibles sont pour « Ressource secondaire pour l'agriculture/ alimentation indirecte » SA7 et « Composées et matériel génétique des êtres vivants » SA8 avec respectivement 0.026 et 0.186 et avec un maximum pour « Régulation du climat et de la composition atmosphérique » SR1 à 0.514. Lors de l'atelier, les participants ont mis en avant des manques de connaissances pour le service « Composées et matériel génétique des êtres vivants » SA8.

Ces résultats montrent une assez grande disparité dans la notation de la capacité des différents écosystèmes pour un service écosystémique donné. Les sources potentielles de ces disparités sont multiples : des biais disciplinaires, des lacunes dans les connaissances ou un manque d'experts pertinents. Une autre origine possible est l'hétérogénéité du panel qui induit nécessairement des disparités pour chacun des écosystèmes et des services. L'utilisation des indices de type ICC est encore exploratoire dans ce contexte, notamment en ce qui concerne les valeurs seuils à considérer. L'interprétation des scores d'ICC pour déterminer s'ils sont faibles ou

pas dans un contexte de panel d'expert pour des évaluations de SE devra cependant être consolidée. Il en ressort cependant une indication des services écosystémiques pour lesquels il existe un accord relativement bon et certains pour lesquels c'est moins le cas. Ceci en combinaison avec l'analyse de la variabilité des scores permet d'identifier les services et les combinaisons de services et d'écosystèmes pour lesquels, il est nécessaire d'approfondir l'analyse, soit en revenant sur les valeurs obtenues lors d'un second atelier dédié, soit de compléter le panel avec des experts plus spécialisés sur les services et/ou écosystèmes concernés.

L'analyse des interactions entre services est importante, notamment dans les pratiques de gestion se basant sur la maximisation d'un seul service (ex. : les agro écosystèmes) car des rétroactions positives et/ou négatives peuvent influencer d'autres services associés. Ainsi à titre d'exemple, le labour qui va favoriser le service de production des plantes cultivées en réduisant le couvert végétale et en modifiant la structure du sol va réduire le service de régulation de l'érosion. Les résultats montrent principalement des associations positives et fortes au sein des services culturels et des services de régulation, ainsi que de nombreuses corrélations ponctuelles entre différents services. Ce résultat montre soit une association entre ces services qui résultent de processus sous-jacents similaires, soit une association des valeurs fournies par les experts jugeant certains écosystèmes plus favorables à un ensemble de services perçus comme connexes. Pour identifier les causes des corrélations, il conviendrait de réaliser une analyse complémentaire en croisant les résultats avec des données biophysiques externes et indépendantes du processus de notation par les experts. Les faisceaux de corrélations de services écosystémiques ou les assemblages de services liés à certains écosystèmes ou écosystèmes sont qualifiés de bouquets de services (ecosystem services bundles). Ces bouquets sont différents par nature de la représentation qui porte le même nom.

Dans les modes de représentations des résultats, les bouquets et les cartes sont, avec les matrices finales, les outils d'aide à la décision les plus utilisés à partir d'une approche par matrice (Campagne *et al.* 2018). Les bouquets permettent de visualiser plusieurs services de façon claire et simple pour la communication au grand public. Les cartes très utilisées présentent quant à elles des limites en termes d'interprétation des échelles et de représentation des interactions avec les autres services. Ainsi les cartes et les bouquets apparaissent complémentaires ainsi que les résultats de la corrélation.

La matrice régionale, calculée en pondérant les scores de services écosystémiques par les surfaces relatives des écosystèmes, met en avant une évaluation régionale qui est fortement dépendante des modes d'occupation des sols principaux. Ainsi, les services écosystémiques sont principalement produits par les 4 occupations du sol qui couvrent 86% du territoire, dont 57% par des cultures. Malgré des scores moyens au niveau des écosystèmes (proches de 2 sur 5 pour les cultures et les prairies), relativement aux surfaces ce sont les services produits par les cultures qui ont le plus de poids dans les services produits à l'échelle de la région. Les matrices des écosystèmes et de la région (sans et avec pondération de surface) donnent des informations complémentaires sur les services : la matrice des écosystèmes (scores non pondérés) donne des informations sur chaque écosystème, ce qui est utile pour les actions de protection/conservation/restauration dans des écosystèmes rares, spécifiques ou à l'échelle de l'écosystème, alors que la matrice régionale (scores pondérés) donne la capacité de fourniture en service écosystémique pour l'ensemble du territoire, ce qui convient mieux à la gestion globale, à la planification et à la prise de décision à l'échelle du territoire. Les résultats des deux matrices sont complémentaires selon les objectifs et les besoins d'aide à la décision. Dans le cadre d'actions locales comme des actions de protection, conservation ou des projets d'aménagement à l'échelle locales, la matrice des écosystèmes permet d'avoir une représentation des services écosystémiques produits par les écosystèmes. Dans le cadre d'outils globaux, pour les grands schémas régionaux, la matrice régionale permet d'avoir une vision d'ensemble des écosystèmes et des services produits à l'échelle de la région.

Les différences dans la comparaison entre les matrices des écosystèmes de la région et celles du PNR-SE sont plus présentes pour les écosystèmes aquatiques et pour les services culturels. Cela peut s'expliquer par la particularité du PNR-SE avec l'importance de ses zones humides et leur grande valeur patrimoniale au centre des intérêts du Parc. Plus généralement, le faible nombre de différences significatives peut s'expliquer par le fait que les deux matrices concernent des territoires se chevauchant. De plus, il faudrait tester si cela provient d'une

incertitude plus grande ou d'une variabilité plus grande sur les services ou bien de différences de scores moyens. De même, il peut y avoir une absence de différence des moyennes qui résulte d'une trop grande incertitude. Donc malgré des scores différents, le test peut ne pas montrer une différence significative. Il serait intéressant, par exemple, de faire une matrice Picardie et une matrice Nord-Pas-de-Calais et comparer les 3 matrices.

Limites

Limites liées à la méthodologie

Certaines limites de cette méthode ont été évaluées dans plusieurs études, comme Jacobs *et al.* (2014) qui soulignent la faible transparence méthodologique et le manque de prise en compte appropriée de l'incertitude. Hou *et al.* (2012) ont listé les limites liées aux évaluations à l'échelle des paysages et écosystèmes. Dans deux études (Campagne *et al.* 2017 et Campagne et Roche 2018) nous avons étudié comment prendre en compte des incertitudes des scores, comment calculer le score final et le nombre de personnes nécessaires pour remplir la matrice. De plus nous avons identifié différents avantages et limites inhérents à l'approche utilisée.

1. Les limites liées à l'approche par écosystème

La typologie d'écosystème utilisée pour la matrice des capacités est plus ou moins valide selon les services écosystémiques. Des grands types d'écosystèmes peuvent suffire pour une évaluation du service de séquestration du carbone mais pour la distinction entre la fourniture de bois d'œuvre (services Matériaux et fibres) et la fourniture du bois à vocation énergétique, il faudrait aller jusqu'à la distinction des écosystèmes forestiers en fonction des espèces. De même l'occupation du sol ne permet pas de faire la distinction entre les différents types de cultures et les différents modes de gestion alors que l'impact sur les services écosystémiques produits est élevé.

- **La temporalité**

La matrice donne une moyenne annuelle de la fourniture ou de l'usage en service écosystémique et ainsi il faudrait plusieurs matrices pour prendre en compte la variabilité annuelle et pluriannuelle. Cette limite pourrait être contournée par l'utilisation secondaire de données concernant la phénologie des cultures.

Turkelboom *et al.* (2017) mettent en avant le problème lié à faire une liste de services écosystémiques, comme dans la matrice des capacités. La matrice donne l'impression que les services d'approvisionnement, de régulation et culturel peuvent être fournis en même temps alors que dans la majorité des cas, il est impossible de gérer les écosystèmes pour qu'ils fournissent tous les services en même temps dans un niveau de fourniture maximal.

- **L'hétérogénéité spatiale**

La matrice donne un score moyen par écosystème. Ainsi deux localisations lointaines ayant le même écosystème auront les mêmes scores sans la prise en compte de leur spécificité (Jacobs *et al.*, 2014). Les statuts de protection, l'état de santé des écosystèmes, les particularités topographiques, topologiques etc. ne sont pas prises en compte mais peuvent l'être avec une analyse complémentaire. Afin de prendre en compte l'hétérogénéité spatiale il est possible, en plus de la matrice, d'effectuer une évaluation des éléments pondérateurs (éléments spatiaux capables de moduler la fourniture en services écosystémiques des écosystèmes).

- **L'interaction entre services**

La matrice ne prend pas en compte les compromis et synergies entre les services écosystémiques lors de leur évaluation, alors qu'ils forment un réseau d'interactions (Schröter *et al.*, 2012). Cependant, la matrice des capacités peut fournir des données de base pour l'analyse des compromis et synergies. La représentation par bouquets de services permet une visualisation mais pas une évaluation dynamique des compromis.

2. Les limites liées à la compréhension et à l'interprétation : les définitions des services et des écosystèmes ne sont pas simples et peuvent amener à des interprétations différentes. De plus, il existe plusieurs concepts dans l'évaluation des services écosystémiques : offre, capacité, usage, demande, etc. Afin de réduire cette limite, du temps a été pris pour expliquer et reprendre avec les participants toutes les définitions liées à l'étude.

Limites liées aux dires d'experts

- La subjectivité

Pour chaque participant, il y a une variabilité liée à sa subjectivité, à sa confiance en sa connaissance et à sa compréhension de l'étude. La validité des évaluations basées sur le dire d'expert sont fortement dépendantes de l'expérience, des connaissances, de l'éducation et de l'opinion des participants (Hou *et al.*, 2012; Jacobs *et al.*, 2014). Afin de prendre en compte la confiance des participants, il a été demandé aux participants d'exprimer leurs incertitudes sous la forme d'un score de confiance.

- Les profils des participants

Dans un processus participatif, le profil des participants est important à prendre en compte. On parle de variabilité entre les experts pour la variabilité de l'expertise et des connaissances plus générales au sein des experts choisis (connaissances professionnelles ou personnelles en fonction de leurs expériences; Hou *et al.*, 2012). Dans le cas de l'application de la matrice, nous considérons que le profil doit être lié au type d'évaluation faite. Par exemple, pour la matrice de la capacité, ont été retenus des participants ayant des connaissances liées aux écosystèmes et à leurs capacités à fournir des services. La recherche visant à couvrir tous les domaines de l'écologie et tous les niveaux hiérarchiques a été souhaitée. Les analyses réalisées montrent, sans faire de distinction entre les expertises des experts, un besoin minimum de 15 personnes pour un score final stable malgré la contribution d'une personne supplémentaire (Campagne *et al.*, 2017).

Des études ont montré « des différences importantes d'appréciation entre un public rural et âgé – qui préfère les services d'approvisionnement – et un public urbain et jeune – qui s'intéresse plutôt aux services de régulation. D'autres différences d'appréciation ont été révélées en fonction du niveau d'éducation des personnes interrogées (plus le niveau d'éducation est faible, plus les services d'approvisionnement sont cités), mais également du genre de personnes interrogées, les femmes désignant plus les services de régulation et les hommes les services d'approvisionnement » (Prévot et Geijzendorffer, 2016). Dans le cadre de cette étude nous n'avons pas observé ces biais de notation associés aux profils des experts notateurs.

Perspectives

Cette étude sera poursuivie par :

- L'intégration des services écosystémiques dans les études d'impact ;
- L'analyse des scores des participants en fonction de leurs profils.

En effet, nous souhaiterions analyser la variabilité des scores en fonction des différentes informations que nous avons sur les participants, telles que les expertises géographiques, l'expertise écologique (le grand type d'écosystèmes) ou encore le statut entre décisionnaires, gestionnaires, experts naturalistes, etc.

Des réflexions sont en cours avec la DREAL pour faire des matrices individuelles au sein des cinq grands types d'écosystèmes : aquatiques, marins et littoraux, agricoles et prairiaux, forestiers et urbains.

Dans cette étude, les résultats peuvent être développés par exemple avec la création de matrice de scores pondérés en fonction des surfaces des écosystèmes pour chaque département soit des matrices pondérées à l'échelle des départements. Pour faire suite à l'analyse des corrélations entre services, pourraient être trouvés des indicateurs spatiaux de fonctions écologiques, de biodiversité ou de condition écologique et une analyse de la corrélation avec les services.

Bibliographie

- Baró, F., Gómez-Baggethun, E., Haase, D., 2017. Ecosystem service bundles along the urban-rural gradient: Insights for landscape planning and management. *Ecosyst. Serv.* 24, 147–159. doi:10.1016/j.ecoser.2017.02.021
- Baró, F., Haase, D., Gómez-Baggethun, E., Frantzeskaki, N., 2015. Mismatches between ecosystem services supply and demand in urban areas: A quantitative assessment in five European cities. *Ecol. Indic.* 55, 146–158. doi:10.1016/j.ecolind.2015.03.013
- Bierry, A., Quétiér, F., Baptist, F., Wegener, L., Lavorel, S., 2015. Apports potentiels du concept de services écosystémiques au dialogue territorial. *Sci. Eaux Territ.* 1–8.
- Burkhard, B., Kandziora, M., Hou, Y., Müller, F., 2014. Ecosystem Service Potentials, Flows and Demands – Concepts for Spatial Localisation, Indication and Quantification. *Landsc. Online* 32, 1–32. doi:10.3097/LO.201434
- Burkhard, B., Kroll, F., Müller, F., 2009. Landscapes' Capacities to Provide Ecosystem Services – a Concept for Land-Cover Based Assessments. *Landsc. Online* 1–22. doi:10.3097/LO.200915
- Burkhard, B., Maes, J., 2017. Mapping Ecosystem Services, Advanced Books. doi:10.3897/ab.e12837
- Burkhard, B., Petrosillo, I., Costanza, R., 2010. Ecosystem services - Bridging ecology, economy and social sciences. *Ecol. Complex.* 7, 257–259. doi:10.1016/j.ecocom.2010.07.001
- Cai, W., Gibbs, D., Zhang, L., Ferrier, G., Cai, Y., 2017. Identifying hotspots and management of critical ecosystem services in rapidly urbanizing Yangtze River Delta Region, China. *J. Environ. Manage.* 191, 258–267. doi:10.1016/j.jenvman.2017.01.003
- Campagne, C. S. 2015. Évaluation des services écosystémiques potentiellement produits par les zones humides des territoires du SAGE Scarpe aval et du Parc naturel régional Scarpe-Escaut.
- Campagne, C.S., 2018. Chapitre « Les bouquets de services », in: EFES - Les Milieux Humides et Aquatiques Continentaux”, 248p. Thema.
- Campagne, C.S., Roche, P., 2018. May the matrix be with you! Guidelines for the application of expert-based matrix approach for ecosystem services assessment and mapping. *One Ecosyst.* 3, e24134. doi:10.3897/oneeco.3.e24134
- Campagne, C.S., Roche, P., Gosselin, F., Tschanz, L., Tatoni, T., 2017. Expert-based ecosystem services capacity matrices: Dealing with scoring variability. *Ecol. Indic.* 79, 63–72. doi:10.1016/j.ecolind.2017.03.043
- Chan, K.M. a. A., Satterfield, T., Goldstein, J., Satter, T., Goldstein, J., 2012. Rethinking ecosystem services to better address and navigate cultural values. *Ecol. Econ.* 74, 8–18. doi:10.1016/j.ecolecon.2011.11.011
- Cicchetti, D. V. 1994. Guidelines, Criteria, and Rules of Thumb for Evaluating Normed and Standardized Assessment Instruments in Psychology. *Psychological Assessment*, 6, 284–290.
- Costanza, R., de Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., Farber, S., Grasso, M., 2017. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosyst. Serv.* 28, 1–16. doi:10.1016/j.ecoser.2017.09.008
- Cotillon, S., 2013. Impacts of Land Cover Changes on Ecosystem Services Delivery in the Black Hills Ecoregion from 1950 to 2010. Theses Diss. 1145.
- Couvet D., Arnaud De Sartre X., Balian E., Tichit M., 2016. Services écosystémiques : des compromis aux synergies Dans « Roche P.K., Geijzendorffer I.R., Levrel H., Maris V. (Eds.), Valeurs de la biodiversité et services écosystémiques : Perspectives interdisciplinaires, Collection Update Sciences et Technologies, ed. Quae, Paris, 218 p. »
- de Groot, R.S.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., Willemen, L., 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecol. Complex.* 7, 260–272. doi:10.1016/j.ecocom.2009.10.006
- Depellegrin, D., Pereira, P., Misiunė, I., Egarter-Vigl, L., 2016. Mapping ecosystem services potential in Lithuania. *Int. J. Sustain. Dev. World Ecol.* 4509, 1–15. doi:10.1080/13504509.2016.1146176
- Eigenbrod, F., Armsworth, P.R., Anderson, B.J., Heinemeyer, A., Gillings, S., Roy, D.B., Thomas, C.D., Gaston, K.J., 2010. The impact of proxy-based methods on mapping the distribution of ecosystem services. *J. Appl. Ecol.* 47, 377–385. doi:10.1111/j.1365-2664.2010.01777.x
- Geijzendorffer, I.R., Martín-López, B., Roche, P.K., 2015. Improving the identification of mismatches in ecosystem services assessments. *Ecol. Indic.* 52. doi:10.1016/j.ecolind.2014.12.016
- Geijzendorffer, I.R., Roche, P.K., 2013. Can biodiversity monitoring schemes provide indicators for ecosystem services? *Ecol. Indic.* 33, 148–157. doi:10.1016/j.ecolind.2013.03.010
- Haines-young, R., Potschin, M., 2013. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4.
- Hermann, A., Kuttner, M., Hainz-Renetzeder, C., Konkoly-Gyuró, É., Tirászi, Á., Brandenburg, C., Allex, B., Ziener, K., Wrška, T., 2014. Assessment framework for landscape services in European cultural landscapes: An Austrian Hungarian case study. *Ecol. Indic.* 37, 229–240. doi:10.1016/j.ecolind.2013.01.019
- Hou, Y., Burkhard, B., Müller, F., 2012. Uncertainties in landscape analysis and ecosystem service assessment. *J. Environ. Manage.* 127, S117–31. doi:10.1016/j.jenvman.2012.12.002
- Hrabanski, M., Aznar, E., Valette, O., 2012. Les services écosystémiques et environnementaux en France métropolitaine et d'outre-mer : synthèse des travaux du programme. SERENA 30.
- Jacobs, S., Burkhard, B., Van Daele, T., Staes, J., Schneiders, A., 2014. “The Matrix Reloaded”: A review of expert knowledge use for mapping ecosystem services. *Ecol. Modell.* 295, 21–30. doi:10.1016/j.ecolmodel.2014.08.024
- Kaiser, G., Burkhard, B., Römer, H., Sangkaew, S., Graterol, R., Haitook, T., Sterr, H., Sakuna-Schwartz, D., 2013. Mapping tsunami impacts on land cover and related ecosystem service supply in Phang Nga, Thailand. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 13, 3095–3111. doi:10.5194/nhess-13-3095-2013
- Kandziora, M., Burkhard, B., Müller, F., 2013. Interactions of ecosystem properties, ecosystem integrity and ecosystem service indicators—A theoretical matrix exercise. *Ecol. Indic.* 28, 54–78. doi:10.1016/j.ecolind.2012.09.006
- Kroll, F., Müller, F., Haase, D., Fohrer, N., 2012. Rural–urban gradient analysis of ecosystem services supply and demand dynamics. *Land use*

- policy 29, 521–535. doi:10.1016/j.landusepol.2011.07.008
- Lasseur, R., Spake, R., Crouzat, E., Mouchet, M., Vanier, C., Lavorel, S., Eigenbrod, F., Characterization of ecosystem services associations supplied by agricultural lands, In prep.
- Lavorel, S., Bayer, A., Bondeau, A., Lautenbach, S., Ruiz-Frau, A., Schulp, N., Seppelt, R., Verburg, P., Teeffelen, A. van, Vannier, C., Arneith, A., Cramer, W., Marba, N., 2017. Pathways to bridge the biophysical realism gap in ecosystem services mapping approaches. *Ecol. Indic.* 74, 241–260. doi:10.1016/j.ecolind.2016.11.015
- Lele, S., Springate-Baginski, O., Lakerveld, R., Deb, D., Dash, P., 2013. Ecosystem Services: Origins, Contributions, Pitfalls, and Alternatives. *Conserv. Soc.* 11, 343–358. doi:10.4103/0972-4923.125752
- MEA, 2005. Les services écosystémiques de la biodiversité.
- Mouchet, M.A., Lamarque, P., Martín-López, B., Crouzat, E., Gos, P., Byczek, C., Lavorel, S., 2014a. An interdisciplinary methodological guide for quantifying associations between ecosystem services. *Glob. Environ. Chang.* 28, 298–308. doi:10.1016/j.gloenvcha.2014.07.012
- Müller, R. & Büttner, P. 1994. A critical discussion of intraclass correlation coefficients. *Statistics in Medicine*, 13, 2465–2476.
- Nedkov, S., Gikov, A., Nikolova, M., Dimitrov, P., Gachev, E., 2014. Mapping Ecosystem Services Supply in Mountain Areas: a Case Study of Seven Rila Lakes, Bulgaria. 5th Int. Conf. Cartogr. GIS, JUne 15-21, 2014 Riviera, Bulg.
- Potschin, M., Haines-Young, R., 2012. Landscapes, sustainability and the place-based analysis of ecosystem services. *Landsc. Ecol.* 28, 1053–1065. doi:10.1007/s10980-012-9756-x
- Prévot A.-C. et Geijzendorffer I., 2016. Biodiversité, services écosystémiques et bien-être. Dans Roche, P.K., Geijzendorffer, I.R., Levrel, H., Maris, V. (Eds.), 2016. Valeurs de la biodiversité et services écosystémiques: Perspectives interdisciplinaires, Collection Update Sciences et Technologies, ed. Quae, Paris, 218p.
- R Development Core Team 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing URL: <https://www.R-project.org/>.
- Ramirez-Gomez, S.O.I., Torres-Vitolas, C.A., Schreckenberg, K., Honzak, M., Cruz-Garcia, G.S., Willcock, S., Palacios, E., Perez-Minana, E., Verweij, P.A., Poppy, G.M., 2015. Analysis of ecosystem services provision in the Colombian Amazon using participatory research and mapping techniques. *Ecosyst. Serv.* 13, 93–107. doi:10.1016/j.ecoser.2014.12.009
- Raudsepp-Hearne, C., Peterson, G.D., Bennett, E.M., 2010. Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 107, 5242–7. doi:10.1073/pnas.0907284107
- Schröter, M., Albert, C., Marques, A., Tobon, W., Lavorel, S., Maes, J., Brown, C., Klotz, S., Bonn, A., 2016. National Ecosystem Assessments in Europe: A Review. *Bioscience* 66, 813–828. doi:10.1093/biosci/biw101
- Schröter, M., Remme, R.P., Hein, L., 2012. How and where to map supply and demand of ecosystem services for policy-relevant outcomes? *Ecol. Indic.* 23, 220–221. doi:10.1016/j.ecolind.2012.03.025
- Seppelt, R., Dormann, C.F., Eppink, F. V., Lautenbach, S., Schmidt, S., 2011. A quantitative review of ecosystem service studies: approaches, shortcomings and the road ahead. *J. Appl. Ecol.* 48, 630–636. doi:10.1111/j.1365-2664.2010.01952.x
- Stoll, S., Frenzel, M., Burkhard, B., Adamescu, M., Augustaitis, A., Baeßler, C., Bonet, F.J., Carranza, M.L., Cazacu, C., Cosor, G.L., Díaz-Delgado, R., Grandin, U., Haase, P., Hämäläinen, H., Loke, R., Müller, J., Stanisci, A., Staszewski, T., Müller, F., 2014. Assessment of ecosystem integrity and service gradients across Europe using the LTER Europe network. *Ecol. Modell.* 295, 13. doi:10.1016/j.ecolmodel.2014.06.019
- Turkelboom, F., Leone, M., Jacobs, S., Kelemen, E., García-Llorente, M., Baró, F., Termansen, M., Barton, D.N., Berry, P., Stange, E., Thoonen, M., Kalóczkai, Á., Vadineanu, A., Castro, A.J., Czúcz, B., Röckmann, C., Wurbs, D., Odee, D., Preda, E., Gómez-Baggethun, E., Rusch, G.M., Pastur, G.M., Palomo, I., Dick, J., Casaer, J., van Dijk, J., Priess, J.A., Langemeyer, J., Mustajoki, J., Kopperoinen, L., Baptist, M.J., Peri, P.L., Mukhopadhyay, R., Aszalós, R., Roy, S.B., Luque, S., Rusch, V., 2017. When we cannot have it all: Ecosystem services trade-offs in the context of spatial planning. *Ecosyst. Serv.* doi:10.1016/j.ecoser.2017.10.011
- Vihervaara, P., Kumpula, T., Tanskanen, A., Burkhard, B., 2010. Ecosystem services—A tool for sustainable management of human–environment systems. Case study Finnish Forest Lapland. *Ecol. Complex.* 7, 410–420. doi:10.1016/j.ecocom.2009.12.002
- Villamagna, A.M., Angermeier, P.L., Bennett, E.M., 2013. Capacity, pressure, demand, and flow: A conceptual framework for analyzing ecosystem service provision and delivery. *Ecol. Complex.* 15, 114–121. doi:10.1016/j.ecocom.2013.07.004

Annexe

Annexe 1 : Définitions des services écosystémiques

Services écosystémiques				Définitions	Indicateurs potentiels - exemples	Code
Services d'approvisionnement	Nutrition	Biomasse non sauvage	Production végétale alimentaire cultivée	Capacité potentielle de l'écosystème à être une source de nourriture pour l'homme, d'origine végétale cultivée	Nature et quantité des aliments issus d'espèces végétales utilisées en culture Champs de blé, betteraves, pomme de terre, colza, etc.	SA1
			Production animale alimentaire élevée	Capacité potentielle de l'écosystème à être une source de nourriture pour l'homme, d'origine animale élevée	Nature et quantité d'aliments issus d'espèces utilisées dans les élevages ou en aquaculture. Élevages de porc, poulet, vache, truite, etc.	SA2
		Biomasse sauvage	Ressource végétale et fongique alimentaire sauvage	Capacité potentielle de l'écosystème à être une source de nourriture pour l'homme, d'origine végétale et/ou fongique sauvage	Nature et quantité d'aliments issus d'espèces végétales et fongiques cueillis.	SA3
			Ressource animale alimentaire sauvage	Capacité potentielle de l'écosystème à être une source de nourriture pour l'homme, d'origine animale sauvage	Nature et quantité d'aliments issus d'espèces animales chassées ou pêchées.	SA4
		Eau	Eau douce	Capacité potentielle de l'écosystème à fournir des eaux de surface et souterraines (à travers la rétention et le stockage) qui pourraient être utilisées pour la consommation et/ ou pour l'industrie ou l'énergie	Quantité d'eau prélevable à fin d'irrigation, de consommation domestique et ou d'utilisation industrielle/ énergétique	SA5
	Matériaux	Matériaux bruts	Matériaux et fibres	Capacité potentielle de l'écosystème à fournir des fibres et d'autres matériaux cultivés ou sauvages qui ne servent pas à l'alimentation	Quantité de matériaux naturels cultivés ou sauvages que nous utilisons à des fins non alimentaire tels quelles fibres pour la papeterie, les fibres textiles, les bouquets décoratifs de fleurs, etc. Hors matériaux utilisés à des fins énergétiques, pour l'agriculture, aromatique et médicinale.	SA6
			Ressource secondaire pour l'agriculture/ alimentation indirecte	Capacité potentielle de l'écosystème à fournir des ressources pour le fourrage ou des ressources utilisées comme engrais	Quantité de matières utilisées à des fins de fourrage et de fertilisation. Foin, luzerne, pâtures, engrais verts, nectar pour les abeilles, etc.	SA7
			Composées et matériel génétique des êtres vivants	Capacité potentielle de l'écosystème à fournir des matériaux et produits utilisés à des buts médicaux et à être une réserve de ressources génétiques unique que nous utilisons à des buts scientifiques, industriels, agricoles ou agroalimentaires.	Quantité d'espèces utilisées à des fins médicales pharmaceutiques, aromatiques, etc.	SA8
		Energie	Biomasse à vocation énergétique	Capacité potentielle de l'écosystème à fournir des matériaux naturels cultivés ou sauvages qui servent de source d'énergie	Quantité de matériaux utilisés à des fins énergétiques comme le bois combustible, les céréales ou la betterave pour la production d'éthanol, etc.	SA9

Services de régulation	Maintien des conditions biologiques, physiques et chimiques		Régulation du climat et de la composition atmosphérique	Capacité potentielle de l'écosystème à influencer le climat local et régional et à réguler le changement climatique par la séquestration des gaz à effet de serre	Quantité de GES stockée et/ou séquestrée par unité de temps, contribution à la variation du climat (influence sur la température, l'humidité, etc.). Stockage de carbone dans la biomasse végétale, régulation du vent et du climat local par des haies ou autre massifs végétal.	SR1
			Régulation des animaux vecteurs de maladies pour l'homme	Capacité potentielle de l'écosystème à réguler et limiter la propagation des espèces nuisibles vectrices de maladies pour l'homme	Certains milieux sont moins favorables que d'autres à la propagation d'espèces nuisibles vecteurs de maladies pour l'homme telles que les moustiques, les tiques (maladie de Lyme), rongeurs et renards (l'échinococcose alvéolaire), les rats (Leptospirose) etc.	SR2
			Régulation des ravageurs	Capacité potentielle de l'écosystème à réguler les espèces sauvages ravageuses de culture et les espèces parasites des animaux d'élevage	Présence d'espèces régulant les ravageurs telles que la présence de coccinelle mangeant les pucerons, présence de guêpes parasitoïdes des aphides, etc. Et la présence d'espèces régulant la transmission de la Douve aux animaux d'élevage	SR3
		Maintenance du cycle de vie et de l'écosystème	Offre d'écosystème, de refuge et de nurserie	Capacité potentielle de l'écosystème à offrir des écosystèmes favorables pour différentes espèces sauvages comme site de nidification, de reproduction ou de refuge	Écosystème utilisé comme site de reproduction, de nidification, de refuge, d'alimentation, etc.	SR4
			Pollinisation et dispersion des graines	Capacité potentielle de l'écosystème à héberger des espèces pollinisatrices ou dispersant les graines et capacité de l'écosystème à disperser les graines	Présence de pollinisateurs et espèces dispersant les graines tels que les oiseaux, les mammifères et les insectes. Remarque: ce service se focalise principalement sur l'abondance des pollinisateurs.	SR5
			Maintien de la qualité des eaux	Capacité potentielle de l'écosystème à maintenir et préserver un bon état chimique des eaux douces et salées par filtration et autoépuration	Écosystème, éléments de l'écosystème ou organismes contribuant à la filtration ou l'épuration des eaux.	SR6
			Maintien de la qualité du sol	Capacité potentielle de l'écosystème à maintenir un sol naturellement productif et contribuant à la fertilité du sol	Stockage de nutriments, maintien des bonnes conditions biogéochimiques du sol et de l'activité biologique du sol	SR7
	Médiation des flux - régulation des risques naturels		Contrôle de l'érosion	Capacité potentielle de l'écosystème à stabiliser, atténuer les flux de masses, à stocker des sédiments et offrant une couverture végétale limitant l'érosion	Combinaison de deux fonctions : contrôle de l'érosion et stockage des sédiments. Présence de couverture végétale, systèmes racinaires et autres éléments limitant l'érosion	SR8
			Protection contre les tempêtes	Capacité potentielle de l'écosystème à protéger et limiter l'impact des tempêtes	Présences d'éléments naturels protégeant et limitant l'impact et les dégâts causés par des tempêtes tels que les haies, les linéaires d'arbres, etc.	SR9
			Régulation des inondations et des crues	Capacité potentielle de l'écosystème à maintenir les flux d'eau et à réguler les inondations et les crues	Présence d'éléments naturels régulant les inondations et crues tels que les zones tampons, les forêts rivulaires, les roselières, etc.	SR10
	Réduction des nuisances		Limitation des nuisances visuelles, olfactives et sonores	Capacité potentielle de l'écosystème à limiter les éléments visuels, olfactifs ou sonores jugés nuisibles	Présence d'éléments naturels limitant les éléments visuels, olfactifs ou sonores jugés nuisibles	SR11

Services culturels	REPRESENTATIONS- subjectif : Interactions spirituelles, symboliques, religieuses & historiques	Notion temporelle : évaluation actuelle de cette valeur et de reconnaissance de groupe, collective	Emblème ou symbole	Écosystèmes étant ou comprenant des espèces ayant une position d'emblème ou de symbole de nos jours pour une entité sociale	Milieus d'importance patrimoniale ou abritant une espèce emblématique ou symbolique pour le territoire. Exemples: terrils, zones humides, milieu littoral, etc.	SC1
		Notion temporelle : à long terme et de reconnaissance personnelle	Héritage (passé et futur) et existence	Écosystèmes et éléments de l'écosystème inspirant du plaisir à exister et volonté à les préserver pour nous et les générations futures	Exemple de méthode pour l'évaluer: Prix à payer pour préserver un écosystème ou un de ses éléments; préférences socio-culturelles exprimées, valeur d'attachement, évocation, etc.	SC2
		Notion temporelle : évaluation actuelle de cette valeur et reconnaissance personnelle et actuelle	Esthétique	Écosystèmes et éléments de l'écosystème jugés esthétique, contemplation directe ou indirecte	Exemple de méthode pour l'évaluer: Nombre de photos prises d'un écosystème ou d'un de ses éléments	SC3
	USAGES- objectif : Interactions physiques et intellectuelles avec les écosystèmes et paysages	Notion temporelle : évaluation actuelle de cette valeur et de reconnaissance de groupe, collective	Activités récréatives	Interactions physiques avec l'écosystème pour le tourisme, le bien-être l'art et des activités de loisirs comme les sports de pleine nature, la chasse, la pêche de loisir etc.	Inspiration des paysages naturels ou culturels pour la culture, l'art et le design(les livres, les films, les peintures, le folklore, les symboles nationaux, l'architecture, la publicité, etc.) Écotourisme, activité de loisir comme les sports de pleine nature, la chasse, la pêche de loisir, etc.	SC4
			Connaissance et éducation	Écosystème étudié pour l'accumulation de connaissance et pour son intérêt éducatif et/ou scientifique	Utilisation de la nature pour des recherches scientifiques et pour l'éducation. Nombre de sorties scolaires, nombre de projets ou publications scientifiques par milieux, etc.	SC5

Annexe 2 : détails des écosystèmes et correspondances avec les occupations du sol ARCH et Picard

Écosystèmes		Définitions	Code HdF SE	Code OCCSOL
Écosystèmes aquatiques	Eaux douces	Plans d'eau présentant des doutes sur la salinité et lacs, étangs, mares et pièces d'eau artificielles	H1	2 ; 221
	Fonds ou rivages des plans d'eau non végétalisés	Fonds ou rivages des plans d'eau non végétalisés et aux galets ou vases temporairement soumis aux fluctuations naturelles ou artificielles du niveau d'eau	H2	222 ; 245
	Végétations aquatiques	Végétations immergées ou flottantes des plans d'eau et autres eaux stagnantes	H3	224
	Eaux courantes	Ensemble des rivières, cours d'eau et voies d'eau supérieurs à 5m de large	H4	24
	Végétations immergées	Tapis de plantes aquatiques visibles des rivières. Il comprend des herbiers enracinés des eaux douces	H5	223 ; 244
	Végétations de ceinture des bords des eaux	Communautés de roseaux (roselières) et de grandes laïches (cariçaias) de bordure des lacs, des rivières, des ruisseaux et des marais	H6	53
	Bas marais, tourbières de transition, sources	Végétation typique des bas-marais (du genre carex), des tourbières et des sources marais arrière-littoraux en eau douce et plus rarement saumâtre	H7	54
Écosystèmes agricoles	Steppes et prairies calcaires sèches	Steppes et prairies calcaires sèches	H8	34
	Prairies acides et dunes fossiles	Prairies sur sols fortement acides et pauvres, sur des sables décalcifiés et ourlets associés ET Dunes fossiles, ou dunes décalcifiées, témoins des anciennes limites de rivages, résultent du lessivage des sables par la pluie	H9	643
	Lisières humides à grandes herbes	Écosystèmes assez humides, au niveau des bordures de cours d'eau, des prairies alluviales et des forêts hygrophiles	H10	37A
	Prairies humides	Prairies composées de graminées pouvant être brièvement ou longuement inondées	H11	37B
	Prairies mésophiles	Prairies indifférenciées (sans indice de fauche ou de pâturage), clairières, ourlets ou prairies péri-urbaines non gérées ET Prairies pâturées mésophiles fertilisées, régulièrement pâturées, sur des sols bien drainés complexes herbacés (jardin...) ou friches	H12	38 ; 381
	Prairies à fourrage des plaines	Prairies de fauche mésophiles fertilisées, sur des sols bien drainés	H13	382
	Prairies améliorées	Prairies permanentes semées ou très fortement fertilisées	H14	81
	Cultures	Grandes cultures annuelles, maraîchages et houblonnières	H15	82
	Bandes enherbées	Bandes enherbées en bordure de champs cultivés et souvent localisées en bordure de cours d'eau	H16	822
	Vergers	Culture de ligneux pour la production de fruits	H17a	83V
	Vignobles	Plantations de Vignes	H17b	83Vi
Écosystèmes forestiers	Landes	Landes humides tourbeuses et semi-tourbeuses, ainsi que les landes mésophiles à mésoxérophiles sur sols siliceux, pauvres en nutriments et, acides et généralement podzoliques	H18	311 ;312
	Fourrés	Formation pré-forestière buissonnante	H19	318
	Forêts caducifoliées	Forêts et terrains boisés composés essentiellement de feuillus caducifoliés, à l'exception des boisements humides, des forêts poldériennes, des boisements sur dunes et des plantations de peupliers	H20	41 ;41P
	Forêts riveraines, forêts et fourrés très humides	Végétation arborescente et arbustive des bords de cours d'eau, des vallées inondables, des marais et des tourbières	H21	44
	Plantations de feuillus et indéterminées	Plantations de ligneux indéterminées ET plantations récentes et aux pépinières ET Plantations régulières de peupliers	H22	833 ; 83321
	Plantations de conifères	Plantations d'arbres de type conifères, situées en dehors des massifs dunaires	H23	8331
	Haies, alignements d'arbres	Haies et aux alignements d'arbres	H24	

Écosystèmes urbains	Parcs urbains et grands jardins	Formation végétale très variée, crée à des fins récréatives	H25	85
	Prairies à métaux lourds	Prairies sèches, basses, avec une haute teneur en métaux lourds (zinc et plomb) composée d'une flore spécifique	H26	342
	Espaces bâtis et urbains diffus	Espaces urbanisés, zones industriels et zones commerciales	H27	86
	Carrières en activité	Carrière en activité	H28	863C
	Carrières abandonnées	Carrières laissées à l'abandon en eau ou revégétalisées	H29	8641
	Terrils	Zones d'accumulations et de stockage des sous-produits d'exploitation des houillères ou de l'industrie, sans boisement ET Zones d'accumulations et de stockage des sous-produits d'exploitation des houillères ou de l'industrie, avec boisement	H30	8642A ; 8642B
	Voies de chemin de fer, friches et abords de voies de communication	Voies de chemin de fer désaffectées, notamment les cavaliers du bassin miniers ET Végétations basses, clairsemées, non pérennes, caractéristiques des sols remaniés ET Terrain délaissé ou peu entretenu le long des routes et autoroutes ET Terrain délaissé ou peu entretenu le long des voies ferrées	H31	87 ; 8643 ; 991A ; 992A
	Lagunes et réservoirs industriels	Plans d'eau artificiels situés dans un contexte industriels	H32	89
	Réseaux routiers et ferroviaires	Routes, autoroutes et voies ferrées issues de la base PPIGE	H33	991 ; 992
Écosystèmes marins et littoraux	Mers et océans - Graveleux	Eaux océaniques et du plateau continental, leurs communautés associées pélagiques et benthiques ainsi que les herbiers de phanérogames marines	H34.a	11
	Mers et océans - Sableux	Eaux océaniques et du plateau continental, leurs communautés associées pélagiques et benthiques ainsi que les herbiers de phanérogames marines	H34.b	11
	Récifs	Eaux océaniques et du plateau continental, leurs communautés associées pélagiques et benthiques ainsi que les herbiers de phanérogames marines	H34.c	11
	Estuaires, fleuves et rivières soumis à marées (colonne d'eau) plus mares et plans d'eau saumâtres	Embouchures des rivières à leur arrivée dans la mer, comprenant aussi les rivières sujettes à la marée en amont des estuaires et les eaux saumâtres végétalisées et non végétalisées. , ce sont les plans d'eaux des estuaires	H35	131 ; 132
	Milieux côtiers soumis à marées	Cet écosystème correspond aux sables, vases, sablons, inondés une partie de la marée (zone intertidale), dépourvus de plantes vasculaires, mais habituellement colonisés par des algues bleus et des diatomées. Ainsi que les communautés végétales inondées lors des grandes marées et communautés continentales et côtières halophiles	H36	14 ; 15 ; 23 ; 231 ; 232
	Dépressions humides dunaires	Dépressions humides des systèmes dunaires (intégrant les lettres dunaires humides et les mares de lettres dunaires)	H37	163 ; 1631
	Plages de sables	Zones ensablées, au-dessus des plus hautes eaux BD Topo	H38	161
	Plages de galets	Plages couvertes de galets avec ou sans végétation	H39	171 ; 175
	Côtes rocheuses et falaises	Côtes rocheuses et falaises maritimes, qui peuvent être nues ou végétalisées	H40	18
	Dunes blanches et grises	Dunes blanches (sable nu) et dunes grises (fixées par des pelouses)	H41	162
	Dunes arbustives et arborées	Formations arbustives sur substrat dunaire, plus formations arborescentes de feuillus et de conifères	H42	16291 ; 16292 ; 162A

Annexe 3 : Matrice des erreurs standards

Code	SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7	SR8	SR9	SR10	SR11	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	SA6	SA7	SA8	SA9	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5
H1	0.23	0.24	0.26	0.19	0.25	0.31	0.26	0.23	0.17	0.29	0.26	0.24	0.20	0.24	0.20	0.22	0.22	0.30	0.30	0.21	0.22	0.19	0.16	0.17	0.18
H2	0.19	0.24	0.26	0.27	0.18	0.29	0.22	0.13	0.05	0.24	0.22	0.11	0.21	0.11	0.25	0.36	0.18	0.20	0.30	0.07	0.18	0.23	0.26	0.26	0.28
H3	0.26	0.22	0.23	0.19	0.26	0.27	0.23	0.25	0.10	0.24	0.27	0.12	0.24	0.21	0.27	0.35	0.23	0.25	0.27	0.21	0.29	0.28	0.28	0.25	0.26
H4	0.29	0.26	0.29	0.24	0.25	0.33	0.26	0.23	0.13	0.30	0.30	0.22	0.28	0.25	0.16	0.22	0.16	0.29	0.32	0.31	0.23	0.28	0.16	0.17	0.21
H5	0.23	0.24	0.21	0.21	0.22	0.23	0.25	0.28	0.18	0.24	0.26	0.14	0.23	0.20	0.28	0.36	0.26	0.23	0.26	0.22	0.28	0.28	0.27	0.23	0.26
H6	0.21	0.23	0.25	0.12	0.23	0.17	0.19	0.25	0.25	0.29	0.26	0.24	0.27	0.26	0.26	0.35	0.29	0.21	0.25	0.27	0.25	0.26	0.25	0.28	0.25
H7	0.23	0.19	0.24	0.18	0.23	0.23	0.20	0.23	0.19	0.18	0.29	0.18	0.22	0.25	0.25	0.29	0.33	0.25	0.24	0.30	0.22	0.18	0.22	0.26	0.18
H8	0.19	0.24	0.25	0.26	0.24	0.27	0.21	0.24	0.13	0.22	0.21	0.14	0.29	0.24	0.23	0.22	0.25	0.27	0.26	0.20	0.32	0.32	0.27	0.25	0.29
H9	0.21	0.22	0.26	0.27	0.23	0.25	0.21	0.24	0.16	0.24	0.22	0.13	0.29	0.22	0.22	0.20	0.26	0.28	0.26	0.19	0.32	0.31	0.26	0.25	0.30
H10	0.20	0.19	0.23	0.19	0.16	0.26	0.15	0.24	0.16	0.22	0.19	0.16	0.29	0.25	0.24	0.28	0.25	0.30	0.22	0.23	0.29	0.25	0.23	0.26	0.22
H11	0.21	0.18	0.27	0.20	0.21	0.24	0.22	0.27	0.13	0.20	0.21	0.26	0.25	0.24	0.18	0.31	0.28	0.27	0.22	0.21	0.28	0.27	0.24	0.29	0.24
H12	0.19	0.21	0.26	0.22	0.19	0.23	0.19	0.25	0.12	0.27	0.21	0.24	0.29	0.23	0.24	0.29	0.29	0.29	0.24	0.22	0.28	0.29	0.26	0.28	0.25
H13	0.18	0.22	0.26	0.21	0.24	0.25	0.25	0.27	0.12	0.27	0.18	0.28	0.33	0.28	0.23	0.26	0.30	0.24	0.24	0.25	0.27	0.30	0.26	0.22	0.24
H14	0.18	0.21	0.23	0.20	0.24	0.24	0.21	0.27	0.15	0.26	0.18	0.31	0.33	0.26	0.22	0.21	0.30	0.29	0.23	0.22	0.26	0.24	0.26	0.22	0.26
H15	0.21	0.25	0.16	0.19	0.23	0.20	1.06	0.22	0.16	0.25	0.18	0.18	0.36	0.22	0.18	0.19	0.23	0.23	0.24	0.25	0.29	0.28	0.22	0.26	0.24
H16	0.20	0.22	0.23	0.18	0.19	0.23	0.21	0.24	0.20	0.23	0.19	0.23	0.27	0.22	0.24	0.25	0.23	0.29	0.21	0.25	0.22	0.26	0.23	0.25	0.18
H17a	0.22	0.21	0.24	0.21	0.21	0.22	0.23	0.25	0.28	0.25	0.25	0.23	0.26	0.26	0.25	0.27	0.33	0.24	0.26	0.25	0.27	0.23	0.22	0.25	0.25
H17b	0.19	0.21	0.20	0.22	0.28	0.17	0.23	0.26	0.22	0.20	0.23	0.20	0.20	0.23	0.27	0.22	0.29	0.28	0.26	0.20	0.27	0.20	0.24	0.25	0.24
H18	0.22	0.21	0.25	0.25	0.21	0.23	0.22	0.27	0.23	0.26	0.26	0.23	0.24	0.26	0.27	0.26	0.28	0.26	0.27	0.28	0.28	0.29	0.26	0.28	0.26
H19	0.21	0.19	0.23	0.19	0.22	0.25	0.23	0.27	0.29	0.26	0.27	0.20	0.23	0.26	0.22	0.26	0.30	0.23	0.24	0.27	0.24	0.28	0.27	0.21	0.26
H20	0.12	0.22	0.23	0.19	0.26	0.22	0.21	0.21	0.27	0.29	0.26	0.21	0.18	0.25	0.23	0.37	0.27	0.25	0.23	0.18	0.25	0.22	0.18	0.20	0.18
H21	0.20	0.21	0.23	0.18	0.24	0.20	0.21	0.20	0.22	0.31	0.22	0.16	0.18	0.26	0.24	0.36	0.27	0.23	0.24	0.23	0.31	0.32	0.26	0.23	0.27
H22	0.21	0.22	0.22	0.24	0.25	0.22	0.24	0.24	0.26	0.29	0.24	0.26	0.19	0.30	0.25	0.32	0.21	0.22	0.24	0.17	0.27	0.29	0.24	0.26	0.21
H23	0.23	0.24	0.21	0.21	0.27	0.24	0.26	0.21	0.23	0.27	0.21	0.14	0.10	0.26	0.26	0.29	0.23	0.17	0.25	0.21	0.28	0.28	0.27	0.26	0.22
H24	0.26	0.22	0.26	0.20	0.22	0.25	0.22	0.21	0.22	0.29	0.21	0.29	0.26	0.20	0.20	0.31	0.29	0.26	0.27	0.24	0.23	0.27	0.24	0.27	0.21
H25	0.24	0.28	0.25	0.22	0.20	0.25	0.26	0.27	0.28	0.27	0.21	0.25	0.16	0.22	0.23	0.21	0.29	0.22	0.27	0.27	0.26	0.26	0.25	0.23	0.22
H26	0.20	0.24	0.26	0.22	0.25	0.17	0.23	0.30	0.12	0.26	0.28	0.15	0.06	0.12	0.14	0.11	0.18	0.11	0.28	0.11	0.25	0.26	0.26	0.23	0.32
H27	0.06	0.32	0.29	0.16	0.16	0.05	0.05	0.14	0.27	0.05	0.12	0.17	0.22	0.09	0.10	0.11	0.17	0.11	0.13	0.18	0.29	0.27	0.30	0.30	0.28
H28	0.17	0.27	0.26	0.16	0.14	0.17	0.17	0.09	0.06	0.23	0.11	0.06	0.08	0.06	0.16	0.17	0.42	0.08	0.16	0.19	0.17	0.19	0.16	0.10	0.26
H29	0.20	0.21	0.27	0.24	0.22	0.23	0.21	0.17	0.15	0.28	0.25	0.11	0.15	0.20	0.22	0.24	0.21	0.21	0.25	0.16	0.25	0.25	0.19	0.24	0.28
H30	0.22	0.27	0.26	0.27	0.24	0.19	0.21	0.16	0.23	0.10	0.23	0.15	0.18	0.19	0.25	0.16	0.23	0.20	0.30	0.24	0.25	0.23	0.27	0.22	0.24
H31	0.15	0.23	0.26	0.16	0.22	0.20	0.19	0.24	0.21	0.16	0.17	0.11	0.10	0.24	0.25	0.13	0.17	0.16	0.26	0.21	0.24	0.26	0.12	0.16	0.22

H32	0.14	0.20	0.20	0.23	0.19	0.21	0.19	0.18	0.07	0.24	0.11	0.14	0.14	0.16	0.24	0.34	0.07	0.08	0.22	0.08	0.19	0.17	0.12	0.13	0.23
H33	0.03	0.32	0.26	0.10	0.18	0.03	0.03	0.10	0.03	0.15	0.05	0.17	0.17	-	0.18	0.03	0.03	0.03	0.11	0.18	0.15	0.22	0.13	0.15	0.20
H34.a	0.30	0.30	0.24	0.26	0.24	0.33	0.21	0.18	0.12	0.28	0.35	0.20	0.32	0.28	0.20	0.37	0.29	0.24	0.32	0.25	0.30	0.35	0.21	0.23	0.23
H34.b	0.26	0.30	0.26	0.22	0.23	0.32	0.21	0.18	0.13	0.29	0.35	0.12	0.32	0.26	0.20	0.36	0.30	0.18	0.33	0.25	0.27	0.35	0.21	0.23	0.19
H34.c	0.36	0.32	0.23	0.27	0.20	0.30	0.27	0.27	0.26	0.17	0.33	0.09	0.31	0.26	0.26	0.23	0.17	0.15	0.37	0.18	0.32	0.32	0.28	0.27	0.24
H35	0.23	0.28	0.25	0.25	0.24	0.29	0.29	0.25	0.20	0.32	0.29	0.14	0.29	0.26	0.23	0.32	0.22	0.25	0.32	0.28	0.24	0.28	0.19	0.22	0.20
H36	0.25	0.25	0.21	0.23	0.24	0.28	0.26	0.30	0.23	0.27	0.29	0.28	0.34	0.27	0.22	0.26	0.22	0.22	0.30	0.22	0.31	0.29	0.21	0.20	0.23
H37	0.24	0.25	0.23	0.26	0.20	0.26	0.29	0.22	0.17	0.28	0.27	0.11	0.20	0.20	0.28	0.27	0.18	0.15	0.30	0.18	0.27	0.27	0.25	0.22	0.25
H38	0.13	0.28	0.23	0.24	0.13	0.25	0.22	0.27	0.20	0.18	0.30	0.05	0.11	0.16	0.30	0.14	0.34	0.12	0.27	0.19	0.29	0.27	0.20	0.21	0.28
H39	0.14	0.30	0.23	0.26	0.15	0.24	0.25	0.30	0.20	0.20	0.30	0.08	0.11	0.18	0.29	0.14	0.38	0.12	0.28	0.18	0.29	0.28	0.25	0.23	0.29
H40	0.19	0.29	0.26	0.21	0.22	0.28	0.25	0.30	0.30	0.25	0.32	0.14	0.10	0.16	0.27	0.21	0.26	0.11	0.28	0.18	0.20	0.24	0.16	0.20	0.26
H41	0.18	0.25	0.26	0.26	0.26	0.24	0.26	0.29	0.29	0.24	0.32	0.14	0.14	0.21	0.28	0.22	0.25	0.15	0.30	0.22	0.22	0.27	0.17	0.22	0.25
H42	0.24	0.22	0.25	0.19	0.18	0.24	0.28	0.29	0.29	0.27	0.30	0.17	0.17	0.21	0.28	0.26	0.22	0.20	0.28	0.28	0.23	0.25	0.25	0.20	0.24

Annexe 4 : Indices de consensus des scores de la matrice des habitats Hauts-de-France

	SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7	SR8	SR9	SR10	SR11	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	SA6	SA7	SA8	SA9	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5
ICC	0,51	0,37	0,33	0,41	0,29	0,35	0,43	0,24	0,49	0,34	0,32	0,47	0,50	0,28	0,49	0,34	0,36	0,02	0,19	0,39	0,39	0,40	0,48	0,46	0,48