

INSTITUT D'AMENAGEMENT, D'URBANISME ET DE GEOGRAPHIE DE LILLE

MASTER de Sciences et Technologies

Mention Urbanisme et Aménagement du territoire

Parcours ENVIE (Environnement et ville durable)

Concevoir et utiliser un outil d'évaluation des services écosystémiques dans la région Hauts-de-France : La méthode de la matrice de capacités.



Tutrice universitaire : Magalie FRANCHOMME & Guillaume Schmitt

Thibault CILOR

Tutrice professionnelle : Lou DENGREVILLE & Guillaume BERTHO **Année : 2023 – 2024**

Organisme : Agence Régionale de la Biodiversité Hauts-de-France, 6 rue du bleu mouton, Lille

Cilor Thibault, 2024, **Concevoir et utiliser un outil d'évaluation des services écosystémiques dans la région Hauts-de-France : La méthode de la matrice de capacités.**

Institut d'Aménagement, d'Urbanisme et de Géographie de Lille, FaSEST, Université de Lille, mémoire de fin d'étude du Master UA, parcours ENVIE, p.151 + Annexes

Mots clefs : Matrice de capacités, services écosystémiques, Région Hauts-de-France, cartographie (OCS2D), évaluation environnementale.

Key-words : Capacity Matrix, ecosystem services, Hauts-de-France region, mapping (Land Use in 2 Dimensions), environmental assessment.

Résumé :

L'objectif de ce mémoire est de présenter un outil d'évaluation des services écosystémiques à l'échelle de la région Hauts-de-France : La matrice de capacités. La matrice est un outil environnementaliste de communication et de sensibilisation, qui permet l'établissement de stratégie, d'orientation politique et d'un discours en faveur de la protection des espaces naturels et semi-naturels d'un territoire. Cette méthode, apparue en 2009 et utilisée dans le monde entier, répond à la demande croissante de la prise en compte des services écosystémiques dans les projets d'aménagement du territoire. Affirmée avec la loi pour la reconquête de la biodiversité de 2016 et la loi dite « climat résilience » de 2021, la matrice s'inscrit dans un contexte favorable à son implantation, notamment dans la séquence ERC (Éviter Réduire Compenser). Ce mémoire sert de rapport sur la création et l'utilisation de la matrice de capacités Hauts-de-France 2024. Il sera expliqué en détail comment cette nouvelle matrice a été conçue, les méthodes choisies pour la structurer, ses premiers résultats, ses limites et ses perspectives. En parallèle de la création de cette matrice, ce mémoire présente aussi une enquête menée auprès de plusieurs acteurs opérationnels du territoire, afin de tester leur appropriation potentielle de l'outil, mais aussi, son usage dans les missions d'aménagement de ces acteurs.

Abstract :

The objective of this thesis is to present an assessment tool for ecosystem services at the scale of the Hauts-de-France region: The ecosystem services matrix. The matrix is an environmental communication and awareness tool that allows for the establishment of a strategy, policy orientation and discourse in favour of protecting natural and semi-natural areas of a territory. This method, which was developed in 2009 and is used worldwide, responds to the growing demand for the inclusion of ecosystem services in land-use planning projects. Affirmed with the French law for the recovery of biodiversity in 2016 and the «climate resilience» law of 2021, the matrix is part of a favorable context to its implementation, especially in the "ARC" (Avoid Reduce Compensate) sequence. This paper is a report on the creation and use of the Hauts-de-France 2024 capacity matrix. It will be explained in detail how this new matrix was designed, the methods chosen to structure it, its first results, its limits and its perspectives. In parallel to the creation of this matrix, this thesis also presents a survey conducted among several operational actors in the territory, in order to test their potential appropriation of the tool, but also its use in the actors' missions of urban planning.

Remerciement :

Je tiens à remercier Madame Franchomme, enseignante et chercheuse à l'Université de Lille, et Monsieur Schmitt, enseignant et chercheur à l'Université Polytechnique Hauts-de-France, pour leur encadrement universitaire éclairé. Leur disponibilité et l'intérêt qu'ils portaient aux sujets de ce mémoire m'ont grandement aidé.

Je remercie Madame Dengreville, coordinatrice du pôle connaissance de l'ARB, et Monsieur Bertho, géomaticien de l'ARB, pour leur gentillesse, leur bienveillance et leur professionnalisme durant toute la durée de mon stage à leurs côtés. Ils m'ont énormément appris et ont contribué à l'excellent déroulement de toute cette expérience très riche sur un plan professionnel comme personnel.

Je remercie Madame Campagne, chercheuse postdoctorale à la station biologique de Roscoff, qui m'a inspiré le sujet de ce mémoire et aidé à de multiples reprises dans mes missions avec clairvoyance et sincérité.

Je remercie l'ensemble de l'équipe de l'Agence Régionale de la Biodiversité Hauts-de-France, et l'ensemble des membres d'ENRx pour leur sympathie et leur accueil au sein de leurs locaux, où j'ai vraiment eu l'impression de faire partie de l'équipe durant cinq mois.

Je remercie les trente experts du territoire ayant répondu présent aux ateliers de remplissage de la matrice de capacités Hauts-de-France 2024. Leur travail collectif est le fruit de leur intérêt pour l'environnement et présage de l'espoir pour l'avenir de notre Région. Je remercie spécialement Monsieur Bachmann, chargé de mission à la DREAL HDF, pour son implication dans le bon déroulement de ces ateliers et dans la conception de la matrice.

Je remercie Monsieur Jechoux, Monsieur Lefort, Monsieur Danneels, Madame Cotillon, Monsieur Gavory, Madame Schulz et Monsieur Valet, pour le temps qu'ils m'ont accordé lors d'entretiens. Leurs expertises et leurs transparences ont beaucoup alimenté mon enquête.

Mes derniers remerciements vont de nouveau à Madame Dengreville et Monsieur Bertho, mais aussi à Madame Blin, pour la relecture de ce travail. Ils m'ont été d'une aide précieuse.

Avant-propos :

Dans le cadre de la deuxième année du Master 2 d'Urbanisme et d'aménagement du territoire de l'Université de Lille (M2 UA), un stage de cinq à six mois conclut le diplôme. Cette expérience professionnelle est une transition entre la vie universitaire et le monde du travail, et permet aux étudiants de gagner en opérationnalité et en efficacité.

En raison de mon parcours et de ma spécialisation en « Environnement et ville durable » (ENVIE), je souhaitais approfondir les thématiques majeures de ma formation avec un stage orienté vers l'environnement. L'Agence Régionale de la Biodiversité (ARB) de la région Hauts-de-France m'a alors accueilli en tant que stagiaire sur le sujet suivant « **Evaluation des services écosystémiques (SES) dans les Hauts-de-France : Mise à jour de la matrice de capacités en lien avec le référentiel OCS2D** ».

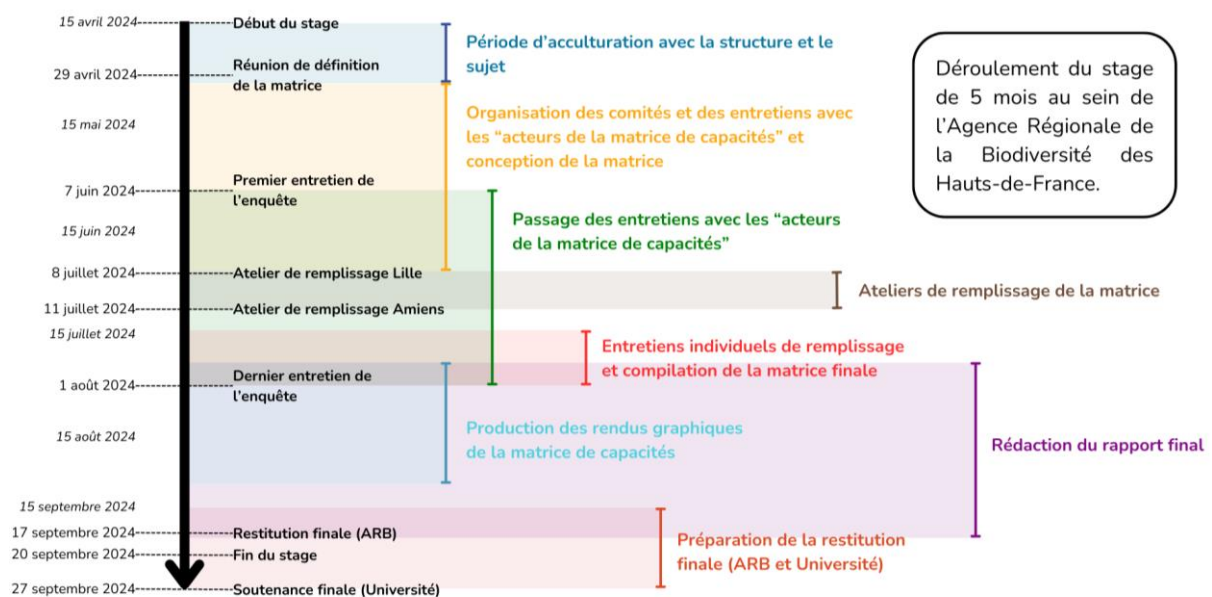
Ma mission principale durant ce stage était de concevoir la nouvelle matrice de capacités régionale, indicateur qui permet l'évaluation des services écosystémiques et leur cartographie. La matrice est un outil créé à partir de recherches scientifiques et d'un comité d'experts qu'il convient de rassembler. Ensuite, l'outil finalisé sert la conception d'une multiplicité de rendus graphiques et notamment des cartes créées à partir du logiciel de Système d'Information Géographique (SIG) Qgis. L'avantage de la matrice de capacités dans le cadre de ce stage réside d'abord dans sa temporalité. En effet, elle est rapide à déployer. Sa conception et ses premières utilisations correspondent à une période de six mois, parfaitement adaptée à ce stage de fin d'étude. Ma mission principale était donc de contribuer au démarrage du projet, à son évolution, à sa conception et à son utilisation primaire.

J'ai également mené de nombreux entretiens avec les utilisateurs de la matrice pour en apprendre plus sur la méthode, son utilisation et sa potentielle appropriation par certains acteurs. Afin de les compléter, des questionnaires ont été confiés aux experts participants aux ateliers de remplissage de la matrice. Cette enquête sera d'avantage détaillée ultérieurement.

Comme le montre le schéma ci-dessous (Figure 1), ce stage s'est découpé en plusieurs parties, correspondant aux étapes de création de la matrice. Tout d'abord, ne connaissant pas la méthode, une période destinée à l'adaptation au sein de la structure et à l'appropriation de la mission était nécessaire. Ensuite, la création de la matrice impliquait des recherches, des

réunions, des tests et des comparaisons devant être soumises aux experts lors des comités. Cette phase de conception s’est déroulée en parallèle de l’organisation des ateliers de remplissage et de la sélection des experts, les invitations, les réponses aux questions et la sélection des dates et des lieux de réunions. C’est une période où il était aussi essentiel de contacter des acteurs du territoire afin de les interviewer et de profiter de leur savoir et retours d’expérience sur leur matrice de capacités. Ce stage était coupé en deux par les ateliers de remplissage, qui constituaient une courte période, intense, mais essentielle. Les ateliers étaient la pierre angulaire de la matrice, car une fois ceux-ci terminés et complétés par des entretiens de remplissage individuel, la matrice finale a pu voir le jour. La troisième grande étape était donc d’utiliser la matrice finale pour faire les premiers rendus cartographiques à différentes échelles, ce temps m’a aussi servi à faire la rédaction de mon mémoire de stage. Enfin, la fin du mois de septembre a été marquée par la restitution de ces travaux à l’ARB, puis à l’université à travers ma soutenance finale.

Figure 1 : Chronologie du stage au sein de l’Agence Régionale de la Biodiversité Hauts-de-France



Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

Afin d’assurer ces missions, de nombreuses connaissances sont à mobiliser et à développer. Tout d’abord, le contact avec les acteurs est le fil rouge de ces cinq mois d’activité, que cela

soit par les ateliers ou les entretiens. Il faut donc posséder une bonne capacité orale et faire preuve de concentration et de professionnalisme lors des échanges. Ensuite, la conception de la matrice implique des connaissances théoriques sur les écosystèmes et habitats de la région, mais aussi sur les services écosystémiques, leur utilité et leurs limites. Enfin, des compétences techniques étaient requises pour assurer la bonne utilisation de Qgis et de Excel lors de la création des différents documents graphiques liés à la matrice. Des capacités de rédaction, d'esprit de synthèse, d'organisation, d'autonomie et d'assiduité ont aussi été mobilisées et améliorées lors de ce stage. Cette période a inévitablement enrichi mes compétences techniques, jusqu'ici assez faibles, et également renforcé mon professionnalisme et mon aisance à l'oral.

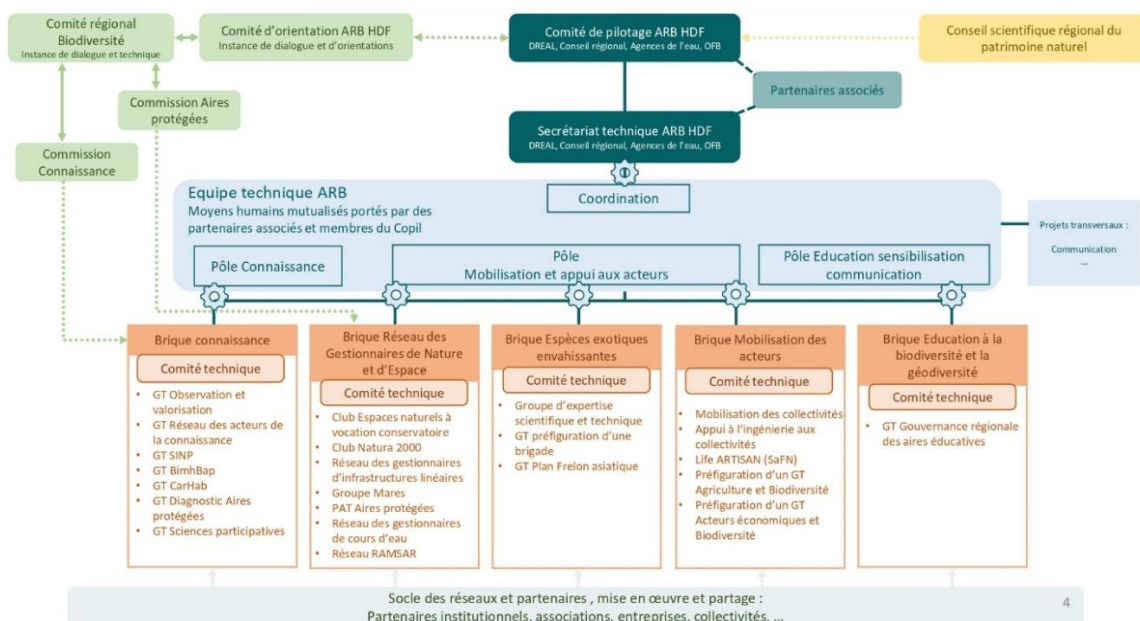
Enfin, pour conclure cet avant-propos, il convient de situer mon stage et mes missions au sein de ma structure d'accueil, l'ARB. Tout d'abord, une agence régionale de biodiversité est un type de structure dont la création a été rendue possible en 2015 avec la loi NOTRe (Nouvelle Organisation du Territoire de République) qui cède la compétence de l'environnement aux régions alors qu'elle était détenue par l'Etat. Pour pouvoir assurer cette compétence, notamment sur le volet de la biodiversité, les régions ont eu la possibilité de créer une Agence Régionale de Biodiversité. Ces agences deviennent d'ailleurs plus importantes à partir de 2016 avec la loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages, qui renforce encore les objectifs environnementaux français.

Cependant, l'ARB Hauts-de-France est assez singulière. En 2017, c'est d'abord une Gouvernance Régionale pour la Biodiversité (GREB) qui est construite en agglomérant plusieurs acteurs régionaux autour de la conjonction des actions en faveur de la biodiversité et au développant de la communication entre les structures. Les grands acteurs investis dans la GREB sont : l'Etat avec la Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL), les Agences de l'eau, l'Office Français de la Biodiversité (OFB) et d'autres structures partenaires comme des associations ou des conservatoires. En 2021, le président de la Région Hauts-de-France décide la création de l'ARB Hauts-de-France, qui devient héritière des objectifs du GREB, sans posséder la compétence « environnement » de la région. L'ARB a un rôle d'appui et de coordinateur d'une multiplicité d'actions. La particularité principale de l'ARB HDF est que ses salariés sont dispatchés dans différentes structures, la majorité à ENRx

(Espaces Naturels Régionaux), un au CBNBL (Conservatoire Botanique Nationale de Bailleul), un au CPIE (Centre Permanent d'Initiative pour l'Environnement) et un au CEN (Conservatoire d'Espace Naturel). En résulte une compétence environnementale éclatée dans une multiplicité d'organismes aux objectifs distincts.

Ainsi, l'ARB Hauts-de-France est rattachée au syndicat mixte ENRx avec qui elle partage le même statut juridique. Sa gouvernance est assez complexe, car elle regroupe de nombreux acteurs. Comme on peut le voir ci-dessous (Figure 2), on retrouve les mêmes composantes que dans la GREB avec la DREAL, l'OFB et les deux agences de l'eau à qui on peut ajouter le Conseil régional. L'objectif de ce comité et des élus qui le composent, est de définir les grandes orientations de l'agence avec des programmes et des objectifs annuels et pluriannuels. Le comité de pilotage produit également les conventions, les bilans et définit la politique générale de la communication et le fonctionnement interne de l'agence. Les structures membres du comité de pilotage font également partie du secrétariat technique, dont la mission est de diriger l'ARB. Le secrétariat rassemble des techniciens qui évaluent la faisabilité des orientations politiques et qui préparent le comité technique. Comme le montre le schéma, d'autres instances alimentent le comité et le secrétariat, comme le comité d'orientation, qui est une instance de discussion pour le comité de pilotage, mais aussi le conseil scientifique régional du patrimoine naturel qui, par son expertise, peut apporter des éléments de réflexion supplémentaires.

Figure 2 : Organigramme de l'Agence Régionale de la Biodiversité Hauts-de-France



Source : Documentation interne à l'ARB HDF

L'ARB s'attribue cinq grands objectifs opérationnels, le premier est de **fédérer et valoriser** les compétences des acteurs partenaires du territoire. L'ARB se doit d'orchestrer la complémentarité des compétences de chacun. Dans la continuité de cet objectif, l'ARB doit être la **garante de la cohérence** des interventions. L'agence doit aussi **décupler** une meilleure appropriation des enjeux de la biodiversité et cela passe par la **communication**, notamment auprès des acteurs du territoire pour les sensibiliser sur les thématiques environnementales. Enfin, l'ARB doit également **favoriser la capacité d'ingénierie** des acteurs publics comme privés pour soutenir la massification des actions en faveur de la biodiversité, et cela passe par la création d'indicateurs et d'outils et leurs mises à disposition.

Pour assurer toutes ces missions, comme affiché sur le schéma (Figure 2) l'ARB a sa propre équipe technique divisée en trois pôles. Le premier pôle est le « pôle connaissance », spécialisé dans la diffusion et le développement de la connaissance de la biodiversité, c'est ce pôle qui met en place les indicateurs de biodiversité, qui réalise des cartographies, comme celles des aires protégées, et qui dirige les projets de sciences participatives. Ma mission de stage, concernant la matrice de capacités 2024, se situe dans le cadre des activités de ce pôle. Ensuite, le « pôle mobilisation et appui aux acteurs » a comme principale mission d'animer les différents réseaux des gestionnaires des aires protégées (espaces naturels à vocation conservatoire, sites aquatiques, Natura 2000, infrastructures linéaires de transport...) et autres, comme celui des collectivités territoriales. Ce pôle organise également des événements, porte la déclinaison régionale de la stratégie aires protégées et mobilise les acteurs dans des projets communs, comme la lutte contre les espèces exotiques envahissantes. Enfin, le « pôle éducation, sensibilisation et communication » assure la bonne diffusion des différentes actions de l'ARB dans le réseau, organise des événements et porte également le projet des « aires éducatives » et de la valorisation du label de qualité scientifique « patrimoine naturel des Hauts-de-France ».

Introduction :

La construction de bâti et l'urbanisation consomme près de 15 000 hectares d'espaces agricoles et naturels par an en France (V. Antoni & al, 2018). Pour conserver un dynamisme, pour relancer une économie locale ou pour accueillir des projets d'envergure, les communes construisent et artificialisent des espaces pourtant riches en biodiversité et assurant de nombreux services pour la société humaine. En fonction de la géographie, la destruction de ces habitats naturels et agricoles s'opère par trois phénomènes d'urbanisation : sur le littoral, les communes artificialisent en masse ; les grandes et moyennes villes prodiguent de nombreuses extensions urbaines ; les territoires ruraux subissent un mitage intense, notamment dans les plus petites communes de France. La région Hauts-de-France regroupe ces trois géographies particulières en son sein, son littoral fait près de 200km de long, plus de 3200 de ses communes sont rurales (INSEE, 2021) et elle abrite de nombreuses villes moyennes notamment dans le département du Nord et du Pas-de-Calais. Ainsi, la région fait face à ce danger de l'artificialisation et à la disparition progressive de ses terres agricoles et naturelles estimés à 565m² par km² et par an (ORB HdF, 2024 ; données de l'OCS2D 2021 & IGN 2023).

La perte de ces sols, soustraits de leur état forestier, naturel ou agricole, par le compactage ou le recouvrement d'un matériau minéral imperméable, empêche de nombreux processus écologiques essentiels à la vie. « Les sols non seulement permettent de produire la biomasse agricole – assurant ainsi la sécurité alimentaire des populations – et sylvicole, mais fournissent également des matières premières énergétiques et minérales. » (V. Antoni & al, 2018). En plus de cet apport en ressources, les habitats et les sols régulent les inondations, absorbent le CO₂, abritent la biodiversité, etc. Cependant, malgré tous ces services « le rôle des sols n'en restent pas moins particulièrement méconnus » (V. Antoni & al, 2018).

La législation et les politiques françaises semblent se saisir de cet enjeu avec l'objectif de Zéro Artificialisation Nette (ZAN) de la loi climat résilience de 2021, mais des questionnements se posent sur la quantification et la qualification des milieux, mais aussi sur les indicateurs à mobiliser afin de renforcer les lois de préservation des habitats et de prise en compte de la biodiversité dans l'aménagement du territoire. Il est aujourd'hui obligatoire de lutter contre l'artificialisation, contre le réchauffement climatique et d'agir en faveur de l'écologie, mais ces

grandes orientations doivent se reposer sur des outils scientifiques, qui permettent aux acteurs d'un territoire de se saisir de ces enjeux. Des diagnostics, de la cartographie, des études de terrain, des documents réglementaires : de nombreux supports sont déjà utilisés, mais depuis plus de dix ans, un autre outil se démarque dans l'évaluation des services écosystémiques d'un territoire : la matrice de capacités. C'est cette dernière qui est l'objet de ce rapport, car l'ARB porte la conception et l'utilisation de la nouvelle matrice régionale de 2024.

La méthode de la matrice n'est pas fondamentalement complexe, mais elle est pointilleuse, technique et nécessite des notions qu'il convient de comprendre et maîtriser. La matrice est un moyen d'évaluer, de concerter, de sensibiliser, de démontrer et de diffuser des bonnes pratiques environnementales en justifiant leur utilité. Elle est un outil de l'aménagement qui fait prendre conscience des bénéfices de la protection des espaces naturels. Elle s'inscrit dans la promotion des enjeux écologiques contemporains et peut donc être un partenaire de choix dans la programmation et la lutte contre le réchauffement climatique. Il convient alors de se demander : **Comment les acteurs opérationnels du territoire des Hauts-de-France peuvent s'appropriier et utiliser la méthode de la matrice de capacités afin de renforcer la prise en compte des services écosystémiques dans l'aménagement du territoire et l'urbanisme ?**

L'objectif de ce mémoire de stage est donc d'expliquer la méthode et la conception de la matrice de capacités Hauts-de-France (HDF) 2024. Cependant, le cadre du Master UA impose une réflexion sur l'utilisation de cet outil, s'interrogeant sur ce qu'il peut devenir dans les mains des collectivités, des bureaux d'études et autres acteurs de l'aménagement. Pour répondre à cette problématique, il nous faut d'abord analyser le contexte législatif de la France en matière de protection et d'écologie, et ainsi connaître le cadre réglementaire où peut s'introduire la matrice de capacités. Cette première partie sera aussi le moyen de définir les notions essentielles entourant la matrice de capacités, notamment les services écosystémiques. Dans une deuxième partie, c'est la matrice de capacités HDF qui sera au cœur de l'analyse, sa méthode précise sera expliquée, son cadre géographique, ses enjeux particuliers, sa conception, son remplissage et ses premiers résultats. La troisième partie fera état des différentes productions graphiques rendues possible grâce à la matrice de capacités.

L'objectif est de présenter ce que la matrice est capable de produire, dans un premier temps, et de présenter son intérêt dans la sensibilisation, mais aussi dans la construction d'un argumentaire et d'un discours en faveur de l'environnement. Enfin, la quatrième et dernière partie, présentera les différentes limites de la méthode, de sa conception à son usage. Cette partie fait également office de conclusion du mémoire.

Table des matières

Résumé.....	2
Remerciement	3
Avant-propos	4
Introduction	9
Table des matières.....	12

1. La nécessaire création d'indicateur pour l'évaluation environnementale des territoires :	
Notions et définitions essentielles	15
1.1. Méthode du mémoire et contexte réglementaire et législatif français	15
1.1.1 Méthode adoptée dans la conception du mémoire	15
1.1.2. Histoire de la législation française en faveur de l'environnement	19
1.1.3. Un contexte législatif qui exige la mise en place d'indicateurs d'évaluation	23
1.2. Définition des services écosystémiques	25
1.2.1. Une approche anthropocentrée héritière des années 90'	25
1.2.2. Un élément de discours de l'écologie moderne	27
1.2.3. Une notion qui s'intègre dans l'aménagement du territoire	31
1.3. Qu'est-ce que la méthode de la matrice de capacités ?	33
1.3.1. La genèse de l'outil	33
1.3.2. 109 études à travers le monde, quels points communs ? quelles différences ? ...	36
1.3.3. Exemples de trois matrices de capacités	41
2. La conception de la matrice de capacités Hauts-de-France 2024	48
2.1. Contexte et conception de la matrice vide.....	48
2.1.1 Contexte géographique particulier des Hauts-de-France	48
2.1.2. Une étude inspirée par la matrice de capacités Hauts-de-France 2018	54
2.1.3. Les modifications apportées dans la typologie de SES	59
2.2. Le remplissage de la matrice de capacités HDF 2024	61
2.2.1. Le choix méthodologique du « dire d'experts »	61
2.2.2. Les ateliers de remplissage de la matrice de capacités HDF 2024	65
2.3. Premières analyses graphiques et statistiques des matrices compilées	68
2.3.1. La matrice de capacités Hauts-de-France 2024 compilée	70

2.3.2. La matrice de confiance	71
2.3.3. La matrice des écart-types	72
3. Opérationnalité de la matrice : Tests et Perspectives	75
3.1. La matrice de capacités comme moyen d'argumenter un discours en faveur de l'environnement	75
3.1.1. Les ateliers de remplissage et la conception de la matrice de capacités comme instance de concertation	75
3.1.2. Les Bouquets de service	76
3.1.3. Les documents graphiques comme éléments structurants d'un discours	79
3.2. La cartographie de la matrice de capacités	80
3.2.1. Pourquoi faire de la cartographie ?	80
3.2.2. Premiers rendus et comparaison avec la matrice de capacités HDF 2018	82
3.2.3. Flexibilité de l'échelle, précision de l'OCS2D et multiplicité des thématiques de travail	88
3.3. L'Aide à la décision	92
3.3.1. Guide d'évaluation DREAL, opérationnalité de la matrice à l'échelle d'un projet d'aménagement	92
3.3.2. La nécessaire complémentarité de la matrice de capacités avec d'autres outils et indicateurs	97
4. Eprouver la matrice de capacités : limites et discussions.....	100
4.1. Limites internes à la méthode de la matrice de capacités	101
4.1.1. Le « Dire d'experts »	101
4.1.2. L'entrée par les services écosystémiques est-elle vraiment judicieuse ?	104
4.1.3. Un intérêt technique limité à cause de l'échelle régionale	105
4.2. Les limites externes à la méthode de la matrice de capacités	106
4.2.1. Le manque de données cartographiques et les objectifs discordants des bases de données	106
4.2.2. Le manque d'institutionnalisation de méthodes de prise en compte des services écosystémiques dans l'aménagement du territoire	110
4.2.3. L'usage potentiel potentielle par les structures est trop faible, l'appropriation de la matrice demande une acculturation trop grande	112
4.3. Conclusion du mémoire	113
4.3.1. Résumé des intérêts et des limites de la méthode de la matrice de capacités ...	113

4.3.2. La nécessaire adoption d'une méthode systémique	115
Bibliographie.....	117
Glossaire.....	122
Table des figures.....	124
Annexes.....	128

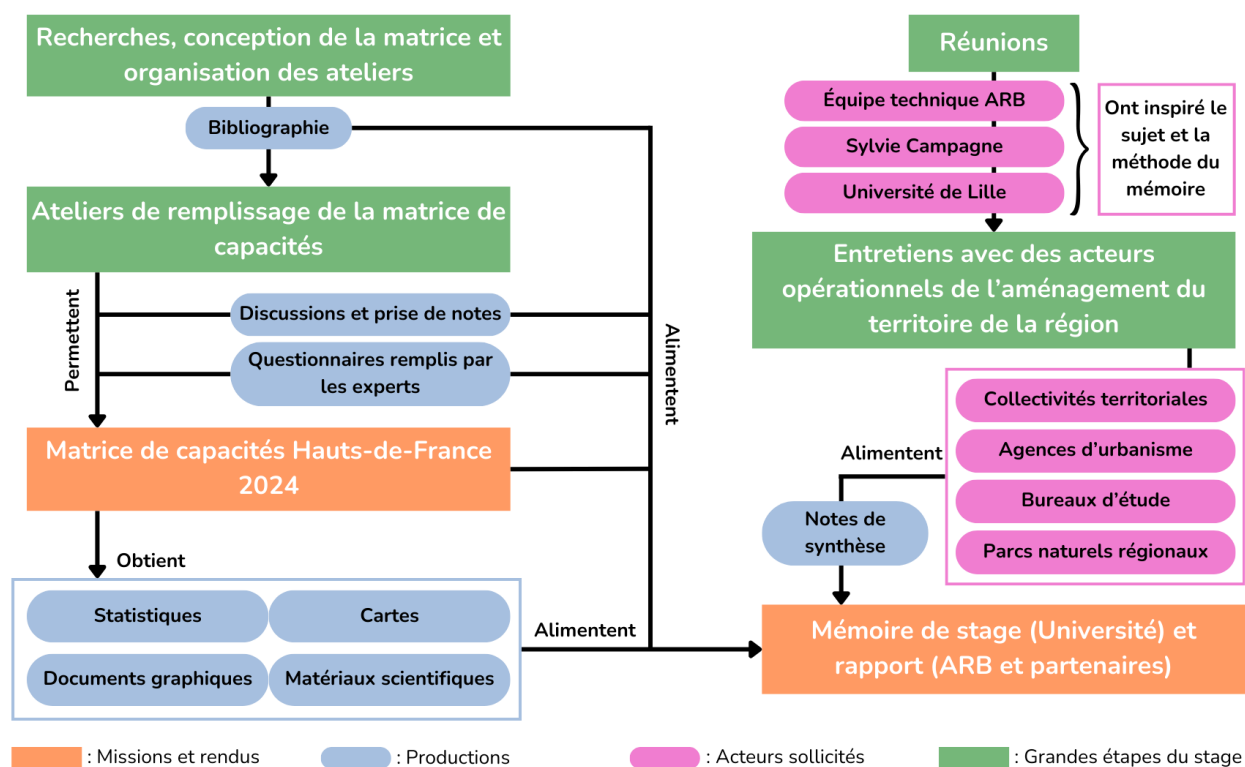
1. La nécessaire création d'indicateur pour l'évaluation environnementale des territoires : Notions et définitions essentielles

1.1. Méthode du mémoire et contexte réglementaire et législatif français

1.1.1 Méthode adoptée dans la conception du mémoire

Tout d'abord, il convient de présenter la méthode adoptée dans la conception de ce mémoire. Deux documents principaux étaient attendus comme résultat : la matrice de capacités Hauts-de-France 2024 et le mémoire de stage qui fait office de rapport. Pour rappel, le sujet de ce mémoire est le suivant : « **Concevoir et utiliser un outil d'évaluation des services écosystémiques dans la région Hauts-de-France : La méthode de la matrice de capacités** ». Ce sujet s'est construit au contact de Sylvie Campagne, chercheuse postdoctorale de la station biologique de Roscoff et spécialiste de la méthode des matrices de capacités. En effet, le sujet initial de ce mémoire portait sur la méthode, l'histoire et la portée de la matrice de capacités, mais S. Campagne a déjà longuement étudié ces questions notamment dans sa thèse « *Évaluation des services écosystémiques par la méthode des matrices de capacité : analyse méthodologique et applications à l'échelle régionale* » (2018) et son article « *Ten years of ecosystem services matrix: Review of a (r)evolution* » (2020). De plus, la matrice de capacités est un outil environnementaliste qui se cantonne beaucoup au milieu de la recherche et qui a du mal à se démocratiser chez les acteurs opérationnels du territoire. Ainsi, obtenir des retours de la part de ces acteurs, pour en connaître son usage concret et son utilisation potentielle est intéressant et permettra de répondre à la question posée dans la problématique de ce mémoire.

Figure 3 : Schéma, méthodologie croisée de conception de la matrice de capacités HDF 2024 et du mémoire de stage



Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

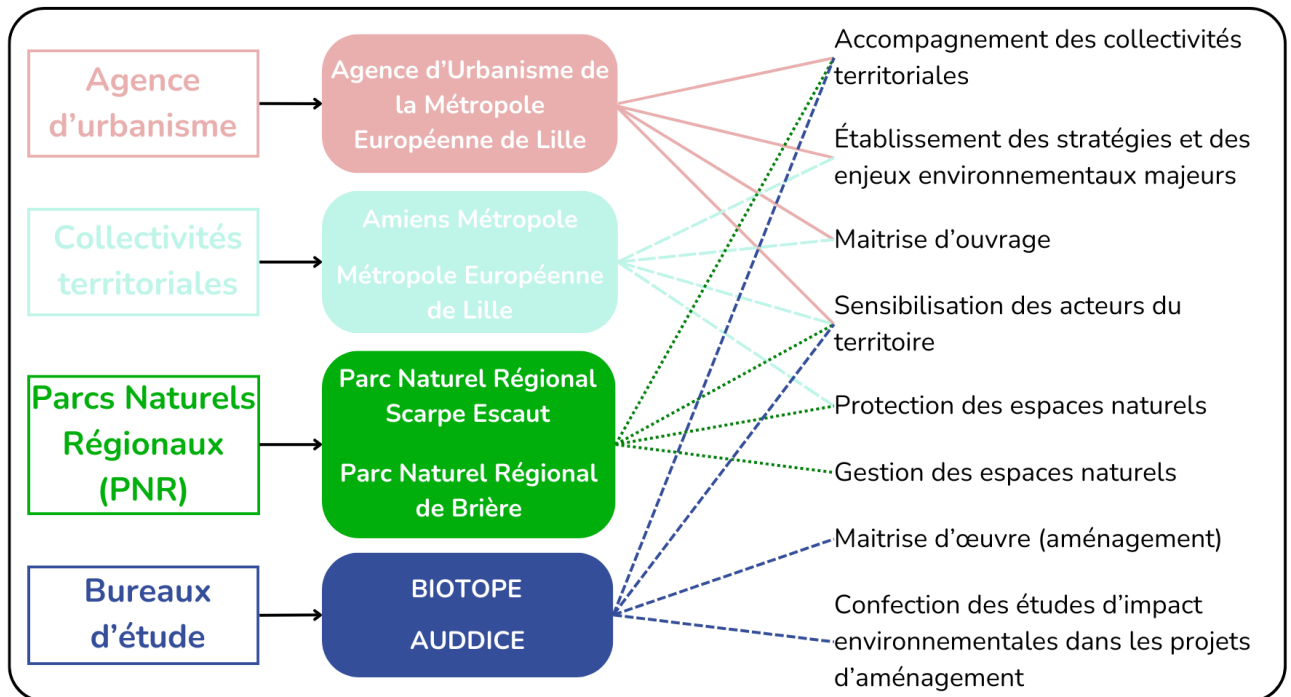
Le schéma ci-dessus (Figure 3) est découpé en deux parties, représentant chacune une des grandes missions du stage. La mission principale de l'ARB à gauche, qui est de concevoir et d'utiliser la matrice de capacités, et la mission universitaire à droite, qui est de rédiger un mémoire de stage. Ces deux missions sont liées, car le mémoire sert de rapport de travail à l'ARB et la matrice est le cœur même du mémoire et de ses réflexions. Ainsi, la rédaction est abreuvée de nombreuses données, obtenues d'abord par des recherches et de la bibliographie. Cette dernière s'est construite autour des productions de S. Campagne, citées précédemment, et de ses références bibliographiques, afin d'avoir des exemples internationaux de matrices de capacités. De nombreux articles sur les services écosystémiques ont aussi été consultés, afin de préciser leurs définitions et de cibler les enjeux contemporains qui les entourent. Enfin, des articles sur l'importance du développement d'outils et de rendus graphiques dans l'aménagement du territoire ont aussi été lu, pour justifier l'intérêt de la

matrice, mais aussi pour clarifier ses limites et ses potentielles améliorations. Ces recherches ont principalement été faites avec les sites internet *Cairn.info* et *OpenEdition.org*.

Les entretiens avec les acteurs du territoire ont aussi constitué une grande source de données. Ces entretiens semi-directifs, d'une durée d'une heure à une heure et demie chacun, sont au nombre de sept et se sont adressés à une multiplicité d'utilisateurs de la matrice ou à de potentiels utilisateurs. Comme le montre le schéma ci-dessous (Figure 4), ont été interrogés des Parcs Naturels Régionaux (PNR) dont celui de Brière, et celui de Scarpe Escaut ; des collectivités territoriales, la Métropole Européenne de Lille et la Métropole d'Amiens ; des bureaux d'études, avec Auddicé et Biotope ; et enfin une agence d'urbanisme, l'ADULM (Agence d'Urbanisme de Lille Métropole). Par manque de temps et de réponses, certains acteurs du milieu de l'aménagement manquent à cette enquête. Il aurait été intéressant d'avoir des entretiens avec des aménageurs (comme la SORELI ou la SPL Euralille), des services de l'Etat ou des communes.

Comme le montre le schéma (Figure 4), les acteurs interrogés disposent de nombreuses compétences en matière d'environnement. Cependant, pour compléter ce panel, tous les experts participant aux ateliers de remplissage ont reçu des questionnaires (Le questionnaire vide est disponible en annexe 1). Ces derniers étaient un condensé des questions posées pendant les entretiens. Ils ont apporté beaucoup d'éléments sur l'usage potentiel de la matrice, mais aussi des pistes sur les limites de la méthode.

Figure 4 : Schéma, acteurs interrogés en entretien dans le cadre de l'enquête sur l'appropriation et l'usage de la matrice de capacités, et leurs compétences



Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

Enfin, le mémoire, doit faire état des premiers rendus graphique de la matrice. Pour rappel, l'objectif est de vérifier si la matrice de capacités est un bon outil d'aménagement du territoire. Ainsi, la cartographie, les bouquets de services et les graphiques statistiques sont des résultats qu'il faut étudier. Le mémoire est donc alimenté par toutes ces productions qui apportent une analyse environnementale de la région. Ces productions ont été confectionnées au côté de Guillaume Bertho, géomaticien de l'ARB, en utilisant les logiciels Qgis pour la cartographie, et Rstat pour les bouquets de services. Une utilisation constante de Excel est aussi à souligner.

Au cours de toute la durée du stage, de nombreuses réunions ont été organisées. D'abord sur la conception de la matrice, où des recherches étaient nécessaires pour étayer les connaissances sur les écosystèmes et leurs bénéfices. La communauté de Géo2France a été informé des étapes de travail de la matrice, leurs retours ont servi la structuration de la matrice. Sylvie Campagne et la DREAL ont aussi été sollicitées plusieurs fois pour consultation et ont contribué à la création de la matrice et à l'organisation des ateliers. Enfin, Magalie Franchomme et Guillaume Schmitt, respectivement enseignants-chercheurs de l'Université de

Lille et de l'université de l'Artois, ont aussi apporté de nombreuses réflexions et questionnements sur ce mémoire et ses sujets.

1.1.2. Histoire de la législation française en faveur de l'environnement

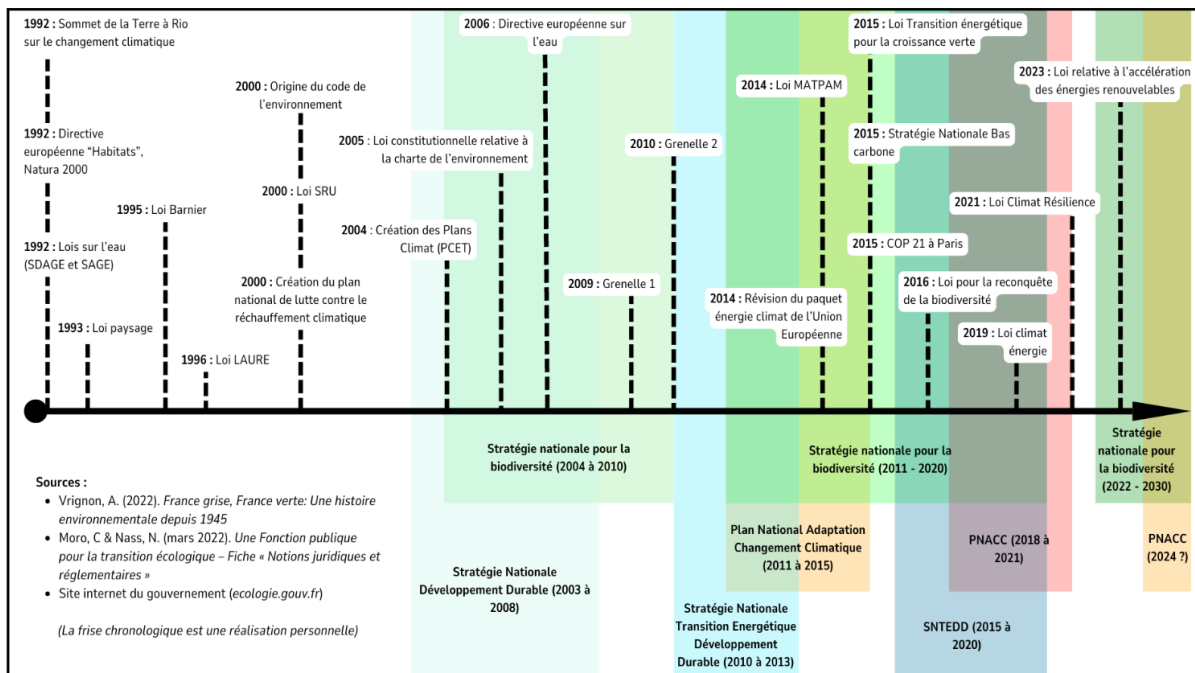
Pour comprendre comment la matrice se situe dans l'aménagement du territoire, il nous faut connaître le contexte législatif français sur les thématiques environnementales et notamment sur la prise en compte des services écosystémiques. Nous détaillerons la définition de ces derniers ultérieurement, mais il est tout de même essentiel d'en avoir une définition fondamentale : « **Les services écosystémiques sont les bénéfiques que les êtres humains retirent des écosystèmes.** » (Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005). C'est un moyen de justifier la protection des Espaces Naturels Agricoles et Forestiers (ENAF) par leur utilité pour la société humaine. La nature est une ressource, un moyen de réguler un ensemble de risques et un vecteur d'identité culturelle. Mais ces services sont difficilement quantifiables et questionnent la manière de les prendre en compte. Ainsi, voyons comment cela se traduit dans la législation française.

La première protection remarquable sur le territoire français date de 1861. La forêt de Fontainebleau est décrétée « réserve artistique », en raison de sa beauté et de l'inspiration qu'elle insuffle aux courants artistiques de l'époque. Il y a 160 ans, on protégeait déjà la nature pour ce qu'elle offre à l'humanité, en l'occurrence un bénéfice culturel, et non pour des raisons bioéthiques ou économiques. L'histoire complète de la législation française est intéressante, mais nous allons nous projeter dans une chronologie plus contemporaine, de la fin du XX^e siècle à aujourd'hui. Nous pouvons tout de même citer la loi de 1930, qui réorganise la « protection des monuments naturels et des sites de caractère artistiques, historiques, scientifiques, légendaire ou pittoresques » avec la création des sites naturels classés et la loi de 1976 relative à la protection de la faune et de la flore, qui généralise l'importance de la protection de l'environnement. Également, la création du premier parc national français, celui de la Vanoise en 1965, mais aussi la création du premier parc naturel régional de France, dans

le département du Nord, celui de Scarpe-Escaut en 1967, sont essentiels dans l'histoire de la protection des espaces naturels du pays.

Cependant, notre chronologie débute en 1992, date de la prise de conscience mondiale sur l'importance de la lutte contre le réchauffement climatique (pour plus d'information sur la législation environnementale française avant 1992, une chronologie présentant les dates essentielles entre 1861 et 1986 est disponible en annexe 2). Depuis 1992, on peut remarquer une évolution sur la prise en compte de l'environnement, dans ses thématiques, mais aussi dans sa méthode. La France opte d'abord pour la protection de ses habitats et de ses espèces remarquables, avec la loi « paysage » de 1993, qui a pour but la mise en valeur et surtout la protection de la nature, qu'elle soit commune ou rare. Cette loi ne donne pas de définition précise du paysage, mais elle promeut la protection de chaque habitat, même urbain, pour des raisons esthétiques. Cette loi renforce la gestion des espaces dans l'aménagement du territoire et l'urbanisme et complète les lois « littoral » et « montagne » (annexe 2). La loi Barnier de 1995 est aussi essentielle, car elle considère « **Les espaces, ressources et milieux naturels, les sites et paysages, les espèces animales et végétales, la diversité et les équilibres biologiques auxquels ils participent font partie du patrimoine commun de la nation.** ». Bien qu'une définition des habitats à préserver est apportée, les méthodes de protection restent floues. Cependant le prisme « écosystémique », bien que ce vocabulaire ne soit pas encore employé, est évident.

Figure 5 : Chronologie contemporaine des lois et réglementations françaises et européennes en faveur de l'environnement



Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

La législation va s'intensifier avec le réchauffement climatique, un véritable changement de paradigme s'opère, notamment avec les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) et le développement durable. Ce dernier étant la recherche d'équilibre entre trois piliers sociétaux : l'économie, le social et l'environnement. Les documents d'urbanisme, outils de planification stratégiques, sont alors renforcés par la thématique écologique. De nouveaux documents apparaissent, comme les Plan Climat-Energie Territorial (PCET) en 2004 (aujourd'hui PCAET), des compétences vont être décentralisées, et l'État précise ses objectifs et ses politiques en matière d'environnement et de lutte contre le réchauffement climatique. La préservation des ENAF, par la protection des sols, des écosystèmes et de la biodiversité se concrétise en 2009 avec la première loi dite « Grenelle » qui « **fixe les objectifs et, à ce titre, définit le cadre d'action, organise la gouvernance à long terme et énonce les instruments de la politique mise en œuvre pour lutter contre le changement climatique et s'y adapter, préserver la biodiversité ainsi que les services qui y sont associés** ». Le vocabulaire change,

on parle de « changement climatique », de « biodiversité » et de « services » rendus par la nature. La protection de la nature devient institutionnalisée.

L'État fixe aussi, à partir de 2003, des planifications pluriannuelles. Comme on le voit sur la chronologie (Figure 5), elles se superposent et doivent toutes être prises en compte dans les projets d'aménagement, mais aussi dans les politiques publiques (transports, logement, loisirs...). Le sujet de l'écologie est alors considéré sous plusieurs aspects : celui du développement durable (avec le SNDD et SNTEDD, les Stratégies nationales de développement durable), celui de la biodiversité (avec les Stratégies nationales de biodiversité) et celui de la lutte contre le réchauffement climatique (avec les Plans nationaux d'adaptation au changement climatique). Ces stratégies ont profondément modifié la manière de faire la ville et le territoire, car elles s'imbriquent dans les documents d'urbanisme. **« Le catalogue des lois françaises met en évidence, en particulier, l'approche d'abord parcellaire puis de plus en plus systématique des questions liées à l'environnement et au climat ; une ambition qui s'affirme, mais qui, s'exprimant en termes généraux et incitatifs, peine à se traduire en résultats concrets et à atteindre les cibles fixées »** (C. Moro & N. Nass, 2023). La question écologique n'est plus parcellaire, elle est devenue systémique. Elle intègre toutes les politiques, mais en contrepartie, elle est devenue purement stratégique.

Des objectifs clairs sont tout de même fixés avec les accords de Paris de la COP 21 et la volonté de limiter le réchauffement de la planète à 1.5 °C (mais aussi de consacrer un budget minimal de 100 milliards de dollars par an, par pays riche, dans la lutte, et enfin des objectifs de réduction des émissions de carbone). Ces orientations internationales sont définies par les directives européennes. Elles sont au-dessus des lois nationales et doivent être respectées sous peine de lourdes sanctions économiques, assurées par la cour de justice de l'Union Européenne (UE). La dernière directive en date, concernant l'écologie, est le « fit for 55 » de 2021, qui exige une réduction de 55 % des émissions de carbone des pays membres de l'UE d'ici 2030. L'Europe est aussi à l'origine de nombreuses protections d'espaces naturels comme avec les sites Natura 2000. L'Organisation des Nations Unis (ONU) est aussi garant de sites de protection, comme les sites « Ramsar » ou les réserves mondiales de biosphère.

Enfin, l'écologie est une thématique qui s'est élargie avec le temps. On peut citer la gestion de l'eau, l'apparition de la lutte contre la pollution atmosphérique avec la loi LAURE (Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie) de 1996, mais aussi, et surtout, la biodiversité, source des services écosystémiques et du bon fonctionnement de la nature. La lutte contre le réchauffement climatique doit impérativement considérer cet enjeu de biodiversité et sa préservation « **tant la communauté scientifique a mis en évidence ces dernières décennies la crise sans précédent, par son ampleur et par sa rapidité, que traverse le vivant (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) » (B. Padilla & al, 2024)**. C'est la faune, la flore, la fonge, les habitats naturels et leurs interactions qui permettent la pollinisation, l'absorption du carbone, la sécurité alimentaire de l'humanité. Les activités humaines d'urbanisation, d'agriculture, de sylviculture, etc., avec des pratiques de plus en plus intensives, qui mettent en péril les écosystèmes.

Ainsi, promulguée en 2016, la loi biodiversité « **poursuit un objectif de non-perte nette de biodiversité en imposant aux projets ayant des incidences sur la biodiversité d'éviter, de réduire, puis de compenser ces incidences.** » (Légifrance.fr, 2016). Cette loi estime que l'atténuation des impacts anthropiques sur la nature, la biodiversité et les paysages contribue de manière significative à « **l'atténuation des incidences et de l'adaptation aux changements qu'implique notre utilisation de l'espace.** » (Légifrance.fr, 2016). C'est dans cette optique que des outils doivent être construits pour répondre aux enjeux de la séquence ERC : Eviter-Réduire-Compenser, et la matrice de capacités s'inscrit dans ce contexte.

1.1.3. Un contexte législatif qui exige la mise en place d'indicateurs d'évaluation

Il faut donc protéger les ENAF en suivant les stratégies politico-écologiques du pays, de l'Europe et du monde. Le réchauffement climatique est une des problématiques majeures sur lesquelles l'humanité est aujourd'hui largement alarmée avec « **un doublement de la concentration en CO₂ de l'atmosphère qui induira une augmentation de la température mondiale de +3 °C avec une incertitude de plus ou moins 1,5 °C soit de +1,5 à +4,5 °C.** » (F.

Durand, 2024) La hausse de température met en péril l'humanité, mais surtout, et en premier lieu, la biodiversité, qu'il nous faut protéger pour des raisons éthiques, économiques et stratégiques. Frédéric Durand, professeur de géographie à l'université de Toulouse, nous donne plusieurs pistes pour faire face au réchauffement de la planète, dont plusieurs sont à retenir dans le cadre de cette étude : la sensibilisation des acteurs du territoire et du grand public ; la planification du territoire ; calculer pour tout projet son coût en carbone ; favoriser des solutions locales plutôt que des technologies complexes nécessitant des compétences extérieures.

Ces réponses sont aussi reliées aux solutions fondées sur la nature (SFN), « **actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés pour relever directement les défis de société de manière efficace et adaptative, tout en assurant le bien-être humain** » (UICN, 2016). Par exemple, préserver la nature c'est préserver la santé de la population, « **Selon des chiffres diffusés par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) en 2018, 10 millions de personnes décèdent d'un cancer lié à des facteurs environnementaux chaque année dans le monde.** » (R. Bécot & al, 2019). La nature est un moyen efficace de lutter contre tout type de pollution, mais aussi d'agir directement sur la santé mentale. Les routes vertes, parcs urbains, parcs naturels, plans d'eau, offrent des activités qui favorisent la détente, les activités physiques et par conséquent, le bonheur. « **Aujourd'hui, l'approche « One Health » introduite dès les années 2000 ambitionne de croiser, à l'échelle mondiale, la santé humaine, dans toutes ses interactions, non seulement avec la santé animale portée par l'OIE (Office international des épizooties) mais également avec la santé végétale et les écosystèmes. On le comprendra, la notion de santé environnementale, en lien avec celle d'environnement, constitue désormais, à l'issue d'une longue émergence, un champ majeur de la santé publique.** » (P. Griset, 2021).

Les risques encourus par la production excessive de CO₂, par l'artificialisation et par l'ensemble des pollutions sont inévitables à nos sociétés et la séquence ERC est une réponse à ces enjeux, mais comment la mettre en place ? La biodiversité n'est pas facilement quantifiable, elle est une tendance. On peut quantifier le passage d'espèces, le nombre d'arbres sur un espace, la

masse d'insectes dans l'air, mais calculer la restauration d'un milieu ou la baisse des pressions exercées sur un ensemble d'écosystèmes est difficile. De plus, à l'échelle d'un projet et même d'un territoire, quantifier les bienfaits de la biodiversité est actuellement impossible. Cependant, depuis les Grenelles de l'environnement de 2009 et 2010, elles-mêmes renforcées par la loi biodiversité de 2016 (Figure 5), il est obligatoire pour chaque projet d'aménagement de prendre en compte ses impacts environnementaux, sur la biodiversité et les services qu'elle rend. En 2012, le ministère de l'Environnement décide alors de créer l'EFESE (Evaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques) qui œuvre à la prise en compte des services écosystémiques dans les politiques publiques. La France essaye donc de se doter de moyens de répondre aux problématiques climatiques par le prisme des services écosystémiques.

La matrice de capacités évolue donc dans un cadre qui accorde, en théorie, une grande importance à la biodiversité et aux écosystèmes. La France a de grandes ambitions environnementales, par son statut de grande puissance européenne et mondiale, qu'elle doit remplir en s'adaptant au réchauffement climatique, en préservant la biodiversité et les sols, et en sensibilisant sa population pour légitimer ses actions. Cependant, sa législation n'est pas encore assez claire, elle est trop indicative. Les lois ne quantifient que les objectifs nationaux et les aménagements régional et local sont purement stratégiques. Pour l'accompagner, cette stratégie, essentielle mais trop généraliste, il faut des outils qui permettent de quantifier des objectifs locaux. Les services écosystémiques, étant un moyen de justifier la protection et de fédérer des acteurs, apparaissent comme une piste intéressante.

1.2. Définition des services écosystémiques (SES)

1.2.1. Une approche anthropocentrée héritière des années 90'

La dégradation constante des milieux, due à l'industrialisation, a conduit à la création de nombreux organismes ayant pour mission la protection des écosystèmes. L'objectif était de

préservé les espaces naturels, et de justifier cette protection auprès des politiciens et des techniciens d'un territoire. Afin de travailler sur ces notions, un vocabulaire scientifique s'est construit progressivement et le père du terme « service écosystémique » est Walter Westmann qui utilise alors l'expression « service de la nature ». C'est en 1983 que le remplacement de « nature » par « écosystème », définition plus précise en biologie, s'opère par Elrich et Mooney, et son utilisation devient alors quasi systématique dans les écrits scientifiques.

En premier lieu, dans les années 1990, le terme de « service écosystémique » est utilisé avec une vision économique. La nature sert à la production alimentaire agricole, notamment grâce à la pollinisation et, comme nous l'avons vu précédemment, elle donne un cadre favorable à la santé humaine. Ces deux fonctions sont les premières à être prises en compte, car elles sont quantifiables et répondent à des enjeux sociaux-économiques. La fin des années 1990 est marquée par la structuration de ce terme avec des publications scientifiques, notamment en 1997, avec les revues « Nature » et « Gretchen Daily » qui présentent une typologie de services à l'échelle mondiale (R. Costanza & al, 2017). Ces ouvrages sont particulièrement exhaustifs dans la diversité des habitats traités (zones marines, zones humides, forêts, prairies...) et font preuve d'une transversalité étonnante pour l'époque, abordant les thèmes du climat, de la biodiversité, de l'économie et de l'histoire. Ces publications déclenchent des recherches intenses sur le sujet, des classifications, des définitions, jusqu'à ce que le terme quitte les disciplines scientifiques, pour atterrir dans les domaines techniques et politiques avec le développement de premiers outils en Europe.

« Ce qui a changé dans la seconde moitié du XX^e siècle, c'est que la perte de ces services écosystémiques est devenue beaucoup plus apparente, car le capital naturel s'épuisait rapidement » (Beddoe et al., 2009). Une compréhension croissante de l'écologie, en particulier de l'écologie d'écosystèmes, et de la **« valeur non marchande des commodités naturelles »** (R. Costanza & al, 2017) amènent à concrétiser les enjeux environnementaux mondiaux et locaux. L'article « Nature » et le « Gretchen Daily » ont structuré l'écologie, car ils ont rendu la nature utile, ils ont conscientisé que la protection des ENAF était dans notre

propre intérêt. Ils ont également contribué à la création d'une discipline propre aux services écosystémiques. En effet, dans les années 1980, deux courants se partageaient ce terme : la communauté de « l'écologie des écosystèmes » et la communauté de « l'économie de l'environnement et des ressources ». La première regroupant des scientifiques environnementalistes et adoptant une approche bioéthique, et la seconde regroupant des chercheurs pour qui la nature est une source de biens économiques. Ces deux courants ont alors fusionné pour créer le champ de « **l'économie écologique** » (R. Costanza & al, 2017), adoptant une vision très anthropique de la nature, mais œuvrant pour sa protection.

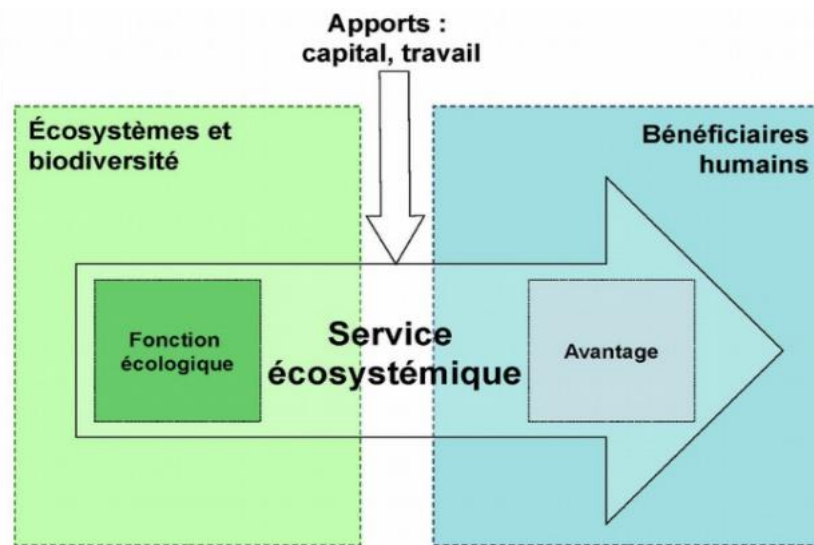
Pour illustrer ce propos, en 1997, les services rendus par la biosphère mondiale ont été estimés, en moyenne, à 33 billions de dollars par an, c'est plus que le PIB mondial de l'époque. Ce chiffre divise les foules, sous-estimation de l'infini pour certains et surestimation écologiste pour d'autres. Cependant, ce débat montre que la nature a une valeur qui mérite d'être prise en compte. L'objectif est de « **démontrer que les services écosystémiques étaient beaucoup plus importants pour le bien-être humain que ce que la pensée économique conventionnelle leur avait accordé.** » (R. Costanza & al, 2017). Sur le long terme, les entrepreneurs, les politiques ou le grand public seront tous perdant si la nature continue de disparaître. Par conséquent, les services écosystémiques sont une réponse adéquate pour sensibiliser, pour qualifier et pour quantifier ces pertes, et faire émerger des prises de conscience.

Aujourd'hui, les services écosystémiques listés sont très nombreux. Plusieurs organismes ont proposé leur classification et leur évaluation, on peut citer la référence internationale MAE (Millenium assessment ecosystem), la référence européenne CICES (Common international classification of ecosystem services) de l'agence européenne de l'environnement, ou encore la référence nationale française l'EFESE.

1.2.2. Un élément de discours de l'écologie moderne

Le MAE est le premier organisme international à s’emparer du sujet des services écosystémiques. Comme présenté précédemment, c’est cette structure qui donne la définition la plus concise des services écosystémiques par la phrase suivante : « **Les services écosystémiques sont les bénéfices que les êtres humains retirent des écosystèmes.** » (MAE, 2005), comme l’illustre le schéma ci-dessous.

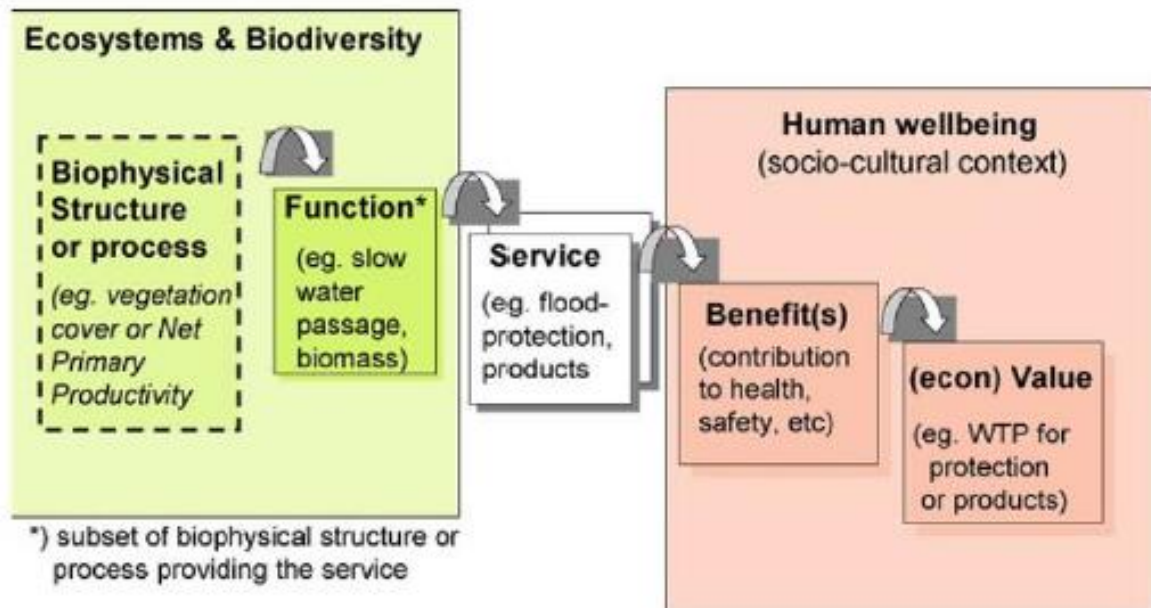
Figure 6 : Schéma, éléments constitutifs d’un service écosystémique



Source : G. Séré, 2018

De manière plus précise, les scientifiques utilisent un schéma en cascade pour définir les services écosystémiques, comme le montre la figure 7 ci-dessous, avec le modèle de Haines-Yong et Potschin. Au sommet de la cascade on retrouve les structures biologiques qui, par leur processus biophysiques, vont assurer des fonctions écologiques. Ce sont ces fonctions qui assurent l’efficacité des services écosystémiques qui vont ensuite agir sur la société humaine. La nature apporte des bénéfices à la population et comme le montre ce système en cascade, l’inverse n’est pas vrai, la préservation des écosystèmes apparaît alors comme fondamentale.

Figure 7 : Schéma, cascade de services écosystémiques



Source : Haines-Young and Potschin, 2011

C'est aussi le MAE qui dresse la première liste des différents services ¹. A la base, le MEA classe les services en 4 grandes familles :

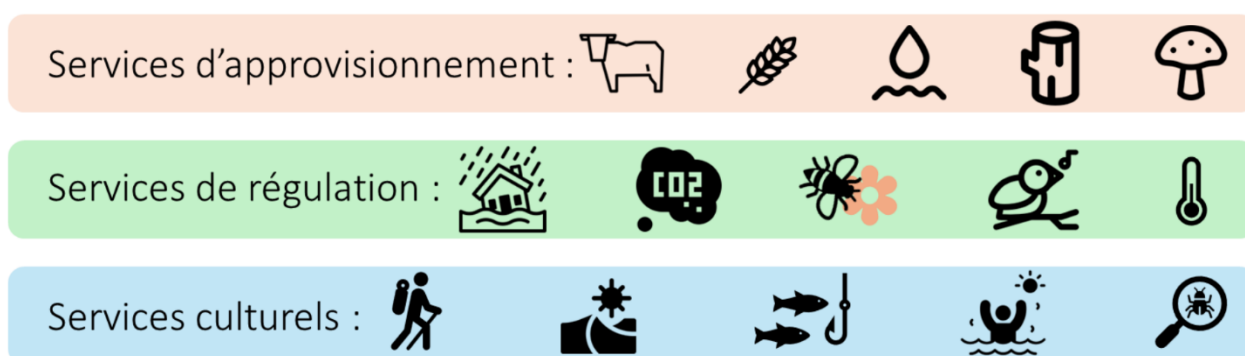
- « **Provising services** » : qui concerne l'alimentation, l'énergie ou encore les fibres végétales. La nature est une ressource, une matière première utilisée par l'être humain pour l'être humain.
- « **Regulation services** » : Concerne tout ce que les écosystèmes absorbent comme les GES ou les pollutions des eaux et du sol. La nature est aussi une barrière contre certains risques (inondations ou tempêtes).
- « **Supporting services** » : Services d'autogestion de la nature pour son propre épanouissement et bon fonctionnement. Par exemple, on peut citer le cycle de l'eau ou la photosynthèse.
- « **Cultural services** » : Certains habitats sont support d'activités récréatives, d'écotourisme, mais aussi d'identité et de fierté régionale voire nationale.

¹ Des listes étaient déjà établies en 1997 dans l'article « Nature » et en 1999 dans le « Gretchen Daily », mais aussi par Bastian and Schreiber en 1999, mais la typologie du MAE est la première à avoir une portée mondiale reconnue.

Ces 4 grandes familles ne sont aujourd’hui plus que trois dans la typologie du MAE. En effet, les services de supports ne sont plus considérés comme des services rendus à l’humanité, mais comme des « fonctions écologiques ». Elles sont essentielles aux maintiens de tous les services écosystémiques, mais elles n’apportent rien de manière directe à l’humanité, car elles s’inscrivent dans un temps très long. Certains anciens services de soutien ont d’ailleurs été reclassés dans les services de régulation, comme le maintien d’habitats pour les espèces, mais la majorité ont disparu des typologies².

Aujourd’hui, l’ensemble des scientifiques s’accordent sur une classification en trois grandes familles. Comme nous pouvons le voir sur le schéma ci-dessous (Figure 8), ces trois groupes sont les services d’approvisionnement, les services de régulation et les services culturels. Les travaux du CICES dénombrent au total quatre-vingt-quatre services.

Figure 8 : Schéma, les trois grandes catégories des services écosystémiques



Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

Selon le CICES, les services peuvent être rangés dans une grande arborescence avec plusieurs niveaux de classement. Par exemple, dans les services d’approvisionnement, on sépare la

² Les services de soutien communément utilisés dans les anciennes typologies étaient par exemple : la photosynthèse, la production primaire, la formation des sols ou encore le cycle des nutriments.

production d'eau douce de la biomasse, des gènes, etc. Parmi les productions de biomasse, on distingue les plantes cultivées des plantes sauvages, et parmi les plantes cultivées, il y a celles qu'on utilise pour l'alimentation, mais d'autres sont aussi utiles pour faire de la biomasse énergétique. Enfin, pour aller encore plus loin, on peut aussi distinguer les différents types de céréales (le blé, l'orge, l'avoine...). Ainsi, les services écosystémiques sont aussi nombreux qu'il existe d'espèces de faune, de flore, de fonge et d'écosystèmes qui peuvent chacun avoir leur particularité³. L'analyse des services peut donc se faire dans chacun des niveaux de classification.

1.2.3. Une notion qui s'intègre dans l'aménagement du territoire

Les services écosystémiques sont donc un moyen de qualifier les bénéfices apportés par des milieux naturels et semi-naturels, mais ils sont surtout un élément de langage qui argumente un discours en faveur de l'environnement. Les services écosystémiques profitent à toute la société et ils permettent de s'adresser autant aux citoyens qu'aux élus. **« L'acculturation des élus locaux représente une marge d'amélioration importante pour la promotion et la conservation de la nature en ville. Disposer d'informations et d'éléments quantifiés sur les services écosystémiques permettrait de sortir d'un imaginaire collectif qui, chez les élus, oppose souvent protection de l'environnement et développement économique et pousse à sous-évaluer les impacts par manque de connaissance et d'information »** (L. Tardieu & al, 2024). Les services écosystémiques peuvent sensibiliser, fédérer et favoriser des actions en faveur de l'écologie car ils peuvent s'adresser aux décideurs. Se sont aussi des outils de dialogue et de concertation essentiels.

« Selon certains acteurs, l'expression des services écosystémiques permettrait de dépasser la vision « en silo » communément utilisée dans l'aménagement urbain, et permettrait d'appréhender les impacts environnementaux en adoptant une logique plus fonctionnelle

³ Certaines analyses restent tout de même plus pertinentes que d'autres, notamment dans l'agriculture où 75 % de la consommation mondiale ne concerne que douze espèces végétales et cinq espèces animales (A. Guisan & al, 2022).

des écosystèmes » (L. Tardieu & al, 2024). En effet, adopter une vision par le prisme des écosystèmes, c'est constater leurs interactions et leurs fonctionnements organiques. Les services écosystémiques imposent cependant une dichotomie entre secteur urbain et secteur naturel, ce dernier étant une mosaïque complexe. Quant à la ville, c'est une zone principalement artificialisée, mais où la nature apporte un nombre très important de services au vu des enjeux urbains et de la densité de population.

Les services écosystémiques sont aussi une entrée stratégique, notamment pour faire des documents graphiques afin d'appuyer des décisions au cours de la programmation d'un projet. La cartographie est un moyen efficace de rendre compte de l'intérêt des SES, mais elle est encore rare par manque de méthode et de qualité. **« Un enjeu de taille est ainsi de parvenir à cartographier les services écosystémiques, pour permettre leur intégration – avec la biodiversité et les milieux protégés – dans les planifications de développement territorial. La cartographie des écosystèmes et de leurs services, croisée avec la distribution des espèces et la connectivité du territoire, constitue ainsi la base de la cartographie des éléments du paysage assurant un rôle écosystémique important pour les sociétés humaines, ce qu'on appelle aujourd'hui l'infrastructure écologique »** (A. Guisan & al 2022). Il faut favoriser l'émergence de pratiques respectant l'environnement pour améliorer cette infrastructure écologique. Cela passe, dans un premier temps, par la législation, comme avec la loi pour la reconquête de la biodiversité, qui intègre des volets sur les services dans les documents d'urbanisme, notamment locaux, que sont le SCoT (Schéma de Cohérence Territoriale) et le PLU(i) (Plan Local d'Urbanisme (Intercommunal)).

Peu de méthodes existent pour calculer le gain ou la perte de services écosystémiques. Cependant, une intégration des SES dans des méthodes d'évaluation d'impacts environnementales globales est souhaitée. La demande est donc de plus en plus forte de la part des acteurs du territoire pour obtenir une cartographie d'évaluation des services, mais assez peu de dispositifs ont vu le jour, souvent par manque de données pertinentes ou à cause d'une faisabilité trop faible. Mais le manque d'outils ne signifie pas le manque d'approches. Nous pouvons citer l'approche biophysique, l'approche économique et l'approche socio-

culturelle. Ces différentes valeurs des SES impliquent des expérimentations, des manipulations de données, mais aussi des études de terrain avec de l'observation ou des enquêtes. On peut par exemple citer le modèle InVest pour les études biophysiques, des méthodes participatives et délibératives, ou encore des méthodes de calculs monétaire ⁴ (Y. Laurans & A. Scheherazade, 2010).

Pour être efficace, C.S. Campagne et P.K. Roche nous partagent 16 critères d'utilisation d'un indicateur sur les services écosystémiques dans la décision politique. Quatre critères sont jugés essentiels :

- La crédibilité des résultats.
- L'adaptabilité de l'échelle.
- La légitimité des experts intégrés dans le processus.
- La faisabilité et la flexibilité de la méthode.

Ainsi, bien des méthodes sont utilisées (schéma en annexe 3) pour analyser les services écosystémiques, mais nous nous intéresserons à une méthode qui répond à tous les critères mis en lumière par C.S. Campagne et P.K. Roche : la matrice de capacités.

1.3. Qu'est-ce que la méthode de la matrice de capacités ?
















1.3.1. La genèse de l'outil

La méthode de la matrice de capacités a pour ambition d'évaluer les services écosystémiques d'un périmètre, cibler des enjeux, développer des connaissances scientifiques et aider à la décision, le tout dans sur une temporalité courte d'environ six mois. Cette méthode a aujourd'hui quinze ans et est initialement décrite dans l'article de Benjamin

⁴ Par exemple, le prélèvement des animaux sauvages selon les prix du marché est calculé par l'Efese, ces méthodes de calcul économique sont d'ailleurs de plus en plus utilisées et de plus en plus précises, (C.S. Campagne & P.K. Roche, 2021, guide méthodologique de la DREAL)

Burkhard en 2009, puis mise à jour dans de nombreux autres articles et notamment ceux de 2012 et de 2014. La matrice se présente comme un tableau à deux entrées, une sur les habitats et une autre sur les services écosystémiques. A chaque croisement entre ses items, un score est attribué, variable indiquant l'efficacité de l'habitat à fournir le service correspondant. D'autres tableaux d'évaluation des services écosystémiques ont aussi été établis par d'autres chercheurs durant la même période, nous pouvons citer Dechazal & al en 2008 et Koschke & al en 2012. Ces derniers démontrent l'importance des SES dans le milieu de la recherche au début des années 2010. Cependant, c'est bien Burkhard qui apporte le plus d'éléments méthodologiques et qui est le fondateur de la matrice telle qu'on la connaît aujourd'hui et telle qu'elle est utilisée dans notre étude de cas.

Figure 9 : Exemple de matrice de capacités

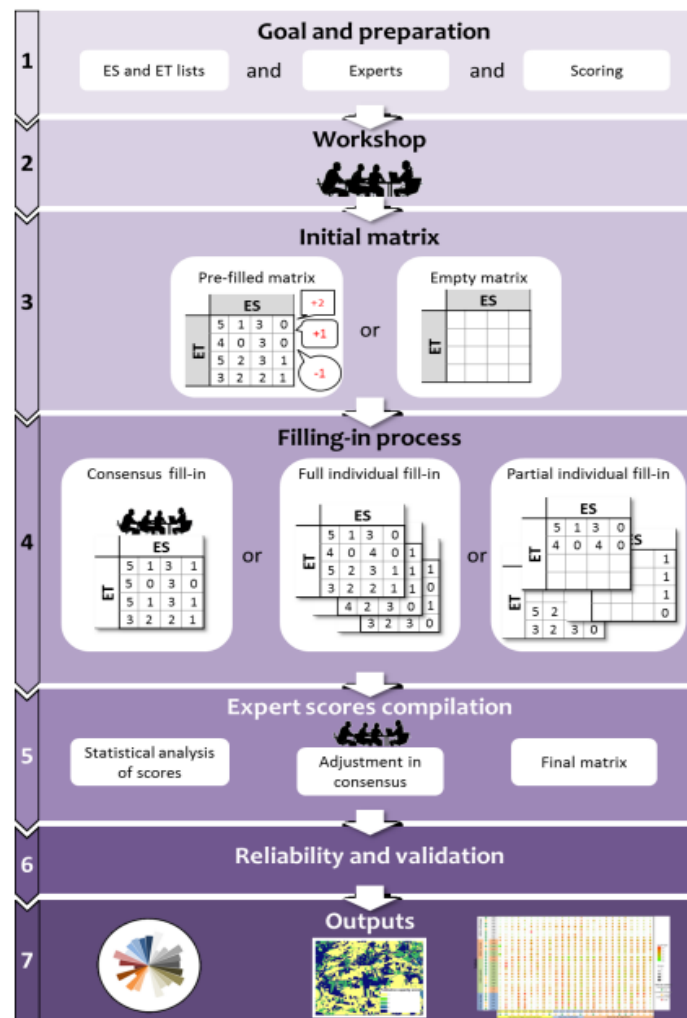
		Services écosystémiques									
		Services d'approvisionnement				Services de régulation			Services culturels		
Habitats											
				0	1	1	5	...			
		1	5	3	...						
		0	0	...							
		0	...								
		...									
...											

Source : Documentation interne, C.S. Campagne

L'utilisation d'une matrice implique l'utilisation de typologies d'habitats et de SES adaptées en fonction du territoire d'étude et en fonction des enjeux ciblés par les commanditaires. Le but de la matrice est d'établir une hiérarchie entre les services, qui sont plus ou moins bien rendus en fonction des écosystèmes, et ainsi cibler des zones à enjeux prioritaires. Un des avantages de la matrice est son approche multifonctionnelle des écosystèmes, elle ne permet pas forcément de tous les lier entre eux, mais elle permet de les observer tous en même temps. La matrice peut être théoriquement aussi détaillée qu'il y a d'habitats ou de services dans le

monde, ce qui la rend très flexible et adaptable. Cependant, il faut tout de même trouver un équilibre entre la facilité de remplissage et l'exhaustivité des travaux. En effet, l'attribution des scores ne se fait pas par ordinateur, mais par des experts du territoire qui doivent être mobilisés et prendre du temps pour apporter leur savoir. Par conséquent, la matrice ne doit pas être trop vaste, pour préserver sa maniabilité. Ci-dessous, la méthode de conception de la matrice de capacités selon S. Campagne, élaborée en 2018 et inspirée par les travaux de B. Burkhard.

Figure 10 : Méthodologie détaillée type de l'approche de la matrice de capacités



Source : Thèse « *Évaluation des services écosystémiques par la méthode des matrices de capacité : analyse méthodologique et applications à l'échelle régionale* », C.S. Campagne, 2018

Réalisation : C.S. Campagne

La méthode de base se fait donc en 7 étapes. D'abord, c'est l'établissement des objectifs de la matrice. Quelle méthode adopter ? Quels enjeux cibler ? Quelles typologies adopter ? etc. Ce travail préalable nécessite de nombreuses réunions et d'importantes recherches. Durant cette étape de préparation, il faut aussi dresser la liste des experts à inviter pour le remplissage de la matrice. Ils doivent être au minimum quinze pour assurer un travail scientifique statistiquement robuste, sans retraitement, mais trente experts est le panel optimal de participants (C.S. Campagne, 2018). Ces experts doivent également être issus du milieu de l'écologie et de l'environnement, et posséder des compétences diverses et complémentaires pour assurer une intelligence collective efficace. Enfin, durant cette première étape, il convient de définir la méthode à adopter, sur le scoring, sur l'usage de la matrice et sur le remplissage.

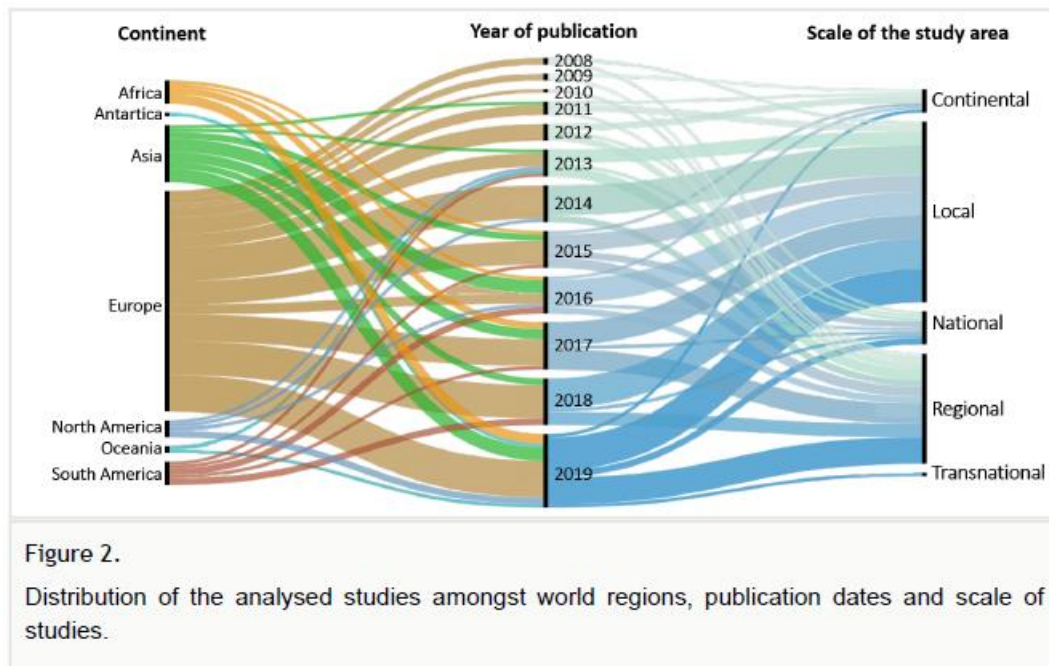
Ensuite, il faut organiser et assurer le bon déroulement des ateliers de remplissage. Les experts sont conviés et attribuent leurs scores de manière individuelle ou collective à partir d'une matrice préremplie (qui se base sur un travail existant ou sur des recherches) ou sur une matrice vide. Le remplissage une fois fait, si les matrices étaient individuelles, il faut procéder à leur compilation. La matrice finale est obtenue et doit être validée en interne ou avec le comité d'experts. Un score est alors attribué pour chaque type d'occupation du sol et chaque type de services. A partir de ces scores, il est possible de confectionner différents rendus : des bouquets de services, des cartes et des tableaux statistiques.

1.3.2. 109 études à travers le monde, quels points communs ? quelles différences ?

Cependant, cette méthode n'est pas constamment respectée à la lettre. 109 matrices de capacités ont vu le jour entre 2009 et 2021, et leur méthode varie beaucoup en fonction des études. C.S. Campagne et P.K. Roche font état de toutes ces modifications dans l'article « *Ten years of ecosystem services matrix: Review of a (r)evolution* ». Il convient donc de

présenter les différents points de discordance méthodologique qui ont été relevés⁵. Tout d’abord, voici un schéma (Figure 11) sur l’évolution des études dans le monde et dans le temps.

Figure 11 : Graphique, distribution des matrices de capacités à travers le monde en fonction de leur géographie, datation et échelle



Source : Campagne CS, Roche PK, Müller F, Burkhard B « *Ten years of ecosystem services matrix: Review of a (r)evolution.* », 2020

Ce schéma (Figure 11) nous montre donc que la grande majorité des études sont faites sur le continent européen. Cela s’explique principalement par l’origine des premières matrices, Burkhard étant européen et le rayonnement de sa méthode se faisant dans son entourage géographique. Comme nous l’avons vu, l’Union européenne est aussi très impliquée dans ses ambitions écologiques et notamment sur la préservation de la biodiversité. L’Asie est le second continent qui produit le plus de matrices, mais cela reste inférieur au nombre de matrices européennes. L’Afrique, l’Amérique du Nord, l’Amérique du Sud, l’Océanie et même l’Antarctique ont aussi été des territoires d’étude de la matrice. La première matrice a vu le

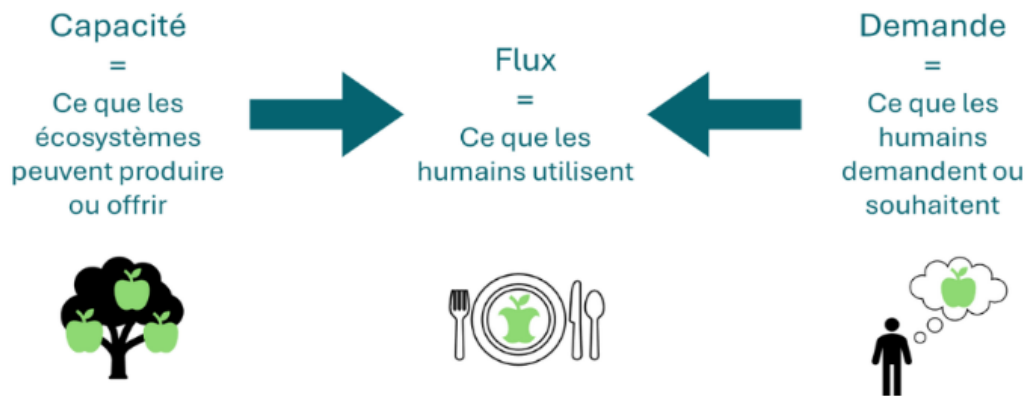
⁵ Attention, car sur ces 109 matrices de capacités, 27 % parmi elles ne précisent en rien la méthode adoptée et les données utilisées (C.S. Campagne & P.K. Roche, 2021).

jour en 2008, et entre 2010 et 2019, le nombre d'études est en constante augmentation. On constate aussi que la matrice devient de plus en plus internationale avec les années. Aujourd'hui, la matrice est largement utilisée dans le monde entier et elle est utilisée à plusieurs échelles. En effet, le périmètre d'étude peut être continental, local, national, régional et transnational. Dans la majorité des cas, la matrice est utilisée à une échelle locale, avec des typologies sur-mesure et sur des thématiques adaptées à un projet. Ensuite, c'est l'échelle régionale qui est préférée pour ce type d'étude, elle est utilisée pour des enjeux stratégiques et adaptée à un territoire. Enfin, les échelles nationales et au-delà sont moins fréquentes, car les enjeux deviennent très globaux et s'effacent.

En plus de l'échelle géographique et des typologies choisies, les matrices se différencient aussi sur trois autres aspects : la sélection de la base de données cartographiques ; les indicateurs de SES ; la méthode de scoring. La base de données est essentielle, la typologie d'habitats de la matrice doit correspondre à des unités géospatiales. Par exemple, la plupart des matrices utilisent le Corine Land Cover⁶, sa typologie peut être simplifiée ou non, et cela rend ainsi possible la cartographie. Ensuite, les indicateurs de services écosystémiques sont au nombre de trois. Le schéma ci-dessous (Figure 12) nous les présente : capacité, flux et demande. Ces indicateurs modélisent le fonctionnement des services écosystémiques. Les écosystèmes ont une capacité à rendre des services, la société humaine a un besoin de ressources ce qui provoque une demande, et le flux représente les échanges réels entre la capacité et la demande. Il est donc possible de faire des matrices de capacités, mais aussi des matrices de demande ou de flux, qui ont, *de facto*, une vision beaucoup plus anthropique.

⁶ « La base de données géographiques Corine Land Cover est produite dans le cadre du programme européen CORINE, de coordination de l'information sur l'environnement. Cet inventaire biophysique de l'occupation des terres fournit une information géographique de référence pour 38 Etats européens. » (Guide d'utilisation du Corine Land Cover France, 2009)

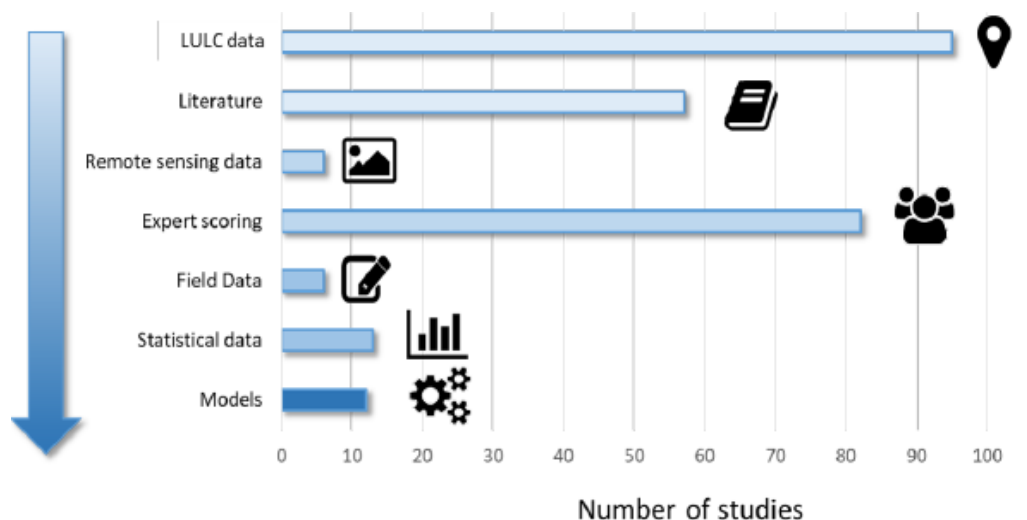
Figure 12 : Schéma, les trois valeurs des services écosystémiques



Source : Documentation interne, C.S. Campagne

Enfin, la méthode de scoring varie énormément d'une matrice à une autre. B. Burkhard préconise la méthode du « dire d'experts », facile à mettre en place et adaptable en fonction des échelles d'action. Cependant, comme le montre le schéma ci-dessous, bien d'autres méthodes sont utilisées. On peut citer les bases de données cartographiques, la littérature et les recherches dans la documentation scientifique, l'observation de photo-interprétations, les études de terrain, les données statistiques et les modèles. Pour être optimale, une matrice de capacités doit en utiliser plusieurs. Les données cartographiques sont utilisées dans presque 100 % des études et le dire d'expert dans plus de 80 %. Ainsi, la méthode de la matrice doit être alimentée par des données, des recherches et des études pour être légitime et efficace.

Figure 13 : Schéma, données et approches communément utilisées dans ou avec études d'évaluation des services écosystémiques



Source : Campagne CS, Roche PK, Müller F, Burkhard B « *Ten years of ecosystem services matrix: Review of a (r)evolution.* », 2020

La matrice de capacités, est un tableau qui recense des notes et a besoin d'une échelle entre le maximum et le minimum. Pour rappel, le minimum veut dire qu'un habitat ne rend pas le service écosystémique donné et le maximum signifie que l'habitat a une forte capacité à rendre le service. B. Burkhard avait établi un score compris entre 0 et 5, et la majorité des matrices utilise cette échelle. Cependant, il est possible d'utiliser des scoring différent à celui de B. Burkhard. Dans les 109 études recensées par C.S. Campagne et P.K. Roche, plusieurs utilisent une notation différente. Des scores sont binaires (0 ou 1), donc soit l'habitat rend un service, soit il ne le rend pas. A l'inverse, des scores vont jusqu'à sept niveaux, avec des scores négatifs, qui vont de -1 jusqu'à 5. Certaines matrices n'utilisent d'ailleurs pas de score numérique, mais indicatif, avec des couleurs ou des pictogrammes comme des « + » ou « ++ ».

Pour conclure, la méthode de la matrice de capacités est très codifiée, mais aussi très variée. C'est un outil flexible, mais crédible sur le plan scientifique. Elle possède de nombreuses limites que nous analyserons dans la partie finale de ce mémoire, mais nous pouvons d'abord nous appuyer sur les recommandations clefs qu'ont posées C.S. Campagne et P.K. Roche :

- La communication de la méthode doit être transparente avec les partenaires.
- Il faut utiliser le plus possible une matrice vierge et non une étude préexistante⁷.
- Les méthodes de conception utilisées doivent être diverses.
- Les habitats et les SES doivent être adaptés au périmètre et aux enjeux de l'étude.
- Les définitions de chaque habitat et de chaque service doivent être claires pour un niveau d'information égal chez tous les experts participants.

⁷ 41 % des 109 matrices observées ont été conçu sur des valeurs et des scores prédéfinis, ce qui empêche l'adaptation de l'étude, et minimise les avantages de la matrice et de sa flexibilité (C.S. Campagne & P.K. Roche, 2021)

1.3.3. Exemples de trois matrices de capacités

Aujourd’hui plus de cent neuf matrices sont utilisées à travers le monde. Une grande majorité de ces travaux sont disponibles sur Internet et il convient d’en présenter quelques-unes, aux méthodes et objectifs bien différents, afin de les comparer et d’obtenir des repères solides avant de présenter la matrice de capacités de la région Hauts-de-France 2024.

PNR Scarpe Escaut :

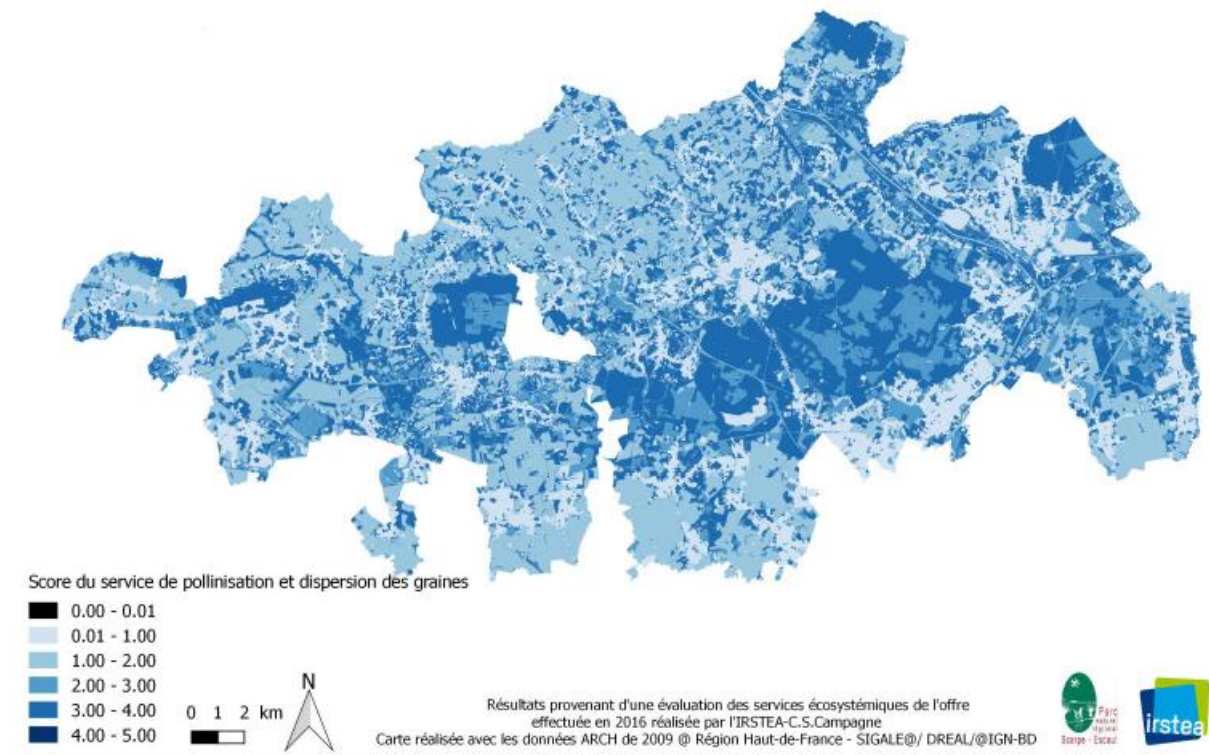
Notre premier exemple est celui du Parc Naturel Régional Scarpe-Escaut, sur la base du rapport de C.S. Campagne et P.K. Roche de 2019. Ce parc naturel du Nord de la France est un des laboratoires de la matrice de capacités. En effet deux matrices ont été créés : une matrice spécialisée sur les zones humides du parc, datant de 2015, et une sur l’ensemble de ses habitats naturels, datant de 2019. C’est cette dernière que nous allons analyser. L’objectif de la matrice était d’étudier les bénéfices apportés par les ENAF du parc, tout en prenant en compte les disservices engendrés. Comme le précise S. Campagne, « **Une lecture des habitats du territoire en fonction des services écosystémiques potentiellement rendus apporte une plus-value à condition de la croiser aux autres indicateurs classiques.** » La matrice ne se suffit pas forcément à elle-même, elle est un moyen d’affiner la connaissance, mais aussi de mobiliser les acteurs du parc. Cette matrice utilise la méthode précédemment présentée par le schéma en figure 10. La matrice recoupe trente-trois habitats, issus des données cartographiques ARCH⁸, et vingt-cinq services écosystémiques, issus de de la classification du CICES. Pour compléter cette étude, six disservices ont été étudiés, ces disservices étant les impacts négatifs des habitats naturels sur la santé humaine, sur l’économie et sur l’écologie. Pour obtenir la matrice de capacités, le PNR a organisé un atelier de remplissage sur une journée. La matinée était consacrée à la présentation de la matrice et des définitions qui lui sont associées, et l’après-midi, au remplissage d’une matrice individuelle par un panel de dix-

⁸ « *Issues d’une coopération transfrontalière entre la Région Nord-Pas de Calais et le Comté du Kent (Belgique). (...) la cartographie a été réalisée par photo-interprétation d’images aériennes couleurs et infrarouge couleurs datées de 2009, sous la supervision scientifique du Conservatoire botanique national de Bailleul (C.S. Campagne & P.K. Roche, 2019)* »

sept experts. Pour chaque croisement dans le tableau, les scores attribués variaient entre 0 à 5.

Une matrice de l'usage a également été constituée avec des experts entretenus individuellement et en dehors de l'atelier de remplissage. Cette matrice a été établie afin de comparer les différentes valeurs des services écosystémiques (Figure 12). Pour cette matrice, c'est un système de score de 5 à -5 qui est utilisé. Cette comparaison permet de calculer la durabilité des services dans le temps, car si une capacité est inférieure à un usage alors le risque de disparition du service au cours du temps est fort. Séparément, les deux matrices nous apprennent quels sont les habitats qui rendent le plus de services et quels sont les services les plus rendus à l'échelle du parc. Des zones d'enjeux prioritaires peuvent alors être dessinées et ces zones peuvent être pondérées. En effet, la pondération permet de prendre en compte les pourcentages d'occupation du sol de chaque habitat. Les scores des cultures, qui constituent 29 % du parc, vont alors avoir plus d'importance que les scores des prairies mésophiles qui ne représentent que 3 % du périmètre. Ainsi, les résultats de cette étude permettent d'argumenter la protection des habitats les moins durables, de développer les liens entre les acteurs du territoire et de produire des documents graphiques grâce à l'utilisation de données d'occupation du sol (Figure 13).

Figure 14 : Carte de la capacité des habitats du PNR Scarpe Escaut à rendre le service écosystémique de pollinisation et de dispersion des graines



Source : C.S. Campagne & P.K. Roche, « Évaluation de la capacité des écosystèmes de la région Hauts-de-France à produire des services écosystémiques », 2019

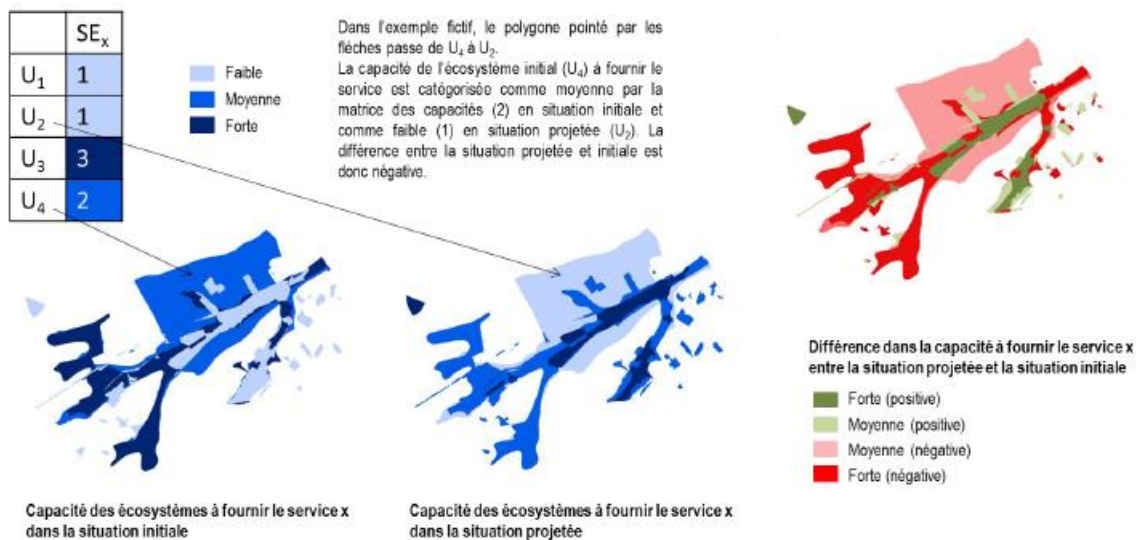
Wallonie 2023 :

Nous pouvons ensuite nous intéresser à un exemple belge dont le rapport est paru en 2023. La matrice wallonne prend le prisme de la disparition des ENAF dans le temps, en s'intéressant à l'artificialisation des terres entre 2007 et 2019. Les typologies utilisées sont largement adaptées au contexte wallon, avec de multiples bases de données cartographiques et un croisement entre l'occupation du sol et l'usage qui en est fait. Les services écosystémiques sont choisis dans la classification du CICES, mais un travail d'adaptation est aussi opéré en raison du territoire d'étude⁹. Cette matrice a pour ambition d'être utilisée de manière locale, à l'échelle de projets d'aménagement. Il faut donc sélectionner une zone d'emprise et l'adapter en

⁹ Les acteurs ont décidé la création de leur propre typologie appelé Wal-es (Rapport technique de l'université de Liège et de Wallonie Service Public SPW, 2023)

fonction des services de la matrice présents sur le périmètre ou non. Les acteurs du projet doivent alors définir les services écosystémiques prioritaires avec des scores de 1 à 3, ce qui renforce la concertation et les échanges entre techniciens et élus locaux. Ensuite, la matrice de capacités est mobilisée, est remplie avec des scores de 0 à 5 et est pondérée en fonction des surfaces. Les résultats présentent alors une situation initiale (avant le projet) et finale (après le projet). On distingue alors les « différences projetées » et si elles sont positives ou négatives pour le périmètre d'étude (figure 15).

Figure 15 : Exemple de cartographie sur le territoire wallon calculant les pertes ou les gains de services écosystémiques à l'échelle locale



Source : M. Dufrière & M. Pairon, « Rapport technique : exemple d'utilisation de la matrice des capacités – artificialisation des terres entre 2007 et 2019 », 2023

Pour illustrer l'utilité de sa méthode, les services publics de Wallonie ont fait un test en calculant les scores pondérés des services rendus par le territoire en 2007 et en 2019. La matrice devient un élément d'argumentation sur la dangerosité de l'artificialisation et la perte des bienfaits des écosystèmes dans le temps. La Wallonie s'est évidemment beaucoup artificialisée en douze ans¹⁰ et les habitats en subissent de lourdes conséquences. Cet exemple

¹⁰ 6110.7ha, équivaut à une augmentation de 13.1 % d'artificialisation

est donc plutôt un guide utilisant la matrice comme outil d’accompagnement des acteurs de son territoire. Grâce à la matrice, ils peuvent appuyer leurs décisions d’aménagement, afin qu’elles soient respectueuses de la biodiversité et de l’environnement.

Figure 16 : Echantillon du tableau d’exemple de calcul des pertes et des gains de services écosystémiques sur le territoire de la Wallonie

	Somme des scores pondérés		Qualification de la capacité en SE	
	Initial	Final	Initial	Final
Cultures d'alimentation	1.34	0.83	Faible	Très faible
Élevage	2.59	0.97	Moyenne	Très faible
Bois d'œuvre	0.70	0.37	Très faible	Très faible
Fourrage	3.20	0.98	Forte	Très faible
Arbres et résidus ligneux à des fins énergétiques	2.05	1.07	Moyenne	Faible
Protection contre l'érosion	3.55	1.86	Forte	Faible
Protection contre les inondations	3.30	1.64	Forte	Faible
Maintien de la qualité des eaux de surface	3.11	1.71	Forte	Faible
Maintien de la qualité des eaux souterraines	2.99	1.89	Moyenne	Faible
Environnement pour des loisirs (activités récréatives)	2.66	2.40	Moyenne	Moyenne
Environnement de la vie courante (pour vivre et travailler)	3.24	3.36	Forte	Forte
Sources d'expériences et de connaissance (science et éducation)	2.88	2.03	Moyenne	Moyenne
Sources d'inspiration et de valeurs (entités emblématique et inspiration artistique)	2.88	1.95	Moyenne	Faible

Source : M. Dufrière & M. Pairon, « Rapport technique : exemple d’utilisation de la matrice des capacités – artificialisation des terres entre 2007 et 2019 », 2023

Thaïlande 2013 :

Le dernier exemple est celui concernant les impacts d’un tsunami ayant touché la région de Phang Nga en Thaïlande. Cette étude date de 2013 et est menée par G. Kaiser et supervisée par B. Burkhard. Ce travail avait pour objectif d’identifier tous les changements et altérations des milieux causés par le tsunami de 2004, ayant ravagé des vies humaines et les écosystèmes sur la côte de Phang Nga, notamment les forêts côtières, les coraux et les plages. Les services écosystémiques rendus par les milieux constituaient un indicateur de la restauration des écosystèmes de la côte et permettaient la priorisation des politiques locales, mais aussi de faire preuve de résilience en cas de catastrophes futures.

Une typologie en dix-sept services et dix-huit habitats, adaptée aux enjeux exotiques de la région, bien différents de ceux du continent européen, a été construite pour trois temporalités différentes : 2003, 2004 et 2008. La particularité de cette matrice repose sur la méthode de remplissage de la matrice et sur ses données cartographiques assez uniques. En effet, la matrice s'appuie sur de la data (LULC), des études de terrains, de la documentation et sur les témoignages de trente-trois riverains menés grâce à des questionnaires. Grâce à ces différentes sources de données, des scores entre 0 et 5 sont attribués par les chercheurs. C'est aussi une matrice pondérée qui calcule la perte en services écosystémiques d'un habitat en croisant son emprise en ha, mais aussi la capacité de récupération du milieu (lente, neutre ou rapide). Comme le montre la figure 17, cela permet de faire des cartes de diagnostic, mais aussi des cartes de projection.

Figure 17 : Cartes montrant la distribution spatiale du service « approvisionnement en nourriture » avant le tsunami (carte en haut à gauche) après le tsunami (en haut à droite) et après le temps de récupération (en bas)



Source : G. Kaiser & al, « *Mapping tsunami impacts on land cover and related ecosystem* »

service supply in Phang Nga, Thailand », 2013

Pour conclure, la méthode de la matrice de capacités se caractérise par sa souplesse, elle permet de travailler sur des thématiques très différentes, qu'elles soient globales ou particulières. Elle est également faite pour l'adaptation territoriale, essentielle pour sa bonne application, et constitue un outil légitime pour toutes les échelles tant que les données utilisées sont appropriées et suivent une méthode rigoureuse et scientifique. La matrice jouit d'une méthode claire et robuste, ce qui la rend fiable scientifiquement. Comme les trois exemples ci-dessus l'on montré, elle permet des travaux variés, sur la durabilité des milieux, l'artificialisation des sols et la gestion des milieux à risque, mais bien d'autres matrices s'intéressent à une multiplicité d'autres sujets, comme l'objet de ce mémoire, la matrice de capacités Hauts-de-France 2024.

2. La conception de la matrice de capacités Hauts-de-France 2024

2.1. Contexte et conception de la matrice vide

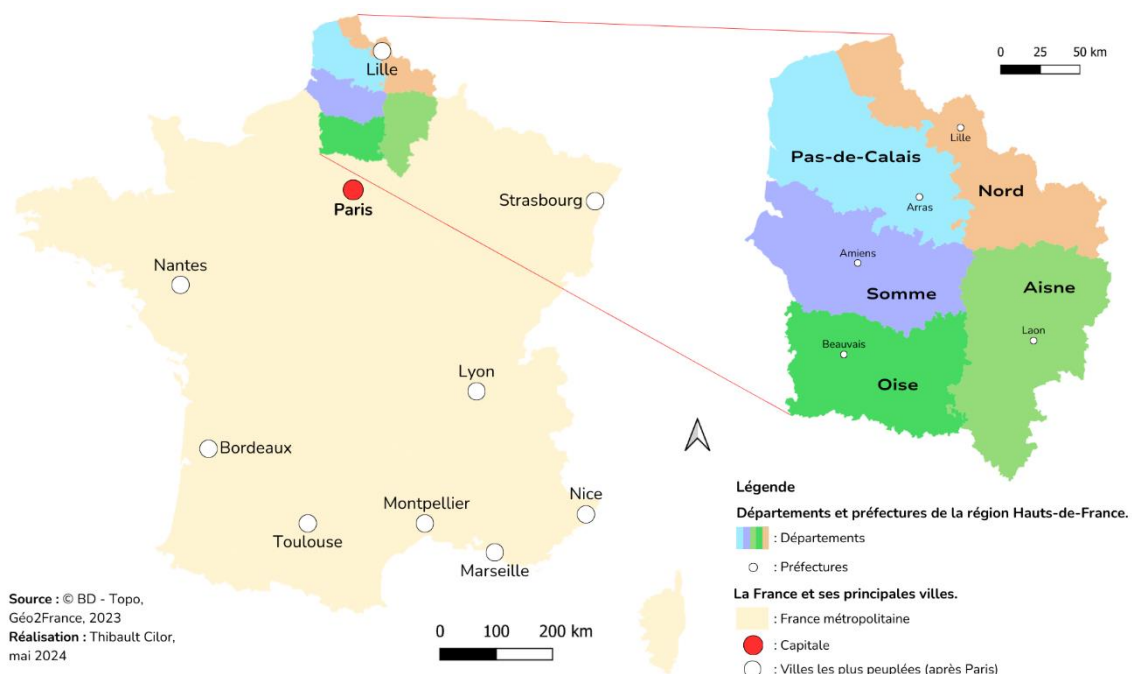
2.1.1 Contexte géographique particulier des Hauts-de-France

La région des Hauts-de-France est un périmètre géographique particulier qu'il convient de présenter. Espace de 31 813 km² recouvrant 57 % de la France métropolitaine, elle est la neuvième région de France en termes de superficie. Cependant, elle est la cinquième région la plus peuplée de France avec presque six millions d'habitants (INSEE, 2021), dont 2,6 millions dans le seul département du Nord. Ce dernier est un des cinq départements qui compose la région. Comme on peut le voir sur la carte ci-dessous (figure 18), il y a le Pas-de-Calais avec sa préfecture Arras, le Nord avec Lille, la Somme avec Amiens, l'Aisne avec Laon et enfin l'Oise avec Beauvais. Ces cinq préfectures constituent la majorité des villes les plus peuplées de la région, notamment Amiens (133 000 habitants) et surtout Lille (236 000 habitants). On peut y ajouter de nombreuses villes moyennes du Nord (Roubaix, Tourcoing, Villeneuve d'Ascq...), mais aussi des villes du bassin minier¹¹ (Lens, Béthune, Douai, Valenciennes...), et de la côte (Calais, Dunkerque, Boulogne sur mer...). La population stagne, mais elle est aussi la plus jeune de province¹².

¹¹ « Situé sur deux départements, le bassin minier s'étend de Bruay-la-Buissière dans le Pas-de-Calais à Valenciennes dans le Nord. » (INSEE, 2019)

¹² En moyenne la population a augmenté de 0.2 % de 2010 à 2015 et a baissé de 0.0 % de 2015 à 2021. (INSEE, 2024) La population la plus jeune de France se trouve en île de France avec 20,2 % de la population qui a entre 15 et 29 ans, suivi par les Hauts-de-France où 19% de sa population est âgée entre 15 et 29 ans. La région Hauts-de-France est ainsi la plus jeune de province. (INSEE, 2018)

Figure 18 : Carte de la région Hauts de France au sein de la France métropolitaine, zoom sur les départements et leurs préfectures



Source : BD – Topo ; Géo2France 2023

Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

A l'échelle de l'Europe, les Hauts-de-France constituent une région de poids. A titre de comparaison, le Danemark ne compte que cinq millions d'habitants et la Wallonie, quatre millions et demi. Elle a aussi une position stratégique au sein du Nord-Ouest du continent : proche de grandes capitales (Paris, Londres, Bruxelles, Amsterdam, Luxembourg), elle est une jonction entre la Belgique, le sud de l'Angleterre et l'Île-de-France via ses lignes de TGV et son réseau fluvial. La région est également reliée au reste du monde via ses deux aéroports (Lille-Lesquin et Beauvais-Tillé). (Le Conseil régional Hauts-de-France, <https://www.hautsdefrance.fr>)

La région jouit d'une identité collective due à une Histoire riche et ancienne (chronologie en Annexe 4). Nous pouvons tout de même diviser la région en deux aires culturelles. Sur les départements du Nord et du Pas-de-Calais se démarque une culture issue des Flandres et au

sud de la région, sur les trois autres départements, il y a une culture picarde ¹³. Cependant, l'unité des territoires régionaux se fait par de multiples facteurs historiques : l'histoire médiévale artisanale, le patrimoine gothique, les beffrois. La région est aussi caractérisée par des influences venant de toute l'Europe avec le Royaume de France, les ducs et comtes médiévaux, le duché de Bourgogne ou l'Espagne de Charles Quint. Sur une période plus contemporaine, ce sont bien les révolutions industrielles qui vont bouleverser la région. De 1757, date d'ouverture des mines de charbon d'Anzin, à 1990, date de la fermeture du dernier puits de mine de la région, les Hauts-de-France deviennent la réserve nationale de l'industrie de transformation française. Le Pas-de-Calais est toujours marqué physiquement par ces activités passées, au travers de ses terrils, puits de mines et de ses coronas.

Cette période a aussi profondément modifié l'écologie dans la région. Les usines faisaient partie du quotidien de chacun et la pollution qu'elles engendraient ont suscité de vives réactions chez les riverains comme chez certains politiques. La nature et la santé environnementale sont devenues des sujets de débat, qui se concluent notamment par la création du parc naturel régional (PNR) de Scarpe Escaut en 1967, premier parc régional français de l'Histoire. Aujourd'hui, la région Hauts-de-France fait de l'écologie une thématique majeure qui puise dans son histoire, le Bassin minier essaye de passer de « l'Archipel noir à l'archipel vert » (Euralens, <https://www.euralens.org>), les PNR se sont multipliés et la Région est la seule de France à posséder deux matrices de capacités pour évaluer ses services écosystémiques¹⁴.

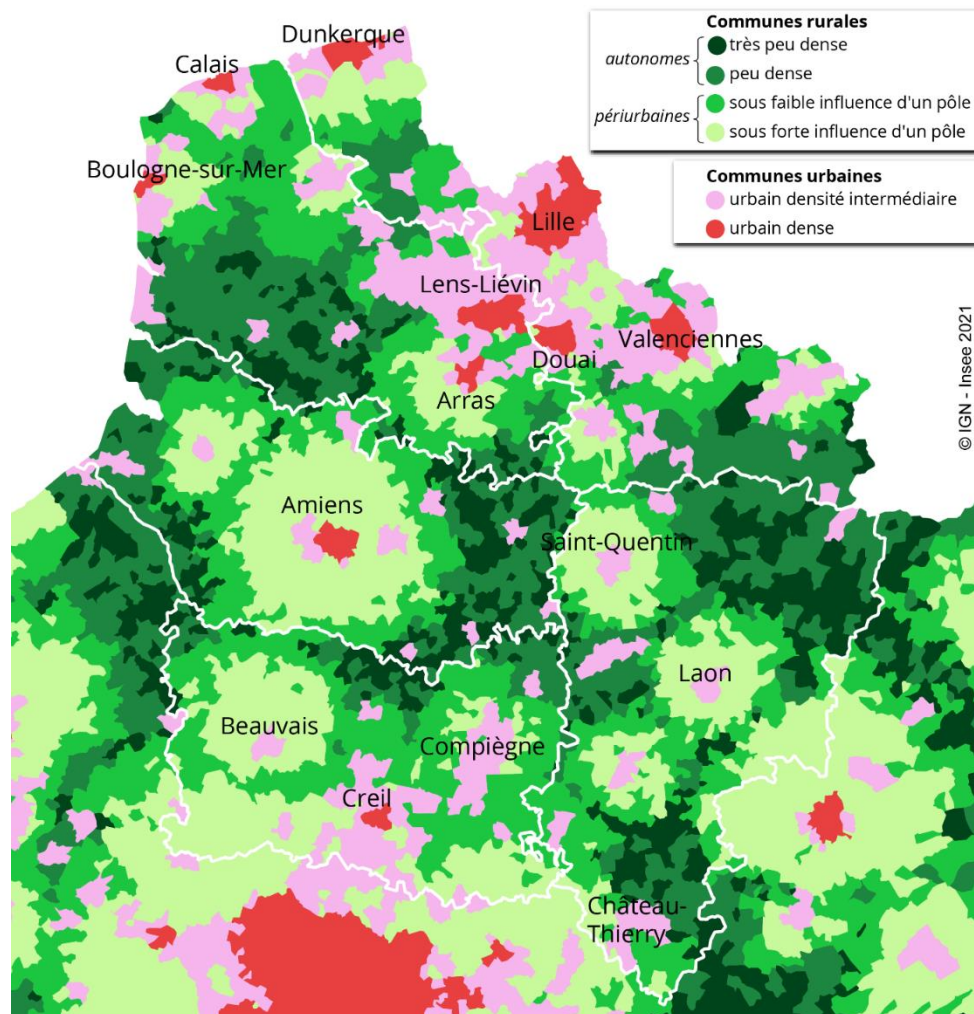
Cette conscience environnementale s'explique par une mosaïque de paysage qui parcourt son territoire. Les HDF (Hauts-de-France) possèdent un littoral remarquable, des zones humides, de larges forêts domaniales et de gigantesques espaces ruraux. Ces derniers constituent d'ailleurs la majorité des sols de la région. Selon l'INSEE, 3200 communes des HDF sont rurales, ce qui correspond à une couverture de 82 % du territoire (cf carte ci-dessous figure 19). Les espaces agricoles sont des réservoirs de biodiversité importants, une réserve d'éléments semi-naturels (arbres isolés, haies, mares...), mais aussi un foncier perméable qui absorbe les eaux, assurant de nombreux cycles biophysiques et chimiques. Surtout, les champs et les prairies

¹³ Ces deux cultures sont les plus importantes et influentes, cependant d'autres cultures régionales existent comme celles de l'Artois, du Hainaut, du Cambrésis et de Champagne. Le nord de l'île de France influence aussi le sud des HDF.

¹⁴ La Région Grand Est possède aussi une matrice de capacités.

assurent l'alimentation d'une grande partie de la population et assurent donc un certain nombre de services écosystémiques, notamment économiques. Cependant, ces espaces sont aussi sujets à l'utilisation de produit dangereux pour les écosystèmes et l'Homme, les pesticides.

Figure 19 : Carte présentant la ruralité des communes de la région Hauts-de-France



Source : IGN – INSEE 2021

Le littoral des HDF constitue aussi un ensemble d'habitats important. Il s'étend sur 190 km de côte et regroupe des villes densément urbanisées, des dunes nues et arborées, des plages ou des zones de végétations humides maritimes. Le littoral régional offre aussi des espaces rares comme la baie de Somme ou les falaises des caps Gris-Nez et Blanc-Nez. Ces espaces abritent

une biodiversité riche et assurent des « lieux de passage irremplaçable dans le cycle de vie des espèces migratrices » (DREAL ; <https://www.hauts-de-france.developpement-durable.gouv.fr/?-Biodiversite-et-milieux-naturels-4601->). Le littoral est donc un espace unique, mais en danger de disparition à cause de l'urbanisation croissante des communes qui longent la côte. Malgré une baisse de la population estimée, entre 2013 et 2018, à 0,13 % (INSEE, 2022), l'urbanisation continue.

D'autres espaces composent le paysage riche des HDF comme les zones humides marécageuses de Saint-Omer, les hortillonnages d'Amiens ou encore les grandes forêts du sud de la région autour de Compiègne. Certaines espèces d'arbres y font même la fierté identitaire de la région comme le saule têtard ou différentes espèces de chêne. Enfin, d'autres écosystèmes qu'il ne faut pas minimiser sont ceux du milieu urbain. Comme le démontre la carte en figure 19, de nombreuses zones urbaines tapissent le territoire et leur densité de construction ne les rend pas inintéressantes pour autant. Des villes denses abritent parfois des grands espaces de nature ou une faune et une flore singulière.

Pour récapituler cette mosaïque de milieux, voici une présentation des cinq PNR de la région. En plus de présenter les différents paysages des HDF, ce sont des acteurs naturalistes que nous aurons l'occasion de recroiser au cours de ce mémoire :

Figure 20 : Montage photo, titre des photos de haut en bas et de gauche à droite, PNR Caps et marais d’Opale, PNR de l’Avesnois, PNR Scarpe Escaut, PNR Oise pays de France et PNR Baie de Somme Picardie maritime



Source des photos de haut en bas et de gauche à droite : © Site officiel du PNR Caps et marais d’Opale ; © France Voyage ; © David Delecourt ; © Luzarches ; © S. Mbsglp, S. Desanlis

- **PNR Baie de Somme Picardie maritime** : Possède une grande façade maritime unique en France, avec une biodiversité singulière et des baies remarquables. PNR qui est aussi un ensemble de vallées (Somme, Authie, Maye) et de territoires ruraux.
- **PNR Oise – Pays de France** : Poumon vert du Nord de l’agglomération de Paris avec ses trois grandes forêts remarquables que sont Halatte, Chantilly et Ermenonville. De plus, ce PNR abrite de nombreux sites patrimoniaux et architecturaux comme le château de Chantilly ou la ville de Senlis.
- **PNR Caps et marais d’Opale** : Grands sites naturels des caps Gris-Nez et Blanc-Nez connu pour ses falaises et ses plages. C’est aussi une réserve de zones humides continentales, notamment avec les marais de Saint-Omer, classés réserve de biosphère par l’UNESCO. On y compte aussi de nombreuses forêts, bocages et champs agricoles.

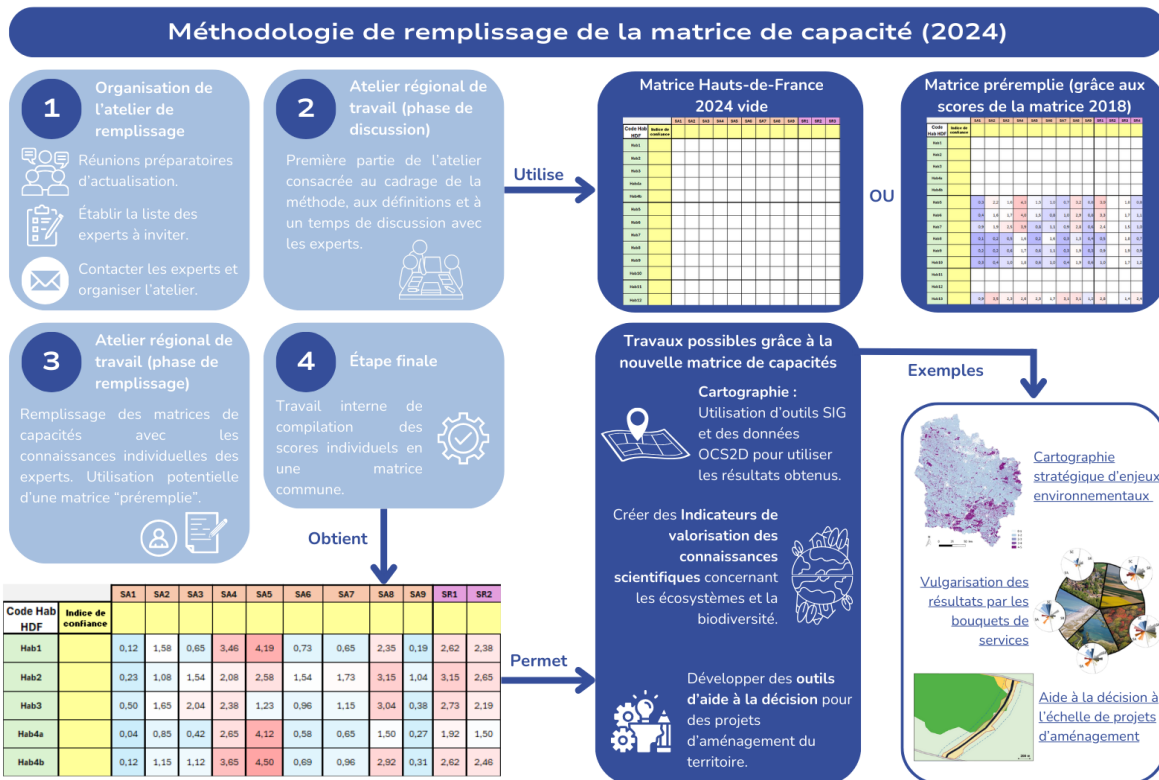
- **PNR de l'Avesnois** : Des paysages principalement ruraux avec de nombreux vergers, prairies et bocages qui couvrent le territoire. On y dénombre aussi des forêts et des cours d'eau riches en biodiversité, paysage qui s'ajoute à l'architecture particulière du PNR.
- **PNR Scarpe Escaut** : Le plus densément peuplé des PNR de France, ce parc entre Lille et Valenciennes se caractérise par son riche patrimoine naturel composé de prairies humides, de ses quatre forêts domaniales et de ses très nombreux cours d'eau. En raison de sa densité, ce parc a en son sein de nombreuses communes et monuments, mais aussi des vestiges de l'époque industrielle.

Pour conclure, la région Hauts-de-France présente des écosystèmes très variés qu'il convient de préserver. Les PNR représentent 512 500 ha, mais, comme nous l'avons vu précédemment, même en dehors des parcs, les habitats naturels et semi-naturels sont nombreux et riches. La matrice de capacités est là pour répondre à ces enjeux régionaux de protection face à l'urbanisation galopante et surtout pour accompagner la région à l'adaptation au changement climatique par des solutions fondées sur la nature.

2.1.2. Une étude inspirée par la matrice de capacités Hauts-de-France 2018

Afin d'accompagner le reste de la partie 2, nous nous appuyons sur le schéma ci-dessous (Figure 21) qui représente la méthodologie adoptée pour la matrice HDF 2024 et inspirée de la méthode de la figure 10 de S. Campagne.

Figure 21 : Schéma, méthodologie de remplissage et d'utilisation de la matrice de capacités HDF 2024



Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

La Région Hauts-de-France, pour la diversité de ses paysages et sa densité de population, apparaît comme un sujet d'étude intéressant pour la matrice de capacités. En France, les matrices de capacités sont multiples et principalement établies sur des PNR (Brière, Scarpe Escaut, Baronnies Provençales...), mais aucune région n'en est dotée, exceptée la région Hauts-de-France et la région Grand-Est (O. Rajoelisoa, 2023). La matrice HDF 2024 est une mise à jour d'une première matrice conçue dans le cadre de la thèse de C.S. Campagne en 2018. Cette première matrice était commanditée par le service « Eau et Nature » de la DREAL qui a alors sollicité l'IRSTEA pour concevoir l'outil à l'échelle de la région. Périmètre qui a tout son sens, puisque depuis 2015, la loi NOTRE (Nouvelle Organisation du Territoire de la République) décentralise la compétence de l'environnement aux régions, notamment par un nouveau document d'urbanisme : le SRADDET (Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires). Cela couplé aux autres lois vues précédemment,

notamment la loi pour la reconquête de la biodiversité et la loi Climat Résilience, la matrice de capacités peut servir les enjeux stratégiques environnementaux et contribuer au discours de préservation et de protection des ENAF de la Région.

On peut légitimement se demander, pourquoi procéder à une mise à jour de la matrice HDF 2018 alors que la Région est déjà la seule dotée d'une matrice de capacités pour évaluer ses services écosystémiques ? Tout d'abord, cette matrice est déjà âgée de 6 ans, période durant laquelle des nouveaux enjeux écologiques sont apparus. De plus, la Région s'affirme comme un laboratoire de test pour cet outil et ce dans une temporalité entendue. La nouvelle matrice 2024 permet donc de capitaliser sur le travail qui a été fait dans le passé et de comparer les deux matrices. La méthode est aussi plus affinée et maîtrisée, les erreurs passées peuvent être évitées et l'application de la méthode est connue donc bien plus simple à mettre en place.

La différence majeure entre 2024 et 2018 est la base de données cartographique utilisée. En effet, en 2018, était utilisée une typologie simplifiée des habitats de la base de données ARCH pour les départements du Nord et du Pas-de-Calais (45 habitats composés ARCH pour l'ancienne région). Un OCS (Occupation des sols) était utilisé pour la Picardie. La simplification donne lieu à une typologie en 32 habitats. Comme on peut le voir ci-dessous (Figure 22), cette typologie est assez complexe, regroupant plusieurs milieux dans une seule entrée. La mise à jour de la matrice a permis de reclassifier et simplifier ces habitats avec la base de données OCS2D. La nouvelle matrice a trente-deux habitats, les cours d'eau étant séparés en deux (Hab4a et Hab4b) pour des raisons qui seront détaillées plus tard.

Figure 22 : Typologie des habitats utilisés dans la matrice de capacités HDF 2024 (Tableau de gauche) et 2018 (Tableau de droite)

2024		2018				
DESCRIPTION	Habitat	DESCRIPTION	Habitat 1	Habitat 2	Habitat 3	Habitat 4
	Code CS_US inexistant	-1	Pas de code CS_US			
Hab1	Plans d'eau	H01	Eaux douces			
Hab2	Formations herbacées humides continentales	H03/H05/H06/H07	Végétations aquatiques	Végétations immergées	Végétations de ceinture	Bas marais, tourbières de
Hab3	Formations herbacées humides maritimes	H04	Eaux courantes			
Hab4a	Cours d'eau artificiels	H08/H09	Steppes et prairies calcaires	Prairies acides et dunes		
Hab4b	Cours d'eau naturels	H10/H18/H21	Lisières humides à grandes	Landes	Forêts riveraines, forêts	
Hab5	Mer	H11	Prairies humides			
Hab6	Zones subtidales saumâtres	H12	Prairies mésophiles			
Hab7	Vasières et alluvions sableux	H15	Cultures			
Hab8	Plages	H16	Bandes enherbées			
Hab9	Côtes rocheuses et falaises	H17a	Vergers			
Hab10	Dunes et dunes herbacées	H17b	Vignobles			
Hab11	Pelouses naturelles	H18/H19	Landes	Fourrés		
Hab12	Landes et fourrés humides	H20	Forêts caducifoliées			
Hab13	Prairies humides	H21	Forêts riveraines, forêts et			
Hab14	Prairies mésophiles	H22	Plantations de feuillus et			
Hab15	Dunes arborées et arbustives	H23	Plantations de conifères			
Hab16	Landes, fourrés et broussailles	H25	Parcs urbains et grands			
Hab17	Boisements humides	H27	Espaces bâtis et urbains			
Hab18	Peupleraies	H28	Carrières en activité			
Hab19	Feuillus ou peuplements mixtes ou indéterminés	H29	Carrières abandonnées			
Hab20	Conifères	H30	Terrils			
Hab21	Terres arables	H31	Voies de chemin de fer,			
Hab22	Vergers	H32	Lagunes et réservoirs			
Hab23	Vignes	H33	Réseaux routiers et			
Hab24	Végétations rases des parcs et des espaces verts urbains	H34a/H34b	Mers et océans - Graveleux	Mers et océans - Sableux		
Hab25	Boisements et fourrés au sein de parcs urbains	H35	Estuaires, fleuves et rivières			
Hab26	Surfaces à matériaux minéraux (pierre, terre)	H36	Habitats côtiers soumis à			
Hab27	Carrières en activité	H38	Plages de sables			
Hab28	Carrières abandonnées	H39	Plages de galets			
Hab29	Terrils en exploitation	H40	Côtes rocheuses et falaises			
Hab30	Voies de chemin de fer, friches et abords de voies de communication	H41	Dunes blanches et grises			
Hab31	Réseaux de transports, surfaces imperméables et surfaces bâties	H42	Dunes arbustives et			

Source : Documentation interne à l'ARB

Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

La base de données OCS2D, commanditée par Géo2France et produite par CLS (Collecte Localisation Satellites), est découpée, comme son nom l'indique, en deux dimensions : le Couvert du Sol (CS) et l'Usage du Sol (US). Ce sont des données diachroniques, adaptées à la région Hauts-de-France et obtenues par photo-interprétation satellite. L'avantage de l'OCS2D est sa temporalité, car plusieurs millésimes sont utilisés : 2005, 2010, 2015 et le dernier en date, 2021 (Figure 23).

Ce « pas de temps » rend possible des analyses chronologiques pour constater l'artificialisation, la fragmentation et la modification des services rendus par les habitats de la région. La typologie de la matrice HDF 2024 est le résultat d'un travail de simplification entre les CS et les US de l'OCS2D comme on peut le constater sur le tableau ci-dessous (figure 23). Cette typologie doit nécessairement être moins détaillée, car il est impossible de remplir une

matrice de capacité avec un nombre d'habitats équivalents au nombre d'entrées de l'OCS2D¹⁵ (33 CS et 53 US). Ainsi, la grande majorité des habitats sont calqués sur les CS de l'OCS2D. Cependant, quelques usages ont été sélectionnés en raison de leur importance en superficie et/ou leurs particularités écologiques notables. Dans ce travail de sélection des habitats, de nombreuses réunions en interne se sont déroulées. Par exemple, l'ARB, la DREAL et Sylvie Campagne, ont pu échanger sur les questions concernant la classification des parcs urbains ou sur celles des habitats forestiers et des habitats urbains.

Figure 23 : Tableau de simplification des habitats de l'OCS2D par le croisement des Couverts de Sols (CS) et des Usages (US) et tableau de disponibilité des millésimes de l'OCS2D par département

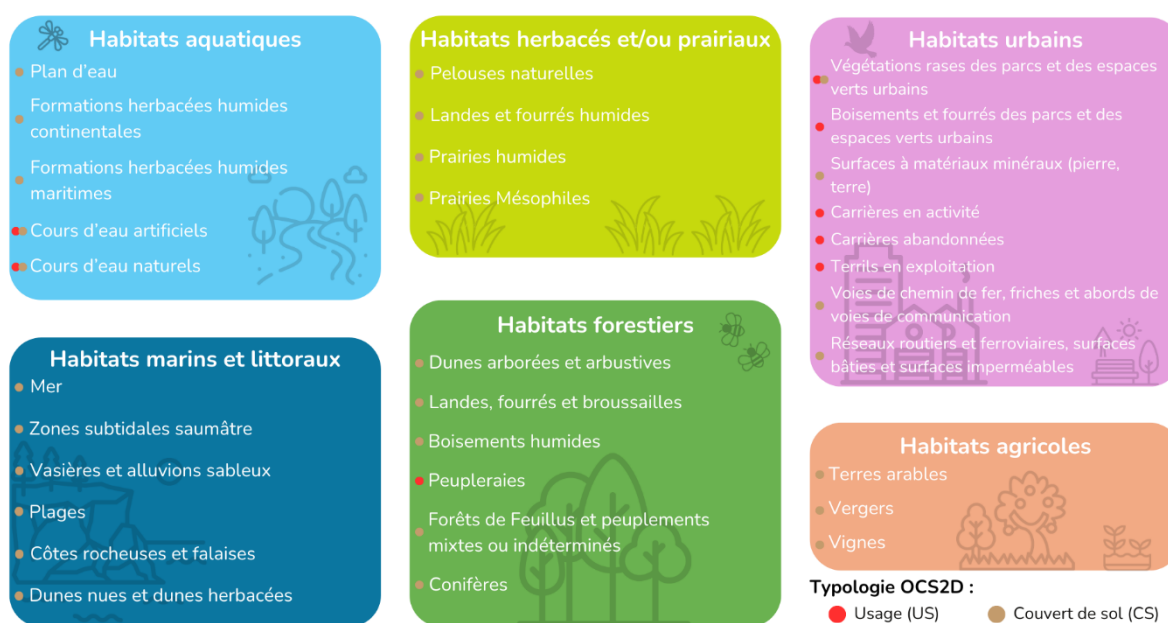
Correspondances typologies H&F SEOC2D		Couverts de Sols (CS) / Usages (US)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
		CS1.1	CS1.2	CS1.3	CS1.4	CS1.5	CS1.6	CS1.7	CS1.8	CS1.9	CS1.10	CS1.11	CS1.12	CS1.13	CS1.14	CS1.15	CS1.16	CS1.17	CS1.18	CS1.19	CS1.20	CS1.21	CS1.22	CS1.23	CS1.24	CS1.25	CS1.26	CS1.27	CS1.28	CS1.29	CS1.30	CS1.31	CS1.32	CS1.33	CS1.34	CS1.35	CS1.36	CS1.37	CS1.38	CS1.39	CS1.40	CS1.41	CS1.42	CS1.43	CS1.44	CS1.45	CS1.46	CS1.47	CS1.48	CS1.49	CS1.50	CS1.51	CS1.52	CS1.53	CS1.54	CS1.55	CS1.56	CS1.57	CS1.58	CS1.59	CS1.60	CS1.61	CS1.62	CS1.63	CS1.64	CS1.65	CS1.66	CS1.67	CS1.68	CS1.69	CS1.70	CS1.71	CS1.72	CS1.73	CS1.74	CS1.75	CS1.76	CS1.77	CS1.78	CS1.79	CS1.80	CS1.81	CS1.82	CS1.83	CS1.84	CS1.85	CS1.86	CS1.87	CS1.88	CS1.89	CS1.90	CS1.91	CS1.92	CS1.93	CS1.94	CS1.95	CS1.96	CS1.97	CS1.98	CS1.99	CS1.100	CS1.101	CS1.102	CS1.103	CS1.104	CS1.105	CS1.106	CS1.107	CS1.108	CS1.109	CS1.110	CS1.111	CS1.112	CS1.113	CS1.114	CS1.115	CS1.116	CS1.117	CS1.118	CS1.119	CS1.120	CS1.121	CS1.122	CS1.123	CS1.124	CS1.125	CS1.126	CS1.127	CS1.128	CS1.129	CS1.130	CS1.131	CS1.132	CS1.133	CS1.134	CS1.135	CS1.136	CS1.137	CS1.138	CS1.139	CS1.140	CS1.141	CS1.142	CS1.143	CS1.144	CS1.145	CS1.146	CS1.147	CS1.148	CS1.149	CS1.150	CS1.151	CS1.152	CS1.153	CS1.154	CS1.155	CS1.156	CS1.157	CS1.158	CS1.159	CS1.160	CS1.161	CS1.162	CS1.163	CS1.164	CS1.165	CS1.166	CS1.167	CS1.168	CS1.169	CS1.170	CS1.171	CS1.172	CS1.173	CS1.174	CS1.175	CS1.176	CS1.177	CS1.178	CS1.179	CS1.180	CS1.181	CS1.182	CS1.183	CS1.184	CS1.185	CS1.186	CS1.187	CS1.188	CS1.189	CS1.190	CS1.191	CS1.192	CS1.193	CS1.194	CS1.195	CS1.196	CS1.197	CS1.198	CS1.199	CS1.200	CS1.201	CS1.202	CS1.203	CS1.204	CS1.205	CS1.206	CS1.207	CS1.208	CS1.209	CS1.210	CS1.211	CS1.212	CS1.213	CS1.214	CS1.215	CS1.216	CS1.217	CS1.218	CS1.219	CS1.220	CS1.221	CS1.222	CS1.223	CS1.224	CS1.225	CS1.226	CS1.227	CS1.228	CS1.229	CS1.230	CS1.231	CS1.232	CS1.233	CS1.234	CS1.235	CS1.236	CS1.237	CS1.238	CS1.239	CS1.240	CS1.241	CS1.242	CS1.243	CS1.244	CS1.245	CS1.246	CS1.247	CS1.248	CS1.249	CS1.250	CS1.251	CS1.252	CS1.253	CS1.254	CS1.255	CS1.256	CS1.257	CS1.258	CS1.259	CS1.260	CS1.261	CS1.262	CS1.263	CS1.264	CS1.265	CS1.266	CS1.267	CS1.268	CS1.269	CS1.270	CS1.271	CS1.272	CS1.273	CS1.274	CS1.275	CS1.276	CS1.277	CS1.278	CS1.279	CS1.280	CS1.281	CS1.282	CS1.283	CS1.284	CS1.285	CS1.286	CS1.287	CS1.288	CS1.289	CS1.290	CS1.291	CS1.292	CS1.293	CS1.294	CS1.295	CS1.296	CS1.297	CS1.298	CS1.299	CS1.300	CS1.301	CS1.302	CS1.303	CS1.304	CS1.305	CS1.306	CS1.307	CS1.308	CS1.309	CS1.310	CS1.311	CS1.312	CS1.313	CS1.314	CS1.315	CS1.316	CS1.317	CS1.318	CS1.319	CS1.320	CS1.321	CS1.322	CS1.323	CS1.324	CS1.325	CS1.326	CS1.327	CS1.328	CS1.329	CS1.330	CS1.331	CS1.332	CS1.333	CS1.334	CS1.335	CS1.336	CS1.337	CS1.338	CS1.339	CS1.340	CS1.341	CS1.342	CS1.343	CS1.344	CS1.345	CS1.346	CS1.347	CS1.348	CS1.349	CS1.350	CS1.351	CS1.352	CS1.353	CS1.354	CS1.355	CS1.356	CS1.357	CS1.358	CS1.359	CS1.360	CS1.361	CS1.362	CS1.363	CS1.364	CS1.365	CS1.366	CS1.367	CS1.368	CS1.369	CS1.370	CS1.371	CS1.372	CS1.373	CS1.374	CS1.375	CS1.376	CS1.377	CS1.378	CS1.379	CS1.380	CS1.381	CS1.382	CS1.383	CS1.384	CS1.385	CS1.386	CS1.387	CS1.388	CS1.389	CS1.390	CS1.391	CS1.392	CS1.393	CS1.394	CS1.395	CS1.396	CS1.397	CS1.398	CS1.399	CS1.400	CS1.401	CS1.402	CS1.403	CS1.404	CS1.405	CS1.406	CS1.407	CS1.408	CS1.409	CS1.410	CS1.411	CS1.412	CS1.413	CS1.414	CS1.415	CS1.416	CS1.417	CS1.418	CS1.419	CS1.420	CS1.421	CS1.422	CS1.423	CS1.424	CS1.425	CS1.426	CS1.427	CS1.428	CS1.429	CS1.430	CS1.431	CS1.432	CS1.433	CS1.434	CS1.435	CS1.436	CS1.437	CS1.438	CS1.439	CS1.440	CS1.441	CS1.442	CS1.443	CS1.444	CS1.445	CS1.446	CS1.447	CS1.448	CS1.449	CS1.450	CS1.451	CS1.452	CS1.453	CS1.454	CS1.455	CS1.456	CS1.457	CS1.458	CS1.459	CS1.460	CS1.461	CS1.462	CS1.463	CS1.464	CS1.465	CS1.466	CS1.467	CS1.468	CS1.469	CS1.470	CS1.471	CS1.472	CS1.473	CS1.474	CS1.475	CS1.476	CS1.477	CS1.478	CS1.479	CS1.480	CS1.481	CS1.482	CS1.483	CS1.484	CS1.485	CS1.486	CS1.487	CS1.488	CS1.489	CS1.490	CS1.491	CS1.492	CS1.493	CS1.494	CS1.495	CS1.496	CS1.497	CS1.498	CS1.499	CS1.500	CS1.501	CS1.502	CS1.503	CS1.504	CS1.505	CS1.506	CS1.507	CS1.508	CS1.509	CS1.510	CS1.511	CS1.512	CS1.513	CS1.514	CS1.515	CS1.516	CS1.517	CS1.518	CS1.519	CS1.520	CS1.521	CS1.522	CS1.523	CS1.524	CS1.525	CS1.526	CS1.527	CS1.528	CS1.529	CS1.530	CS1.531	CS1.532	CS1.533	CS1.534	CS1.535	CS1.536	CS1.537	CS1.538	CS1.539	CS1.540	CS1.541	CS1.542	CS1.543	CS1.544	CS1.545	CS1.546	CS1.547	CS1.548	CS1.549	CS1.550	CS1.551	CS1.552	CS1.553	CS1.554	CS1.555	CS1.556	CS1.557	CS1.558	CS1.559	CS1.560	CS1.561	CS1.562	CS1.563	CS1.564	CS1.565	CS1.566	CS1.567	CS1.568	CS1.569	CS1.570	CS1.571	CS1.572	CS1.573	CS1.574	CS1.575	CS1.576	CS1.577	CS1.578	CS1.579	CS1.580	CS1.581	CS1.582	CS1.583	CS1.584	CS1.585	CS1.586	CS1.587	CS1.588	CS1.589	CS1.590	CS1.591	CS1.592	CS1.593	CS1.594	CS1.595	CS1.596	CS1.597	CS1.598	CS1.599	CS1.600	CS1.601	CS1.602	CS1.603	CS1.604	CS1.605	CS1.606	CS1.607	CS1.608	CS1.609	CS1.610	CS1.611	CS1.612	CS1.613	CS1.614	CS1.615	CS1.616	CS1.617	CS1.618	CS1.619	CS1.620	CS1.621	CS1.622	CS1.623	CS1.624	CS1.625	CS1.626	CS1.627	CS1.628	CS1.629	CS1.630	CS1.631	CS1.632	CS1.633	CS1.634	CS1.635	CS1.636	CS1.637	CS1.638	CS1.639	CS1.640	CS1.641	CS1.642	CS1.643	CS1.644	CS1.645	CS1.646	CS1.647	CS1.648	CS1.649	CS1.650	CS1.651	CS1.652	CS1.653	CS1.654	CS1.655	CS1.656	CS1.657	CS1.658	CS1.659	CS1.660	CS1.661	CS1.662	CS1.663	CS1.664	CS1.665	CS1.666	CS1.667	CS1.668	CS1.669	CS1.670	CS1.671	CS1.672	CS1.673	CS1.674	CS1.675	CS1.676	CS1.677	CS1.678	CS1.679	CS1.680	CS1.681	CS1.682	CS1.683	CS1.684	CS1.685	CS1.686	CS1.687	CS1.688	CS1.689	CS1.690	CS1.691	CS1.692	CS1.693	CS1.694	CS1.695	CS1.696	CS1.697	CS1.698	CS1.699	CS1.700	CS1.701	CS1.702	CS1.703	CS1.704	CS1.705	CS1.706	CS1.707	CS1.708	CS1.709	CS1.710	CS1.711	CS1.712	CS1.713	CS1.714	CS1.715	CS1.716	CS1.717	CS1.718	CS1.719	CS1.720	CS1.721	CS1.722	CS1.723	CS1.724	CS1.725	CS1.726	CS1.727	CS1.728	CS1.729	CS1.730	CS1.731	CS1.732	CS1.733	CS1.734	CS1.735	CS1.736	CS1.737	CS1.738	CS1.739	CS1.740	CS1.741	CS1.742	CS1.743	CS1.744	CS1.745	CS1.746	CS1.747	CS1.748	CS1.749	CS1.750	CS1.751	CS1.752	CS1.753	CS1.754	CS1.755	CS1.756	CS1.757	CS1.758	CS1.759	CS1.760	CS1.761	CS1.762	CS1.763	CS1.764	CS1.765	CS1.766	CS1.767	CS1.768	CS1.769	CS1.770	CS1.771	CS1.772	CS1.773	CS1.774	CS1.775	CS1.776	CS1.777	CS1.778	CS1.779	CS1.780	CS1.781	CS1.782	CS1.783	CS1.784	CS1.785	CS1.786	CS1.787	CS1.788	CS1.789	CS1.790	CS1.791	CS1.792	CS1.793	CS1.794	CS1.795	CS1.796	CS1.797	CS1.798	CS1.799	CS1.800	CS1.801	CS1.802	CS1.803	CS1.804	CS1.805	CS1.806	CS1.807	CS1.808	CS1.809	CS1.810	CS1.811	CS1.812	CS1.813	CS1.814	CS1.815	CS1.816	CS1.817	CS1.818	CS1.819	CS1.820	CS1.821	CS1.822	CS1.823	CS1.824	CS1.825	CS1.826	CS1.827	CS1.828	CS1.829	CS1.830	CS1.831	CS1.832	CS1.833	CS1.834	CS1.835	CS1.836	CS1.837	CS1.838	CS1.839	CS1.840	CS1.841	CS1.842	CS1.843	CS1.844	CS1.845	CS1.846	CS1.847	CS1.848	CS1.849	CS1.850	CS1.851	CS1.852	CS1.853	CS1.854	CS1.855	CS1.856	CS1.857	CS1.858	CS1.859	CS1.860	CS1.861	CS1.862	CS1.863	CS1.864	CS1.865	CS1.866	CS1.867	CS1.868	CS1.869	CS1.870	CS1.871	CS1.872	CS1.873	CS1.874	CS1.875	CS1.876	CS1.877	CS1.878	CS1.879	CS1.880	CS1.881	CS1.882	CS1.883	CS1.884	CS1.885	CS1.886	CS1.887	CS1.888	CS1.889	CS1.890	CS1.891	CS1.892	CS1.893	CS1.894	CS1.895	CS1.896	CS1.897	CS1.898	CS1.899	CS1.900	CS1.901	CS1.902	CS1.903	CS1.904	CS1.905	CS1.906	CS1.907	CS1.908	CS1.909	CS1.910	CS1.911	CS1.912	CS1.913	CS1.914	CS1.915	CS1.916	CS1.917	CS1.918	CS1.919	CS1.920	CS1.921	CS1.922	CS1.923	CS1.924	CS1.925	CS1.926	CS1.927	CS1.928	CS1.929	CS1.930	CS1.931	CS1.932	CS1.933	CS1.934	CS1.935	CS1.936	CS1.937	CS1.938	CS1.939	CS1.940	CS1.941	CS1.942	CS1.943	CS1.944	CS1.945	CS1.946	CS1.947	CS1.948	CS1.949	CS1.950	CS1.951	CS1.952	CS1.953	CS1.954	CS1.955	CS1.956	CS1.957	CS1.958	CS1.959	CS1.960	CS1.961	CS1.962	CS1.963	CS1.964	CS1.965	CS1.966	CS1.967	CS1.968	CS1.969	CS1.970	CS1.971	CS1.972	CS1.973	CS1.974	CS1.975	CS1.976	CS1.977	CS1.978	CS1.979	CS1.980	CS1.981	CS1.982	CS1.983	CS1.984	CS1.985	CS1.986	CS1.987	CS1.988	CS1.989	CS1.990	CS1.991	CS1.992	CS1.993	CS1.994	CS1.995	CS1.996	CS1.997	CS1.998	CS1.999	CS1.1000	CS1.1001	CS1.1002	CS1.1003	CS1.1004	CS1.1005	CS1.1006	CS1.1007	CS1.1008	CS1.1009	CS1.1010	CS1.1011	CS1.1012	CS1.1013	CS1.1014	CS1.1015	CS1.1016	CS1.1017	CS1.1018	CS1.1019	CS1.1020	CS1.1021	CS1.1022	CS1.1023	CS1.1024	CS1.1025	CS1.1026	CS1.1027	CS1.1028	CS1.1029	CS1.1030	CS1.1031	CS1.1032	CS1.1033	CS1.1034	CS1.1035	CS1.1036	CS1.1037	CS1.1038	CS1.1039	CS1.1040	CS1.1041	CS1.1042	CS1.1043	CS1.1044	CS1.1045	CS1.1046	CS1.1047	CS1.1048	CS1.1049	CS1.1050	CS1.1051	CS1.1052	CS1.1053	CS1.1054	CS1.1055	CS1.1056	CS1.1057	CS1.1058	CS1.1059	CS1.1060	CS1.1061	CS1.1062	CS1.1063	CS1.1064	CS1.1065	CS1.1066	CS1.1067	CS1.1068	CS1.1069	CS1.1070	CS1.1071	CS1.1072	CS1.1073	CS1.1074	CS1.1075	CS1.1076	CS1.1077	CS1.1078	CS1.1079	CS1.1080	CS1.1081	CS1.1082	CS1.1083	CS1.1084	CS1.1085	CS1.1086	CS1.1087	CS1.1088	CS1.1089	CS1.1090	CS1.1091	CS1.1092	CS1

Source : Documentation interne à l'ARB

Réalisation : Agence Régionale de la Biodiversité Hauts-de-France

Pour conclure, la liste finale des habitats classés par famille est sur le schéma ci-dessous (Figure 24). Six grands groupes d'habitats composent cette classification : les habitats aquatiques, marins, prairiaux, forestiers, agricoles et urbains. Nous avons conscience que des habitats sont manquants pour avoir un panel exhaustif, mais des choix ont dû être faits pour préserver la maniabilité de la matrice. En effet, il faut garder à l'esprit, durant la conception de la matrice, qu'elle doit être remplie par des experts du territoire durant un atelier. Si la matrice est trop imposante, elle sera trop longue à remplir pour les experts, il faut que cela reste un exercice faisable et surtout qui ne soit pas indigeste. Cependant, il ne faut pas non plus que la matrice soit trop maigre en informations, sinon elle n'a pas grand intérêt. La conception de la matrice est donc une recherche d'équilibre entre flexibilité de manipulation et richesse de la connaissance environnementale. C'est pour cela que le nombre d'habitats est conséquent, mais peut sembler partiel.

Figure 24 : Liste finale des habitats sélectionnés dans la matrice HDF 2024, leur famille d'habitat et leur correspondance avec l'OCS2D



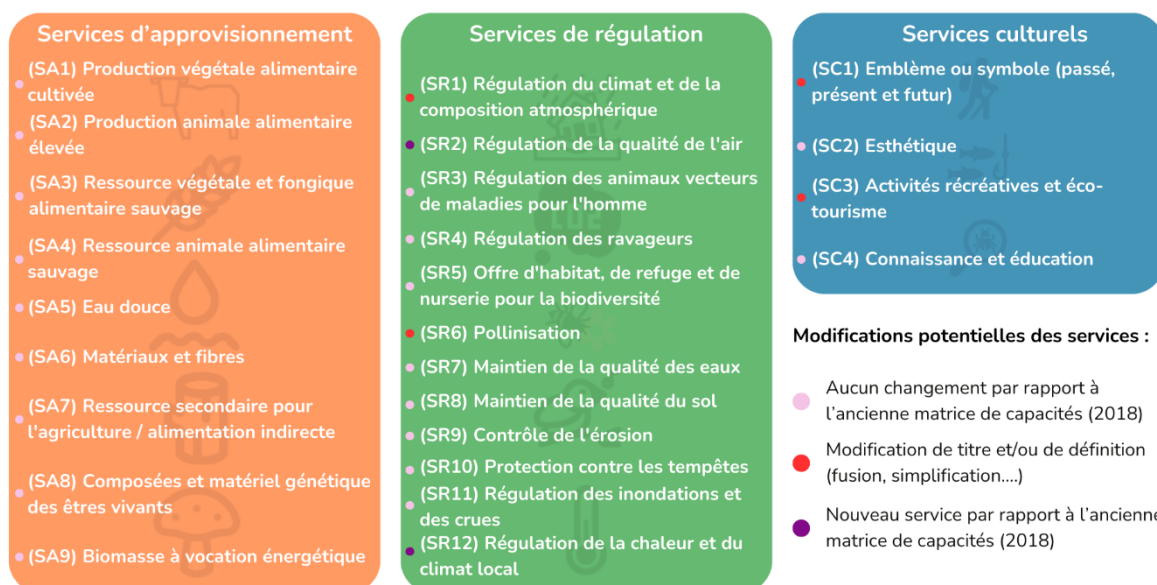
Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

2.1.3. Les modifications apportées dans la typologie de SES

La typologie des services écosystémiques a aussi été modifiée selon les besoins de la nouvelle matrice. En 2018, l'outil s'appuyait sur la classification du CICES que nous avons évoquée précédemment. À la suite de discussions, de recherches et de réunions en interne, il a été décidé d'adopter la liste ci-dessous (Figure 25). On y distingue trois groupes de SES dans lesquels on y retrouve neuf services d'approvisionnement, douze de régulation et quatre culturels. Les services d'approvisionnement sont exactement les mêmes que dans la matrice 2018, car les ressources sont souvent bien connues par les acteurs d'un territoire étant donné leur valeur économique connue et utile.

Figure 25 : Liste finale des services écosystémiques de la matrice de capacités HDF 2024 et les modifications par rapport à la typologie de la matrice HDF 2018

Sélection finale des services écosystémiques de la matrice de capacités Hauts-de-France 2024



Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

La liste des services de régulation a été la plus amendée par rapport à celle de 2018. Tout d'abord, un service a été supprimé, c'est celui de la « **mitigation visuelle** ». Cette dernière signifie que la nature peut être un moyen de cacher des ensembles qui ne sont pas

esthétiques. Par exemple, un alignement d'arbre peut cacher une route. Cependant, ce service a été jugé trop contextuel et difficile à noter pour les experts. En contrepartie de cette suppression, deux services ont été ajoutés, celui de la « **régulation de la qualité de l'air** » et celui de la « **régulation de la chaleur et du climat local** ». Ces deux services répondent à des enjeux très contemporains de lutte contre la pollution et contre le réchauffement climatique. Les milieux absorbent différemment les GES et les pollutions atmosphériques, c'est de ce constat qu'est né l'ajout du service de régulation de la qualité de l'air, pour apporter une nuance au service d'absorption des GES, qui existait déjà en 2018. Cette différence entre absorption des gaz et adsorption des pollutions se remarque notamment chez les arbres, où les résineux ont plus de facilité biologique à adsorber les polluants et les feuillus à absorber les GES. Pour plus d'informations sur le sujet, une note de recherche est disponible en annexe 5. La régulation de la chaleur est quant à elle un sujet majeur dans le secteur urbain, notamment au travers de la lutte contre les îlots de chaleur (ICU). Comme le parti-pris de la matrice HDF 2024 est la prise en compte des habitats urbains, il semblait essentiel d'ajouter cette problématique, endémique aux villes denses de la Région.

Enfin, les services culturels étaient au nombre de cinq en 2018 et, parmi eux, le service « **Héritage (passé et future) et existence** » a été supprimé pour la typologie 2024. Ce service faisait doublon avec le service « **emblème et symbole** », il a donc été décidé de les fusionner afin de garder l'aspect symbolique et historique induit dans les intitulés. Il a également été décidé de modifier le titre du service « **activités récréatives** » en y ajoutant le libellé « **éco-tourisme** » présent dans la classification du MEA. Le tourisme externe des HDF y est important, au vu de la situation géographique de la région, et le tourisme interne n'est pas à négliger. Les nombreuses stations balnéaires, les PNR, le versant picard et les sites de l'UNESCO sont particulièrement prisés, il semblait justifié d'y faire référence.

Pour conclure, la liste s'élève à vingt-cinq services écosystémiques, comme celle de 2018. De légères modifications y ont été apportées, mais cette typologie reste largement similaire à la précédente et est, par conséquent, très inspirée du CICES.

2.2. Le remplissage de la matrice de capacités HDF 2024

2.2.1. Le choix méthodologique du « dire d'experts »

Comme nous venons de la présenter, la matrice compte donc trente-deux habitats et vingt-cinq services écosystémiques. Avec ce travail de classification nous pouvons donc concevoir la matrice vide, ci-contre (Figure 26) :

Figure 26 : Trame vide de la Matrice de capacités Hauts-de-France 2024

Code Hab	HDF	Indice de confiance	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	SA6	SA7	SA8	SA9	SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7	SR8	SR9	SR10	SR11	SR12	SC1	SC2	SC3	SC4	
Hab1																												
Hab2																												
Hab3																												
Hab4a																												
Hab4b																												
Hab5																												
Hab6																												
Hab7																												
Hab8																												
Hab9																												
Hab10																												
Hab11																												
Hab12																												
Hab13																												
Hab14																												
Hab15																												
Hab16																												
Hab17																												
Hab18																												
Hab19																												
Hab20																												
Hab21																												
Hab22																												
Hab23																												
Hab24																												
Hab25																												
Hab26																												
Hab27																												
Hab28																												
Hab29																												
Hab30																												
Hab31																												

Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

Cette matrice doit être remplie individuellement par les experts lors des ateliers de remplissage. En effet, le « dire d'expert » est la méthode de remplissage choisie, comme en 2018, mais pourquoi choisir cette méthode ? En premier lieu, le dire d'experts permet une légitimité scientifique évidente. Les participants, par leurs statuts, études, métiers et compétences, ont la capacité d'apporter leurs connaissances sur les écosystèmes du territoire. Leurs avis et leurs qualifications crédibilisent, *de facto*, les travaux de la matrice. **« La prise de décision dans le domaine de l'environnement implique une relation particulière à la science, puisque "les sciences sont convoquées pour éclairer, justifier ou fonder au moins partiellement une décision politique : c'est l'articulation à la décision qui confère à la science valeur d'expertise" »** (E. Lobry & S. Catteau, 2023).

Cependant, on pourrait se questionner sur la marge d'erreur d'un groupe d'experts. Est-ce que l'intelligence collective a ses limites ? Grâce aux travaux statistiques de C.S. Campagne dans sa thèse (2018), nous pouvons affirmer que oui, la marge d'erreur existe, mais elle se réduit drastiquement grâce au nombre de participants. **« Les estimations montrent des valeurs (d'erreurs standardisées) plus basses quand le groupe d'experts est entre 10 à 15 »** (S. Campagne, 2018). Des tests statistiques ont été faits pour voir à partir de quel nombre d'experts dans un groupe les réponses pouvaient se stabiliser. Inévitablement, un groupe de trois à neuf personnes présente une disparité importante dans le scoring, mais ces différences tendent à disparaître à partir de dix experts. Avec quinze experts, le groupe est jugé statistiquement fiable. Ensuite, au plus un groupe est grand, au plus les réponses se moyennent et le nombre d'erreurs baisse. **« Avec 30 experts impliqués dans l'ensemble de données RNP-SEwet, les différentes méthodes statistiques utilisées pour calculer les paramètres ont donné des résultats très similaires. »** (S. Campagne, 2018).

Subséquentement, le dire d'experts permet de mobiliser les forces intellectuelles d'un territoire. Cela crée du lien entre les experts et les acteurs régionaux en général. L'atelier de remplissage sert de temps d'échange, de discussion et de sensibilisation. Le dire d'expert est donc aussi un choix symbolique en faveur de la concertation, de la science et de l'intelligence collective.

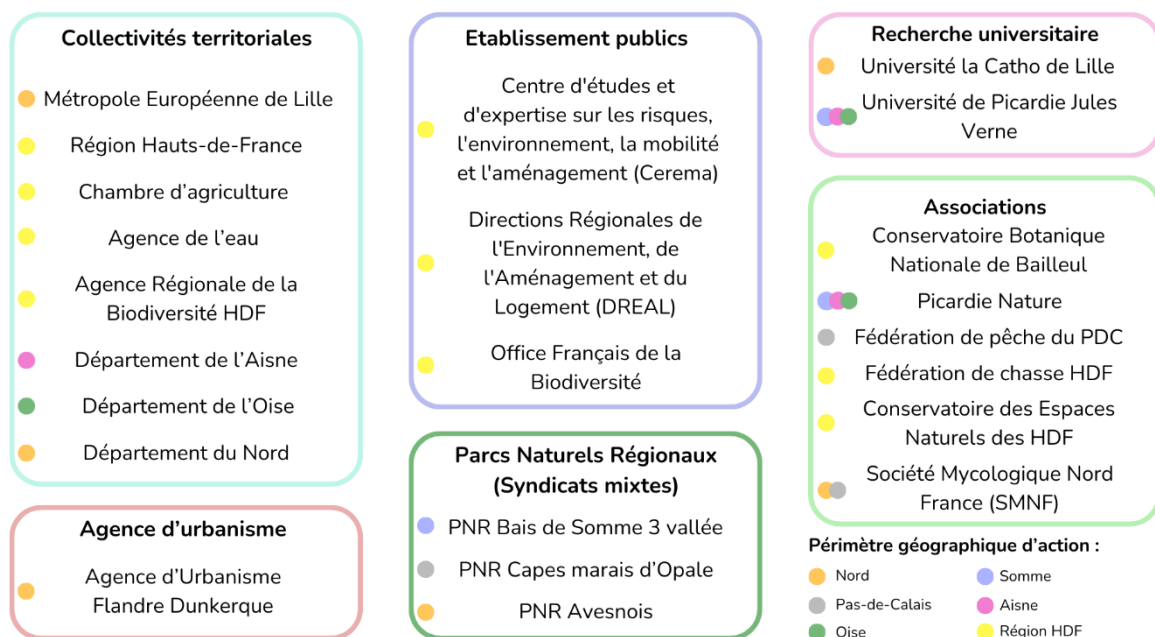
Mais pour qu'un groupe d'experts soit efficace et pertinent, il faut respecter plusieurs facteurs. Nous pouvons citer James Surowiecki, journaliste et écrivain américain, et son ouvrage *La sagesse des foules* (*The Wisdom of crowds*, 2004). Selon lui, l'intelligence collective affiche de nombreux avantages, car plus les approches d'un sujet sont diverses, plus il est

probable que la bonne solution en émerge. Selon lui, il faut respecter trois notions essentielles au bon fonctionnement d'un groupe :

- La diversité : Les experts doivent être issus de divers milieux et avec des compétences différentes.
- L'indépendance : Il faut permettre une expression sans influence, avec une liberté totale d'expression des idées.
- La décentralisation : Agréger ces différents jugements plutôt que de laisser une autorité supérieure en décider.

Afin de respecter ces facteurs, nous avons établi une liste d'experts dont voici, ci-dessous (Figure 27), les participants aux ateliers de remplissage :

Figure 27 : Liste des structures des experts participants aux ateliers de remplissage de la matrice HDF 2024, leurs statuts et leurs périmètres d'action



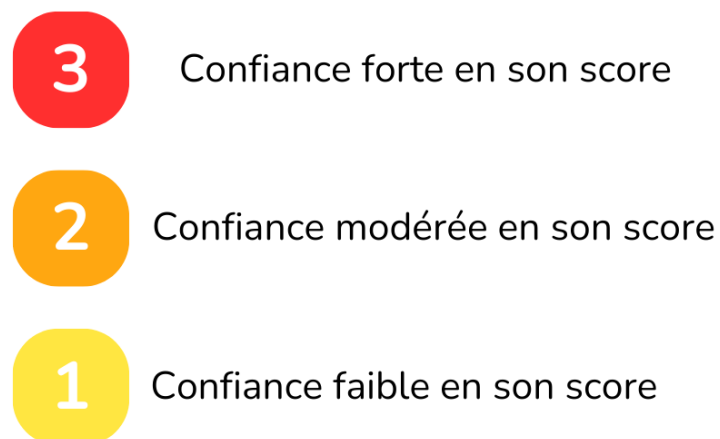
Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

En raison de la loi RGPD (Règlement Général sur la Protection des Données), aucune diffusion des noms et prénoms des participants ne sera partagée dans ce mémoire. Cependant, on peut

constater que de nombreuses structures du territoire ont répondu présentes aux ateliers. Deux facteurs de diversité sont à prendre en compte : une diversité de compétences et une diversité géographique. En effet, il est nécessaire de couvrir tous les habitats et tous les services écosystémiques de la matrice tout autant qu'il est essentiel de couvrir tous les départements du territoire pour des raisons de représentation environnementale, mais aussi politique. Sur ces points, les ateliers sont une réussite. On peut tout de même remarquer une légère surreprésentation du département du Nord, mais tous les départements sont présents, et la diversité des statuts et des compétences est indéniable.

Enfin, pour assurer une sécurité méthodologique supplémentaire, un indice de confiance est aussi à remplir par les experts pour chaque ligne « Hab » et chaque colonne « SE »¹⁶. Cet indice est un score entre 1 et 3, comme le montre la figure 28, et indique le degré de confiance qu'un expert s'accorde dans ses propres connaissances. A partir des scores de confiance, une matrice de confiance peut être constituée, elle apporte du recul sur les résultats, les justifie et les nuance.

Figure 28 : Échelle des scores de l'indice de confiance de la matrice de capacités HDF 2024



Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

2.2.2. Les ateliers de remplissage de la matrice de capacités HDF 2024

¹⁶ Indices de confiance sont les cases jaunes visibles sur la matrice vide en figure 25.

Les ateliers de remplissage de la matrice HDF 2024 se sont déroulés le 8 juillet 2024 à Lille et le 11 juillet 2024 à Amiens. Deux ateliers étaient nécessaires étant donné que les participants habitent sur l'ensemble de la région. Ainsi, ont été rassemblés seize experts à Lille et douze à Amiens. Pour compléter ce panel, deux entretiens individuels ont été organisés la semaine suivante. Les ateliers se sont chacun déroulés sur toute une journée et ont été animés par l'ARB, un soutien technique a été apporté par la DREAL et la préparation des supports appuyée par C.S. Campagne.

Figure 29 : Photos des ateliers de remplissage de la matrice HDF 2024, à gauche l'atelier de Amiens (11 juillet 2024) et à droite à Lille (8 juillet 2024)



Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

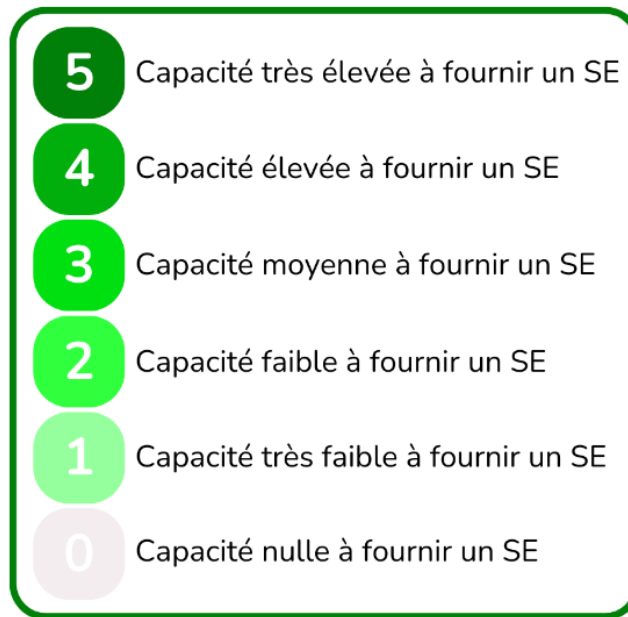
Les ateliers ont d'abord commencé par une longue phase de définition. Il était essentiel de présenter la matrice, sa méthode, son utilité, son contexte et les notions qui l'entourent. Une présentation de chaque service écosystémique et de chaque habitat à l'ensemble des experts était aussi nécessaire. En effet, pour que les scores attribués soient cohérents, les experts devaient avoir le même niveau de définition pour chaque entrée. La matrice doit éviter les biais, car, individuellement, les experts ont des conceptions bien différentes entre chaque habitat. Il faut chercher à réduire ces biais par un important travail de définition. Pour les services écosystémiques, nous nous sommes appuyés sur les définitions du CICES, et pour les

nouveaux services, sur des recherches préalables. S'agissant des habitats, le dictionnaire de l'OCS2D 2021, établis par Géo2France et CLS, était la source d'information principale. Ces définitions devaient permettre aux experts de respecter la méthode de la matrice et ainsi imaginer un habitat hypothétique moyen pour chaque score.

Plusieurs points de méthode devaient être présentés pour assurer le bon déroulement du remplissage :

- La matrice HDF 2024 n'évalue que la valeur « biophysique » des habitats, qui se définit par « **le fonctionnement et les facteurs de changement directs ou indirects des écosystèmes sur la base des paramètres biologiques, écologiques et physiques des écosystèmes.** » (C.S. Campagne, documentation interne).
- Les experts ne doivent noter qu'en fonction de la capacité des services écosystémiques à être rendus par les habitats, et non de la demande ou du flux (figure 12).
- Les experts, au moment de la notation, ne doivent considérer qu'un habitat moyen de conservation, de 1 ha et sa seule capacité annuelle et actuelle. Il ne faut pas imaginer un habitat rare, de grands ensembles ou une capacité passée ou future.
- Le système de score s'échelonne de 0 à 5, où le 0 est la valeur la plus faible et 5 la plus élevée. Comme le montre le schéma en figure 30, 0 équivaut à un habitat qui n'a aucune capacité à rendre un service et 5 une capacité très élevée.
- Le remplissage doit se faire de manière individuelle, les experts ne doivent subir aucune pression de la part de leurs pairs ou des organisateurs, mais peuvent poser un maximum de questions pour obtenir des précisions au niveau de la méthode ou des définitions.

Figure 30 : Scoring de la matrice de capacités HDF 2024



Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

Ensuite, comme il est montré dans la méthodologie (Figure 21), les experts pouvaient choisir de remplir la matrice vide ou la matrice préremplie (Annexe 6), cette dernière étant une matrice qui capitalise sur les scores attribués en 2018. Certains habitats sont strictement les mêmes entre 2018 et 2024, quand il y a correspondance parfaite, alors nous pouvons y attribuer les scores des services encore présents dans la matrice HDF 2024. Cette matrice préremplie est à destination des experts ayant peu de temps à accorder au remplissage ou souhaitant s’inspirer d’un travail précédent comme outil de contrôle. Le remplissage peut être un exercice fastidieux, la matrice vide présente huit cents cases à remplir, là où la matrice préremplie n’en présente que la moitié. Cependant, les matrices vides ont été les seules choisies par les experts. Dans la pratique, les matrices préremplies ont servi d’inspiration pour une petite partie des participants.

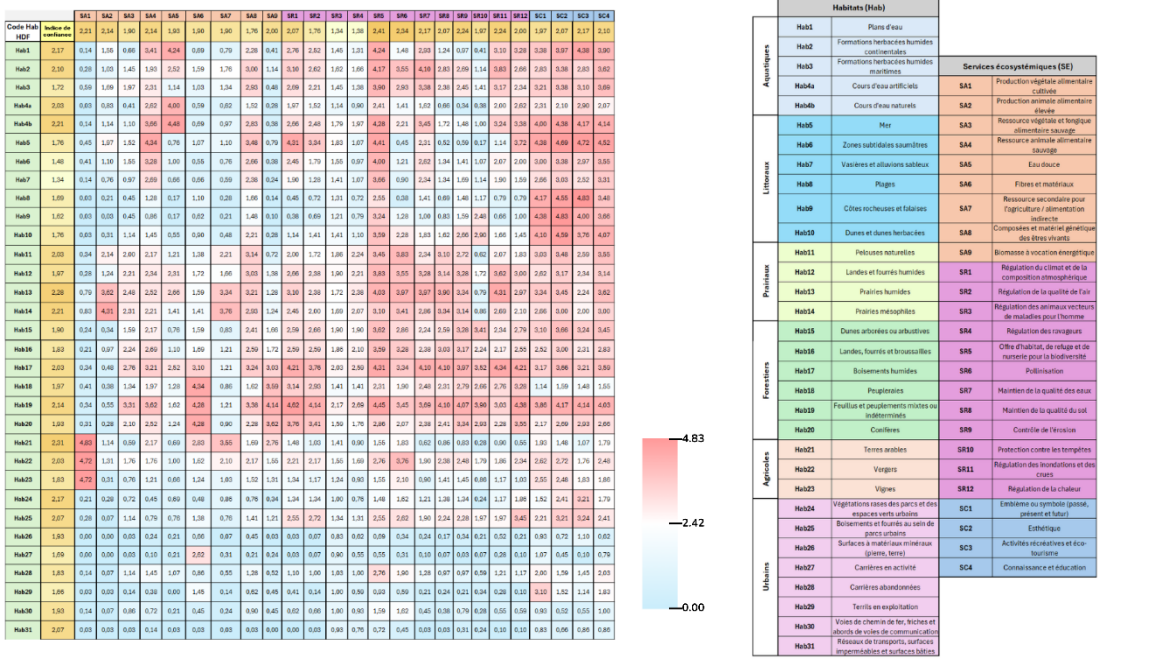
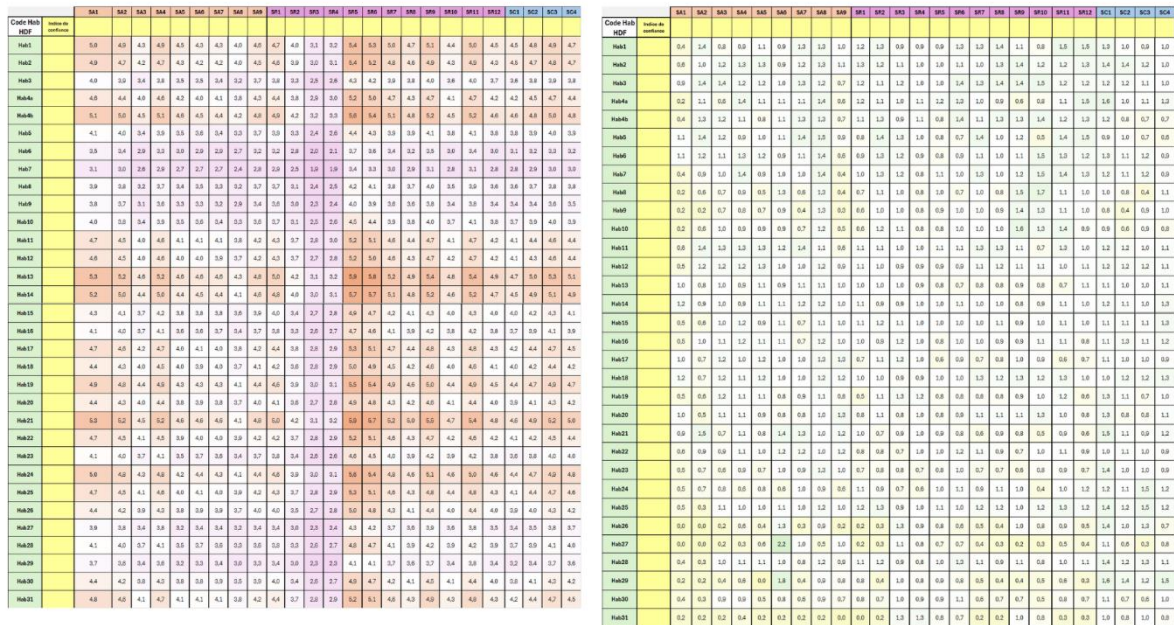
Les ateliers de remplissages ont aussi été le théâtre de discussions, de doutes et d’échanges sur la méthode et le contenu de la matrice. Tout d’abord, les experts ont contribué à l’adaptation de la typologie d’habitats pendant les ateliers. En effet, dans la classification (Figure 22), on remarque la présence d’un Hab4a et Hab4b. C’est une modification apportée lors de l’atelier du 8 juillet. L’Hab4 était à l’origine l’habitat « **cours d’eau** », sans précision sur

leur naturalité. Cela semblait une définition trop faible pour la plupart des experts étant donné les importantes disparités biologiques entre les cours d'eau naturels et les cours d'eau artificiels. Le géomaticien de l'ARB, Guillaume Bertho, a proposé une solution permettant de distinguer les deux types de cours d'eau dans l'OCS2D et nous avons pu créer deux habitats distincts. En plus de cette modification, de nombreuses questions ont été posées, les habitats ayant suscité le plus de remarques étant : Hab4a et 4b (Cours d'eau artificiels et naturels) ; Hab6 (zone subtidale saumâtre) ; Hab10 (Dunes et dunes herbacées) ; Hab29 (terrils en exploitation) ; SA6 (Fibres et matériaux) ; SR3 (Régulation des animaux vecteurs de maladies pour l'homme) ; SR4 (Régulation des ravageurs) ; SC3 (Activités récréatives et éco-tourisme).

2.3. Premières analyses graphiques et statistiques des matrices compilées

À la suite des ateliers, un travail de compilation et de statistique a été opéré afin d'obtenir 3 matrices finales. À la suite des ateliers, un travail de compilation et de statistiques a été opéré afin d'obtenir 3 matrices (Figure 31) : la matrice de capacités, la matrice de confiance et la matrice des écart-types. La première étant la moyenne de tous les scores des experts, c'est la matrice que nous allons utiliser dans toutes les manipulations graphiques, la seconde est la matrice moyenne des scores de confiance et la troisième mesure l'indice de dispersion des notes des experts pour la matrice de capacités. Ces trois matrices sont disponibles en grand format en annexe 7.

Figure 31 : Matrices finales et le détail des typologies, de haut en bas et de gauche à droite : La matrice de confiance ; la matrice des écarts types ; la matrice de capacités HDF 2024 compilée ; le détail des typologies « Hab » et « SE »

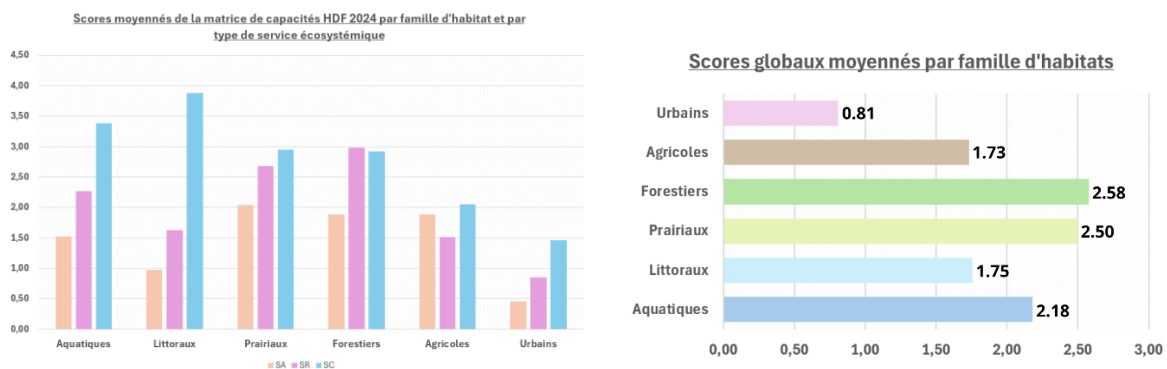


Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

2.3.1. La matrice de capacités Hauts-de-France 2024 compilée

Les premiers résultats de la matrice de capacités peuvent être présentés sous forme de graphiques. Pour avoir une vision globale, il convient de présenter les scores généraux selon les familles d'habitats. Comme le montre le graphique de droite en figure 32, ces scores correspondent donc à la capacité moyenne d'une famille d'habitats à rendre tous les services de la typologie. Sans surprise, les habitats qui rendent le moins de services sont les habitats urbains, à l'autre extrémité, ce sont les habitats forestiers qui rendent le plus de services, suivis de près par les habitats prairiaux. Pour avoir plus d'information sur ces tendances générales, un autre graphique a été produit selon les familles de services. On remarque alors que les services culturels sont le mieux rendus par les habitats littoraux et les habitats aquatiques. Les services d'approvisionnement sont le mieux fournis par les habitats agricoles, prairiaux et forestiers. Ces deux derniers rendant également de nombreux services de régulation. Ces analyses sont très générales et seront approfondies dans la partie 3 de ce mémoire, elles sont pour l'instant surtout une preuve de la fonctionnalité de la matrice à l'échelle statistique.

Figure 32 : Graphiques, scores moyennés de la matrice de capacités par familles d'habitats et par groupe de services écosystémiques (graphique de gauche) et scores globaux de la matrice de capacités par famille d'habitats (graphique de droite)

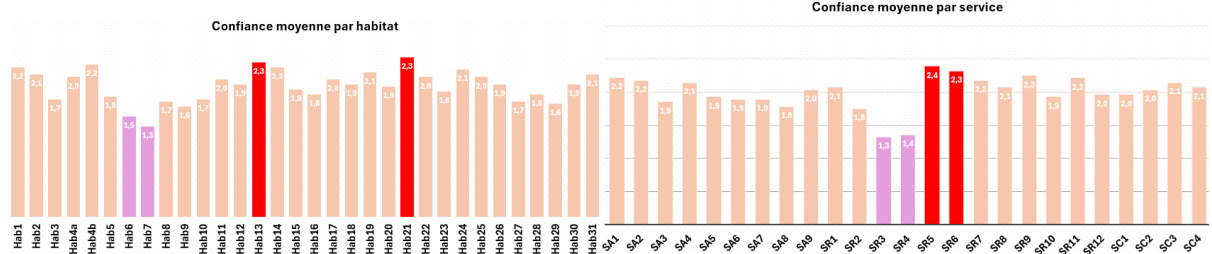


2.3.2. La matrice de confiance

Ensuite, comme expliqué précédemment, la matrice de confiance est construite grâce aux indices de confiance donnés par les experts pour chaque habitat et pour chaque service. Afin de connaître les scores de confiance pour chaque intersection Habitat / SES, il faut multiplier le score de confiance de l'habitat (ligne) et le score de confiance du service (colonne)

correspondant dans chaque matrice individuelle. Les valeurs de score de confiance pour les habitats et les services écosystémiques variant de 1 à 3, le produit de ces deux scores peut prendre pour valeurs 1, 2, 3, 4, 6 et 9, soit (1 * 1) pour le score minimum à (3 * 3) pour le score maximum. Les matrices de confiance individuelles ont donc été compilées en une matrice unique présentée en figure 31 (et annexe 7). A partir de l'indice de confiance nous pouvons aussi établir les graphiques suivants (figure 33) :

Figure 33 : Graphiques, scores de confiance moyennés par habitat (graphique de gauche) et par services écosystémiques (graphique de droite)



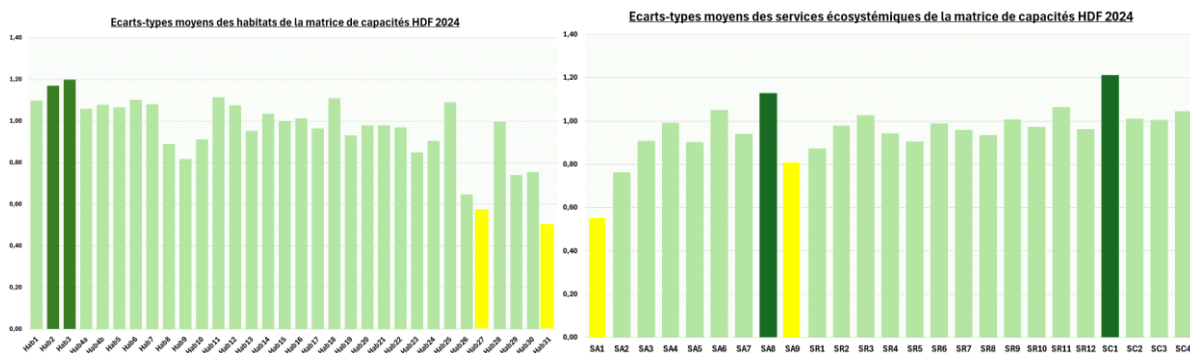
Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

Ces graphiques montrent quels habitats et quels services ont été, en moyenne, les mieux auto-évalués, et donc sur lesquels les experts sont les plus ou les moins confiants. S’agissant des habitats, ceux qui ont été les moins bien notés sont les Habitats Hab7 (Vasières et alluvions sableux) et Hab6 (Zones subtidales saumâtres). D’ailleurs, en général, les experts étaient moins confiants dans les habitats maritimes et littoraux. On peut en conclure qu’il manquait quelques participants spécialisés sur ce sujet. Les services les moins bien notés étaient, quant à eux, le SR3 (Régulation des animaux vecteurs de maladies pour l'homme) et le SR4 (Régulation des ravageurs), ils sont tous deux bien en deçà du reste des services de la matrice de confiance. Cela peut s’expliquer par leur définition difficile, par leur similarité mais aussi par la complexité de les projeter dans des habitats différents. En effet, chaque habitat a ses ravageurs et ses vecteurs de maladie, ce qui peut flouter l’intérêt de ces services dans la matrice de capacités.

2.3.3. La matrice des écart-types

Enfin, une dernière donnée importante à prendre en compte est l'écart-type. Ce dernier est calculé afin d'obtenir un indice de dispersion entre les scores donnés par les experts dans la matrice de capacités. Au plus l'écart-type est important dans une case, au plus les experts ont donné des notes différentes dans la matrice de capacités. Cet écart-type nous permet de constater les services et les habitats qui ont suscité le plus de désaccords parmi les participants. Pour illustrer ce propos, voici deux graphiques moyennés par famille d'habitat et par groupe de services (figure 34) :

Figure 34 : Graphiques, écarts types moyennés par habitat (graphique de gauche) et par services écosystémiques (graphique de droite)



Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

Les habitats qui suscitent le plus de consensus, au niveau de la notation, sont les habitats urbains, étant donné que ces habitats ne rendent pas beaucoup de services, ils ont donc tous été notés assez bas. Les habitats où les experts ont attribué la plus grande variété de notes sont le Hab2 (Formations herbacées humides continentales) et le Hab3 (Formations herbacées humides maritimes), sûrement car ce sont des milieux complexes, avec des processus biophysiques qui nécessitent de nombreuses connaissances.

S'agissant des écart-types au sein des services écosystémiques, il y a moins d'extrêmes. Cependant, on peut noter que les experts ont donné des notes peu disparates sur le SA1 (production végétale alimentaire cultivée) étant donné que ce service est très binaire, car soit un habitat le rend bien, soit il ne le rend pas. Sur les services ayant suscité le plus de désaccord, on peut citer le SA8 (Composées et matériel génétique des êtres vivants), dont la définition

est assez complexe et nécessite des compétences pointues, et le SC1 (Emblème ou symbole (passé, présent et futur)) qui a aussi un écart-type important, probablement en raison de la subjectivité du service.

Il est aussi intéressant de regarder dans le détail de la matrice (Figure 31) où on peut voir certains extrêmes au cas par cas. On peut notamment citer le croisement entre l’Hab27 (Carrières en activité) et le SA6 (fibres et matériaux) et le Hab29 (Terrils en exploitation) et le SA6, où les écart-types sont très importants comparé au reste de la matrice. Ces scores ont notamment été impactés par la mauvaise définition du SA6 durant l’atelier du 8 juillet. En effet, nous y avons inclu les sédiments minéraux dans la définition, mais la définition du CICES ne le fait pas, il ne s’agit que de matériaux organiques. Pour recoller avec le CICES, nous avons appliqué la bonne définition au deuxième atelier, en résulte cette confusion pour les habitats concernés par les sédiments minéraux. Cet exemple nous illustre très bien l’importance de bien définir les entrées de la matrice de capacités pour que chaque expert ait le même niveau d’information.

3. Opérationnalité de la matrice : Tests et Perspectives

3.1. La matrice de capacités comme moyen d'argumenter un discours en faveur de l'environnement

3.1.1. Les ateliers de remplissage et la conception de la matrice de capacités comme instance de concertation

La matrice de capacités sert l'aménagement du territoire pendant sa conception grâce aux ateliers de remplissage. Ils sont le théâtre d'échanges, que ce soit sur la matrice, mais aussi sur des sujets généraux entre les acteurs. Ce sont des lieux de rencontre, de coopération et de discussions officielles comme officieuses. Les ateliers sont aussi des vecteurs de communication, notamment pour l'ARB et ses actions. Les ateliers agissent comme des espaces de valorisation des actions de l'Agence. Ils sont aussi un moyen de sensibiliser les acteurs sur les sujets environnementaux. Par exemple, G. Jechoux du PNR de Brière, entretenu en juin 2024, explique les bienfaits des ateliers de remplissage de sa matrice datant de 2021. G. Jechoux a notamment travaillé au côté des élus de son territoire et les ateliers et réunions ont été une porte d'entrée pour parler d'écologie et de services écosystémiques. Comme expliqué précédemment, seuls les services d'approvisionnement, ayant une valeur économique connue et valorisée par les acteurs politiques, sont bien connus par les techniciens et les élus. La matrice permet d'ouvrir le débat sur les SFN, l'adaptation au réchauffement climatique et surtout sur la protection des ENAF. Les services écosystémiques sont attractifs, car ils mettent en valeur un territoire, ils en font un marketing tout en prônant des valeurs d'écologie et de santé humaine. Les ateliers sont des travaux qui font « **bouger les lignes** » (G. Jechoux, entretien 2024), ils embarquent les élus et les techniciens.

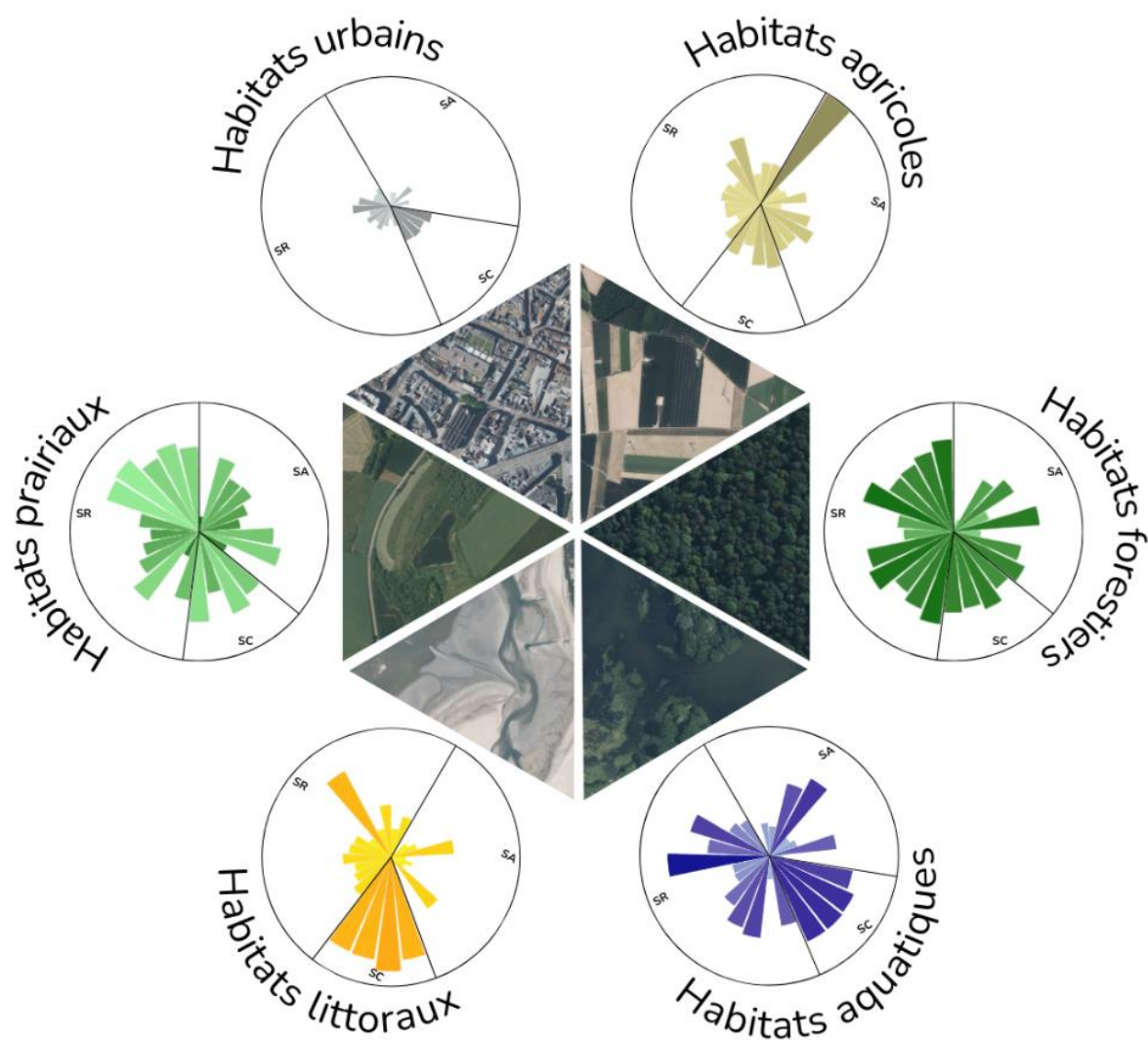
C'est aussi le constat relevé dans le PNR de Scarpe Escaut, utilisateur de deux matrices. T. Lefort, en charge de ces matrices, a relevé l'importance des ateliers de remplissage et la fertilité des échanges entre les acteurs conviés. « **Dans une dynamique de gestion de projet, de concertation et de médiation, c'est un lieu de débat, qui a servi à désamorcer des choses, et qui a permis de discuter de certains enjeux plus sereinement que dans d'autres cas,**

notamment sur la thématique des zones humides. (...) Avant même d’obtenir les livrables, les deux temps de conception des matrices ont été des lieux d’échange intéressants. ». Les ateliers permettent de sauter des étapes et de se rendre compte des accords et désaccords entre les acteurs.

3.1.2. Les Bouquets de service

Nous avons déjà analysé les premières données statistiques grâce à la matrice compilée, mais elle sert surtout à faire des documents graphiques comme les bouquets de services. Ces derniers sont une représentation statistique en forme de fleur, où chaque pétale correspond à un service et sa longueur est proportionnelle à la capacité du service à être rendu par rapport aux autres. Chaque bouquet représente une famille d’habitat et offre des comparaisons visuelles efficaces. Ci-dessous, on peut retrouver le bouquet de services de la matrice de capacités HDF 2024 (Figure 35). Ce dernier a été confectionné grâce au logiciel Rstat et aux scores moyens de la matrice de capacité. Le bouquet présente de manière plus attrayante les tendances perçues avec l’analyse statistique de la matrice en figure 32. Les milieux urbains rendent bien moins de services que tous les autres habitats. Les forêts rendent énormément de service et sont visuellement les plus grandes pourvoyeuses de services de régulation. La particularité des bouquets est de constater les pétales, par exemple, on peut voir un pétale bien plus grand dans les habitats agricoles classée en SA.

Figure 35 : Bouquet de services de la région Hauts-de-France, confectionné avec la méthode de la matrice de capacités HDF 2024



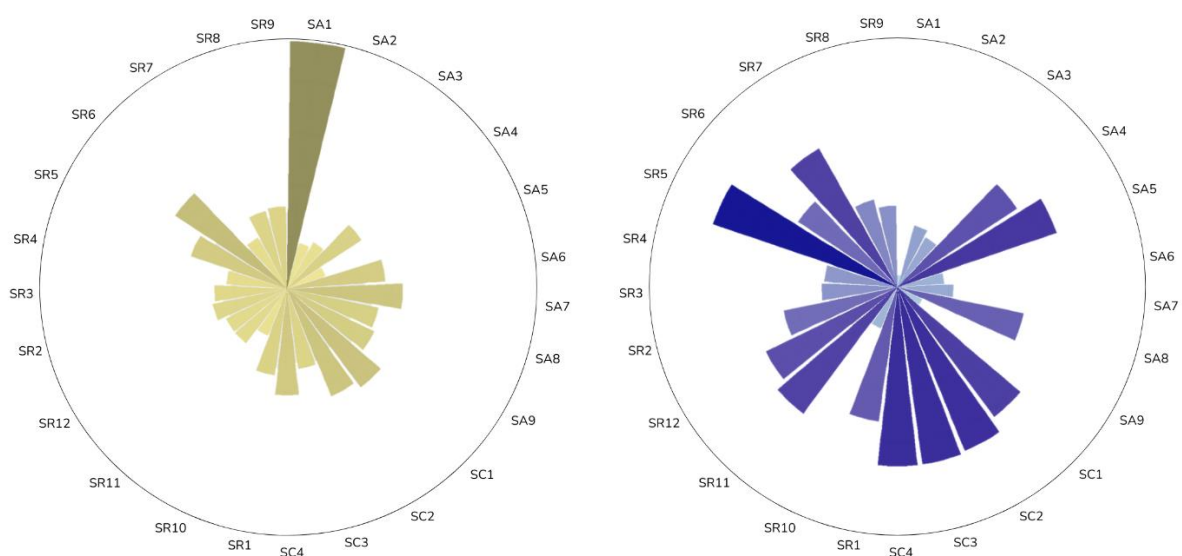
Réalisation : calculs par BERTHO Guillaume (ARB) avec le logiciel Rstat / rendu graphique par CILOR Thibault, IAUGL

Cette vue d'ensemble est très utile aux acteurs utilisateurs de la matrice et notamment pour les PNR qui s'en servent pour sensibiliser et communiquer sur les écosystèmes de leurs parcs. Le PNR de Scarpe Escaut privilégie l'utilisation des bouquets de services plutôt que la

cartographie. En effet, T. Lefort connaît beaucoup de limites avec la conception de cartes, mais les bouquets se contentent des seuls résultats de la matrice de capacités. Cette simplicité d'usage et de compréhension en fait un élément de discours très intéressant. Le PNR de Scarpe Escaut les utilise notamment dans ses argumentaires pour des candidatures diverses, par exemple pour obtenir des financements au programme Life Nature Adapt, un financement européen, ou pour obtenir leur convention de RAMSAR en 2020, une convention de l'UNESCO relative à la protection des zones humides estimée d'importance internationale.

Des bouquets de services plus détaillés sont faisables comme on peut le voir ci-contre (Figure 36), avec les habitats aquatiques et les habitats agricoles, par exemple (les autres bouquets sont en annexe 8). Sur ces bouquets, nous pouvons constater le détail des pétales avec les codes des services écosystémiques associés.

Figure 36 : Exemples de bouquets de services par famille d'habitats, bouquet des habitats agricoles (à gauche) et des habitats aquatiques (à droite)¹⁷



Réalisation : Programmation par BERTHO Guillaume (ARB) avec le logiciel Rstat (scripts utilisés en annexe 10) / Rendu graphique par CILOR Thibault, IAUGL

¹⁷ Les couleurs n'ont qu'une valeur esthétique, pour différencier les familles d'habitats, et non une valeur symbolique.

La comparaison des habitats permet de cibler des services à enjeux et de justifier la protection des écosystèmes. Le secteur urbain, majoritairement couvert de sols imperméables, en ressort comme écologiquement pauvre. Il faut favoriser les ENAF pour garantir un maximum de services rendus. Les bouquets nous permettent de faire ce constat d'un seul coup d'œil, en plus de donner une image paysagère au territoire. Les bouquets constituent les premiers éléments d'un discours en faveur de la prise en compte des services écosystémiques dans les décisions politiques et dans l'aménagement du territoire.

3.1.3. Les documents graphiques comme éléments structurants d'un discours

Les documents graphiques et statistiques, notamment les cartes et les bouquets, sont des bases pour fonder un argumentaire. Dans le cas de la matrice de capacités, ils sont issus d'une méthode scientifique qui leur donne une légitimité et une crédibilité. Cette légitimité fédère et impulse des prises de position et des choix politiques. **« En termes de décision, les cartes de services écosystémiques sont souvent utilisées pour arbitrer entre des scénarios d'aménagement, et permettent ainsi une « écologisation de la prospective » au sens d'une meilleure prise en compte des enjeux écologiques dans les démarches de prospective. »** (Y. Heval & al, 2017). C'est en ça que la matrice est un outil d'aménagement, car c'est une discipline de choix où l'argumentaire est roi : où placer un projet ? Quels enjeux sont prioritaires ? Quelle stratégie adopter ? La matrice et les documents qu'elle permet de produire sont là pour éclairer ces choix avec la persévérance des écosystèmes et de la biodiversité.

« L'information géographique est au cœur de multiples outils spécifiques en matière d'aménagement, qui visent à faciliter le partage des informations et l'expression des compromis de façon à élaborer, voire coconstruire, des stratégies en faveur d'un développement territorial qui soit le plus maîtrisé et cohérent possible » (Y. Heval & al, 2017)

L'aménagement est un ensemble de discours qui s'imbriquent entre eux et qui constituent des documents législatifs de référence. La matrice de capacités peut s'incorporer dans ce type de document. Par exemple, le PNR de Brière s'est servi de sa matrice dans la révision de sa charte

de parc¹⁸, document opposable aux documents d'urbanisme et permis de construire ou d'aménager.

Pour illustrer ce propos, un entretien a été mené auprès de J. Schulz de l'ADULM (Agence d'Urbanisme de Lille Métropole). Cet entretien avait pour but de présenter la matrice, mais aussi de comprendre comment elle pouvait s'imbriquer dans le renouveau méthodologique de l'agence métropolitaine. En effet, la vision stratégique de l'ADULM est devenue plus environnementaliste. Elle a décidé de prendre comme base de travail les services écosystémiques, afin de pouvoir s'adresser à l'ensemble des acteurs du territoire. L'objectif est d'avoir une approche qualitative et quantitative sur sept axes que sont : le CO₂, la biodiversité, le cycle de l'eau, la qualité de l'air, les îlots de chaleur urbains, les sols et la culture. La matrice de capacités répond parfaitement à ces enjeux et peut aider l'ADULM à produire des cartes et autres documents, notamment sur des thématiques d'aménagement comme la Trame Verte et Bleue, les corridors écologiques, la nature en ville, la renaturation et donc la préservation des ENAF. La matrice peut alimenter le discours stratégique de l'ADULM et à terme la protection de l'environnement.

Comme l'a expliqué G. Danneels, durant l'entretien mené avec la Métropole Européenne de Lille, « **On protège ce que l'on connaît** » (2024). La matrice développe les connaissances sur les habitats du territoire et ces connaissances obligent les acteurs à prendre en compte les écosystèmes, car la matrice crée des preuves de leurs mises en danger. Elle permet de conscientiser ce que l'on a et à quoi ces écosystèmes servent. De plus, G. Danneels explique que les services écosystémiques offrent un angle d'attaque pour communiquer à la société civile, qui est plus facile à concerner et à impliquer.

3.2. La cartographie de la matrice de capacités

3.2.1. Pourquoi faire de la cartographie ?

¹⁸ « La charte d'un Parc naturel régional est le contrat qui concrétise le projet de protection et de développement durable élaboré pour son territoire. Après avoir été soumise à enquête publique, elle est approuvée par les communes constituant le territoire du Parc (EPCI), la (ou les) Région(s) et Départements concernés. » (Parcs-naturels-régionaux.fr)

La matrice est un outil de structuration d'un récit environnementaliste, cela par la concertation, les bouquets, le vocabulaire, mais aussi et surtout par la cartographie. Cette dernière tient une place essentielle dans l'aménagement du territoire. **« Les cartes ne constituent plus seulement un outil technique de spatialisation de l'information, mais elles sont désormais aussi des documents programmatiques de cadrage au niveau institutionnel (SCoT, trame verte et bleue...), et un support pour la concertation, à différentes étapes de ces processus et à travers des formes diversifiées d'association aux dispositifs de participation (concertation, jeux de rôle...). »** (Y. Heval & al, 2017). La géospatialisation grâce à l'OCS2D et ses habitats rend la matrice tangible et dresse le portrait d'un territoire en y démontrant les enjeux, le tout en une seule image. Les cartes ont une **« puissance abrégative »** (Souchier et Robert, 2008). Les cartes sont à l'origine de zonages législatifs, car elles sont les seules à pouvoir délimiter des frontières de protection. De plus, leur rigueur scientifique leur confère aussi un **« effet de vérité »** (Lussault, 2003). Attention d'ailleurs de garder un esprit critique, cet effet de vérité apportant de nombreux biais, il faut toujours porter un œil sur la méthodologie et sur le message d'une carte.

La cartographie fédère des acteurs, élabore des stratégies opérationnelles et dirige l'action collective. C'est pour cela que la cartographie des services écosystémiques, qui ne connaît pour l'instant que trop peu de méthodes d'élaboration, doit se démocratiser et évoluer. Les cartes de SES **« permettent d'appréhender les interactions entre les impacts des aménagements et les fonctionnalités des écosystèmes, elles facilitent la co-construction d'une liste de services jugés prioritaires et, par-là, la définition collective des objectifs et principes de durabilité. Ces cartes agissent ainsi comme un « objet intermédiaire », à savoir des supports partagés pour construire des référentiels communs autour desquels peut se coordonner l'action collective. Elles facilitent l'appropriation des enjeux environnementaux par les parties prenantes et les citoyens et, à ce titre, contribuent à améliorer la gouvernance environnementale, notamment en favorisant la transparence des choix et des motifs d'arbitrage. »** (H. Yildirim & al, 2017). La cartographie des services écosystémiques serait un moyen de prise en compte de la biodiversité dans l'aménagement, par le zonage dans les documents légaux.

Comme l'explique cette citation, une carte est aussi un objet d'échange entre les différents partis. Elle est singulière, évocatrice et tangible et permet donc la discussion. Comme E. Lobry

et S. Catteau le résume, les cartes doivent constituer des « **outils de vulgarisation** », des « **moyens de convaincre** » et des moyens de « **sensibiliser les élus et le grand public** ». Les cartes sont essentielles, et si elles respectent une bonne méthode scientifique, elles permettent d'obtenir « **un gain d'indiscutabilité pour l'action publique** ».

Ainsi, « **des cartes qui situent des espaces à enjeux permettent notamment aux instances régionales d'organiser leur politique de maîtrise foncière.** » (E. Lobry & S. Catteau, 2023). Cette idée est également apparue lors de l'entretien mené avec L. Gavory de la Métropole d'Amiens. Pour lui, les cartes sont le moyen de faire parler les documents d'urbanisme, notamment à l'échelle locale. La cartographie, et notamment celle des services écosystémiques, est un moyen de conscientiser des enjeux et de les faire apparaître dans la réglementation. L. Gavory prend l'exemple du risque inondation dans le Plan Local d'Urbanisme, la cartographie amène « **un zonage structurant** » et conscient des dangers, mais surtout un « **zonage raisonné** », honnête avec les besoins et la faisabilité d'un projet et d'une société.

Enfin, la cartographies des services écosystémiques est essentielle pour les bureaux d'étude. Durant les entretiens menés avec Biotope et Auddicé, ces deux bureaux ont partagé la difficulté à mettre en place une cartographie prenant en compte les services de manière précise, pourtant un point fondamental dans leurs études impacts. La législation oblige une prise en compte, mais ce sont des outils binaires qui sont largement utilisés¹⁹. La matrice de capacités et sa cartographie apportent une nuance recherchée par certains bureaux d'étude pour assurer leur rôle de maîtrise d'œuvre et de garant du respect de l'environnement.

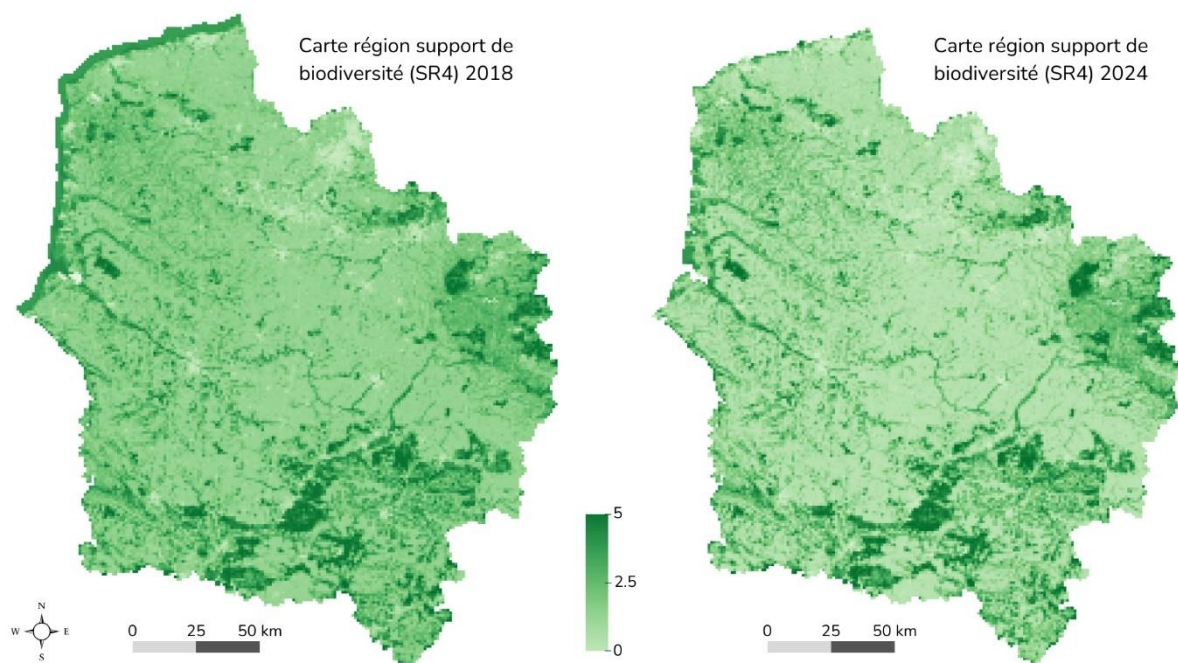
3.2.2. Premiers rendus et comparaison avec la matrice de capacités HDF 2018

La cartographie est donc un moyen, pour les acteurs de la vie publique et des acteurs de la vie privé, de créer un discours, affirmer une vision stratégique et alimenter des documents d'urbanisme et des diagnostics. C.S. Campagne, avec la matrice 2018, a déjà

¹⁹ Les outils binaires évoquent le zonage simpliste des SES. Une méthode de scoring est appliquée sur une typologie d'habitat mais elle est découpée en deux notes : le 0 et le 1. Donc, soit l'habitat rend le service, soit il ne le rend pas. Cette méthode empêche toute nuance entre les écosystèmes.

présenté un panel conséquent de cartes à l'échelle de la région dans sa thèse. Il convient de comparer une de ses cartes avec celles de la matrice de capacités HDF 2024. Comme on le voit ci-dessous (Figure 37), ces cartes présentent la capacité des habitats de la région à rendre le service d'offre de refuge et de nurserie pour la biodiversité. La carte de 2018 est globalement d'un vert plus foncé en raison de la note moyenne plus élevée attribuée aux cultures annuelles (occupant la majeure partie du territoire). On remarque aussi les différences de méthode cartographique avec la prise en compte d'une bande de mer dans l'ancienne matrice. Cependant, les deux cartes sont relativement similaires. Les grands habitats semblent les mêmes et nous pouvons reconnaître sur les deux cartes les zones urbanisées, les forêts domaniales ou les cours d'eau. D'un point de vue méthodologique, ces similitudes sont rassurantes, on peut confirmer l'exactitude de la matrice 2024 et de ses rendus.

Figure 37 : Comparaison des résultats cartographiques du SR4 (Offre de refuge et de nurserie pour la biodiversité) à l'échelle régionale entre la matrice de capacités 2018 (carte de gauche) et 2024 (carte de droite)

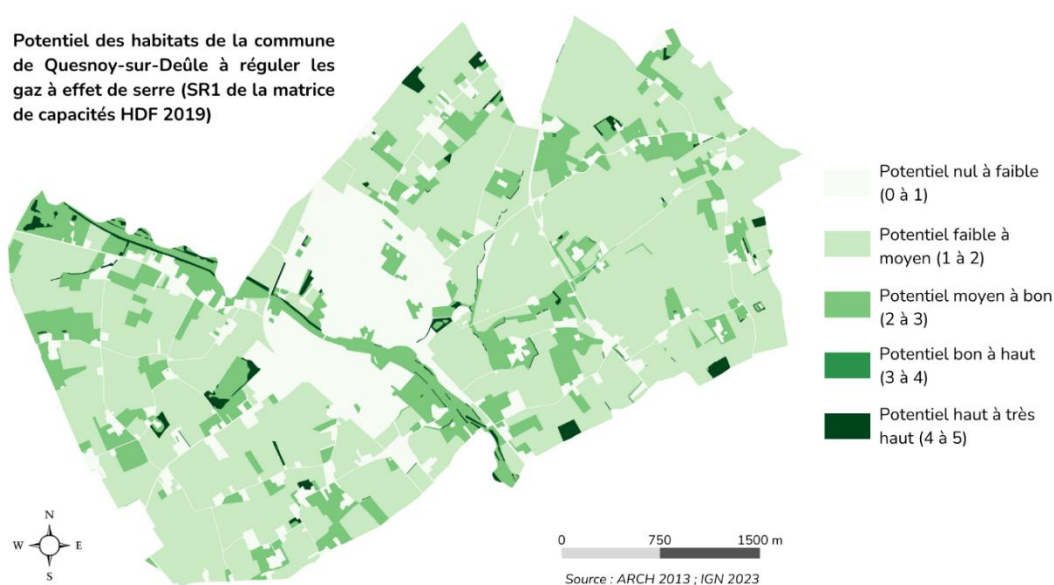


Source : Matrice de capacités Hauts-de-France 2018 & 2024 ; ARCH 2013 (matrice 2018) ; OCS2D 2023 (matrice 2024)

Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

Les différences sont plus marquées au niveau local. Pour rappel, la matrice 2018 utilisait la base de données ARCH, qui n’offre pas une grande précision dans les milieux urbains. A contrario, la matrice 2024 utilise l’OCS2D, base de données très précise dans le parcellaire urbain. Comme on le constate ci-dessous (Figure 38), les deux cartes affichent la commune de Quesnoy-sur-Deûle, une commune moyenne au Nord de Lille, principalement rurale, mais avec un cœur de ville dense et imperméabilisé. Les deux cartes, pour être comparées, présentent le SR1 (régulation des gaz à effet de serre). Avec la matrice 2018, le cœur de ville s’efface au profit d’une large tâche urbaine unie. A contrario, la matrice 2024 montre un centre-ville beaucoup plus précis, on peut y reconnaître les îlots, les parcs urbains et les infrastructures routières. De plus, les deux cartes semblent aussi précises l’une que l’autre sur le parcellaire périphérique au cœur de ville. Pour les communes et l’échelle locale en général, cette précision urbaine est une valeur ajoutée et permet une réflexion accrue dans un secteur soumis à de grands enjeux de préservation de biodiversité, mais aussi de pollution, de gestion de la chaleur ou d’accès à des activités récréatives.

Figure 38 : Comparaison des résultats cartographiques du SR1 (Absorption et régulation des gaz à effet de serre) à l’échelle de la commune de Quesnoy sur Deûle (Nord) entre la matrice de capacités 2018 (carte du haut) et 2024 (carte du bas)



Potentiel des habitats de la commune de Quesnoy-sur-Deûle à réguler les gaz à effet de serre (SR1 de la matrice de capacités HDF 2024)



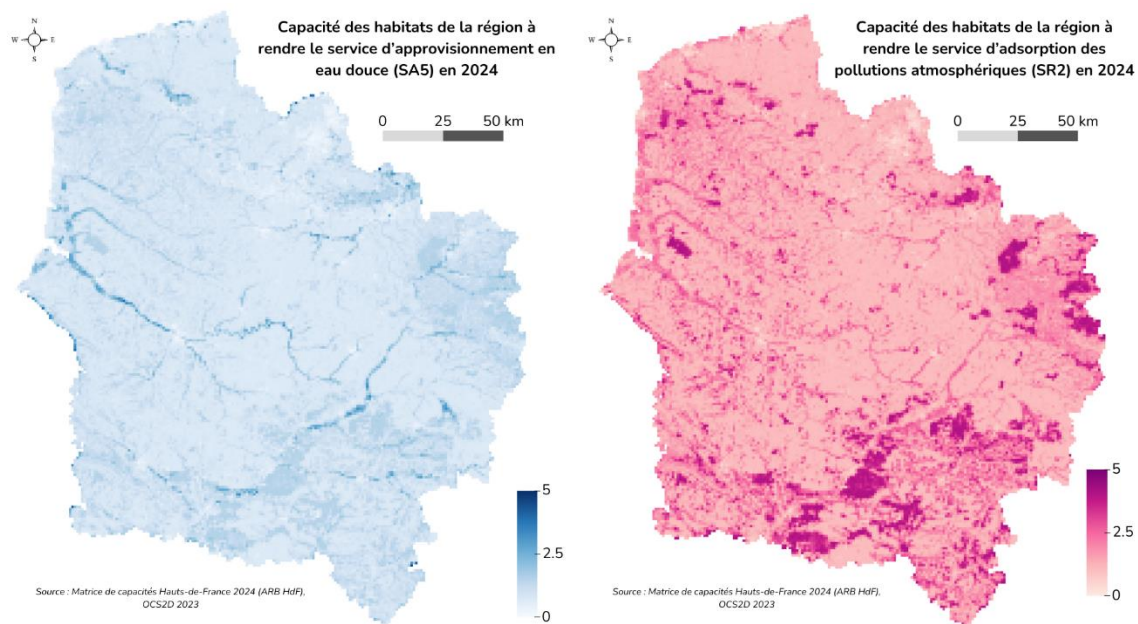
Source : Matrice de capacités Hauts-de-France 2018 & 2024 ; ARCH 2013 (matrice 2018) ; OCS2D 2023 (matrice 2024) ; IGN 2023

Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

Au-delà de la comparaison entre 2018 et 2024, ces cartes illustrent des propos. G. Jechoux, du PNR de Brière, qui nous explique qu'il y a autant de sujet qu'il y a de services écosystémiques en faisant « **apparaître les points chauds** » (G. Jechoux, 2024). Ce sont des cartes de « *hot spots* » (points chauds) et « *cold spots* » (points froids). Les habitats sont hiérarchisés entre eux, et d'un coup d'œil, on peut délimiter les zones à protéger impérativement et pérenniser un service écosystémique. La carte sert à illustrer une idée et à cibler un enjeu, une ligne d'action, une orientation politique. Par exemple, ci-dessous (Figure 39), voici deux cartes utilisant la matrice HDF 2024 et ciblant chacune des enjeux très contemporains d'adaptation aux changements climatiques. Celle de gauche illustre la capacité des habitats à approvisionner la société en eau douce et celle de droite à absorber les pollutions atmosphériques. La matrice permet d'apporter une vision immédiate sur les habitats à préserver concernant ces enjeux. Sur la carte de gauche, ce sont les cours d'eau qui ressortent largement comme zones d'enjeu prioritaires. On remarque aussi de nombreuses zones à enjeu sur les côtes. La seconde carte met en lumière les espaces qui absorbent le mieux les pollutions atmosphériques, on peut relever les forêts du Sud et de l'Est de la région, mais aussi

une relative absence de régulation dans le département du Nord, notamment entre Lille et Dunkerque, ce qui pose des questions de renaturation et de santé. Ce ne sont pas des cartes d'action, ce sont des cartes stratégiques, qui, comme les bouquets, alimentent un discours en faveur de l'environnement, et donnent un visage à des enjeux qui sont parfois sous-évalués par les acteurs.

Figure 39 : Cartes régionales utilisant la méthode de la matrice de capacités HDF 2024 à propos du SA5 (eau douce) sur la carte de gauche, et SR2 (adsorption des pollutions atmosphériques) sur la carte de droite

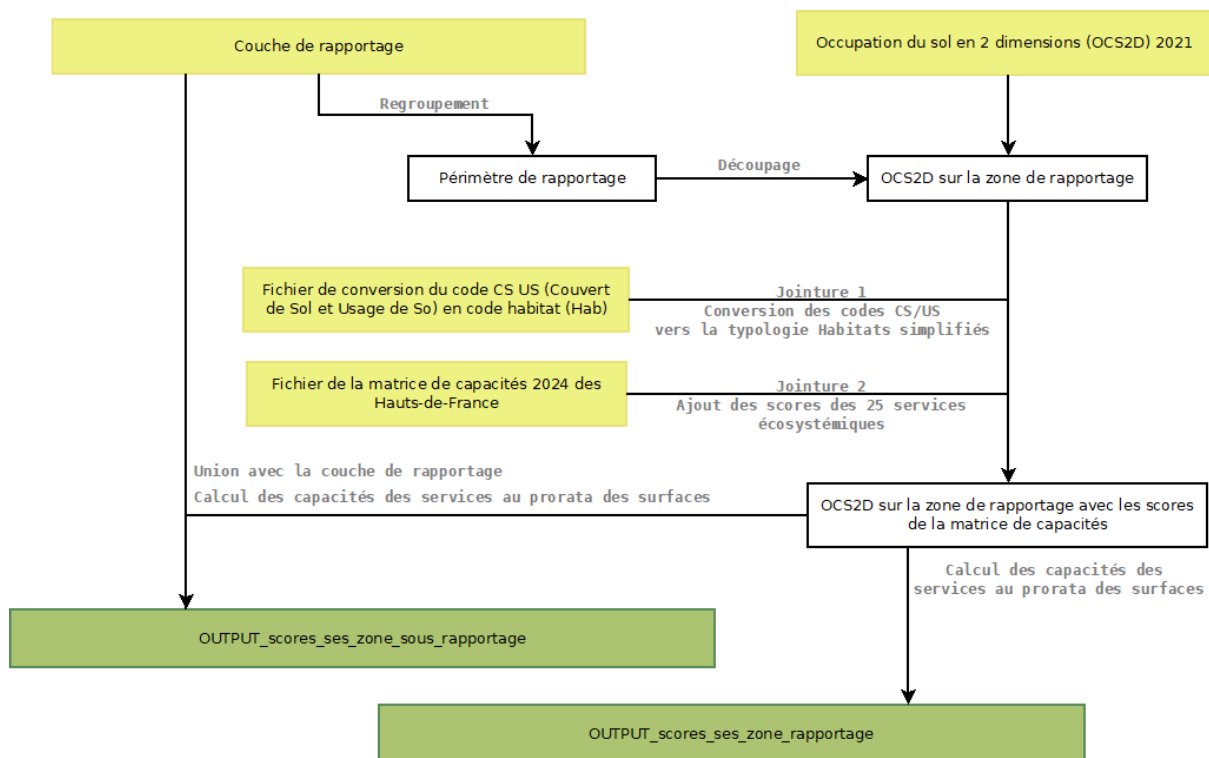


Source : Matrice de capacités Hauts-de-France 2024 ; OCS2D 2023

Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

POINT DE METHODE : Pour faire toutes les cartes présentées dans ce mémoire, le logiciel de cartographie Qgis a été utilisé. Les données mobilisées étaient l'OCS2D de Géo2France et CLS, et les données IGN pour délimiter les limites administratives utilisées (PNR, Communes, Collectivités). Les données principales sont évidemment issues de la matrice de capacités HDF 2024, qu'il convenait de retravailler au format CSV pour l'incorporer dans Qgis. Il était aussi nécessaire d'avoir un tableau CSV qui simplifiait les habitats de l'OCS2D en habitats correspondant à la typologie de la matrice. Une fois toutes ces données dans le logiciel, la méthode suivante a été utilisée (Figure 40) :

Figure 40 : Schéma, processus de création d'une carte en utilisant la méthode de la matrice de capacités HDF 2024 sur le logiciel SIG Qgis



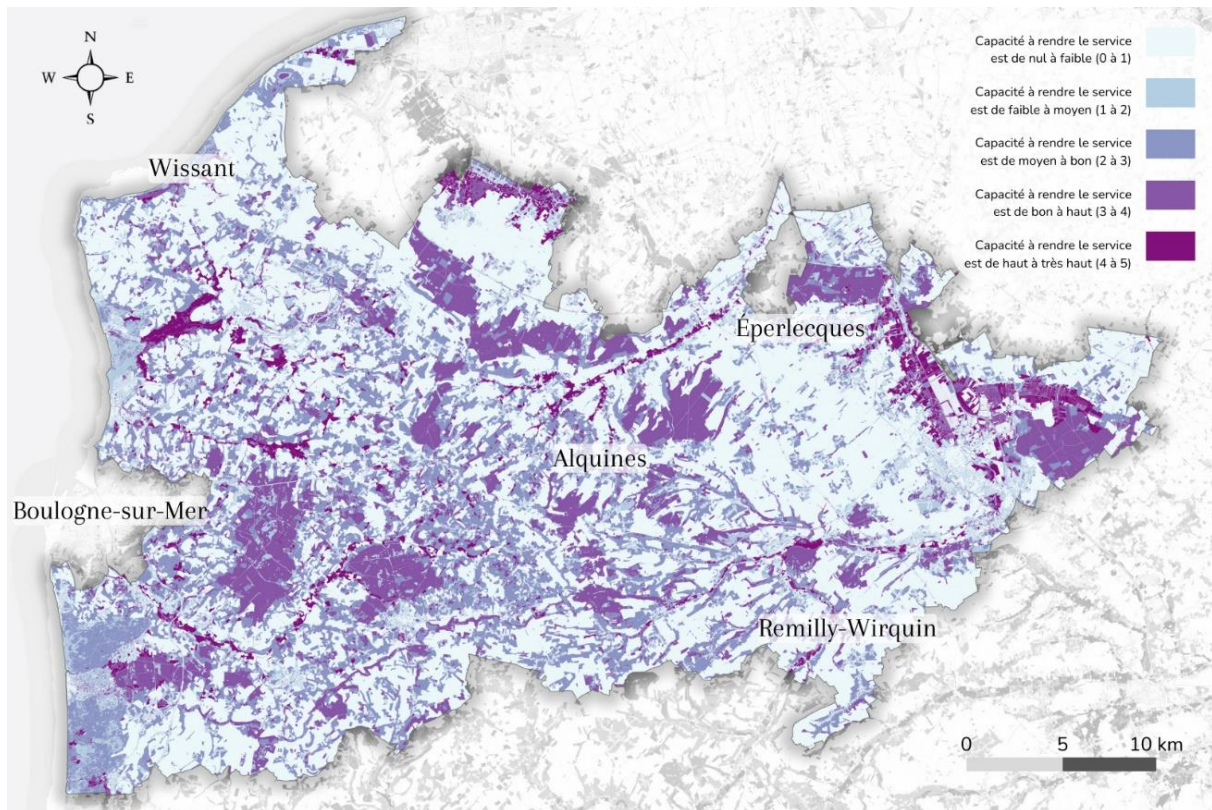
Réalisation : BERTHO Guillaume (ARB)

Ce diagramme schématise le modèle utilisé pour réaliser la chaîne de traitements cartographiques à l'aide de Qgis et de la matrice. Les cases jaunes sont les données utilisées en entrée et explicitées précédemment. Les cases vertes sont les résultats obtenus (cartes et tables attributaires) grâce à l'utilisation du modèle. Ce modèle est aussi utilisé pour faire des cartes automatisées, où il suffit de changer la couche de rapportage pour obtenir un rendu sans avoir besoin de refaire toute la méthode de zéro. Il est aussi possible d'y ajouter un maillage adapté à l'échelle utilisée, comme pour les cartes en figure 39, où un maillage au km² a été appliqué. Une fois la table attributaire calculée, il suffit de choisir le service écosystémique à représenter et de lui donner une symbologie adaptée.

3.2.3. Flexibilité de l'échelle, précision de l'OCS2D et multiplicité des thématiques de travail

La matrice de capacités a donc un intérêt global sur la région, mais comme nous l'avons vu avec la carte de la commune de Quesnoy-sur-Deûle (Figure 38), la matrice peut s'adapter à plusieurs échelles et s'adapter à des contextes locaux précis. Une échelle intéressante est celle des PNR, qui sont des acteurs de la biodiversité déjà sensibilisés sur ces sujets. Comme expliqué, à la suite des entretiens avec les PNR, les rendus graphiques peuvent servir comme support de stratégie de communication, mais le PNR est aussi une échelle réglementaire avec sa charte. Pour illustrer l'intérêt d'une carte à cette échelle, voici un exemple sur le territoire du PNR Caps et marais d'Opale sur le SR11 (régulation des inondations et des crues) en figure 41. On constate que dans leur globalité, les habitats du PNR rendent bien ce service et que le parc agit comme une large zone d'absorption des eaux en cas de catastrophe. La protection du parc apparaît comme essentielle pour les territoires et les communes du PNR qui se retrouvent en partie protégés de ce risque très présent dans le Pas-de-Calais. Boulogne-sur-Mer, ville la plus dense et urbanisée des frontières du parc, est notamment entourée d'habitats assurant ce service qui font office de barrière naturelle face à ce risque. La matrice met aussi en lumière les nombreuses zones humides du parc, notamment dans les terres continentales, à l'est. Enfin, il faut garder en tête que plusieurs autres éléments auraient pu être montrés avec d'autres services, par exemple l'aspect culturel très important des falaises et des caps, l'éco-tourisme jouant une place prépondérante sur ce territoire, mais aussi l'enjeu de l'eau douce, de la santé des sols, etc. Les enjeux sont aussi nombreux que les services dans la matrice.

Figure 41 : Potentiel des habitats du Parc Naturel Régional “Caps et marais d’Opale” à réguler les crues et les inondations (SR11 de la matrice de capacités HDF 2024)



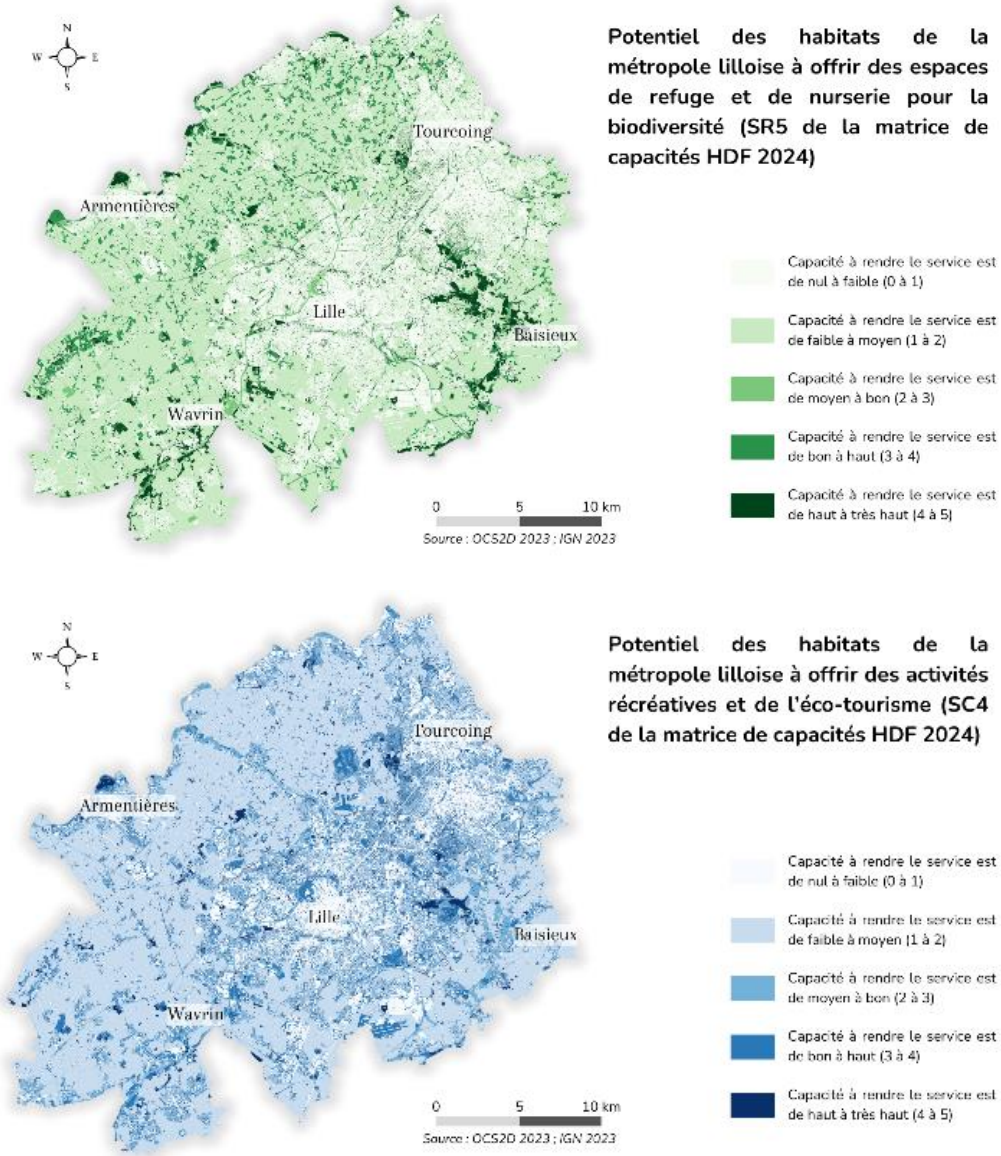
Source : Matrice de capacités Hauts-de-France 2024 ; OCS2D 2023 ; IGN 2023

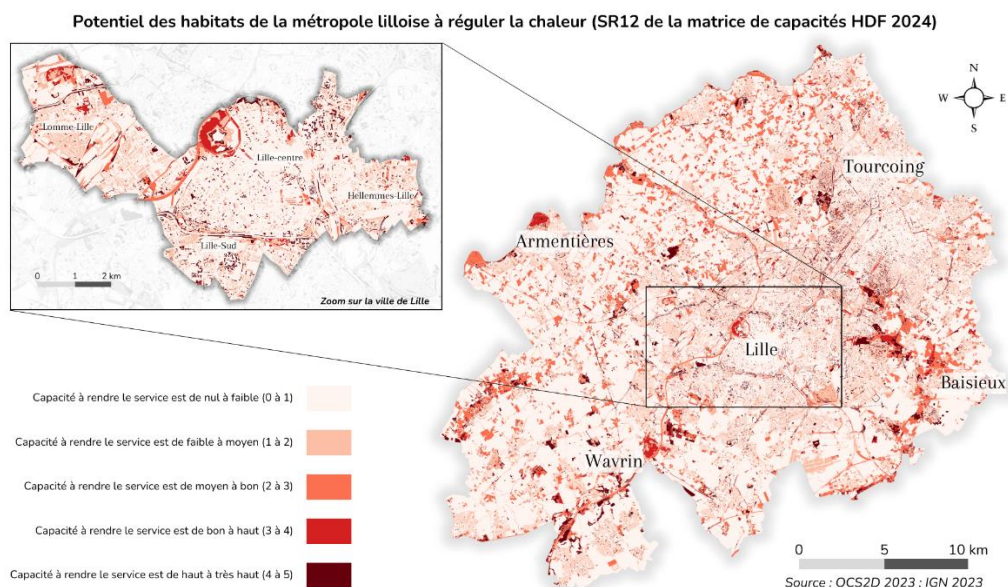
Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

A une échelle plus zoomée, nous pouvons aussi nous intéresser au cas des collectivités. Echelle évidemment très stratégique dans l'aménagement du territoire, nous prendrons comme exemple la MEL, territoire très particulier dans la région car c'est la collectivité la plus peuplée et la plus densément urbanisée. La matrice 2018, au vu de la précision dans le milieu urbain de ARCH, n'aurait aucun sens ici, tandis que la matrice HDF 2024 peut réellement apporter une vision à cette échelle locale. Les cartes ci-dessous (Figure 42) présentent trois services écosystémiques essentiels dans le secteur urbain, le SR5 (offre d'espaces de refuge et de nurserie pour la biodiversité) en raison de la disparition croissante des espèces dans les villes, le SC4 (activités récréatives et éco-tourisme) lié aux bien-être et à la santé humaine et le SR12 (régulation de la chaleur) avec l'enjeu des ICU. Sur l'ensemble des cartes, ce sont les centres-villes, notamment Lille, Roubaix et Tourcoing, qui assurent le moins de services. Ce sont des

centres-villes très urbanisés, qui laissent peu de place aux espaces verts. On remarque tout de même des « points chauds » entre Lille et Baisieux, en raison du maillage de parcs urbains et de base de loisirs notamment autour de Villeneuve d’Ascq, et au sud de Wavrin, avec le parc des Ansereuilles. La Deûle se démarque aussi sur les trois cartes. Ces espaces sont, *de facto*, à protéger en priorité, ils sont des « Hots spots » qui assurent une multitude de service.

Figure 42 : Cartes de la Métropole Européenne de Lille illustrant la capacité de ses habitats à rendre le SR5 (Offre de refuge et de nurserie pour la biodiversité) sur la carte du haut, le SC4 (activités récréatives et éco-tourisme) sur la carte du milieu et le SR12 (régulation de la chaleur) sur la carte du bas





Source : Matrice de capacités HDF 2024 ; OCS2D 2023 ; IGN 2023

Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

Dans les détails, les cartes apportent des éléments de réflexion sur la gestion du territoire de la MEL. Ces cartes posent un contexte, mais surtout, elles posent des questions. Concernant le SR5, on peut se demander s'il y a assez de réservoirs de biodiversité qui couvrent le territoire. Le SC4 nous interroge sur le manque d'accès à des activités récréatives pour les milieux ruraux, notamment au Nord et à l'Ouest de Lille. Enfin, le phénomène de régulation des îlots de chaleur urbain pose aussi de nombreux questionnements. Le cœur de la MEL est connu comme une zone trop peu arborée²⁰ et ces cartes sont aussi là pour justifier la renaturation de la ville. Comme l'a partagé J. Schulz, de l'ADULM, le secteur urbain nécessite un regard particulier et adapté. La ville est l'endroit avec la plus grande concentration humaine, mais aussi l'endroit où l'Homme souffre le plus de la pollution, de la chaleur, de la déprime... C'est donc un milieu avec une large marge de progression, des potentialités diverses et des moyens financiers plus conséquents que dans le secteur rural. Cependant, les fonctions écologiques sont difficiles à rétablir dans ce type d'espace, mais les gains sont très visibles, et la matrice permet de mettre une image sur ces gains. Même à une échelle plus locale, la matrice de capacités peut s'adapter. Elle sert toujours d'un outil de conscientisation des enjeux

²⁰ Lille a un des plus faibles taux de m² d'espace vert par habitant (32m²/hab) parmi les grandes villes de France. Pour comparer : Nice est à 53m²/hab, Montpellier 51 et Nantes 45 (Etude Kermap, « Nos villes vertes »)

et elle met en lumière les zones prioritaires. Ces cartes illustrent un discours stratégique avec précision et méthode.

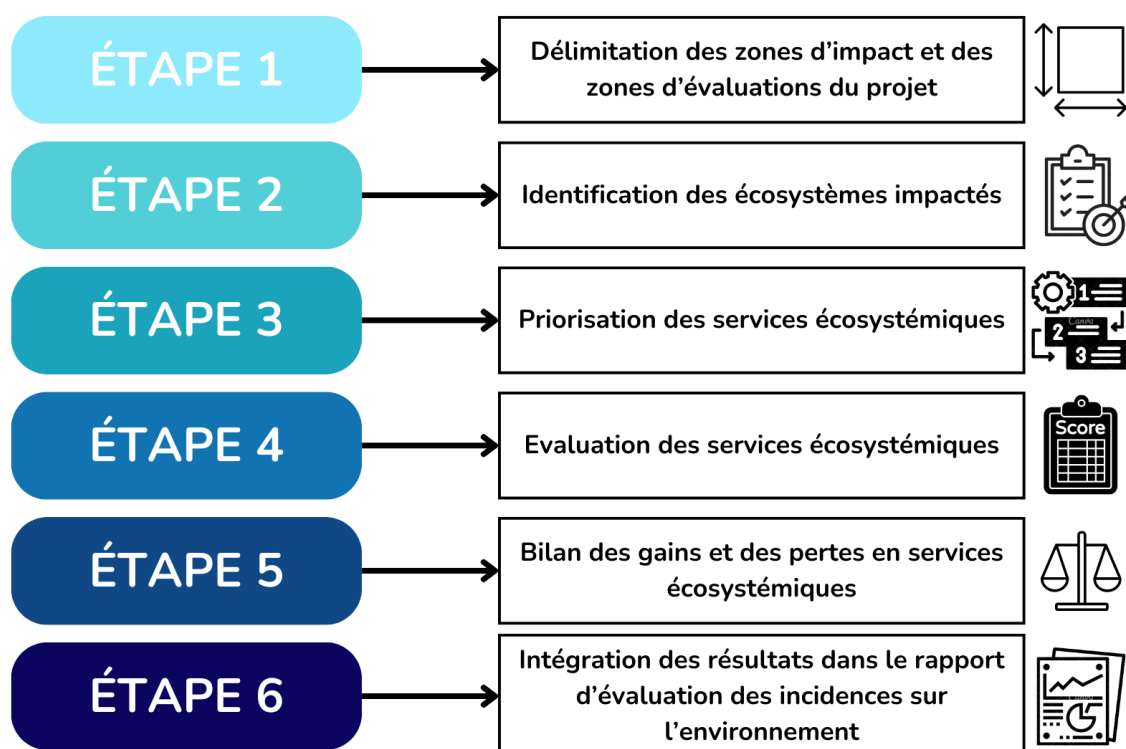
3.3. L'Aide à la décision

3.3.1. Guide d'évaluation DREAL, opérationnalité de la matrice à l'échelle d'un projet d'aménagement

Enfin, la matrice sert d'aide à la décision. Les documents présentés précédemment structurent une orientation politique et permettent la prise de décision. Pour illustrer ce propos, il convient de présenter la méthode d'utilisation de la matrice à son niveau le plus concret pour l'aménagement du territoire, l'échelle du projet. Jusqu'ici, les travaux de la matrice étaient concentrés sur des territoires assez larges, mais la matrice a aussi la capacité d'étudier l'échelle d'un projet. Pour répondre à cette affirmation, il faut utiliser le « *guide pour la prise en compte des services écosystémiques dans les évaluations des incidences sur l'environnement* », rédigé par C.S. Sylvie Campagne et P.K. Roche, aidés par les bureaux d'étude Biotope et Auddicé et issu d'une étude commandée et financée par la DREAL. Ce guide, paru en 2021, présente l'usage potentiel de la matrice dans le cadre d'un aménagement de projet. Malheureusement, la temporalité du stage n'a pas permis d'adapter la méthode du guide avec la matrice HDF 2024, mais étant donné que c'est une de ses perspectives majeures, il convient de la présenter²¹.

²¹ Cette partie sur le guide sera un résumé de la méthode, mais pour plus de précision, le guide est disponible gratuitement sur le site internet de la DREAL à l'adresse suivante : <https://www.hauts-de-france.developpement-durable.gouv.fr/?Evaluer-les-services-ecosystemiques>

Figure 43 : Schéma simplifiant la méthode en six étapes d'évaluation des services écosystémiques dans l'aménagement du territoire fourni dans le guide de la DREAL (2021)



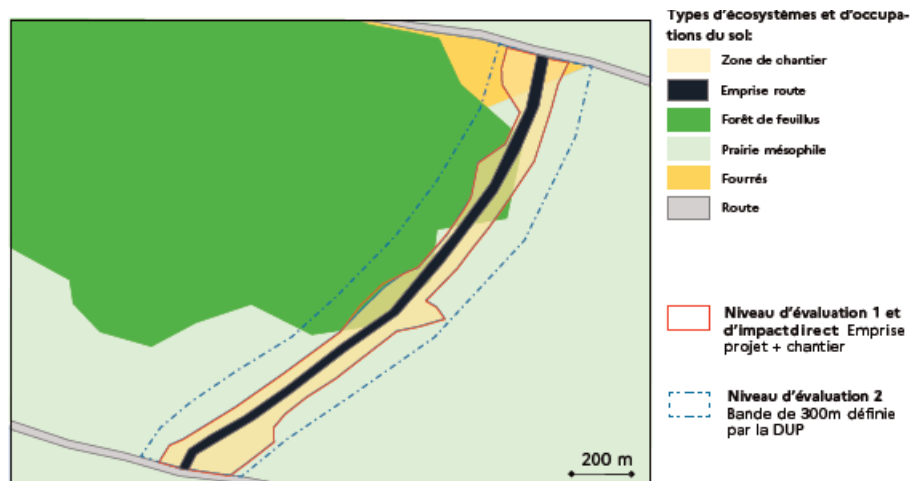
Source : Campagne, C.S. et Roche, P.K. 2021. Guide pour la prise en compte des services écosystémiques dans les évaluations des incidences sur l'environnement

Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

Comme on peut le constater ci-dessus, la méthode du guide s'applique en six étapes clés. La première étant la délimitation d'un périmètre d'action, avec des outils cartographiques (Qgis, Arcgis...). Le périmètre est donc la zone d'impact, espace où les calculs de pertes, en cas d'altération des fonctions écologiques, et de gain, en cas de renaturation, seront faits. Le périmètre englobe la zone de projet (changement de la nature du sol) et la zone de modification (impact périphérique). C'est la zone d'impact direct et indirect, nommé « niveau d'évaluation 1 » et « niveau d'évaluation 2 » (exemple type en Figure 44). Ensuite, il faut y lister les habitats qui vont être impactés par le projet. Il faut les cibler mais aussi connaître leur emprise au sol de manière précise pour pouvoir pondérer leurs scores de capacités à rendre des SES dans une étape ultérieure. Ces habitats seront impactés dans deux grandes étapes :

l'état intermédiaire (pendant le chantier) et l'état final. En ressort un tableau qui montre l'emprise des écosystèmes avant l'intervention (l'état initial) et les emprises projetées de l'état intermédiaire et de l'état final.

Figure 44 : Carte exemple d'un périmètre de projet compatible avec la méthode d'évaluation des services écosystémiques du guide de la DREAL



Source : Campagne, C.S. et Roche, P.K. 2021. « *Guide pour la prise en compte des services écosystémiques dans les évaluations des incidences sur l'environnement, Guide méthodologique* », DREAL.

Une fois les habitats choisis, il faut sélectionner les services écosystémiques à partir d'une typologie et les prioriser en fonction des enjeux du projet. Des discussions s'entament entre les différents partis du projet pour y définir les objectifs de l'étude. On y inclut les commanditaires, les techniciens, les aménageurs, les élus et, dans la mesure du possible, la société civile (associations, riverains...). Il faut se poser trois questions durant cette étape, dans quelle mesure le service sera impacté par le projet (impact faible ? moyen ? fort ?) ? Le service est-il important pour les acteurs ? Et enfin, est-ce que le service répond à un enjeu local ou réglementaire ? Ces différentes mesures amènent à la construction d'un tableau de priorisation répondant à ces trois questions et établissant une hiérarchie définie en trois niveaux de priorité : faible, moyen et fort (Figure 45).

Figure 45 : Tableau d'enjeux et de priorisation des services écosystémiques selon les projets et les besoins des acteurs

Services écosystémiques	1. Impact potentiel	2.1 Importance du SE pour les acteurs	2.2 Enjeux local ou réglementaire spécifique	2. Importance locale du SE	Priorité
Régulation du climat	Fort	Oui	Oui	Fort	Forte
Régulation des animaux vecteurs de maladies pour l'homme	Moyen	Non	Non	Faible	Faible
Régulation des ravageurs	Moyen	Non	Oui	Moyenne	Moyenne
Offre d'habitat, de refuge et de nurserie	Fort	Non	Non	Faible	Moyenne
Pollinisation et dispersion des graines	Fort	Oui	Oui	Fort	Forte
Maintien de la qualité des eaux	Fort	Non	Oui	Moyenne	Forte
Maintien de la qualité du sol	Fort	Oui	Oui	Fort	Forte
Contrôle de l'érosion	Fort	Non	Non	Faible	Moyenne
Protection contre les tempêtes	Fort	Non	Non	Faible	Moyenne
Régulation des inondations et des crues	Fort	Non	Non	Faible	Moyenne
Limitation des nuisances visuelles, olfactives et sonores	Fort	Non	Non	Faible	Moyenne
Production végétale alimentaire cultivée	Faible	Oui	Oui	Fort	Moyenne

Source : Campagne, C.S. et Roche, P.K. 2021. Guide pour la prise en compte des services écosystémiques dans les évaluations des incidences sur l'environnement, Guide méthodologique, DREAL, 131 pages.

Ensuite, vient l'étape de l'utilisation de la matrice de capacité pour scorer les services en fonction des habitats choisis²². Soit une nouvelle matrice peut être établie dans le cadre de la planification du projet, soit les acteurs peuvent utiliser une matrice déjà existante, si elle correspond à l'échelle et aux enjeux du projet. L'étape 5 est la plus technique, car elle demande de calculer les scores de la matrice en les pondérant avec les surfaces des écosystèmes prédéfinies précédemment (formule en Figure 46). Ces scores pondérés donnent une estimation des variations dans le score de l'état initial à l'état final, comme on peut le constater sur le tableau d'exemple ci-dessous (Figure 46)²³.

²² Attention, de nombreuses autres méthodes de scoring peuvent être utilisées du moment qu'elles respectent les critères du guide. Cependant, dans le cadre de ce mémoire, seule la méthode de la matrice sera présentée.

²³ Pour palier certains problèmes statistiques, la loi de « Student » est conseillée pour les matrices de capacités remplies par moins de 30 experts, cela ne concerne donc pas la matrice HDF 2024, mais il est important d'avoir ces éléments de variation en tête lors de la conception d'une nouvelle matrice. (Guide méthodologie DREAL, 2021)

Figure 46 : Exemple d'un tableau de pondération des scores d'une matrice de capacités présentant les scores initiaux et les scores finaux sur le périmètre d'un projet

Services Ecosystémiques	Somme des scores pondérés		Qualification de la capacité en SE	
	Initial	Final	Initial	Final
Régulation du climat	4,0	3,5	Forte	Forte
Pollinisation et dispersion des graines	4,4	3,8	Très forte	Forte
Maintien de la qualité des eaux	3,1	2,8	Forte	Moyenne
Maintien de la qualité du sol	3,5	3,0	Forte	Moyenne
Production animale alimentaire élevée	2,7	2,3	Moyenne	Moyenne
Ressource végétale et fongique alimentaire sauvage	4,0	3,4	Forte	Forte
Ressource animale alimentaire sauvage	4,1	3,4	Très forte	Forte
Ressource secondaire pour l'agriculture	3,1	2,6	Forte	Moyenne
Emblème ou symbole	2,7	2,2	Moyenne	Moyenne
Héritage (passé et futur) et existence	3,0	2,4	Moyenne	Moyenne
Esthétique	3,2	2,7	Forte	Moyenne
Activités récréatives	2,8	2,4	Moyenne	Moyenne
Connaissance et éducation	3,1	2,6	Forte	Moyenne

(1) $X'_i = X_i * S_i$
 X'_i = score de SE pondéré de l'écosystème i
 X_i = Score de SE de l'écosystème i
 S_i = Surface de l'écosystème i

Source : Campagne, C.S. et Roche, P.K. 2021. Guide pour la prise en compte des services écosystémiques dans les évaluations des incidences sur l'environnement, Guide méthodologique, DREAL, 131 pages.

Ce tableau montre l'impact du projet sur les services écosystémiques et confronte la décision qui doit estimer si le projet est vraiment viable écologiquement et force les acteurs à tester plusieurs scénarii d'aménagement. Les résultats de la matrice nous questionnent sur l'emplacement et la nature du projet. Si le périmètre se déplace de 1 km, est-ce que le projet sera toujours aussi impactant ? Ne serait-il pas possible d'ajouter des espaces de nature dans le périmètre ?

L'étape 6 est dans la continuité de ces questionnements, il faut que la matrice intègre les documents de planification du projet, et principalement l'évaluation des incidences sur l'environnement, pour que ces constats soient respectés pendant le chantier. Pour cela, il faut analyser les résultats, y apporter une évaluation et proposer, en conséquence, des alternatives et des mesures compatibles avec la réglementation, la faisabilité du projet et les attentes des acteurs.

Pour conclure, cette méthode s'introduit parfaitement dans la séquence ERC (éviter réduire compenser) évoqué précédemment. « **Cette séquence, dite "ERC" (Éviter-Réduire-Compenser), impose à tout porteur de projet, plan ou programme, d'identifier les incidences**

de son activité sur l'environnement et notamment sur les espèces, les habitats et les fonctions écologiques, puis de mettre en œuvre les mesures nécessaires pour minimiser ces incidences en les évitant, puis les réduisant, afin de proposer en dernier lieu des mesures dites "compensatoires" » (B. Padilla, 2024). La méthode présentée par le guide s'inscrit dans l'aménagement du territoire notamment par ce prisme de la séquence ERC. C'est dans cette optique que les bureaux d'étude Biotope et Auddicé utilisent la matrice dans leurs études d'impact. Cependant, ces bureaux utilisent aussi d'autres outils. La matrice a besoin d'être complétée.

3.3.2. La nécessaire complémentarité de la matrice de capacités avec d'autres outils et indicateurs

Ces cartes, qu'elles soient à l'échelle de la région ou à l'échelle d'un projet, mettent en lumière les intérêts primordiaux de la cartographie, elles sont des outils de débat et permettent l'émergence de sujets stratégiques. Les cartes sont une base de gestion d'un territoire, mais elles ne s'utilisent pas seules. La matrice de capacités, dans la planification et la programmation, doit être complétée par d'autres outils pour avoir une étude environnementale complète. D'abord, on peut se questionner sur les données cartographiques utilisées, l'OCS2D n'est pas suffisant pour faire état de la diversité écologique d'un territoire. Comme perspective pour la matrice, on peut imaginer des croisements avec d'autres données cartographiques qui utilisent d'autres techniques que la photo-interprétation comme CARHAB²⁴. La Cartographie Habitat (CARHAB) est un projet national qui projette de modéliser tous les écosystèmes de France en croisant deux données : les biotopes, des surfaces écologiques reposant sur des paramètres biophysiques et des caractéristiques paysagères et météorologiques, et les physionomies de végétation, vingt-six classes de communautés de végétations. Un modèle calcule ce croisement et confectionne une multitude d'habitat très précis sur leur condition écologique, l'exemple donné sur le site de l'INPN étant : **« Prairie de fauche en position intérieure de l'étage montagnard sous ombroclimat hyperhumide en situation subocéanique, sans variante bioclimatique, sur sol**

²⁴ <https://inpn.mnhn.fr/programme/carhab>

basique, humide à nappe circulante marqué par un enneigement nul à court ». Cette richesse de nouvelles données pourrait être un vrai plus pour la matrice de capacités et permettrait de pousser le curseur plus loin dans l'analyse des données environnementales. Des travaux communs peuvent être imaginés entre la matrice HDF 2024 et CARHAB, les deux méthodes peuvent s'alimenter, bien qu'un lourd travail de correspondance serait nécessaire. CARHAB couvre d'ailleurs, depuis juin 2024, l'ensemble des départements de la région Hauts-de-France, ce programme est donc une perspective proche et souhaitable pour la matrice HDF 2024. A minima, CARHAB représente une ressource supplémentaire pour les études environnementales de projets qu'il convient d'utiliser au côté de la matrice de capacités.

Une autre perspective de complémentarité est la multifonctionnalité des milieux. En effet, plutôt que d'analyser les services écosystémiques de façon séparés, on peut travailler avec plusieurs d'entre eux en même temps. Comme on l'a vu, chaque habitat rend une multitude de services, et même si les bouquets permettent de les visualiser, démontrer la coexistence de plusieurs services au sein d'un même habitat serait d'une réelle utilité dans la conscientisation. Il est déjà possible d'analyser cette multifonctionnalité en moyennant les scores de plusieurs services similaires en un même score. Par exemple, en couplant le SA8 (Composées et matériel génétique des êtres vivants), le SR5 (Offre d'habitat, de refuge et de nurserie pour la biodiversité) et le SR6 (Pollinisation), il est possible de démontrer la multifonctionnalité des écosystèmes en fonction des **facteurs de biodiversité**. Mais cela ne fait preuve d'aucune méthode propre à la multifonctionnalité.

Cependant, il est possible d'aller plus loin et d'utiliser d'autres outils que la matrice, comme le projet MUSE développé par le CEREMA, qui possède les mêmes objectifs que la matrice : cartographier les services écosystémiques, intégrer cette prise en compte dans les documents d'urbanisme et contribuer à la mise en place de la séquence ERC et de l'objectif ZAN. Le projet MUSE se focalise sur les sols, ce qui est une vraie valeur ajoutée par rapport à la matrice qui est plus globale. MUSE s'appuie donc sur des facteurs différents de la matrice comme la source de biomasse, la régulation du cycle de l'eau, le réservoir de biodiversité au sol, l'épaisseur du sol, une typologie de SES adaptée aux sols... Un indicateur est ensuite créé avec le croisement de toutes les données utilisées et les enjeux ciblés par le territoire. L'intérêt de cette méthode est de s'appuyer sur des données statistiques, chaque paramètre est solidement étudié. Il est donc intéressant de croiser ces méthodes avec le dire d'expert de la matrice.

La multifonctionnalité n'est qu'un exemple, d'autres approches peuvent être utilisées pour alimenter les résultats de la matrice de capacités. Le volet biodiversité peut, par exemple, être alimenté par les inventaires d'espèces. S. Cotillon, du bureau d'étude biotope, souligne l'importance de connaître la faune, la flore et la fonge utilisatrices du site d'une projet. Si la matrice est utilisée à l'échelle d'un petit territoire, les espèces peuvent être définies comme un enjeu de protection fort. On peut imaginer cibler des écosystèmes avec un enjeu plus fort si des espèces en danger y sont présentes. Les études de terrain seraient aussi un plus pour alimenter la matrice de capacités, qui est, par défaut, très cantonnée à la théorie et à la supposition scientifique.

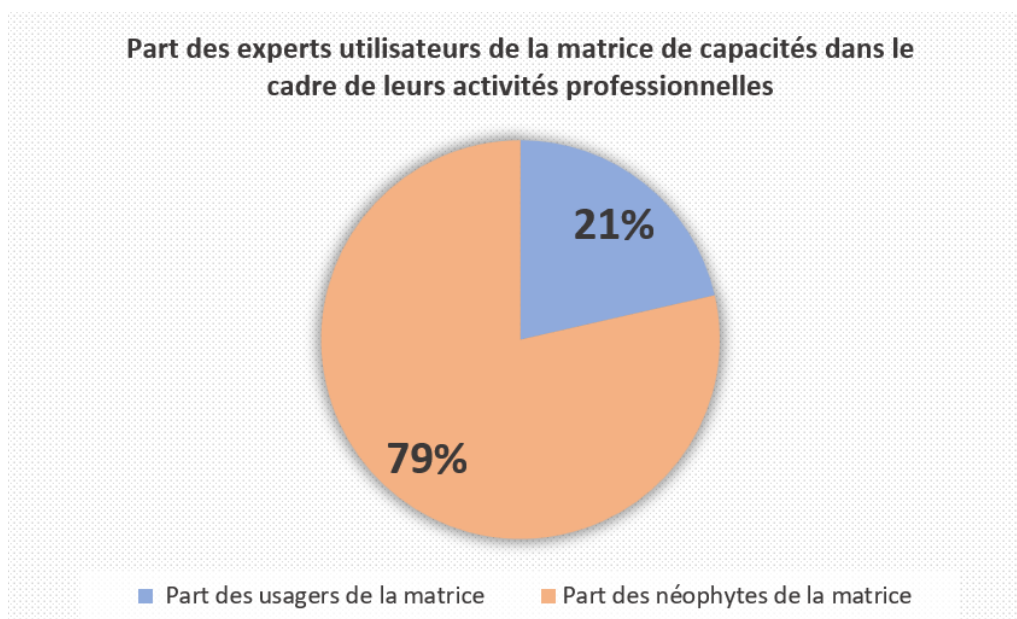
La méthode de la matrice empêche également de prendre en compte des habitats rares. Pour rappel, la matrice de capacités considère un habitat moyen de 1 ha, donc tout ce qui est classé en « conifère » est un ensemble de résineux communs, il n'y a pas de variation dans un même habitat. Ainsi, on peut aisément imaginer alimenter la matrice avec des études de fragmentation. Constatant l'importance d'avoir des grands patches de milieux naturels, l'intérêt des corridors écologiques et les bénéfices du maillage des ENAF. Comme l'a évoqué G. Danneels, de la MEL, on pourrait aussi s'intéresser à la rareté des milieux, car des habitats exceptionnels ou remarquables existent dans la région, mais ne ressortent pas dans la matrice. Ce n'est pas vraiment un point faible de la matrice, car ce n'est absolument pas son but de montrer ce type d'habitat, mais il est clair que dans le cadre d'un projet, un outil qui pourrait démontrer l'intérêt écologique des milieux remarquables serait un plus.

En bref, la matrice ne fonctionne pas seule, il est nécessaire, dans le cadre de l'aménagement du territoire, d'y ajouter de la précision. Il faut étayer les composantes de la matrice que ce soit sur sa méthode et dans ses thématiques. Il faut compléter la matrice avec d'autres outils pour palier ses manques et ses lacunes. La matrice est une base scientifique solide pour engager des réflexions, préparer des diagnostics, mais elle possède fondamentalement un angle d'attaque global qui lui empêche une analyse approfondie sur des sujets essentiels. Pour bien cibler ces outils complémentaires, il faut cibler les limites de la matrice.

4. Eprouver la matrice de capacités : limites et discussions

Comme toute méthode, la matrice a une multitude de limites. Son intérêt est évident dans le contexte environnemental et législatif de la France, mais se confronte à des problèmes internes à sa méthode ainsi qu'à des problèmes conjoncturels. Pour les cibler, nous nous appuyerons sur des observations personnelles, la thèse de S. Campagne, les entretiens avec les acteurs du territoire, mais surtout sur le panel d'experts participant à la matrice. En effet, les ateliers de remplissage ont aussi été le moyen de passer des questionnaires (le questionnaire vide est disponible en annexe 1) et de capitaliser sur la présence des trente. Vingt-huit experts ont répondu au questionnaire dont la grande majorité (comme on peut le voir sur le graphique ci-dessous en figure 47) ne connaissait pas la méthode de la matrice dans l'évaluation des services écosystémiques avant les ateliers. Ces néophytes sont un vrai plus dans cette analyse, car ils apportent un regard neuf sur l'appropriation potentielle de l'outil.

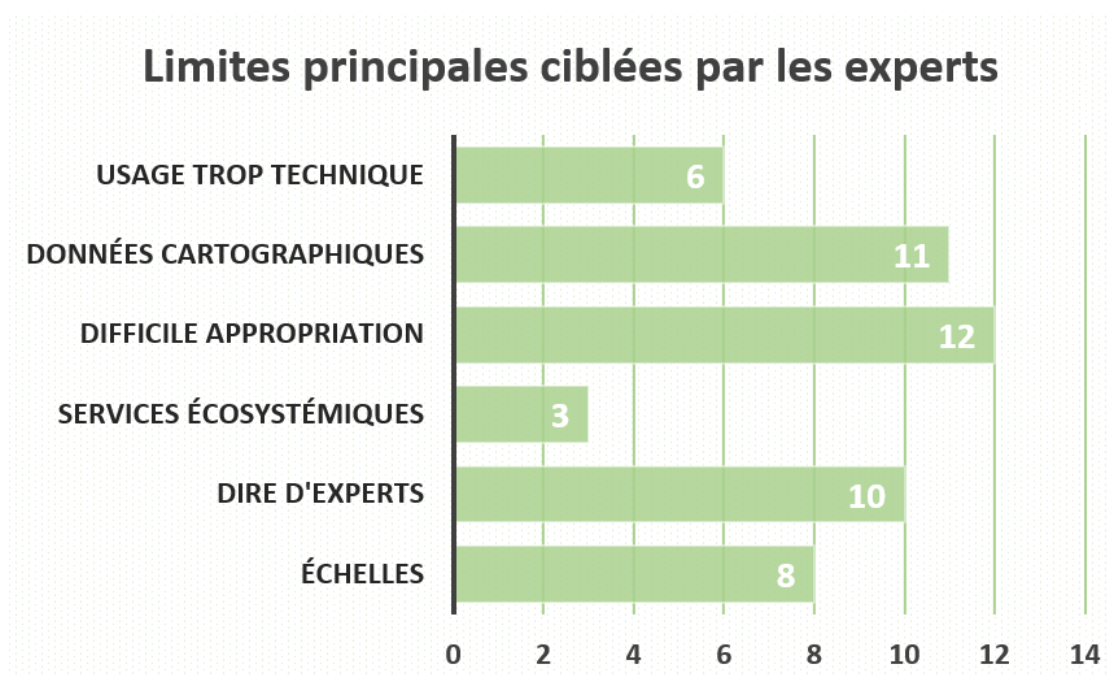
Figure 47 : Graphique de la part des experts ayant répondu au questionnaire qui connaissaient la méthode de la matrice de capacité et qui ne connaissaient pas la méthode avant les ateliers de remplissage



Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

Les limites identifiées par le panel sont très nombreuses et concernent surtout la méthode de la matrice. Comme le montre le graphique ci-dessous (figure 48), six grandes limites ont été identifiées et elles seront l'objet de cette partie 4.

Figure 48 : Graphiques des limites majeures de la matrice de capacités relevées dans le questionnaire rempli par les experts participant aux ateliers de remplissage



Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

4.1. Limites internes à la méthode de la matrice de capacités

4.1.1. Le « Dire d'experts »

Dans les questionnaires, 10 personnes ont relevé le « dire d'expert » comme une limite. Cette méthode de scoring est un parti-pris symbolique sur la capitalisation des connaissances du territoire et l'intelligence collective. De plus, il est facile à mettre en place et s'appuie sur une donnée scientifique robuste. Cependant, le dire d'expert pose beaucoup de questions sur la qualification des experts, à partir de quel niveau de compétence peut-on faire confiance à un spécialiste ? Quelle diversité de compétences devons-nous présenter dans les ateliers pour

qu'ils soient efficaces ? Malgré de nombreux biais cognitifs, à quel point l'intelligence collective doit être consultée ? Le problème majeur réside dans la confiance des experts. En effet, la plupart des experts ne se sentent pas légitimes de remplir la matrice, ils craignent la généralisation de biais.

Cette peur est parfois justifiée, car nous pouvons l'illustrer avec le SR2 (adsorption de la pollution atmosphérique). Pour rappel, ce service n'était pas présent en 2018, il a été ajouté à la matrice 2024, car la pollution de l'air est devenue un enjeu majeur et la nature est reconnue comme un moyen d'adsorption. L'intérêt était aussi de faire apparaître les différences entre l'Hab19 (forêt de feuillus) et l'Hab20 (Conifères), car les forêts de résineux rendent moins de service en général²⁵, mais ils sont meilleurs que les feuillus pour adsorber les pollutions et notamment les particules fines. Pour justifier cette affirmation, nous pouvons nous appuyer sur l'outil SESAME du CEREMA, qui note l'efficacité des essences d'arbres à rendre des services. Comme on peut le voir ci-dessous (Figure 49) le bouleau, feuillus, est bien moins performant que le pin sylvestre, conifère, dans l'adsorption de particules fines. Ces processus d'adsorption se font par les feuilles et leurs stomates, les résineux ne perdent jamais leurs épines et assurent donc ce service tout au long de l'année. On peut en conclure que les conifères sont de bons régulateurs de la qualité de l'air, parfois même meilleurs que les arbres caducifoliés.

²⁵ La région des Hauts-de-France est majoritairement recouverte de feuillus. Les résineux ne couvrent que 6 % du territoire et se sont des arbres dont les essences ne sont pas indigènes. Ils n'accueillent pas bien la biodiversité régionale endémique et ne sont pas très bien adaptés au contexte écologique des HDF.

Figure 49 : Comparaison des services écosystémiques de régulation de la qualité de l'air entre un arbre de type « feuillus » (Bouleau) et un arbre de type « résineux » (Pin sylvestre) grâce à l'outil SESAME



Source : Outil SESAME du CEREMA (<https://sesame.cerema.fr/>)

On peut se demander si, dans la matrice, cette différence se perçoit (Figure 31). Les experts de la matrice ont conclu que les conifères sont moins efficaces que les feuillus pour réguler la pollution (0.73 de différence dans la scoring), alors que dans les faits, nous venons de voir que les conifères assuraient aussi bien, voire mieux, ce service. Là est toute la problématique de généralisation du biais. Dans l'imaginaire commun, les forêts de feuillus rendent plus de services car elles constituent une grande majorité des espaces arborés de notre région. Elles sont donc plus connues et mieux intégrées, comme le montre d'ailleurs le score de confiance de toutes les matrices pour ces habitats (figure 50). Cet exemple illustre l'importance du niveau de compétence des experts, la plupart n'était pas expert du milieu forestier et en particulier des forêts de conifères, mais l'était bien plus sur d'autres sujets. Comme l'explique T. Lefort, du PNR Scarpe Escaut, qui a participé au remplissage de matrice de capacités par le

passé, « **Je suis expert sur tout donc expert sur rien** » donc si une partie des experts sont des généralistes alors « **les matrices sont globalement bonnes, mais dans le détail elles sont discutables** ». La subjectivité est donc une limite majeure de la matrice et de sa méthode. Bien qu'une grande diversité d'expert soit interrogée, le risque d'erreur n'est pas nul sur certains habitats ou certains services. La matrice ne s'en retrouve pas fautive, mais y apparaissent des faiblesses qu'il convient de nuancer avec le score de confiance ou d'autres outils. La diversité de compétences en ressort comme essentielle, sur tous les habitats, comme sur tous les services.

Figure 50 : Focus sur la matrice de capacités HDF 2024, comparaison des scores Hab19 (Feuillus et peuplement mixtes ou indéterminés) et Hab20 (conifères) pour le SR2 (régulation de la qualité de l'air)

		Régulation de la qualité de l'air	
		SR2	
		Indice de confiance	1,76
Feuillus et peuplements mixtes ou indéterminés	Hab19	2,14	4,14
Conifères	Hab20	1,93	3,41

Source : Matrice de capacités HDF 2024

Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

4.1.2. L'entrée par les services écosystémiques est-elle vraiment judicieuse ?

Dans une moindre mesure, la notion de service écosystémique est aussi ciblée comme une limite. Est-elle vraiment une bonne entrée pour la matrice ? Trois experts ont remis en question l'utilisation des services écosystémiques pour des raisons éthiques. Attribuer une note à des écosystèmes en fonction de leur intérêt pour l'Homme se révèle malsain. La monétarisation de la nature n'est pas la solution pour certains experts. Hiérarchiser des milieux

naturels et semi-naturels entre eux est contreproductif, car tous les ENAF méritent une protection, ne serait-ce que pour des raisons bioéthiques. A l'inverse, un des experts a évoqué que les services écosystémiques étaient justement trop « biocentrés », dans le sens que cela empêchait certains acteurs de s'emparer du sujet. Selon lui, une vision purement économique, en calculant la perte potentielle qu'entraîne la disparition de la nature, serait plus percutante, notamment pour le grand public.

Le vocabulaire des services écosystémiques est d'ailleurs complexe à manier car il n'est pas figé dans le temps. De nombreux courants et organisations se disputent encore le terme pour savoir comment l'employer : « **De nombreuses questions conceptuelles se sont posées, dont celles de savoir s'il faut distinguer les « services » des « fonctions » écosystémiques, ou encore les services « écosystémiques » des services « environnementaux »** (L. Carnoye & R. Petitimbert, 2022). Ce vocabulaire particulier en fait un terme complexe à manipuler et donc à comprendre. Les acteurs ont du mal à se saisir de la notion et ne l'utilisent parfois pas. Comme l'explique L. Gavory, de la métropole d'Amiens, les techniciens, même dans le service « environnement », ne nomment pas cela des services écosystémiques. Ils travaillent sur la fonctionnalité des écosystèmes et ses bénéfices pour l'être humain, mais n'usent pas des services pour les qualifier. Dans ce cas de figure, la matrice est complexe à déployer, ou nécessite un temps d'acculturation et d'adaptation très long.

Si ce terme est déjà complexe à prendre en compte pour certains techniciens, alors qu'en est-il du grand public et des élus ? L'un des objectifs principaux de la matrice est de sensibiliser le plus grand nombre, de faire comprendre l'importance des écosystèmes dans la vie humaine, mais si une des entrées de la matrice est trop complexe à appréhender alors son utilité s'en retrouve fortement réduite. Cela permet de mettre en lumière une troisième critique majeure, celle de l'appropriation par les acteurs. C'est la limite qui est le plus revenue (12) dans les questionnaires. La matrice apparaît aux yeux des experts comme un indicateur complexe et technique. Bien que ce n'est pas le tableau de la matrice finale (Figure 31) qui est destiné aux élus, à la société civile et aux acteurs économiques, sa cartographie et les bouquets de service nécessitent de maîtriser un certain vocabulaire et de connaître un minimum la méthode.

4.1.3. Un intérêt technique limité à cause de l'échelle régionale

Une dernière limite interne a été relevé, c'est celle de l'échelle. En effet, huit experts ont trouvé que l'échelle régionale n'était peut-être pas pertinente. Pour la plupart, c'est bien l'échelle du projet qui est la plus concrète dans l'aménagement du territoire. Cependant, selon eux, la matrice n'est pas assez précise pour être vraiment efficace et utile. Si la matrice doit être réadaptée pour chaque projet d'aménagement, elle ne sera plus l'outil aussi simple à mettre en place qu'elle prétend être. L'échelle régionale est parfaite pour définir des stratégies, se rendre compte d'un constat général, mais perd effectivement en intérêt à l'échelle locale, qui nécessite une réadaptation quasi obligatoire. Nous avons vu, avec les exemples précédents, notamment à l'échelle de la MEL, que la matrice peut très bien servir à une échelle qui n'est pas celle de la région, mais il est vrai qu'à l'échelle d'un projet, son utilité est discutable.

C'est J. Schulz, de l'ADULM qui partage ses doutes vis-à-vis de l'échelle. Si l'agence d'urbanisme veut travailler au sein d'une commune ou d'un quartier, est-ce que la matrice est toujours viable ? Ce problème d'échelle a rendu l'appropriation de la matrice compliquée, il était difficile pour l'ADULM de se projeter avec un outil régional. La correspondance de la matrice apparaît comme essentielle. Par exemple, les habitats littoraux n'ont pas leur place dans une étude de la MEL. L'ADULM aurait espéré plus de précision, l'échelle régionale s'en retrouve déroutante pour les collectivités qui ont probablement l'impression de ne pas avoir une matrice « sur mesure » à leur disposition. Il ne faut pas oublier que l'ADULM définit la stratégie de territoire, notamment via le SCoT, des décisions importantes sont prises, et elles peuvent avoir un grand impact local. La matrice doit donc inspirer confiance, et l'adaptation de l'échelle n'est pas forcément rassurante.

Des experts ont aussi relevé l'intérêt d'avoir une matrice nationale. Comme expliqué précédemment, la complémentarité avec CARHAB pourrait avoir un intérêt, mais il faut voir dans quelle mesure. L'échelle régionale se retrouve alors fragilisée, elle n'est pas assez précise pour le locale, et pas assez globale pour l'échelle nationale.

4.2. Les limites externes à la méthode de la matrice de capacités

4.2.1. Le manque de données cartographiques et les objectifs discordants des bases de données

Les limites internes à la méthode sont donc multiples, mais elles sont le résultat de choix méthodologiques délibérés, conscients d'apporter un intérêt au prix d'un obstacle. Cependant, la matrice de capacités n'a pas toutes les cartes en mains pour assurer sa bonne application. En effet, de nombreux facteurs externes réduisent son efficacité et sa potentielle pérennisation, à commencer par les bases de données cartographiques. Cette limite cartographique est relevée par onze experts sollicités lors du questionnaire. Comme nous l'avons constaté, la matrice HDF 2024 est évidemment très liée à l'OCS2D, elle présente des habitats issus d'une simplification de cette base de données et utilise les définitions du dictionnaire de l'OCS2D. Cependant, l'OCS2D n'est pas parfait, malgré sa précision exceptionnelle, à l'échelle régionale. Cela s'explique notamment par la photo-interprétation satellite qui fait disparaître ou simplifie certains habitats. Par exemple, les cours d'eau de moins de cinq mètres de largeur ne sont pas pris en compte dans l'OCS2D, et par conséquent, dans la matrice de capacités. Manquement regrettable quand on sait que les ruisseaux et autres petits cours d'eau sont essentiels pour une biodiversité locale. Ces choix de méthode sont nécessaires pour l'OCS2D qui est une base de données régionale, mais la matrice, quand une échelle plus locale est choisie comme périmètre d'étude, s'en retrouve affaiblie, car certains habitats apparaissent comme incomplets, ou n'apparaissent pas du tout.

Une autre problématique de la photo-interprétation aérienne est qu'elle invisibilise les sols. Pendant les ateliers de remplissage, plusieurs experts ont déploré le manque des terrils arborés et/ou végétalisés dans la typologie d'habitat. La raison n'est pas due à un choix de l'ARB, mais à l'OCS2D qui ne peut pas classer ce type de sol. En effet, les terrils couverts de feuillus sont classés en forêt de feuillus. La photo-interprétation ne prend en compte que ce qu'elle voit, et cela ne concerne que la strate visible depuis le ciel.

Enfin, chose qui a été relevée par une grande partie des experts et partagée dans tous les entretiens, la méthode de la matrice et de l'OCS2D empêche la mise en valeur de cas particuliers. La typologie de l'OCS2D est incomplète pour les raisons évoquées précédemment, mais en général, les bases de données manquent d'information. C'est la raison pour laquelle, malgré ses deux matrices, le PNR Scarpe Escaut n'utilise pas la cartographie dans ses livrables.

« On fait notre analyse par grand type d'habitat sans cartographie, rien que les bouquets

permettent de dire que certains (habitats) rendent plus de services que d'autres et d'argumenter, par exemple, sur la protection des zones humides de notre territoire » (T. Lefort, 2024). Il partage aussi qu'il est « délicat de faire des cartographies d'habitat, car nous sommes assez convaincus que ce sont les mosaïques d'habitats qui nous rendent service » (T. Lefort, 2024). Les bases de données globales ne permettent pas de rendre compte d'une mosaïque d'habitats car ce n'est pas leur objectif. Des études de terrain seraient à privilégier dans ce cas de figure, mais cela vient se heurter à un autre problème : l'équilibre de la matrice. La matrice de capacités a un double enjeu, celui de donner assez d'informations pour avoir un poids dans les décisions, et celui d'être assez synthétique pour être remplie par les experts et manipulée par ses utilisateurs. La typologie d'habitat doit donc être assez fournie pour avoir un intérêt et aussi courte que possible pour ne pas dégoûter les experts. Cet équilibre impose de faire des choix qui poussent à la simplification de la typologie d'habitat.

Comme on peut le constater sur les planches photos ci-dessous (Figure 51), une dernière planche photo est disponible en annexe 9, la simplification apporte alors son lot de contresens écologiques.

Figure 51 : Planches photos de comparaison entre deux milieux au sein d'un même habitat



Hab31 : Surfaces bâties



Centre du quartier des rives de la Haute Deûle, Bois Blancs (Vue aérienne, 2021, Géo2France)



Centre du quartier des rives de la Haute Deûle, Bois Blancs (Vue de face, Google StreetView)

Hab31 : Surfaces bâties



Carrefour du centre ville, Amiens (Vue aérienne, 2021, Géo2France)



Carrefour du centre ville, Amiens (Vue de face, Google StreetView)

Source : Vues aériennes proviennent de Géo2France (2021) ; source photos diverses (affichées sur les planches)

Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

Comme on peut le constater sur la première planche, concernant les plans d'eau (Hab1), la simplification de la typologie des habitats amène à classer un plan d'eau naturel, avec une lagune industrielle, une carrière en activité. Une simple observation visuelle permet d'affirmer que l'état écologique de l'eau et du milieu est très mauvais dans la lagune. Ces deux écosystèmes n'apportent absolument pas les mêmes bénéfices, pourtant, ils sont tous deux classés dans le même habitat et ont donc les mêmes scores dans la matrice finale (Figure 31). Également, la deuxième planche photo illustre la « rareté du milieu ». Le contexte urbain implique que les milieux naturels sont plus rares, mais ils apportent plus de services, car ils profitent à plus de monde et ils régulent plus de facteurs. Cependant, la contextualisation du milieu est impossible à prendre en compte dans la matrice.

Attention, ces manquements cartographiques ne sont pas un reproche aux bases de données, leurs typologies sont des choix, pour assurer une vision globale précise, mais en aucun cas une vision exhaustive. Une perspective possible pour empêcher ces limites serait de placer un contexte local et un enjeu précis. Par exemple, se focaliser sur des surfaces arborées, et

alimenter la matrice avec des études de terrains pour créer une base de données cartographique adaptée. Cependant, cette méthode serait extrêmement chronophage et la matrice perdrait sa rapidité de déploiement et sa flexibilité.

Enfin, le bureau d'étude Auddicé a souligné une dernière problématique liée à la cartographie : la 2D. En effet, ne pas prendre la 3D et donc la hauteur empêche de qualifier des surfaces à grands enjeux de biodiversité et de services. Par exemple, les éoliennes ont une emprise au sol assez faible, et une surface aérienne très importante, comment prendre en compte cette surface ? Les immeubles aussi posent des questions, leurs surfaces de mur, si elles sont végétalisées, sont-elles à prendre en compte ? Doit-on développer un moyen de faire ressortir des surfaces imperméables plus dangereuses que d'autres, par exemple un score négatif pour les grands immeubles en verre, causant un nombre très important de mort d'oiseau ? Les moyens de faire évoluer la matrice sont nombreux, car sa précision peut toujours être améliorée.

4.2.2. Le manque d'institutionnalisation de méthodes de prise en compte des services écosystémiques dans l'aménagement du territoire

Les bureaux d'études ont fait ressortir une limite majeure de la matrice dans leurs activités, la législation. Pour rappel : « **Depuis 2016, le droit français poursuit un objectif de non-perte nette de biodiversité en imposant aux projets ayant des incidences sur la biodiversité d'éviter, de réduire, puis de compenser ces incidences.** » (B. Padilla & al, 2024) et pour atteindre cet objectif, la prise en compte des services écosystémiques est devenue obligatoire dans les documents d'urbanisme et les études d'impact environnementales. On pourrait croire que cette réglementation favorise grandement la matrice de capacités, qui apporte, comme on l'a vu, un moyen de hiérarchiser les écosystèmes avec une méthode scientifique forte. Cependant, les bureaux Auddicé et Biotope soulignent l'absence d'institutionnalisation de la méthode. En effet, bien qu'il soit obligatoire de prendre en compte les services, aucune bonne pratique n'est préconisée pour le faire. Ainsi, certains bureaux utilisent la méthode de la matrice, mais d'autres utilisent des méthodes plus simples à mettre en place, par exemple un

scoring binaire²⁶ qui ne nécessite ni « dire d'expert » ni recherches scientifiques approfondies. Ainsi, cette méthode binaire est beaucoup plus rapide et n'est pas très contraignante pour les porteurs de projet. Cela est plus rapide pour les constructeurs et aménageurs qui favorisent donc ces approches simplistes et superficielles. De la concurrence se crée entre les bureaux d'étude, et malheureusement, quand les porteurs du projet doivent faire un choix, les méthodes les plus rapides et les moins coûteuses sont favorisées et c'est l'environnement qui en pâtit. Également, les administrations délivrant les permis de construire ne sont pas forcément très regardantes sur la méthode utilisée dans les études environnementales.

L'institutionnalisation de prise en compte des services écosystémiques dans les projets d'aménagement est une solution. Même si l'entrée par les SES porte son lot de questionnements, elle est la plus perspicace pour fédérer et évaluer. L'objectif ZAN est un nouveau bond en avant pour l'écologie française, son ambition de protection de la totalité des ENAF du pays justifie la place des services écosystémiques dans les stratégies politiques. Cependant, il faut structurer cette prise de position, apporter des outils à la portée des collectivités et des bureaux d'étude comme la matrice de capacités.

Sur ce point, il aurait été intéressant de recueillir l'avis des aménageurs, grands absents de l'enquête. Ces grands acteurs opérationnels auraient pu partager leurs méthodes actuelles d'évaluation des services écosystémiques et les comparer à la matrice. Savoir si la démocratisation de cette dernière est souhaitable, utile et possible.

Ce flou législatif ne favorise pas le rayonnement de la matrice de capacités, qui est assez méconnue chez les acteurs. Si on reprend le graphique en figure 47, plus de trois quarts des experts étaient néophytes, alors que ce sont des acteurs du monde environnemental, on peut y ajouter l'ADULM et la métropole d'Amiens, qui eux aussi ne connaissaient pas du tout la méthode. **« Selon les associations environnementales, il existe aujourd'hui un manque d'outils opérationnels cartographiés au sujet des services écosystémiques, alors que les « supports cartographiques représentent leur principal outil de communication lorsqu'elles s'adressent aux professionnels du développement urbain ou au grand public. » (...) Elles pourraient également être rendues disponibles dans les outils de visualisation des enjeux territoriaux développés par les agences d'urbanisme, les directions territoriales ou les**

²⁶ Pour rappel, la méthode de scoring binaire consiste à mettre soit un score de 0 soit de 1 pour un habitat, cela veut que soit il a la capacité de rendre le service, soit il ne l'a pas

directions régionales » (L. Tardieu & al 2023) Il y a une demande importante d'évaluation des services, mais trop peu de visibilité sur les outils qui permettent de bien le faire.

4.2.3. L'usage potentiel potentielle par les structures est trop faible, l'appropriation de la matrice demande une acculturation trop grande

Enfin, la dernière limite constatée de la matrice de capacités est sa temporalité. Comme l'a soulevé L. Gavory, de la métropole d'Amiens, la capacité des habitats de la matrice à rendre des services est forcément une capacité passée. Cette capacité est basée sur des connaissances qui ne sont pas récentes. Est-ce que la science va pouvoir suivre les évolutions liées aux écosystèmes ? **« Quoi qu'on fasse, compte tenu de l'inertie climatique (le CO₂ émis reste cent ans dans l'atmosphère), le climat des prochaines décennies sera caractéristique d'une phase de transition avec des comportements chaotiques. Pour la France, cela signifie que les températures vont augmenter tendanciellement et que le sud risque de se désertifier. Mais selon les années, les mêmes régions pourront subir un froid polaire ou des pluies diluviennes. Les perturbations des dernières années ne sont que les prémices des bouleversements à venir. »** (F. Durand, 2024) Les habitats se modifient rapidement et en profondeurs à cause du réchauffement climatique. Les essences d'arbres disparaissent au profit d'autres arbres plus résistants à la chaleur, la présence d'eau douce s'amointrit, les processus biochimiques se modifient, etc.

Il y a un besoin constant de requalification des habitats, car leur capacité à rendre des services se modifie d'année en année. On peut se demander comment prendre en compte la vulnérabilité des écosystèmes. Un exemple de calcul de vulnérabilité est donné par C.S. Campagne dans la matrice du PNR Scarpe Escaut (Partie 2.3.3.), mais qui n'est peut-être pas suffisant face aux enjeux écologiques gigantesques de notre société. En effet, ce sujet a été évoqué lors de l'entretien avec G. Jechoux du PNR de Brière, les écosystèmes n'ont pas tous la même résistance au changement climatique. Par exemple, les zones humides sont très sensibles au changement de PH de l'eau ou à la perte de biodiversité, tandis qu'une forêt de conifères est plutôt résistante au changement de température. Ces deux habitats, dans la prochaine décennie, vont évoluer sur des chronologies de dégradation différentes. Les services

écosystémiques aussi seront assurés différemment, mais en général, ils seront tous moins efficaces. Le réchauffement climatique impacte les processus biophysique, avec le temps les arbres sont moins efficaces pour absorber les GES ou les polluants, la mer s'acidifie et accueille de moins en moins de biodiversité, les marais absorbent de moins en moins d'inondation, etc. Il faut avoir ces éléments en tête et nuancer les conclusions de la matrice en conséquence.

4.3. Conclusion du mémoire

4.3.1. Résumé des intérêts et des limites de la méthode de la matrice de capacités

Les experts interrogés dans les questionnaires et la totalité des acteurs interviewés sont unanimes, la matrice de capacités est un outil d'aménagement du territoire. Elle sert les acteurs opérationnels grâce à sa simplicité de mise en place et son utilité environnementaliste évident. De plus, la matrice dans toutes ses étapes de conception, de sa réflexion initiale à son utilisation finale, en passant par sa réalisation, montre une utilité concrète et/ou symbolique. La création de la matrice vide pousse à s'intéresser aux enjeux contemporains et développer de la connaissance pour établir les typologies. Les ateliers de remplissage permettent des séances d'échanges riches entre des acteurs qui ne sont pas forcément partenaires. C'est un outil d'intelligence collective au service des acteurs. Une fois la matrice conçue, ses rendus graphiques, principalement la cartographie et les bouquets, sont des objets de sensibilisation et de communication. La matrice permet d'établir une argumentation en faveur de la protection des ENAF, par le prisme des services écosystémiques, qui sont aujourd'hui le moyen le plus efficace pour évaluer et faire comprendre l'intérêt des SFN. La cartographie est notamment un élément de discours très important, les cartes et les SIG en général ont un « **gain d'indiscutabilité** » (Trépos, 1996) qui conscientise des enjeux à des acteurs qui ne sont pas familiarisés aux SES et à l'écologie en général.

La matrice est aussi un outil moderne qui s'intègre dans les stratégies environnementales nationales, notamment les Grenelles de l'environnement, sur la prise en compte des services écosystémiques, la séquence ERC, la loi biodiversité de 2016 et plus récemment l'objectif ZAN.

Elle le fait avec une méthode scientifique robuste et peut justifier la protection par des enjeux variés et à différentes échelles stratégiques.

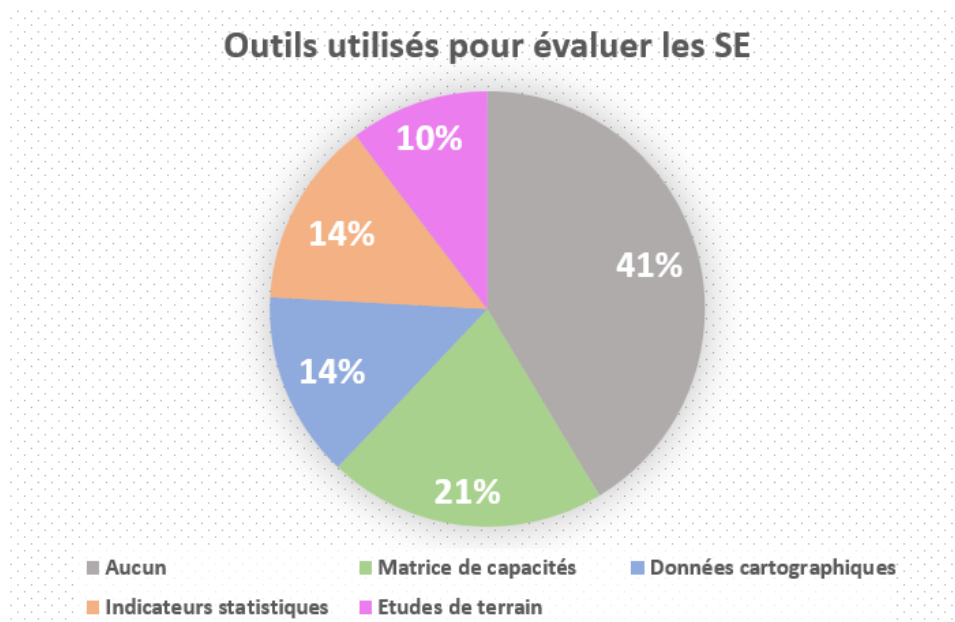
Cependant, la matrice a aussi plusieurs limites soulignées par les acteurs et par les observations de l'ARB durant tout le processus de conception. Tout d'abord, la méthode doit être très rigoureuse à toutes les étapes de création et d'utilisation. Surtout concernant le « dire d'experts » qui nécessite un panel diversifié et de qualité. Les limites sont aussi cartographiques, est-ce que les bases de données sont fiables ? La simplification des habitats à l'échelle de site peut rendre la matrice inopérante si elle est mal faite. La réglementation nationale trop imprécise est aussi un obstacle à la démocratisation de la matrice et à son évolution méthodologique. Enfin, les services écosystémiques sont aussi à questionner, notamment pour la vision trop anthropocentrée qu'ils imposent, qui peut paraître malsaine aux yeux de certains naturalistes.

Ce lot de limites peut apporter une multitude de contresens qu'il convient impérativement d'éviter, notamment concernant les cartes de services écosystémiques : **« Les enjeux politiques de la mise en carte apparaissent nettement lors de discussions sur le message qu'elles véhiculent : "Si on montre une carte où l'espèce a disparu de notre région avec le changement climatique, alors quel message on envoie aux politiques : qu'on ne peut rien faire ? Que peu importe ce qu'on fait, ça ne sert à rien ?" »** (E. Lobry & S. Catteau, 2023) La matrice doit fédérer, et non diviser. Elle doit présenter une situation critique de l'environnement, qui est réel, mais ne pas tirer un portrait trop grave, car il ne faut pas oublier que son objectif est de s'adresser à des élus qui n'investiront ni énergie ni ressources financières dans un combat perdu d'avance.

La matrice de capacités HDF 2024 peut être utilisée de différentes façons par les acteurs opérationnels du territoire, qui peuvent se projeter avec une vision stratégique structurée. Comme le montre le graphique ci-dessous (Figure 52), les experts ayant répondu au questionnaire n'utilisent que très peu d'outils pour évaluer les services écosystémiques. Bien que ce panel ne contienne pas de bureaux d'étude ou d'aménageur, de nombreuses collectivités et gestionnaires (Figure 27) de territoire ont répondu au questionnaire et ont besoin de prendre en compte les services dans leurs projets de territoire. Pourtant, 41 % des interrogés n'utilisent aucun outil. 21 % utilisent la matrice, et le reste des outils sont des méthodes simples, comme les indicateurs (en majorité des indicateurs « biodiversité » et non

sur les services, comme la fragmentation par exemple) ou la cartographie. La matrice de capacités, avec une formation préalable sur son utilisation et ses notions, est un outil clef en main d'une grande précision environnementale.

Figure 52 : Graphique sur la part des outils d'évaluation des services écosystémiques utilisés par les experts ayant répondu au questionnaire et leur nature



Réalisation : CILOR Thibault, IAUGL – Master UA, 2024

4.3.2. La nécessaire adoption d'une méthode systémique

Une question se pose sur les évolutions à inclure dans la matrice. Toujours plus d'indices et de nuances est une bonne solution, mais il rend la matrice lourde à manier. L'indice de confiance, l'indice de vulnérabilité, la priorisation des enjeux, les typologies adaptées à chaque échelle... Ce sont tant de pistes d'évolution de la matrice de capacités qui apportent des précisions et qui légitiment l'utilisation de la matrice dans la prise de décisions. Cependant, où stopper la méthode ? La limite majeure de la matrice est peut-être son ambition. A force de vouloir lui donner des objectifs qui ne sont pas les siens et qui sont trop difficiles à atteindre pour la méthode, on en oublie son objectif premier : justifier la protection des ENAF en démontrant l'inutilité écosystémique des milieux imperméabilisés. C'est alors une

obligation pour la matrice, dans les documents d'urbanisme et les études environnementales, de se reposer sur d'autres outils complémentaires comme ceux évoqués précédemment.

Cependant, cela ne veut pas dire que la méthode de la matrice et que ses objectifs doivent se reposer sur ses efforts. Comme il a été dit lors de l'entretien avec Auddicé, bureau d'étude utilisateur de l'outil, « **la matrice a besoin d'évoluer** ». Cette évolution est peut-être plus globale. En effet, l'approche de la matrice se cantonne au milieu de l'environnement et chez les structures déjà sensibilisées. La méthode a du mal à dépasser le cadre scientifique et le cadre naturaliste. Des premiers usages du guide de la DREAL (3.3.) sont utilisés, notamment par la région et certains bureaux d'étude, mais il y a un besoin de généralisation. La démocratisation de la matrice doit notamment passer par la communication. Il a été expliqué précédemment que les services écosystémiques ne sont pas très utilisés, et parfois même inconnus, alors que leur prise en compte est obligatoire. Il y a donc un besoin de législation et de sensibilisation des acteurs, notamment des élus. L'évolution de la matrice est peut-être dans son intégration dans des processus plus généraux, qu'elle fasse partie d'un récit.

E. Lobry & S. Catteau (2023), nous explique que la cartographie de services écosystémiques « **Plutôt que d'être envisagée comme l'aboutissement d'une procédure linéaire, elle peut s'inscrire dans un processus itératif de construction du modèle entre thématiciens, modélisateurs et politiques.** » (E. Lobry & S. Catteau, 2023). La région Hauts-de-France est en bonne voie pour appliquer cette vision. La matrice de capacités peut contribuer à une incarnation plus respectueuse de l'environnement par les acteurs opérationnels du territoire. Mais ces derniers doivent embrasser les problématiques de demain, s'adapter aux changements chronologiques de notre société et se rendre compte de leur rôle à jouer dans la prise en compte de la biodiversité dans leurs projets.

Bibliographie :

Ouvrages et rapports d'étude :

- Branchu P., Marseille, F., Béchet B., Bessière J.-P., Boithias L, Duvigneau C., Genesco P., Keller C., Lambert M.-L., Laroche B., Le Guern C., Lemot A., Métois R., Moulin J. Néel C., Sheriff R. (2022). MUSE. Intégrer la multifonctionnalité dans les documents d'urbanisme. 184 pages
- Campagne, C.S. (2018). Évaluation des services écosystémiques par la méthode des matrices de capacité: analyse méthodologique et applications à l'échelle régionale. Thèse. <https://hal.science/tel-02608814v1>
- Campagne, C.S. Roche, P.K. (2019). « Évaluation de la capacité et l'usage en services écosystémiques : Parc naturel régional Scarpe-Escaut ». Rapport d'étude, UR RECOVER, IRSTEA, Aix-en-Provence. 74p.
- Campagne, C.S. et Roche, P.K. 2021. Guide pour la prise en compte des services écosystémiques dans les évaluations des incidences sur l'environnement, Guide méthodologique, DREAL, 131pages.
- 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?* », Ecosystem Services, Volume 28, Part A, 2017, Pages 1-16, ISSN 2212-0416, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>. (lien : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212041617304060?via%3Di> hub)
- Demangeon, A. (1905). « *La Picardie et les régions voisines. Artois, Cambrésis, Beauvaisis, Paris* ». Armand Colin. 496 p. réédition, Paris, Guénégaud, 1973 - disponible sur Gallica
- Guisan, A. Rey, P.-L. Külling, N. Lehmann, A. (2022). « *Biodiversité et services écosystémiques pour les humains* ». Revue santé et environnement. Pages 132 à 145.
- Laurans, Y. Scheherazade, A. (2010). « Evaluation des services rendus par les zones humides dans le bassin Artois-Picardie ». Rapport de l'Agence de l'eau Artois-Picardie. 36p. URL : https://www.eau-artois-picardie.fr/sites/default/files/evaluation_des_services_rendus_par_les_zones_humides_resume.pdf

- Lespez, L. & Dufour, S. (2024). Chapitre 3. Les approches critiques et réflexives. Dans : Simon Dufour éd., Géographie de l'environnement : La nature au temps de l'Anthropocène (pp. 66-74). Paris : Armand Colin.
- Pierrard, P. (1978). « *Histoire du Nord : Flandre, Artois, Hainaut, Picardie* ». Paris. Hachette. 406 p. (ISBN 2-01-020306-2)
- Rajoelisoa, O. (2023). « *Evaluation de la capacité des habitats naturels et semi-naturels à fournir des services écosystémiques à l'échelle de la région Grand Est : Application de la méthode de la Matrice des capacités* ». Rapport de stage, faculté des sciences de la vie de Strasbourg. 67p
- Séré G., (2018). Mieux connaître la pédogenèse et le fonctionnement des Technosols pour optimiser les services écosystémiques rendus. 119 pages.
<https://www.researchgate.net/publication/360394066> Mieux connaître la pédogenèse et le fonctionnement des Technosols pour optimiser les services écosystémiques rendus
- Surowiecki, J. (2004). « La Sagesse des foules » (The Wisdom of Crowds). Traduction française, Paris, Éditions Jean-Claude Lattès, (2008). (ISBN 978-2709628914)
- Vrignon, A. (2022). « *France grise, France verte : Une histoire environnementale depuis 1945* »

Articles :

- Amelot X., André Lamat V., (2009), "*La nature enfermée ou l'aire protégée comme norme de protection d'un bien commun menacé*", Géographie et cultures, No.69, 81-96, [en ligne]. URL : <https://journals.openedition.org/gc/3580> ; DOI : 10.4000/gc.3580
- Antoni, V. & Kraszewski, M. (2018). L'état des sols en France : l'artificialisation et les autres sources de dégradation. Annales des Mines - Responsabilité & environnement, 91, 13-18. <https://doi-org.ressources-electroniques.univ-lille.fr/10.3917/re1.091.0013>
- Bécot, R., Frioux, S. & Marchand, A. (2019). Santé et environnement : les traces d'une relation à haut risque. Écologie & politique, 58, 9-20. <https://doi-org.ressources-electroniques.univ-lille.fr/10.3917/ecopo1.058.0009>
- Campagne, C.S. Roche, P.K. Müller, F. Burkhard, B. (2020). « *Ten years of ecosystem services matrix: Review of a (r)evolution* ». One Ecosystem 5: e51103.
<https://doi.org/10.3897/oneeco.5.e51103>

- Campagne, C.S. Tschanz, L. Tatoni, T. « *Outil d'évaluation et de concertation sur les services écosystémiques : la matrice des capacités* ». Sciences Eaux & Territoires, 2016, Hors série 23, 6 p. ff10.14758/SET-REVUE.2016.HS.01ff. fffhal-01285960f
- Dufrêne, M. Pairon, M. (2023). « *Mise en place d'outils opérationnels d'évaluation des services écosystémiques en Wallonie à toutes les étapes d'un projet* ». Rapport technique : exemple d'utilisation de la matrice des capacités – artificialisation des terres entre 2007 et 2019. Liège Université Gembloux Agro-bio Tech & Wallonie service public (SPW).
- Durand, F. (2024). Le réchauffement climatique : enjeu crucial du XXIe siècle. Administration, 282, 6-9. <https://doi-org.ressources-electroniques.univ-lille.fr/10.3917/admi.282.0006>
- Griset, P. (2021). Puissance publique et santé environnementale en France : ruptures et mutations dans la longue durée. Annales des Mines - Responsabilité & environnement, 104, 6-9. <https://doi-org.ressources-electroniques.univ-lille.fr/10.3917/re1.104.0006>
- Hermann, A. Shleifer, S. Wrbka, T. (2011), The Concept of Ecosystem Services Regarding Landscape Research: A Review, Living reviews in landscape research, 5, <http://www.livingreviews.org/lrlr-2011-1>
- Kaiser, G., Burkhard, B., Römer, H., Sangkaew, S., Graterol, R., Haitook, T., Sterr, H., SakunaSchwartz, 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
- Lobry, E., Catteau, S. (avril 2023). « *Sous la carte, des jeux d'acteurs : cartographie de l'environnement et SIG critique* », Cybergeog: European Journal of Geography [En ligne], Cartographie, Imagerie, SIG, document 1049. URL : <http://journals.openedition.org/cybergeog/40355> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/cybergeog.40355>
- Maillefert M., Petit O. (2017). « *Vers une démarche intégrée d'évaluation et de représentation des services écosystémiques : perspectives interdisciplinaires et enjeux en milieu urbain* ». Environnement Urbain/Urban Environment, vol. 11. <http://journals.openedition.org.ressources-electroniques.univ-lille.fr/eue/1551>.
- Moro, C & Nass, N. (mars 2022). Une Fonction publique pour la transition écologique – Fiche « Notions juridiques et réglementaires »
- Padilla, B., Gelot, S., Guette, A., Carruthers-Jones, J. (février 2024). « *La compensation écologique permet-elle vraiment de tendre vers l'absence de perte nette de biodiversité ?* », Cybergeog: European Journal of Geography, Environnement, Nature,

Paysage, document 1060. URL : <http://journals.openedition.org/cybergegeo/40826> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/cybergegeo.40826>

- Rey-Valette, H., Blayac, T., Adjeroud, F., Pauly, L., Lautrédou-Audouy, N. & Salles, J. (2020). Évaluation de la contribution des services écosystémiques au bien-être des habitants : Le cas des étangs littoraux et aquacoles. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, , 717-741. <https://doi.org/10.3917/reru.204.0717>
- Rouveyrol, P. (juin 2024). « *Cartographier les pressions qui s'exercent sur la biodiversité : éléments de réflexion autour des pratiques utilisées* », *Cybergegeo: European Journal of Geography* [En ligne], Environnement, Nature, Paysage, document 1070. URL : <http://journals.openedition.org/cybergegeo/41132> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/11wcn>
- Tardieu, L. Hamel, P. Mikou, M. Coste, L. Levrel, H. (2023). « *L'approche par les services écosystémiques peut-elle permettre une meilleure mise en visibilité de la nature dans les processus de planification urbaine ?* », *Développement durable et territoires* [En ligne], Vol. 14, n°3 URL : <http://journals.openedition.org/developpementdurable/23548> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.23548>
- Vannier, C. Crouzat, E. Byczek, C. Lasseur, R. Lafond, V. Cordonnier, T. Longaretti, P-Y. Lavorel, S. (2017). « *Cartographier les services écosystémiques : quelles données, quels modèles, quelles incertitudes ? Exemple autour du bassin de vie de Grenoble* », *Environnement Urbain*, Volume 11. URL : <http://journals.openedition.org.ressources-electroniques.univ-lille.fr/eue/1629>
- Yildirim, H. Requier-Desjardins, M. Rey-Valette, H. (2017). « *Étudier la perception des services écosystémiques pour appréhender le capital environnemental d'un territoire et ses enjeux de développement, le cas de la péninsule de Karaburun en Turquie* », *Développement durable et territoires* [En ligne], Vol. 8. URL : <http://journals.openedition.org.ressources-electroniques.univ-lille.fr/developpementdurable/11894> ; DOI : <https://doi-org.ressources-electroniques.univ-lille.fr/10.4000/developpementdurable.11894>

Webographie :

- Bertrand, X. Directeur de la publication. URL : <https://www.hautsdefrance.fr/categorie/carte-identite/>
- CICES (Common International Classification of Ecosystem Services). (2024). URL : <https://cices.eu/>

- Collecte Localisation Satellites (CLS), (2023). *OCS 2D Hauts-de-France - Clé d'interprétation*. Référence : CLS-ENV-RP-22-0150 - Version 3 – 19/07/2022. 206 p. https://www.geo2france.fr/opendata/ocs2d_2021/doc/dictionnaire_ocs2d_hdf.pdf
- Foucaud-Scheunemann, C. Rédactrice. (2021), « *Les solutions fondées sur la nature, vous connaissez ?* ».site internet de l'INRAE. <https://www.inrae.fr/actualites/solutions-fondees-nature-vous-connaissez>
- INPN (Inventaire National du Patrimoine Naturel). (2024). « *CARHAB, présentation* ». URL : <https://inpn.mnhn.fr/programme/carhab>
- INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques). (2024). « Dossier complet : Région des Hauts-de-France ». URL : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2011101?geo=REG-32>
- INSEE. (2018). « *Dans une région jeune, une forte concentration des 15-29 ans autour de Lille et Amiens : Les jeunes en Hauts-de-France* ». URL : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3675749>
- INSEE. (2022). « *Le littoral des Hauts-de-France : un territoire porté par l'économie maritime : Territoires des Hauts-de-France* ». URL : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/6464689>
- La préfecture et les services de l'Etat en région Hauts-de-France. (2015). « *Géographie de la région Hauts-de-France* » URL : [https://www.prefectures-regions.gouv.fr/hauts-de-france/Region-et-institutions/Portrait-de-la-region/Geographie/Geographie-de-la-region-Hauts-de-France#:~:text=Ses%2013%20km2%20de,18%20\(rang%2Fsuperficie\)](https://www.prefectures-regions.gouv.fr/hauts-de-france/Region-et-institutions/Portrait-de-la-region/Geographie/Geographie-de-la-region-Hauts-de-France#:~:text=Ses%2013%20km2%20de,18%20(rang%2Fsuperficie))
- La préfecture et les services de l'Etat en région Hauts-de-France. (2015). « *L'Histoire de la région Hauts-de-France* » URL : <https://www.prefectures-regions.gouv.fr/hauts-de-france/Region-et-institutions/Portrait-de-la-region/Histoire/L-histoire-de-la-region-Hauts-de-France>
- Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires. « *L'évaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques* ». URL : <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/levaluation-francaise-ecosystemes-services-ecosystemiques>
- Weber, M. Responsable de Publication. <https://www.parcs-naturels-regionaux.fr/les-parcs/charte-et-procedure-de-classement/charte-et-procedure-de-classement>

Glossaire :

ADULM : Agence d'Urbanisme de Lille Métropole

ARB : Agence Régionale de la Biodiversité

BIMHBAP : Boîte d'Indicateurs des Milieux Humides du Bassin Artois-Picardie

CARHAB : Cartographie Habitat

CICES : Common International Classification of Ecosystem Services

CLS : Collecte Localisation Satellites

CSPRN : Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel

DREAL : Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

EFESE : Evaluation Française des écosystèmes et des services écosystémiques

ENAF : Espaces Naturels, Agricoles et Forestiers

ENRx : Espaces Naturels Régionaux

ENVIE : Environnement et ville durable

ERC : Eviter Réduire Compenser

GES : Gaz à effet de serre

GREB : Gouvernance Régionale pour la Biodiversité

HDF : Hauts-de-France

ICU : îlots de chaleur urbain

MAE : Millennium Ecosystem Assessment

M2 UA : Master 2 d'Urbanisme et d'aménagement du territoire

OCS2D : Occupation du Sol en 2 Dimensions

OFB : Office Française de la Biodiversité

OIE : Office international des épizooties

PCAET : Plan Climat Air Energie Territorial

PCET : Plan Climat Energie Territorial

PNR : Parc Naturel Régionaux

RAMSAR : Convention sur les zones humides d'importance internationale

RGPD : Règlement Général sur la Protection des Données

SES : Service Écosystémique

SINP : Système d'Information de l'Inventaire du Patrimoine Naturel

SIG : Système d'Information Géographique

SNDD : stratégies nationales de développement durable

UE : Union Européenne

URCPIE : Union Régional des Centres Permanents d'Initiatives pour l'Environnement

Table des figures :

Figure 1 : Chronologie du stage au sein de l'Agence Régionale de la Biodiversité Hauts-de-France	5
Figure 2 : Organigramme de l'Agence Régionale de la Biodiversité Hauts-de-France	7
Figure 3 : Schéma, méthodologie croisée de conception de la matrice de capacités HDF 2024 et du mémoire de stage	16
Figure 4 : Schéma, acteurs interrogés en entretien dans le cadre de l'enquête sur l'appropriation et l'usage de la matrice de capacités, et leurs compétences	18
Figure 5 : Chronologie contemporaine des lois et réglementations françaises et européennes en faveur de l'environnement	21
Figure 6 : Schéma, éléments constitutifs d'un service écosystémique	28
Figure 7 : Schéma, cascade de services écosystémiques	29
Figure 8 : Schéma, les trois grandes catégories des services écosystémiques	30
Figure 9 : Exemple de matrice de capacités type	34
Figure 10 : Méthodologie détaillée type de l'approche de la matrice de capacités	35
Figure 11 : Graphique, distribution des matrices de capacités à travers le monde en fonction de leur géographie, datation et échelle	37
Figure 12 : Schéma, les 3 valeurs des services écosystémiques	39
Figure 13 : Schéma, données et approches communément utilisées dans ou avec études d'évaluation des services écosystémiques	39
Figure 14 : Carte de la capacité des habitats du PNR Scarpe Escaut à rendre le service écosystémique de pollinisation et de dispersion des graines	43
Figure 15 : Exemple de cartographie sur le territoire wallon calculant les pertes ou les gains de services écosystémiques à l'échelle locale	44

Figure 16 : Echantillon du tableau d'exemple de calcul des pertes et des gains de services écosystémiques sur le territoire de la Wallonie	45
Figure 17 : Cartes montrant la distribution spatiale du service « approvisionnement en nourriture » avant le tsunami (carte en haut à gauche) après le tsunami (en haut à droite) et après le temps de récupération (en bas)	46
Figure 18 : Carte de la région Hauts de France au sein de la France métropolitaine, zoom sur les départements et leurs préfectures	49
Figure 19 : Carte présentant la ruralité des communes de la région Hauts-de-France	51
Figure 20 : Montage photo, titre des photos de haut en bas et de gauche à droite, PNR Caps et marais d'Opale, PNR de l'Avesnois, PNR Scarpe Escaut, PNR Oise pays de France et PNR Baie de Somme Picardie maritime	53
Figure 21 : Schéma, méthodologie de remplissage et d'utilisation de la matrice de capacités HDF 2024	55
Figure 22 : Typologies des habitats utilisées dans la matrice de capacités HDF 2024 (Tableau de gauche) et 2018 (Tableau de droite)	57
Figure 23 : Tableau de simplification des habitats de l'OCS2D par le croisement des Couverts de Sols (CS) et des Usages (US) et tableau de disponibilité des millésimes de l'OCS2D par département	58
Figure 24 : Liste finale des habitats sélectionnés dans la matrice HDF 2024, leur famille d'habitat et leur correspondance avec l'OCS2D	59
Figure 25 : Liste finale des services écosystémiques de la matrice de capacités HDF 2024 et les modifications par rapport à la typologie de la matrice HDF 2018	60
Figure 26 : Matrice de capacités Hauts-de-France 2024 vide	62
Figure 27 : Liste des structures des experts participants aux ateliers de remplissage de la matrice HDF 2024, leurs statuts et leurs périmètres d'action	64
Figure 28 : Scoring de l'indice de confiance de la matrice de capacités HDF 2024	65

Figure 29 : Photos des ateliers de remplissage de la matrice HDF 2024, à gauche l’atelier de Amiens (11 juillet 2024) et à droite à Lille (8 juillet 2024)	66
Figure 30 : Scoring de la matrice de capacités HDF 2024	68
Figure 31 : Matrices finales et le détail des typologies, de haut en bas et de gauche à droite : La matrice de confiance ; la matrice des écarts types ; la matrice de capacités HDF 2024 compilée ; le détail des typologies Hab et SE	70
Figure 32 : Graphiques, scores moyennés de la matrice de capacités par familles d’habitats et par groupe de services écosystémiques (graphique de gauche) et scores globaux de la matrice de capacités par famille d’habitats (graphique de droite)	71
Figure 33 : Graphiques, scores de confiance moyennés par habitat (graphique de gauche) et par services écosystémiques (graphique de droite)	72
Figure 34 : Graphiques, écarts types moyennés par habitat (graphique de gauche) et par services écosystémiques (graphique de droite)	73
Figure 35 : Bouquet de services de la région Hauts-de-France, confectionné avec la méthode de la matrice de capacités HDF 2024	77
Figure 36 : Exemples de bouquets de services par famille d’habitats, bouquet des habitats agricoles (à gauche) et des habitats aquatiques (à droite)	78
Figure 37 : Comparaison des résultats cartographiques du SR4 (Offre de refuge et de nurserie pour la biodiversité) à l’échelle régionale entre la matrice de capacités 2018 (carte de gauche) et 2024 (carte de droite)	83
Figure 38 : Comparaison des résultats cartographiques du SR1 (Absorption et régulation des gaz à effet de serre) à l’échelle de la commune de Quesnoy sur Deûle (Nord) entre la matrice de capacités 2018 (carte du haut) et 2024 (carte du bas)	84-85
Figure 39 : Cartes régionales utilisant la méthode de la matrice de capacités HDF 2024 à propos du SA5 (eau douce) sur la carte de gauche, et SR2 (adsorption des pollutions atmosphériques) sur la carte de droite	86
Figure 40 : Schéma de création d’une carte en utilisant la méthode de la matrice de capacités HDF 2024 sur le logiciel SIG Qgis	87

Figure 41 : Potentiel des habitats du Parc Naturel Régional “Caps et marais d’Opale” à réguler les crues et les inondations (SR11 de la matrice de capacités HDF 2024)	89
Figure 42 : Cartes de la Métropole Européenne de Lille démontrant la capacité de ses habitats à rendre le SR5 (Offre de refuge et de nurserie pour la biodiversité) sur la carte du haut, le SC4 (activités récréatives et éco-tourisme) sur la carte du milieu et le SR12 (régulation de la chaleur) sur la carte du bas	90
Figure 43 : Schéma simplifiant la méthode en 6 étapes d’évaluation des SES dans l’aménagement du territoire fourni dans le guide de la DREAL (2021)	93
Figure 44 : Carte exemple d’un périmètre de projet compatible avec la méthode d’évaluation des services écosystémiques du guide de la DREAL	94
Figure 45 : Tableau d’enjeu et de priorisation des services écosystémiques selon les projets et les besoins des acteurs	95
Figure 46 : Exemple d’un tableau de pondération des scores d’une matrice de capacités présentant les scores initiaux et les scores finaux sur le périmètre d’un projet	96
Figure 47 : Graphique de la part des experts, ayant répondu au questionnaire, qui connaissaient la méthode de la matrice de capacité et qui ne connaissaient pas la méthode avant les ateliers de remplissage	100
Figure 48 : Graphiques des limites majeures de la matrice de capacités relevées dans le questionnaire rempli par les experts participants aux ateliers de remplissage	101
Figure 49 : Comparaison des services écosystémiques de régulation de la qualité de l’air entre un arbre de type « feuillus » et un arbre de type « résineux »	103
Figure 50 : Focus matrice de capacités HDF 2024, comparaison des scores Hab19 (Feuillus et peuplement mixtes ou indéterminés) et Hab20 (conifères) pour le SR2 (régulation de la qualité de l’air)	104
Figure 51 : Planches photos, comparaison de deux milieux au sein d’un même habitat	108
Figure 52 : Graphique sur la part des outils d’évaluation des services écosystémiques utilisés par les experts ayant répondu au questionnaire et leur nature	115

ANNEXES :

Sommaire annexe :

Annexe 1 : Questionnaire vide.....	129
Annexe 2 : Chronologie législation environnementale de 1861 à 1986.....	130
Annexe 3 : Schéma autres méthodes que la matrice de capacités pour évaluer les services écosystémiques.....	131
Annexe 4 : Chronologie Historique HDF.....	132
Annexe 5 : Note de recherche régulation de la pollution atmosphérique.....	133
Annexe 6 : Matrice préremplie.....	139
Annexe 7 : Matrices finales au grand format.....	140
Annexe 8 : Bouquets de service pour chaque famille d'habitats.....	143
Annexe 9 : Dernière planche photo.....	147
Annexe 10 : Scripts utilisés dans R stat pour créer les bouquets de services	148

Annexe 1 : Questionnaire vide

QUESTIONNAIRE RECEPTION ET USAGE DE LA MATRICE DE CAPACITÉS

Nom :	Prénom :
Structure :	
<i>Connaissez-vous la méthode de la matrice de capacités avant cet atelier ? :</i> OUI / NON	

1) Quelles sont les compétences de votre structure en matière d'environnement ? :

2) Pensez-vous que la méthode de la matrice est accessible et pourrait être assimilée au sein de votre structure ? :

3) Pensez-vous que les résultats de la matrice (cartes, graphes, bouquets...) peuvent aider votre structure sur certains sujets et enjeux ? Si oui, lesquels ? :

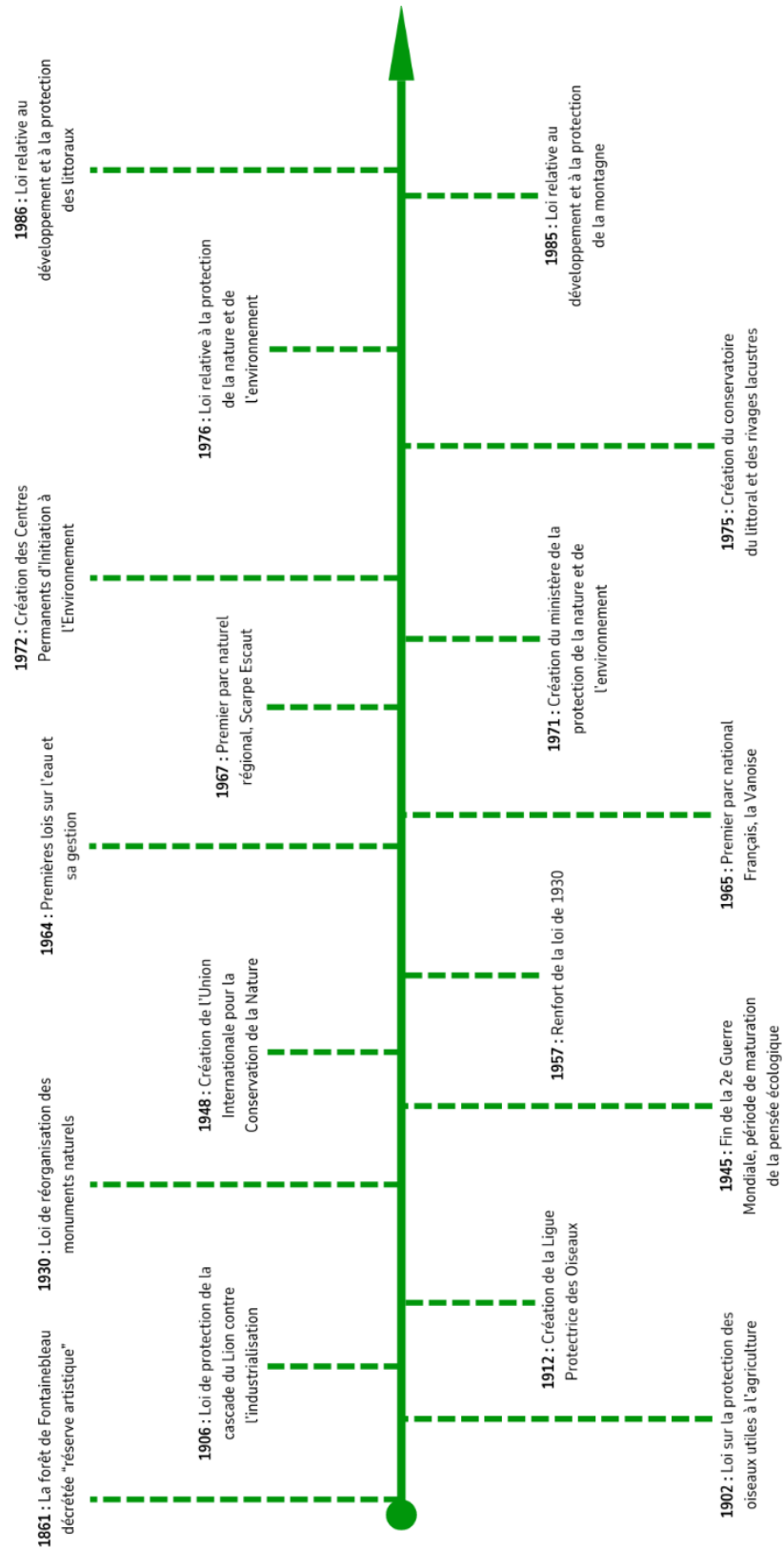
4) Quels sont les outils et les indicateurs que vous utilisez actuellement pour qualifier les services écosystémiques ? :

5) Dans quels types de projet, réunion publique, pourriez-vous utiliser la matrice de capacités ? (Avec exemple, si possible) :

6) Pensez-vous que la méthode de la matrice peut être appliquée dans l'aménagement du territoire et la planification urbaine ? :

7) Selon vous, quelles sont les principales limites de cette méthode ? :

Annexe 2 : Chronologie législation environnementale de 1861 à 1986



Annexe 3 : Schéma autres méthodes que la matrice de capacités pour évaluer les services écosystémiques

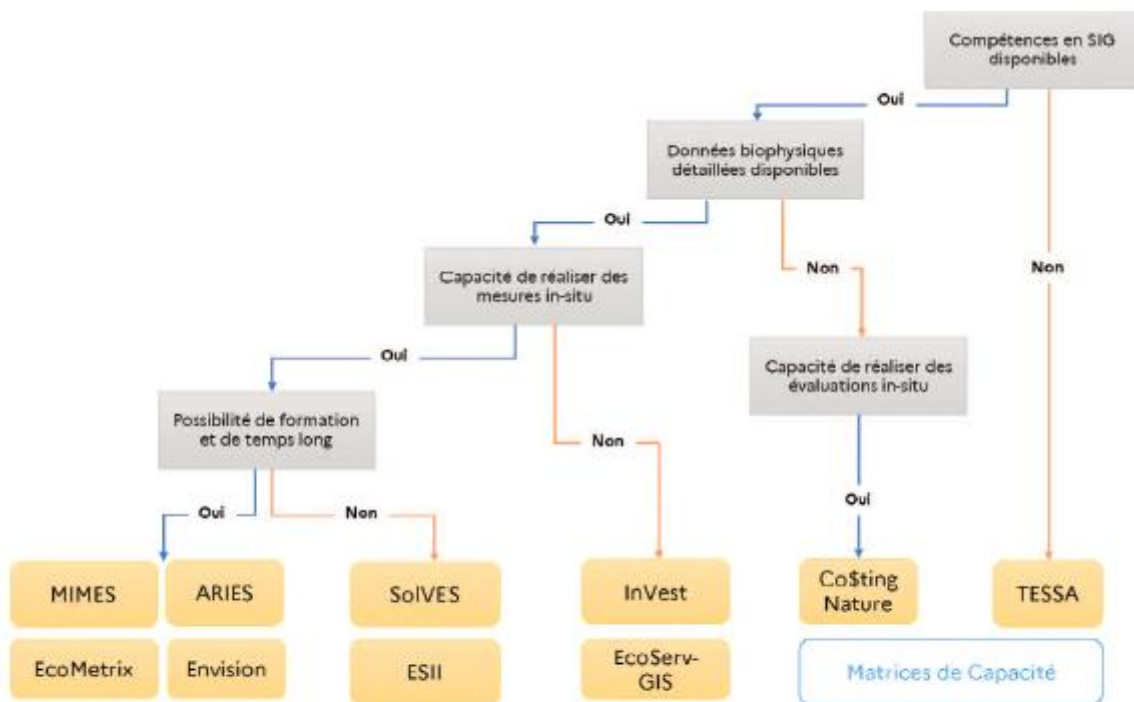
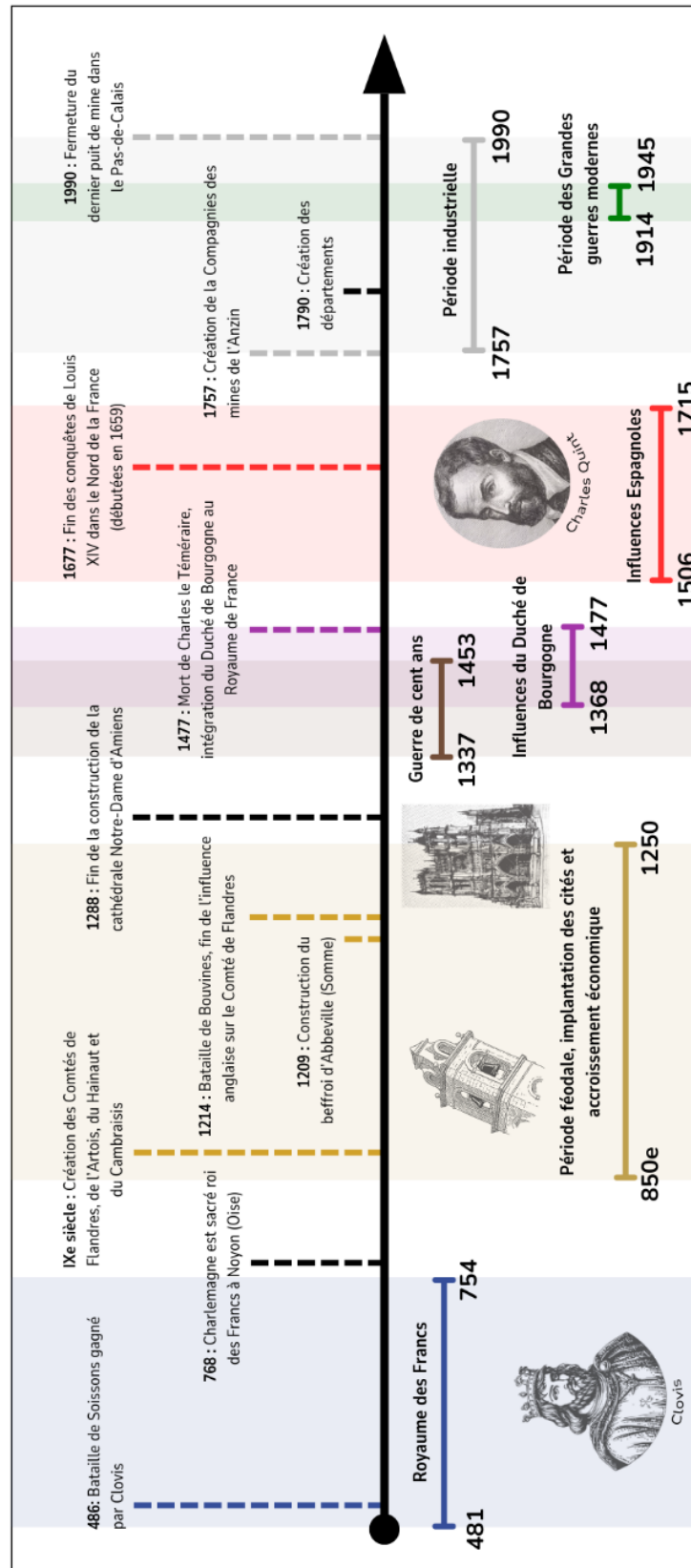


Figure 9 : arbre de sélection de différents outils d'évaluation des services écosystémiques (cadre à fond jaune) en fonction de critères liés aux compétences et données disponibles. La méthode des matrices de capacité développée dans ce guide est positionnée par rapport aux autres outils.

Source : Campagne, C.S. et Roche, P.K. 2021. Guide pour la prise en compte des services écosystémiques dans les évaluations des incidences sur l'environnement, Guide méthodologique, DREAL, 131pages.

Annexe 4 : Chronologie Historique HDF

Chronologie de l'Histoire des Hauts-de-France :



Annexe 5 : Note de recherche régulation de la pollution atmosphérique

Constat : Le service de régulation de la pollution atmosphérique n'est pas dans la typologie des services écosystémiques (SE) de la matrice de capacité HDF 2018. Pourtant, les milieux et les habitats présentés dans la typologie peuvent avoir un impact très important sur la pollution de l'air. Cette fiche a pour but de démontrer en quoi certains habitats, afin d'être valoriser à leur juste valeur, méritent la présence de ce SE dans la typologie de la matrice de capacité HDF 2024.

Définition de l'adsorption : Le service écosystémique de régulation de la pollution atmosphérique implique quelques notions sur le principe d'adsorption, qui est défini par Lotfi Boudjema par la formule suivante : Le principe de l'adsorption repose sur la propriété qu'ont les solides (adsorbant) de fixer sur leur surface certains gaz (adsorbat).

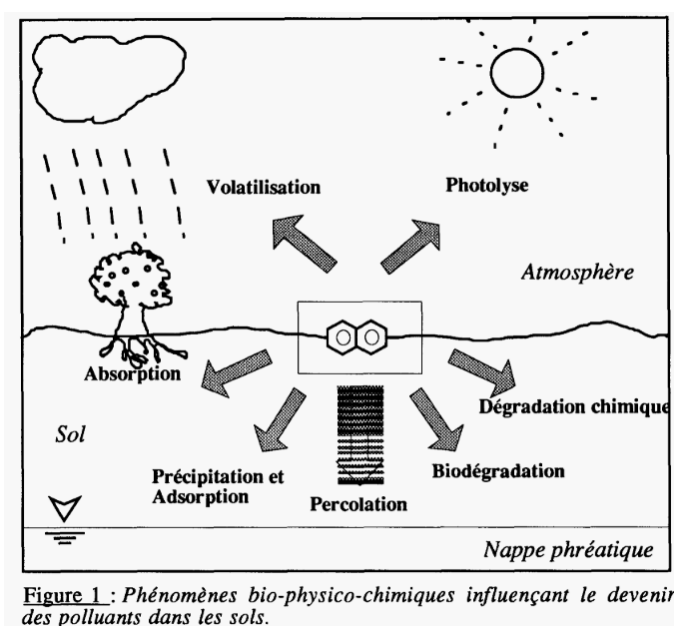


Figure 1 : Phénomènes bio-physico-chimiques influençant le devenir des polluants dans les sols.

L'adsorption est donc effectuée biologiquement par certains types de milieux, comme les sols, les zones humides ou les forêts. Cependant, ces milieux répondent à des critères particuliers afin d'adsorber et de dégrader les polluants. Certains ne sont pas faits pour ça et subissent les effets néfastes de la pollution, principalement la destruction de la biodiversité et la dégradation des nappes phréatiques.

Définition de la pollution atmosphérique : La pollution de l'air est un problème de plus en plus présent dans notre société, notamment dans les secteurs urbains et agricoles qui sont émetteurs, mais surtout victimes des effets néfastes et dangereux des différents polluants.

Tout d'abord, les polluants atmosphériques ne sont pas des gaz à effet de serre. Ces derniers contribuent au réchauffement du climat comme le font le CO₂ ou le méthane. Les polluants atmosphériques sont des pollutions, et agissent donc à la dégradation de la santé humaine et des environnements naturels. On distingue les gaz (SO₂, Nox, Ozone, ammoniac...) et les particules fines et poussières en suspension (primaires ou secondaires et de tailles variables). Chaque polluant a des effets qui lui sont propres, mais, en général, leurs effets agissent sur les capacités respiratoires humaines, provoquent des problèmes de peau voire des cancers. Ils contribuent également à l'acidification ou à l'eutrophisation des milieux (fragilisation de la biodiversité par l'apport trop important de gaz). Aujourd'hui, les polluants peuvent être maîtrisés par la législation (en obligeant une émission contrôlée), par des processus industriels de captage et de valorisation ou par des processus naturels. C'est ce dernier qui nous intéresse dans cette note de recherche.

**Multiples exemples d'arbres à feuilles caducs, très présents dans le paysage nordiste.
Chaque arbre est accompagné de son potentiel de régulation de la qualité de l'air noté sur
10 (selon l'outil Sésame du CEREMA) :**

- Peuplier blanc (représentatif des peupliers fortement présents sur le territoire Hauts-de-France. Ils couvrent près de 11% des espaces boisés de la région) :

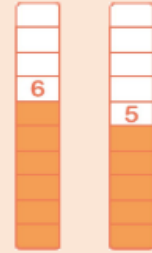


- Hêtre commun (Les hêtres commun couvrent 14 % des espaces boisés de la région) :



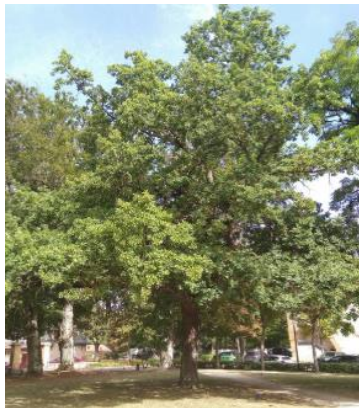
RÉGULATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR

Arbre de grande taille au port étalé, au feuillage dense et caduc. Feuilles de taille moyenne, oblongues et brillantes. Bonne capacité de fixation des polluants gazeux et capacité moyenne de fixation des particules fines.



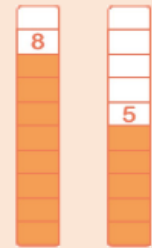
Polluants gazeux Particules

- Chêne pédonculé (représentatif des chênes qui est l'espèce d'arbre la plus présente dans le territoire des Hauts-de-France puisqu'ils couvrent 28 % des espaces boisés de la région) :



RÉGULATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR

Très grand arbre au port arrondi, au feuillage ouvert et caduc. Feuilles de grande taille lobées et glabres. Très bonne capacité de fixation des polluants gazeux et capacité moyenne de fixation des particules fines.



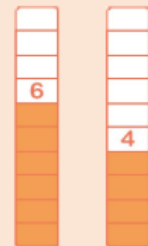
Polluants gazeux Particules

- Bouleau (arbre assez présent sur le territoire, mais bien plus minoritaire que les arbres précédemment présenté) :



RÉGULATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR

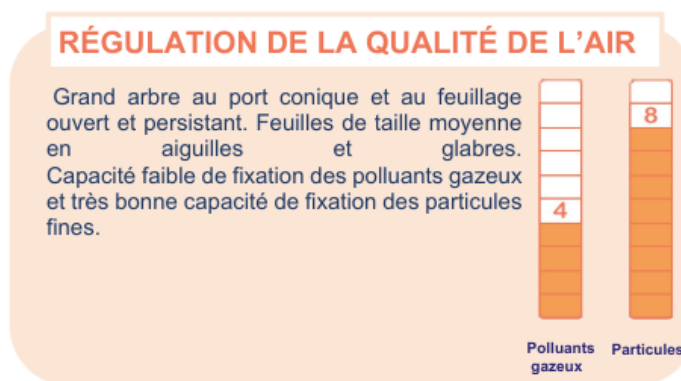
Grand arbre au port conique et au feuillage dense et caduc. Feuilles de petite taille, triangulaires et glabres. Assez bonne capacité de fixation des polluants gazeux et capacité médiocre de fixation des particules fines.



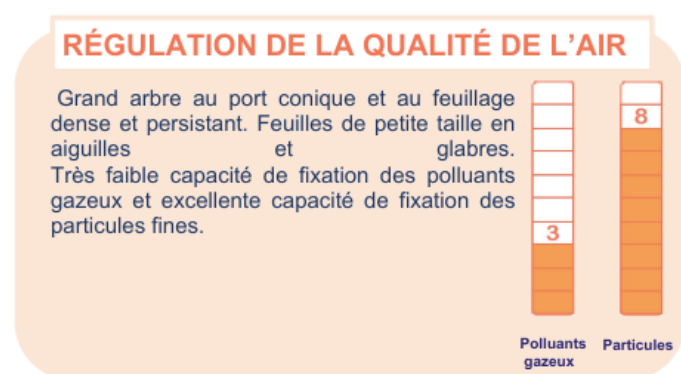
Polluants gazeux Particules

Résineux et leur service de régulation de la qualité de l'air :

- Pin Sylvestre (Les résineux couvrent 6 % des espaces boisés dans la région. Ils sont notamment proche du littoral et des dunes, mais aussi dans les Ardennes avec des arbres parfois issu de forêts primaires) :



- Epicéa (autre résineux présent sur le territoire) :



Analyse : L'objectif de cette analyse est de justifier la potentielle présence d'une colonne « Service écosystémique de régulation de la pollution de l'air ». Il serait intéressant de diviser cette colonne en deux avec l'adsorption des polluants gazeux et l'adsorption des particules.

Cependant, les conifères ont eux aussi des apports qui ne sont pas à minimiser et qui n'étaient pas présent dans la typologie de 2018. Tout d'abord, il faut savoir que la plupart des services de régulation des arbres passent par leurs feuilles (évapotranspiration, absorption des polluants, support de biodiversité particulière...) qu'ils perdent donc l'hiver venus. Les résineux

ne perdent pas leurs épines et assurent donc les mêmes services écosystémiques tout le long de l'année.

Comme le montre la comparaison des fiches Sesame, la grande différence entre les feuillus et les résineux dans la régulation de la pollution de l'air, ce sont vis-à-vis des particules. Les feuillus présents en Hauts-de-France sont assez efficaces pour réguler la concentration de gaz (dioxyde de soufre, oxyde d'azote...) mais assez mauvais dans la régulation des particules fines pourtant de plus en plus présentes dans nos sociétés à cause des transports et des industries.

Attention, il est important de souligner que l'objectif de cette fiche n'est pas de minimiser les services rendus par les feuillus qui, pour la plupart, sont très importants pour les écosystèmes.

Autres milieux qui permettent la régulation des polluants atmosphériques :

Tous les écosystèmes (sol, prairie, forêt, étang...), à des niveaux d'efficacité différents, interviennent dans la dépollution des sols en captant, diluant, filtrant et stockant certains polluants atmosphériques. La dépollution s'opère notamment grâce aux microorganismes qui, grâce à leur activité biologique (respiration, alimentation...) participent à la dégradation des polluants. Les écosystèmes permettent de détoxifier, traiter ou séquestrer les substances néfastes aux Hommes et aux environnements. Cependant, cette régulation des pollutions dépend à la fois des propriétés de ces dernières et de l'écosystème en question.

Différents processus régulant les polluants :

- **La dégradation microbienne** : consommation des pollutions (notamment les polluants atmosphériques adsorbés dans le sol) par les microorganismes du sol.
- **La séquestration des pollutions atmosphériques par les écosystèmes** : digestion des polluants par les vers de terre, la microflore et par le système racinaire des plantes qui vont ensuite les métaboliser.
- **La bioturbation** : les racines et la faune en se déplaçant dans le sol créent des agrégats de particules de sol assurant la rétention ou le déplacement des polluants dans le sol. Cela contribue aussi à la dilution des polluants dans les écosystèmes et donc la réduction de leur concentration.
- **Purification de l'eau en surface** : par l'oxygénation des milieux (rendue possible grâce aux écosystèmes et êtres vivants) les polluants sont dégradés et ce processus assure la bonne qualité aquatique des milieux. Cela contribue également à la purification de l'eau souterraine (enjeux majeurs pour la région Hauts-de-France)
- Les écosystèmes et leurs êtres vivants séquestrent aussi une partie des poussières, des polluants et des odeurs.

Source :

Boudjema, L. (2018). « *Etude des propriétés d'adsorption d'hydrocarbures par des polymères de coordination en milieu humide* ». Matériaux. Montpellier, Ecole nationale supérieure de chimie. Français. (NNT : 2018ENCM0017).

CEREMA (Centre d'Etude et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement). (2024). « *Sésame, intégrer l'arbre dans vos projets de renaturation urbaine* ». URL : <https://sesame-outil.cerema.fr/region/fiches/Metz>

CNPF (Centre National de la Propriété Forestière) Hauts-de-France, Normandie. « *Les essences forestières* ». URL : <https://hautsdefrance-normandie.cnpf.fr/les-essences-forestieres>

Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires. (2023). « *Les polluants de l'air : situation, impacts et encadrement* ». URL : [https://www.ecologie.gouv.fr/pollution-lair-origines-situation-et-impacts#:~:text=Ces%20gaz%20et%20particules%20ont,agricoles%20\(bi%C3%A9%20par%20exemple\)](https://www.ecologie.gouv.fr/pollution-lair-origines-situation-et-impacts#:~:text=Ces%20gaz%20et%20particules%20ont,agricoles%20(bi%C3%A9%20par%20exemple)).

Annexe 6 : Matrice préremplie

Matrice de capacités 2024				Production végétale alimentaire cultivée	Production animale alimentaire élevés	Ressource végétale et foragère alimentaire sauvage	Ressource animale alimentaire sauvage	Eau douce	Fibres et matériaux	Ressource secondaire pour l'agriculture / alimentation indirecte	Composés et matériel génétique des êtres vivants	Biomasse / location énergétique	Régulation du climat et de la composition atmosphérique	Régulation de la qualité de l'air	Régulation des animaux vecteurs de maladies pour l'homme	Régulation des ravageurs	Offre d'habitat, de refuge et de nurserie pour la biodiversité	Pollinisation	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	Régulation de la chaleur	Emblème ou symbole (passé, présent et futur)	Esthétique	Activités récréatives et éco-tourisme	Formation et éducation
				SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	SA6	SA7	SA8	SA9	SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7	SR8	SR9	SR10	SR11	SR12	SC1	SC2	SC3	SC4
Famille d'habitats	Titre des habitats	Code Hab HDF	Indice de confiance																									
Aquatiques	Plans d'eau	Hab1																										
	Formations herbacées humides continentales	Hab2																										
	Formations herbacées humides maritimes	Hab3																										
	Cours d'eau artificiels	Hab4a																										
	Cours d'eau naturels	Hab4b																										
Littoraux et maritimes	Mer	Hab5		0.3	2.2	1.6	4.3	1.5	1.0	0.7	3.2	0.8	3.9		1.8	0.8	3.4	1.1	2.2	0.6	0.6	0.2	1		4.3	4.2	4.1	
	Zones subtidales saumâtres	Hab6		0.4	1.6	1.7	4.0	1.5	0.8	1.0	2.9	0.8	3.3		1.7	1.1	4.0	2.0	2.5	1.5	1.1	0.6	1.7		4.3	3.8	4.1	
	Vasières et alluvions sableux	Hab7		0.9	1.9	2.5	3.9	0.8	1.1	0.9	2.8	0.6	2.4		1.5	1.0	3.9	2.1	2.4	1.8	1.9	0.9	1.5		4.1	3.9	4.0	
	Plages	Hab8		0.1	0.2	0.5	1.6	0.2	1.6	0.3	1.3	0.4	0.5		1.8	0.7	2.2	0.6	1.4	0.8	1.0	0.6	0.5		4.1	4.5	3.0	
	Côtes rocheuses et falaises	Hab9		0.2	0.2	0.6	1.7	0.6	1.1	0.3	1.9	0.3	0.9		1.9	0.9	3.4	1.5	1.3	1.0	1.6	2.2	0.7		4.6	3.5	3.5	
	Dunes et dunes herbacées	Hab10		0.3	0.4	1.0	1.8	0.6	1.0	0.4	1.9	0.6	1.0		1.7	1.2	2.9	1.9	1.5	1.4	2.1	2.5	1.3		4.1	3.5	3.5	
Prairiaux	Pétouses naturelles	Hab11																										
	Landes et fourrés humides	Hab12																										
	Prairies humides	Hab13		0.9	3.5	2.3	2.6	2.3	1.7	3.1	3.1	1.2	2.8		1.4	2.4	3.8	3.4	3.9	3.7	3.4	0.5	4.0		3.5	2.1	3.4	
	Prairies mésophiles	Hab14		0.8	3.8	2.2	2.4	1.6	1.7	3.5	2.6	1.0	2.3		1.9	2.3	3.1	3.3	2.9	3.2	3.3	0.4	2.6		2.7	1.9	2.5	
Forestiers	Dunes arborées ou arbustives	Hab15		0.5	0.6	1.5	2.1	0.8	1.6	1.0	2.1	1.5	2.7		1.4	1.5	3.4	2.6	2.1	2.1	2.7	3.0	1.7		3.7	3.0	3.2	
	Landes, fourrés et broussailles	Hab16																										
	Boisements humides	Hab17		0.4	0.6	3.2	3.5	2.1	3.9	1.3	3.3	4.1	4.4		1.6	2.5	4.4	3.4	4.0	4.1	4.3	3.7	4.0		3.8	3.6	3.6	
	Peupleraies	Hab18																										
	Feuillus et peuplements mixtes ou indéterminés	Hab19		0.5	0.6	3.8	3.8	2.0	3.9	1.7	3.7	4.5	4.6		1.6	2.6	4.4	3.3	3.6	4.2	4.3	3.7	3.1		4.2	4.3	4.2	
	Conifères	Hab20		0.3	0.3	2.5	2.7	1.5	4.2	0.9	2.5	4.3	3.8		1.8	2.0	2.9	2.6	2.7	2.7	3.6	3.1	2.5		2.3	3.1	2.7	
Agricoles	Terres arables	Hab21		4.8	1.7	0.6	2.8	0.7	3.6	4.0	1.8	3.5	1.6		1.9	0.6	2.1	1.9	0.8	1.1	1.3	0.5	1.5		1.6	1.6	2.4	
	Vergers	Hab22		4.3	1.7	1.6	2.3	1.2	1.8	1.8	2.3	1.6	2.3		1.8	1.9	2.9	3.5	1.7	2.6	2.9	1.8	1.7		3.3	1.7	3.0	
	Vignes	Hab23		4.5	0.5	0.8	1.7	0.7	1.4	1.4	1.8	1.1	1.6		1.7	1.5	1.5	2.1	1.0	1.6	1.8	1.1	1.1		3.0	1.5	2.8	
Urbains	Végétations rases des parcs et des espaces verts urbains	Hab24																										
	Boisements et fourrés au sein de parcs urbains	Hab25																										
	Surfaces à matériaux minéraux (pierre, terre)	Hab26																										
	Carrières en activité	Hab27		0.1	0.1	0.1	0.4	0.4	1.6	0.2	0.4	0.3	0.3		1.6	1.0	0.9	0.6	0.3	0.3	0.2	0.1	0.8		0.4	0.2	1.4	
	Carrières abandonnées	Hab28		0.2	0.3	1.2	1.7	1.5	0.7	0.7	1.3	0.6	1.4		1.4	1.6	2.9	2.1	1.3	1.1	1.1	0.5	1.7		1.5	1.8	2.5	
	Terrils en exploitation	Hab29		0.3	0.4	0.8	1.3	0.4	1.0	0.7	1.7	1.1	1.1		1.6	1.5	2.6	2.2	0.5	0.7	0.8	0.9	0.3		2.8	2.7	3.5	
	Voies de chemin de fer, friches et abords de voies de	Hab30		0.2	0.2	1.2	1.1	0.3	0.7	0.6	1.1	1.1	0.9		1.6	1.6	2.0	2.3	0.8	0.6	1.2	0.7	0.6		0.4	0.7	1.2	
Réseaux de transports, surfaces imperméables et surfaces bâties	Hab31		0.3	0.4	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1	0.2	0.3	0.1		1.8	1.0	0.8	0.7	0.0	0.1	0.3	0.6	0.2		1.3	1.5	1.2		

Annexe 7 : Matrices en grand format

Matrice de capacités :

		SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	SA6	SA7	SA8	SA9	SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7	SR8	SR9	SR10	SR11	SR12	SC1	SC2	SC3	SC4
Code Hab	Indice de confiance	2.21	2.14	1.90	2.14	1.93	1.90	1.90	1.76	2.00	2.07	1.76	1.34	1.38	2.41	2.34	2.17	2.07	2.24	1.97	2.24	2.00	1.97	2.07	2.17	2.10
Hab1	2.17	0.14	1.55	0.66	3.41	4.24	0.69	0.79	2.28	0.41	2.76	2.52	1.45	1.31	4.24	1.48	2.93	1.24	0.97	0.41	3.10	3.28	3.38	3.97	4.38	3.90
Hab2	2.10	0.28	1.03	1.45	1.93	2.52	1.59	1.76	3.00	1.14	3.10	2.62	1.62	1.66	4.17	3.55	4.10	2.83	2.69	1.14	3.83	2.66	2.83	3.38	2.83	3.62
Hab3	1.72	0.59	1.69	1.97	2.31	1.14	1.03	1.34	2.93	0.48	2.69	2.21	1.45	1.38	3.90	2.93	3.38	2.38	2.45	1.41	3.17	2.34	3.21	3.38	3.10	3.69
Hab4a	2.03	0.03	0.83	0.41	2.62	4.00	0.59	0.82	1.52	0.28	1.97	1.52	1.14	0.90	2.41	1.41	1.62	0.66	0.34	0.38	2.00	2.62	2.31	2.10	2.90	2.07
Hab4b	2.21	0.14	1.14	1.10	3.66	4.48	0.69	0.97	2.83	0.38	2.66	2.48	1.79	1.97	4.28	2.21	3.45	1.72	1.48	1.00	3.24	3.38	4.00	4.38	4.17	4.14
Hab5	1.76	0.45	1.97	1.52	4.34	0.76	1.07	1.10	3.48	0.79	4.31	3.34	1.83	1.07	4.41	0.45	2.31	0.52	0.59	0.17	1.14	3.72	4.38	4.69	4.72	4.52
Hab6	1.48	0.41	1.10	1.55	3.28	1.00	0.55	0.76	2.66	0.38	2.45	1.79	1.55	0.97	4.00	1.21	2.62	1.34	1.41	1.07	2.07	2.00	3.00	3.38	2.97	3.55
Hab7	1.34	0.14	0.76	0.97	2.69	0.66	0.66	0.59	2.38	0.24	1.90	1.28	1.41	1.07	3.66	0.90	2.34	1.34	1.69	1.14	1.90	1.59	2.66	3.03	2.52	3.31
Hab8	1.69	0.03	0.21	0.45	1.28	0.17	1.10	0.28	1.66	0.14	0.45	0.72	1.31	0.72	2.55	0.38	1.41	0.69	1.48	1.17	0.79	0.79	4.17	4.55	4.83	3.48
Hab9	1.62	0.03	0.03	0.45	0.86	0.17	0.62	0.21	1.48	0.10	0.38	0.69	1.21	0.79	3.24	1.28	1.00	0.83	1.59	2.48	0.66	1.00	4.38	4.83	4.00	3.66
Hab10	1.76	0.03	0.31	1.14	1.45	0.55	0.90	0.48	2.21	0.28	1.14	1.41	1.41	1.10	3.59	2.28	1.83	1.62	2.66	2.90	1.66	1.45	4.10	4.59	3.76	4.07
Hab11	2.03	0.34	2.14	2.00	2.17	1.21	1.38	2.21	3.14	0.72	2.00	1.72	1.86	2.24	3.45	3.83	2.34	3.10	2.72	0.62	2.07	1.83	3.03	3.48	2.59	3.55
Hab12	1.97	0.28	1.24	2.21	2.34	2.31	1.72	1.66	3.03	1.38	2.66	2.38	1.90	2.21	3.83	3.55	3.28	3.14	3.28	1.72	3.62	3.00	2.62	3.17	2.34	3.14
Hab13	2.28	0.79	3.62	2.48	2.52	2.66	1.59	3.34	3.21	1.28	3.10	2.38	1.72	2.38	4.03	3.97	3.97	3.90	3.34	0.79	4.31	2.97	3.34	3.45	2.24	3.62
Hab14	2.21	0.83	4.31	2.31	2.21	1.41	1.41	3.76	2.93	1.24	2.45	2.00	1.69	2.07	3.10	3.41	2.86	3.34	3.14	0.86	2.69	2.10	2.66	3.00	2.00	3.00
Hab15	1.90	0.24	0.34	1.59	2.17	0.76	1.59	0.83	2.41	1.66	2.59	2.66	1.90	1.90	3.62	2.86	2.24	2.59	3.28	3.41	2.34	2.79	3.10	3.66	3.24	3.45
Hab16	1.83	0.21	0.97	2.24	2.69	1.10	1.69	1.21	2.59	1.72	2.59	2.59	1.86	2.10	3.59	3.28	2.38	3.03	3.17	2.24	2.17	2.55	2.52	3.00	2.31	2.83
Hab17	2.03	0.34	0.48	2.76	3.21	2.52	3.10	1.21	3.24	3.03	4.21	3.76	2.03	2.59	4.31	3.34	4.10	4.10	3.97	3.52	4.34	4.21	3.17	3.66	3.21	3.59
Hab18	1.97	0.41	0.38	1.34	1.97	1.28	4.34	0.86	1.62	3.59	3.14	2.93	1.41	1.41	2.31	1.90	2.48	2.31	2.79	2.66	2.76	3.28	1.14	1.59	1.48	1.55
Hab19	2.14	0.34	0.55	3.31	3.62	1.62	4.28	1.21	3.38	4.14	4.62	4.14	2.17	2.69	4.45	3.45	3.69	4.10	4.07	3.90	3.03	4.38	3.86	4.17	4.14	4.03
Hab20	1.93	0.31	0.28	2.10	2.52	1.24	4.28	0.90	2.28	3.62	3.76	3.41	1.59	1.76	2.86	2.07	2.38	2.41	3.34	2.93	2.28	3.55	2.17	2.69	2.93	2.66
Hab21	2.31	4.83	1.14	0.59	2.17	0.69	2.83	3.55	1.69	2.76	1.48	1.03	1.41	0.90	1.55	1.83	0.62	0.86	0.83	0.28	0.90	0.55	1.93	1.48	1.07	1.79
Hab22	2.03	4.72	1.31	1.76	1.76	1.00	1.62	2.10	2.17	1.55	2.21	2.17	1.55	1.69	2.76	3.76	1.90	2.38	2.48	1.79	1.86	2.34	2.62	2.72	1.76	2.48
Hab23	1.83	4.72	0.31	0.76	1.21	0.66	1.24	1.03	1.52	1.31	1.34	1.17	1.24	0.93	1.55	2.10	0.90	1.41	1.45	0.86	1.17	1.03	2.55	2.48	1.83	1.86
Hab24	2.17	0.21	0.28	0.72	0.45	0.69	0.48	0.86	0.76	0.34	1.34	1.34	1.00	0.76	1.48	1.62	1.21	1.38	1.34	0.24	1.17	1.86	1.52	2.41	3.21	1.79
Hab25	2.07	0.28	0.07	1.14	0.79	0.76	1.38	0.76	1.41	1.21	2.55	2.72	1.34	1.31	2.55	2.62	1.90	2.24	2.28	1.97	1.97	3.45	2.21	3.21	3.24	2.41
Hab26	1.93	0.00	0.00	0.03	0.24	0.21	0.66	0.07	0.45	0.03	0.03	0.07	0.83	0.62	0.69	0.34	0.24	0.17	0.34	0.21	0.52	0.21	0.93	0.72	1.10	0.62
Hab27	1.69	0.00	0.00	0.03	0.10	0.21	2.62	0.31	0.21	0.24	0.03	0.07	0.90	0.55	0.55	0.31	0.10	0.07	0.03	0.07	0.28	0.10	1.07	0.45	0.10	0.79
Hab28	1.83	0.14	0.07	1.14	1.45	1.07	0.86	0.55	1.28	0.52	1.10	1.00	1.03	1.00	2.76	1.90	1.28	0.97	0.97	0.59	1.21	1.17	2.00	1.59	1.45	2.03
Hab29	1.66	0.03	0.03	0.14	0.38	0.00	1.45	0.14	0.62	0.45	0.41	0.14	1.00	0.59	0.93	0.59	0.21	0.24	0.21	0.34	0.28	0.10	3.10	1.52	1.14	1.83
Hab30	1.93	0.14	0.07	0.86	0.72	0.21	0.45	0.24	0.90	0.45	0.62	0.66	1.00	0.93	1.59	1.62	0.45	0.38	0.79	0.28	0.55	0.59	0.93	0.52	0.55	1.00
Hab31	2.07	0.03	0.03	0.03	0.14	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00	0.00	0.03	0.93	0.76	0.72	0.45	0.03	0.03	0.31	0.24	0.10	0.10	0.83	0.66	0.86	0.86



Matrice de confiance :

Code Hab	HDF	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	SA6	SA7	SA8	SA9	SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7	SR8	SR9	SR10	SR11	SR12	SC1	SC2	SC3	SC4
Hab1		5,0	4,9	4,3	4,9	4,5	4,3	4,3	4,0	4,6	4,7	4,0	3,1	3,2	5,4	5,3	5,0	4,7	5,1	4,4	5,0	4,5	4,5	4,8	4,9	4,7
Hab2		4,9	4,7	4,2	4,7	4,3	4,2	4,2	4,0	4,5	4,6	3,9	3,0	3,1	5,4	5,2	4,8	4,6	4,9	4,3	4,9	4,3	4,5	4,7	4,8	4,7
Hab3		4,0	3,9	3,4	3,8	3,5	3,5	3,4	3,2	3,7	3,8	3,3	2,5	2,6	4,3	4,2	3,9	3,8	4,0	3,6	4,0	3,7	3,6	3,8	3,9	3,8
Hab4a		4,6	4,4	4,0	4,6	4,2	4,0	4,1	3,8	4,3	4,4	3,8	2,9	3,0	5,2	5,0	4,7	4,3	4,7	4,1	4,7	4,2	4,2	4,5	4,7	4,4
Hab4b		5,1	5,0	4,5	5,1	4,6	4,5	4,4	4,2	4,8	4,9	4,2	3,2	3,3	5,6	5,4	5,1	4,8	5,2	4,5	5,2	4,6	4,6	4,8	5,0	4,8
Hab5		4,1	4,0	3,4	3,9	3,5	3,6	3,4	3,3	3,7	3,9	3,3	2,4	2,6	4,4	4,3	3,9	3,9	4,1	3,8	4,1	3,8	3,8	3,9	4,0	3,9
Hab6		3,5	3,4	2,9	3,3	3,0	2,9	2,9	2,7	3,2	3,2	2,8	2,0	2,1	3,7	3,6	3,4	3,2	3,5	3,0	3,4	3,0	3,1	3,2	3,3	3,2
Hab7		3,1	3,0	2,6	2,9	2,7	2,7	2,7	2,4	2,8	2,9	2,5	1,9	1,9	3,4	3,3	3,0	2,9	3,1	2,8	3,1	2,8	2,8	2,9	3,0	3,0
Hab8		3,9	3,8	3,2	3,7	3,4	3,5	3,3	3,2	3,7	3,7	3,1	2,4	2,5	4,2	4,1	3,8	3,7	4,0	3,5	3,9	3,6	3,6	3,7	3,8	3,8
Hab9		3,8	3,7	3,1	3,6	3,3	3,3	3,2	2,9	3,4	3,6	3,0	2,3	2,4	4,0	3,9	3,6	3,6	3,8	3,4	3,8	3,4	3,4	3,4	3,6	3,5
Hab10		4,0	3,8	3,4	3,9	3,5	3,6	3,4	3,3	3,6	3,7	3,1	2,5	2,6	4,5	4,4	3,9	3,8	4,0	3,7	4,1	3,8	3,7	3,9	4,0	3,9
Hab11		4,7	4,5	4,0	4,6	4,1	4,1	4,1	3,8	4,2	4,3	3,7	2,8	3,0	5,2	5,1	4,6	4,4	4,7	4,1	4,7	4,2	4,1	4,4	4,6	4,4
Hab12		4,6	4,5	4,0	4,6	4,0	4,0	3,9	3,7	4,2	4,3	3,7	2,7	2,8	5,2	5,0	4,6	4,3	4,7	4,2	4,7	4,2	4,1	4,3	4,6	4,4
Hab13		5,3	5,2	4,6	5,2	4,6	4,6	4,6	4,3	4,8	5,0	4,2	3,1	3,2	5,9	5,8	5,2	4,9	5,4	4,8	5,4	4,9	4,7	5,0	5,3	5,1
Hab14		5,2	5,0	4,4	5,0	4,4	4,5	4,4	4,1	4,6	4,8	4,0	3,0	3,1	5,7	5,7	5,1	4,8	5,2	4,6	5,2	4,7	4,5	4,9	5,1	4,9
Hab15		4,3	4,1	3,7	4,2	3,8	3,8	3,8	3,6	3,9	4,0	3,4	2,7	2,8	4,9	4,7	4,2	4,1	4,3	4,0	4,3	4,0	4,0	4,2	4,3	4,1
Hab16		4,1	4,0	3,7	4,1	3,6	3,6	3,7	3,4	3,7	3,8	3,3	2,6	2,7	4,7	4,6	4,1	3,9	4,2	3,8	4,2	3,8	3,7	3,9	4,1	3,9
Hab17		4,7	4,6	4,2	4,7	4,0	4,1	4,0	3,8	4,2	4,4	3,8	2,8	2,9	5,3	5,1	4,7	4,4	4,8	4,3	4,8	4,3	4,2	4,4	4,7	4,5
Hab18		4,4	4,3	4,0	4,5	4,0	3,9	4,0	3,7	4,1	4,2	3,6	2,8	2,9	5,0	4,9	4,5	4,2	4,6	4,0	4,6	4,1	4,0	4,2	4,4	4,2
Hab19		4,9	4,8	4,4	4,9	4,3	4,3	4,3	4,1	4,4	4,6	3,9	3,0	3,1	5,5	5,4	4,9	4,6	5,0	4,4	4,9	4,5	4,4	4,7	4,9	4,7
Hab20		4,4	4,3	4,0	4,4	3,8	3,9	3,8	3,7	4,0	4,1	3,6	2,7	2,8	4,9	4,8	4,3	4,2	4,6	4,1	4,4	4,0	3,9	4,1	4,3	4,2
Hab21		5,3	5,2	4,5	5,2	4,6	4,6	4,6	4,1	4,8	5,0	4,2	3,1	3,2	5,9	5,7	5,2	5,0	5,5	4,7	5,4	4,8	4,6	4,9	5,2	5,0
Hab22		4,7	4,5	4,1	4,5	3,9	4,0	4,0	3,9	4,2	4,2	3,7	2,8	2,9	5,2	5,1	4,6	4,3	4,7	4,2	4,6	4,2	4,1	4,2	4,5	4,4
Hab23		4,1	4,0	3,7	4,1	3,5	3,7	3,6	3,4	3,7	3,8	3,4	2,6	2,6	4,6	4,5	4,0	3,9	4,2	3,9	4,2	3,8	3,6	3,8	4,0	4,0
Hab24		5,0	4,8	4,3	4,8	4,2	4,4	4,3	4,1	4,4	4,6	3,9	3,0	3,1	5,6	5,4	4,8	4,6	5,1	4,6	5,0	4,6	4,4	4,7	4,9	4,8
Hab25		4,7	4,5	4,1	4,6	4,0	4,1	4,0	3,9	4,2	4,3	3,7	2,8	2,9	5,3	5,1	4,6	4,3	4,8	4,4	4,8	4,3	4,1	4,4	4,7	4,6
Hab26		4,4	4,2	3,9	4,3	3,8	3,9	3,9	3,7	4,0	4,0	3,5	2,7	2,8	5,0	4,8	4,3	4,1	4,4	4,0	4,4	4,0	3,9	4,0	4,3	4,2
Hab27		3,9	3,8	3,4	3,8	3,2	3,4	3,4	3,2	3,4	3,4	3,0	2,3	2,4	4,3	4,2	3,7	3,6	3,9	3,6	3,8	3,5	3,4	3,5	3,8	3,7
Hab28		4,1	4,0	3,7	4,1	3,5	3,7	3,6	3,3	3,6	3,8	3,3	2,6	2,7	4,8	4,7	4,1	3,9	4,2	3,9	4,2	3,9	3,7	3,9	4,1	4,0
Hab29		3,7	3,6	3,4	3,6	3,2	3,3	3,4	3,0	3,3	3,4	3,0	2,3	2,3	4,1	4,1	3,7	3,6	3,7	3,4	3,8	3,4	3,2	3,4	3,7	3,6
Hab30		4,4	4,2	3,8	4,3	3,8	3,8	3,9	3,5	3,9	4,0	3,4	2,6	2,7	4,9	4,7	4,2	4,1	4,5	4,1	4,4	4,0	3,8	4,1	4,3	4,2
Hab31		4,8	4,6	4,1	4,7	4,1	4,1	4,1	3,8	4,2	4,4	3,7	2,8	2,9	5,2	5,1	4,6	4,3	4,9	4,3	4,8	4,3	4,2	4,4	4,7	4,5



Matrice d'écart-types :

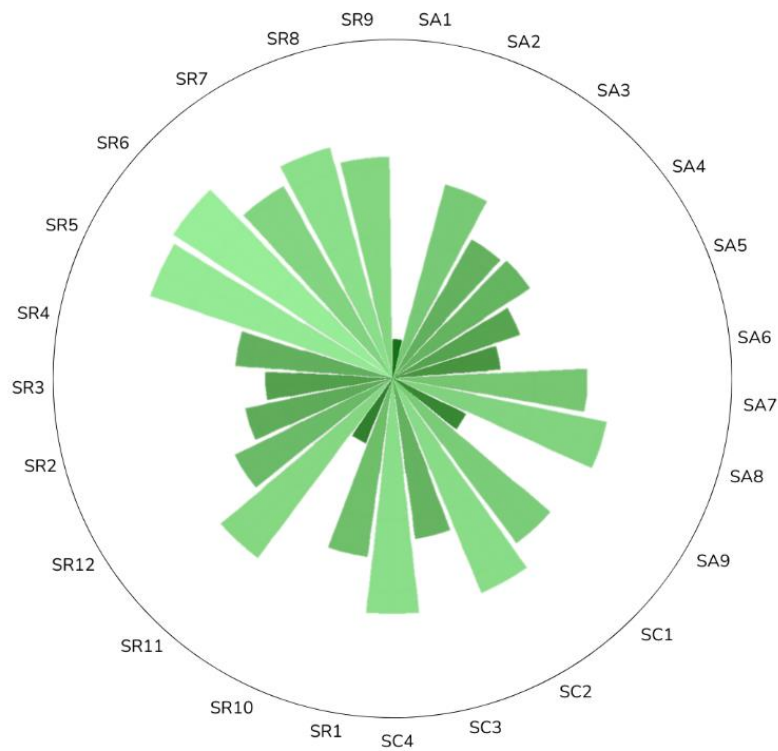
Code Hab	Indice de confiance	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	SA6	SA7	SA8	SA9	SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7	SR8	SR9	SR10	SR11	SR12	SC1	SC2	SC3	SC4
Hab1		0,4	1,4	0,8	0,9	1,1	0,9	1,3	1,3	1,0	1,2	1,3	0,9	0,9	0,9	1,3	1,3	1,4	1,1	0,8	1,5	1,5	1,3	1,0	0,9	1,0
Hab2		0,6	1,0	1,2	1,3	1,3	0,9	1,2	1,3	1,1	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	1,1	1,0	1,3	1,4	1,2	1,2	1,3	1,4	1,4	1,2	1,0
Hab3		0,9	1,4	1,4	1,2	1,2	1,0	1,3	1,2	0,7	1,2	1,1	1,2	1,0	1,0	1,4	1,3	1,4	1,4	1,5	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,0
Hab4a		0,2	1,1	0,6	1,4	1,1	1,1	1,1	1,4	0,6	1,2	1,1	1,0	1,1	1,2	1,3	1,0	0,9	0,6	0,8	1,1	1,5	1,6	1,0	1,1	1,3
Hab4b		0,4	1,3	1,2	1,1	0,8	1,1	1,3	1,3	0,7	1,1	1,3	0,9	1,1	0,8	1,4	1,1	1,3	1,3	1,4	1,2	1,3	1,2	0,8	0,7	0,7
Hab5		1,1	1,4	1,2	0,9	1,0	1,1	1,4	1,5	0,9	0,8	1,4	1,3	1,0	0,8	0,7	1,4	1,0	1,2	0,5	1,4	1,5	0,9	1,0	0,7	0,6
Hab6		1,1	1,2	1,1	1,3	1,2	0,9	1,1	1,4	0,6	0,9	1,3	1,2	0,9	0,8	0,9	1,1	1,0	1,1	1,5	1,3	1,2	1,3	1,1	1,2	0,9
Hab7		0,4	0,9	1,0	1,4	0,9	1,0	1,0	1,4	0,4	1,0	1,3	1,2	0,8	1,1	1,0	1,3	1,0	1,2	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,2	0,9
Hab8		0,2	0,6	0,7	0,9	0,5	1,3	0,6	1,3	0,4	0,7	1,1	1,0	0,8	1,0	0,7	1,0	0,8	1,5	1,7	1,1	1,0	1,0	0,8	0,4	1,1
Hab9		0,2	0,2	0,7	0,8	0,7	0,9	0,4	1,3	0,3	0,6	1,0	1,0	0,8	0,9	1,0	1,0	0,9	1,4	1,3	1,1	1,0	0,8	0,4	0,9	1,0
Hab10		0,2	0,6	1,0	0,9	0,9	0,9	0,7	1,2	0,5	0,6	1,2	1,1	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,6	1,3	1,4	0,9	0,9	0,6	0,9	0,8
Hab11		0,6	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	1,4	1,1	0,6	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,3	1,3	1,1	0,7	1,3	1,0	1,2	1,2	1,0	1,1
Hab12		0,5	1,2	1,2	1,2	1,3	1,0	1,0	1,2	0,9	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	1,1	1,2	1,1	1,1	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1
Hab13		1,0	0,8	1,0	0,9	1,1	0,9	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,8	0,8	0,9	0,8	0,7	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1
Hab14		1,2	0,9	1,0	0,9	1,1	1,1	1,2	1,2	1,0	1,1	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	0,8	0,9	1,1	1,0	1,2	1,1	1,0	1,3
Hab15		0,5	0,6	1,0	1,2	0,9	1,1	0,7	1,1	1,0	1,1	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	0,9	1,0	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1	1,3
Hab16		0,5	1,0	1,1	1,2	1,1	1,1	0,7	1,2	1,0	1,0	0,9	1,2	1,0	0,8	1,0	1,0	0,9	0,9	1,1	1,1	0,8	1,1	1,3	1,1	1,2
Hab17		1,0	0,7	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,3	1,3	0,7	1,1	1,2	1,0	0,6	0,9	0,7	0,8	1,0	0,9	0,6	0,7	1,1	1,0	1,0	0,9
Hab18		1,2	0,7	1,2	1,1	1,2	1,0	1,0	1,2	1,2	1,0	1,0	0,9	0,9	1,0	1,0	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,0	1,0	1,2	1,2	1,3
Hab19		0,5	0,6	1,2	1,1	1,1	0,8	0,9	1,1	0,8	0,5	1,1	1,3	1,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	0,6	1,3	1,1	0,7	1,0
Hab20		1,0	0,5	1,1	1,1	0,9	0,8	0,8	1,0	1,3	0,8	1,1	0,8	1,0	0,8	0,9	1,1	1,1	1,1	1,3	1,0	0,8	1,3	0,8	0,8	1,1
Hab21		0,9	1,5	0,7	1,1	0,8	1,4	1,3	1,0	1,2	1,0	0,7	0,9	1,0	0,9	0,8	0,6	0,9	0,8	0,5	0,9	0,6	1,5	1,1	0,9	1,2
Hab22		0,6	0,9	0,9	1,1	1,0	1,2	1,2	1,0	1,2	0,8	0,8	0,7	1,0	1,0	1,2	1,1	0,9	0,7	1,0	1,1	0,9	1,0	1,1	1,0	0,9
Hab23		0,5	0,7	0,6	0,9	0,7	1,0	0,9	1,3	1,0	0,7	0,8	0,8	0,7	0,8	1,0	0,7	0,7	0,6	0,8	0,9	0,7	1,4	1,0	1,0	0,9
Hab24		0,5	0,7	0,8	0,6	0,8	0,6	1,0	0,9	0,6	1,1	0,9	0,7	0,6	1,0	1,1	0,9	1,1	1,0	0,4	1,0	1,2	1,2	1,1	1,5	1,2
Hab25		0,5	0,3	1,1	1,0	1,0	1,1	1,0	1,2	1,0	1,2	1,3	0,9	1,0	1,1	1,0	1,2	1,2	1,0	1,2	1,3	1,2	1,4	1,2	1,5	1,2
Hab26		0,0	0,0	0,2	0,6	0,4	1,3	0,3	0,9	0,2	0,2	0,3	1,3	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4	1,0	0,8	0,9	0,5	1,4	1,0	1,3	0,7
Hab27		0,0	0,0	0,2	0,3	0,6	2,2	1,0	0,5	1,0	0,2	0,3	1,1	0,8	0,7	0,7	0,4	0,3	0,2	0,3	0,5	0,4	1,1	0,6	0,3	0,8
Hab28		0,4	0,3	1,0	1,1	1,1	1,0	0,8	1,2	0,9	1,1	1,2	0,9	0,8	1,0	1,3	1,1	0,9	1,1	0,8	1,0	1,1	1,4	1,2	1,3	1,1
Hab29		0,2	0,2	0,4	0,6	0,0	1,8	0,4	0,9	0,8	0,8	0,4	1,0	0,8	0,9	0,8	0,5	0,4	0,4	0,5	0,6	0,3	1,6	1,4	1,2	1,5
Hab30		0,4	0,3	0,9	0,9	0,5	0,8	0,6	0,9	0,7	0,8	0,7	1,0	0,9	0,9	1,1	0,6	0,7	0,7	0,5	0,8	0,7	1,1	0,7	0,6	1,0
Hab31		0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	1,3	1,3	0,8	0,7	0,2	0,2	1,0	0,8	0,3	0,3	1,0	0,8	1,0	0,8



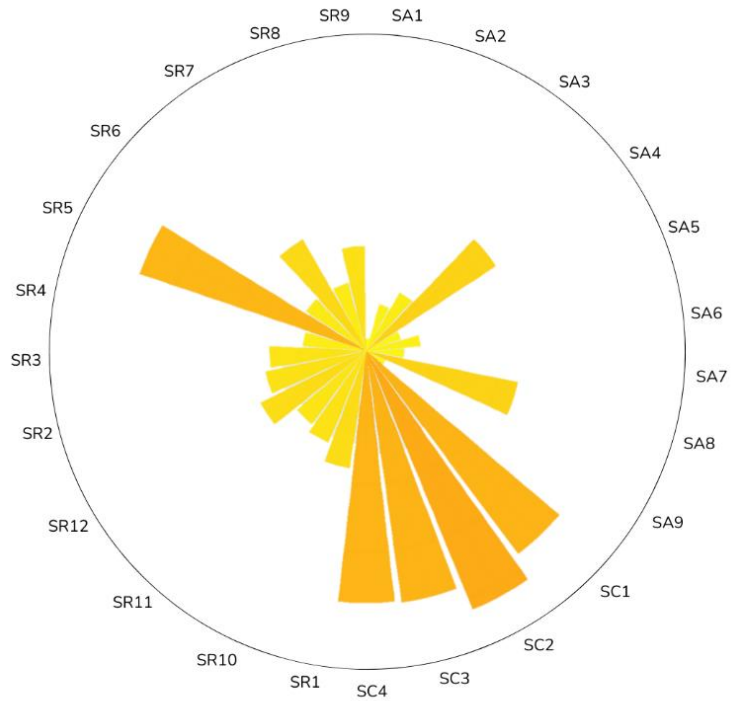
Annexe 8 : Bouquets de service pour chaque famille d'habitats

Chaque bouquet a été conçu grâce aux résultats de la matrice de capacités HDF 2024 et au logiciel de statistique R. Au plus un bâton est grand, au plus l'habitat a une forte capacité à rendre un service. Les couleurs sont simplement esthétiques et différencient les familles d'habitat, elles n'ont pas d'intérêt symbolique. Pour aider à la lecture, il faut faire correspondre les codes des SES avec la typologie en figure 25 du mémoire.

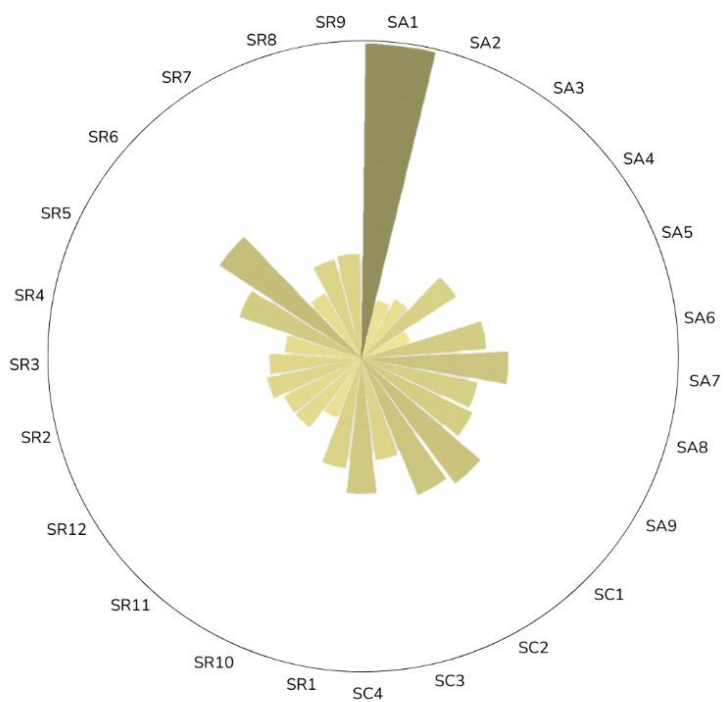
Bouquet de service pour les habitats prairiaux :



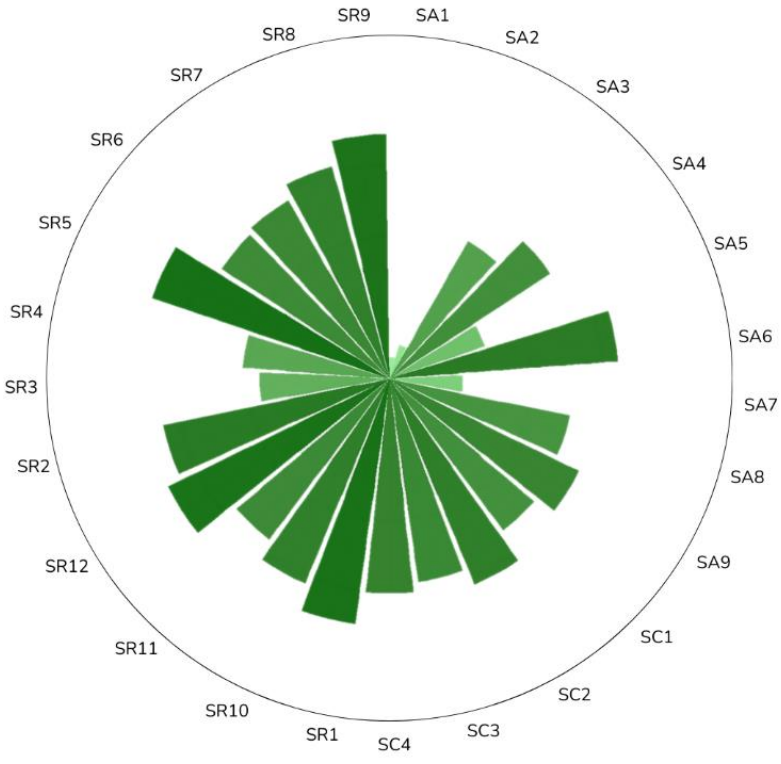
Bouquet de service pour les habitats littoraux et maritimes :



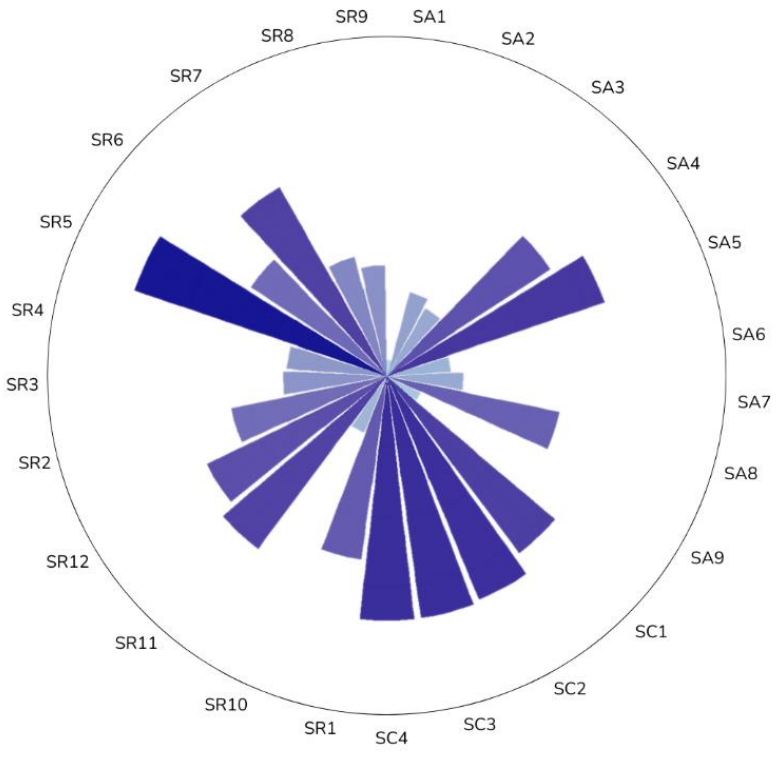
Bouquet de service pour les habitats agricoles :



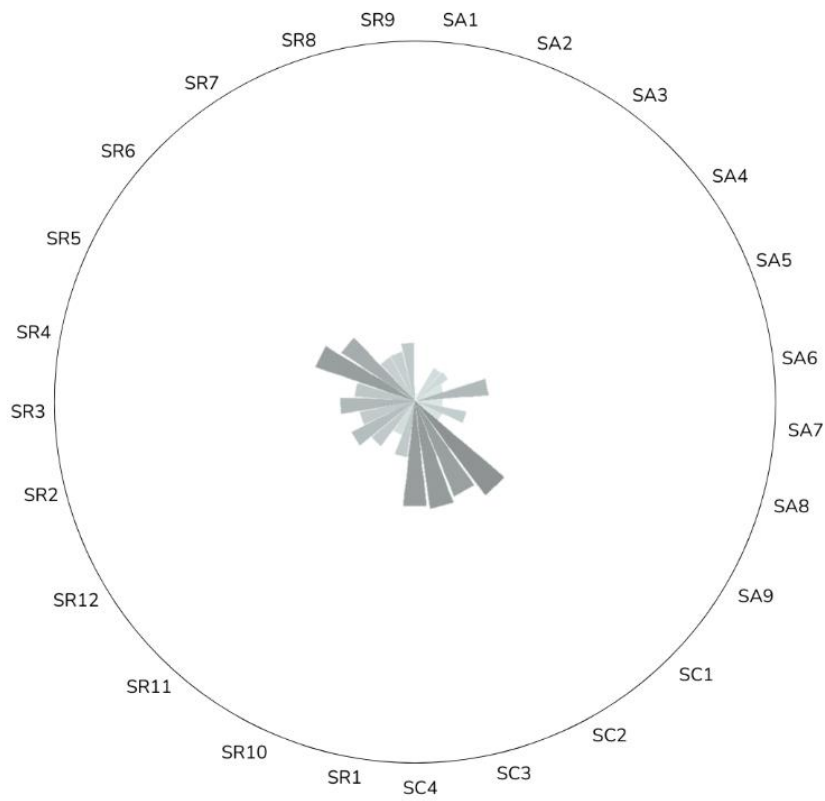
Bouquet de service pour les habitats forestiers :



Bouquet de service pour les habitats aquatiques :



Bouquet de service pour les habitats urbains :



Annexe 9 : Dernière planche photo

Hab19 : Forêts de feuillus



Forêt de feuillus au Nord de Noyon (Vue aérienne, 2021, Géo2France)



Forêt de feuillus au Nord de Noyon (Vue de face, photo du forum AllTrails)

Hab19 : Forêts de feuillus



Feuillus de la rue de la Ferme, Dunkerque (Vue aérienne, 2021, Géo2France)



Feuillus de la rue de la Ferme, Dunkerque (Vue de face, Google StreetView)

Annexe 10 : Scripts utilisés dans R stat pour créer les bouquets de services

```
#####  
#Power flower Matrix edition v1.1 by Guillaume Bertho  
#  
# installation des librairies (à faire la première fois uniquement)  
install.packages("tidyverse")  
install.packages("ggplot2")  
install.packages("xlsx")  
  
# chargement des librairies (à faire à chaque exécution)  
library(tidyverse)  
library(xlsx)  
library(ggplot2)  
  
# chargement du fichier excel formaté sous forme de dataframe  
  
excel_path <- "C:/Users/gbertho/OneDrive -  
ENRX/Documents/2024/FICHES_METHODE_v2024/040_EVALUATION_SES_RD/petales_R/matrice_m  
oyenne_famhab_bouquet_rstat.xlsx" # Mettre ici l'emplacement du fichier  
  
#Chaque colonne du fichier excel est extrait en tant que data.frame  
  
col_SES <- read.xlsx(excel_path, sheetName = "matrice_bouquet_r_v2", colIndex = 1) # Nom de  
l'onglet excel ciblé = matrice_bouquet_r_v2 et numéro de colonne = 1  
  
col_Aquatiques <- read.xlsx(excel_path, sheetName = "matrice_bouquet_r_v2", colIndex = 2)  
col_Littoraux <- read.xlsx(excel_path, sheetName = "matrice_bouquet_r_v2", colIndex = 3)  
col_Prairiaux <- read.xlsx(excel_path, sheetName = "matrice_bouquet_r_v2", colIndex = 4)  
col_Forestiers <- read.xlsx(excel_path, sheetName = "matrice_bouquet_r_v2", colIndex = 5)  
col_Agricoles <- read.xlsx(excel_path, sheetName = "matrice_bouquet_r_v2", colIndex = 6)  
col_Urbains <- read.xlsx(excel_path, sheetName = "matrice_bouquet_r_v2", colIndex = 7)  
  
#les colonnes sont réassemblées en une data.frame unique + ajout d'une colonne id (clé unique)
```



```

DataFrame <- data.frame(id=seq(1,25),col_SES, col_Aquatiques,
col_Littoraux,col_Prairiaux,col_Forestiers,col_Agricoles,col_Urbains)

#View(DataFrame) # Affiche le tableau pour vérification

#class(DataFrame) # Affiche la classe de l'objet tableau pour vérification

# Création de la trame graphique vide

trame <- ggplot(DataFrame) + # Charge le tableau pour affichage

# Création de la trame du graphique pour accueillir les histogrammes

geom_hline(
  aes(yintercept = y),
  data.frame(y = c(0,1,2,3,4,5)), #Valeur mini et maxi de l'axe des ordonnées (y)
  #data.frame(y = c(0:5) * 1000), #Autre manière de définir Valeur mini et maxi de l'axe des
ordonnées (y)
  color = "lightgrey"
)

trame #Affiche la trame vide

# Création des histogrammes Aquatiques      Littoraux      Prairiaux      Forestiers
      Agricoles      Urbains

histogramme <- trame+

geom_col(
  aes(
    x = reorder(SES, SES), # Réordonne les valeurs de la colonne SES selon les valeurs de la colonne
SES (par ordre alphabétique SA puis SC puis SR) / reorder(SES, Littoraux) = Réordonne les valeurs de la
colonne SES selon les valeurs de la colonne Littoraux (par ordre de valeurs croissantes du champs
selectionné)
    y = Urbains, # This axis represents the height of the bars in barplot. La longueur du pétale dépend
de la valeur contenue dans le champs renseigné ici : Aquatiques      Littoraux      Prairiaux
      Forestiers      Agricoles      Urbains
    fill = Urbains # The represents the colour intensity of the barplot. L'intensité du bleu dépend de la
valeur du champs.
  ),

```

```

position = "dodge2",
show.legend = TRUE, # Affiche la légende
alpha = .9 # Gère la transparence des pétales
) +

#scale_fill_gradient(low="light blue", high = "dark blue") + #tu peux changer les
couleurs de la rampe ici (https://www.nceas.ucsb.edu/sites/default/files/2020-04/colorPaletteCheatsheet.pdf)

#scale_fill_gradient(low="yellow", high = "orange") + #tu peux changer les couleurs de la
rampe ici

#scale_fill_gradient(low="light green", high = "dark green") + #tu peux changer les
couleurs de la rampe ici

#scale_fill_gradient(low="dark green", high = "light green") + #tu peux changer les
couleurs de la rampe ici

#scale_fill_gradient(low="khaki", high = "khaki4") + #tu peux changer les couleurs de la
rampe ici

scale_fill_gradient(low="azure", high = "azure4") + #tu peux changer les couleurs de la
rampe ici

# Reprojection des histogrammes en cercle
coord_polar()

histogramme # Affiche le résultat Histogramme

#####
#THE END
#####

```

