



Etablissement public du Ministère chargé
du développement durable



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE

INVENTAIRE ET CARTOGRAPHIE DES VÉGÉTATIONS

Expérimentation de la méthodologie
CarHAB dans le Parc naturel
régional Scarpe-Escaut

CONSERVATOIRE BOTANIQUE
NATIONAL DE BAILLEUL

Juin 2018

Conservatoire Botanique National



INVENTAIRE ET CARTOGRAPHIE DES VÉGÉTATIONS

Expérimentation de la méthodologie CarHAB
dans le Parc naturel régional Scarpe-Escaut

Chef de projet	Emmanuel CATTEAU
Rédaction	Emmanuel CATTEAU Geoffroy VILLEJoubert
Prospections	Charlotte CAMART Emmanuel CATTEAU Geoffroy VILLEJoubert
Gestion des données cartographiques	Florent BOURNISIEN Christophe MEILLEZ Romain DEBRUYNE
Composition	Geoffroy VILLEJoubert Marjorie VERHILLE
Relecture (chef de service)	Benoît TOUSSAINT

Direction et coordination scientifiques
Thierry CORNIER (Directeur général)



Avec la collaboration de :

- Céline SACCA & Aurélien FOURNIER pour la réalisation du **fond écologique** (EVS Isthme)
- Bénédicte MAISONNEUVE et Loïc COMMAGNAC pour la réalisation du **fond physiognomique** (IGN)



Programme réalisé grâce au soutien financier de :



 Etablissement public du Ministère chargé
du développement durable

Photographies : Geoffroy VILLEJOURBERT

Référence à utiliser pour toute citation de l'étude

CATTEAU E. & VILLEJOURBERT G., 2018. - Inventaire et cartographie des végétations – Expérimentation de la méthodologie CarHAB dans le Parc naturel régional Scarpe-Escaut. Centre régional de phytosociologie agréé Conservatoire botanique national de Bailleul, avec le soutien financier du Ministère de la transition écologique et de l'Agence de l'eau Artois - Picardie, 1 vol., 72 p. + annexes. Bailleul.

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION	7
2.	PRÉSENTATION DU PROJET	11
2.1.	ZONE D'ÉTUDE	13
2.2.	GÉOLOGIE, PÉDOLOGIE, CLIMAT ET BIOGÉOGRAPHIE.....	15
3.	MÉTHODOLOGIE	17
3.1.	FOND ENVIRONNEMENTAL ET FOND PHYSIONOMIQUE	19
3.2.	LA PHYTOSOCIOLOGIE PAYSAGÈRE.....	21
3.2.1.	Définition (CATTEAU, 2016)	21
3.2.2.	Niveaux d'intégration (MILLET <i>et al.</i> , 2017)	21
3.2.3.	Cellules paysagères du PNR	23
3.2.4.	Approche sériale de la systémique des végétations.....	33
3.3.	PHASAGE DU PROGRAMME	45
3.4.	PRINCIPAUX ÉCARTS À LA MÉTHODOLOGIE	46
4.	PRÉSENTATION DES VÉGÉTATIONS.....	49
4.1.	LISTE DES SÉRIES DE VÉGÉTATION DÉCRITES.....	51
4.2.	COMPOSITION DES FICHES DESCRIPTIVES	52
4.2.1.	Fiche descriptive des systèmes	52
4.2.2.	Fiche descriptive des séries.....	52
5.	RÉSULTATS	57
5.1.	ANALYSE SYNTHÉTIQUE DE LA PHYSIONOMIE DES VÉGÉTATIONS DU TERRITOIRE	59
5.2.	ANALYSE SYNTHÉTIQUE DES SÉRIES DE VÉGÉTATIONS DU TERRITOIRE	60
5.3.	ANALYSE CROISÉE DE LA PHYSIONOMIE DES VÉGÉTATIONS DANS CHAQUE SÉRIE	62
6.	CONCLUSION.....	65
7.	BIBLIOGRAPHIE	69
8.	ANNEXE : FICHES DESCRIPTIVES DES SYSTÈMES ET DES SÉRIES 73	



TABLE DES FIGURES

Figure 1 - Localisation de la zone d'étude, limite (en bleu) et communes associées (en beige) _____	14
Figure 2 - Représentation cartographique du fond physiognomique _____	19
Figure 3 - Représentation cartographique du fond écologique _____	20
Figure 4 - Représentation emboîtée des différents niveaux d'intégration utilisés dans le cadre du programme CarHAB, d'après LAZARE 2009, modifié [in MILLET et al., 2017] _____	22
Figure 5 - Dynamique centripète des végétations dans le cadre d'une dynamique de comblement _____	34
Figure 6 - Extrait de carte matérialisant la dérive par sureutrophisation dans la plaine de la Scarpe _____	36
Figure 7 - Paramètres du processus de sureutrophisation menant à une série eutrophile _____	37
Figure 8 - Structure systémique des végétations au rang de l'alliance, en fonction du stade dynamique et de l'humidité du sol _____	44
Figure 9 - Liens entre les trois démarches dans la construction du modèle symphytosociologique _____	44
Figure 10 - Proportion des cellules paysagères dans chaque série (S7EnnoFasy : Série de la forêt à Hyacinthoides non-scripta et Fagus sylvatica ; S7EnnoCabe : Série de la forêt à Hyacinthoides non-scripta et Carpinus betulus ; S0HuluFrex : Série de la forêt à Humulus lupulus et Fraxinus excelsior ; S7VamyFasy : Série de la forêt à Vaccinium myrtillus et Fagus sylvatica ; S7LopeFasy : Série de la forêt à Lonicera periclymenum et Fagus sylvatica (non dissociée de la Série de la forêt à Molinia caerulea et Quercus robur) ; S0ThpaAlgl : Système des tourbières alluviales alcalines mésotrophes ; GOPoneBepe : Système des sols schisteux des terrils) _____	62
Figure 11 - Aperçu cartographique des séries potentielles du périmètre d'étude _____	64

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Composition phytocénotique des différentes catégories de cellules _____	26
Tableau 2 - Successions dynamiques des cellules paysagères, sur le territoire du PNR Scarpe-Escaut _____	28
Tableau 3 - Paramètres écologiques unificateurs et réponse des plantes par catégorie de cellule paysagère _____	29
Tableau 4 - Identification des invariants dans une succession primaire mésophile _____	31
Tableau 5 - Identification des invariants dans une succession secondaire mésohygrophile _____	31
Tableau 6 - Nombre de ceintures d'un plan d'eau aux différentes étapes d'une dynamique de comblement _____	34
Tableau 7 - Processus de sureutrophisation agricole et diffusion dans la série secondaire (flèches oranges) _____	38
Tableau 8 - Tableau synthétique partiel comparatif de deux prairies eutrophiles mésohygrophiles (GS= groupe sociologique) _____	39
Tableau 9 - Tableau synthétique partiel comparatif de deux prairies de fauche mésohygrophiles (GS = groupe sociologique) _____	40
Tableau 10 - Tableau synthétique partiel comparatif de deux pelouses humides (GS = groupe sociologique) _____	41
Tableau 11 - Comparaison des cortèges floristiques de sous-bois et d'ourlets dans le Système des sols limoneux neutres à légèrement acides plutôt eutrophes _____	42
Tableau 12 - Comparaison des cortèges floristiques de sous-bois et d'ourlets dans le Système des sols crayeux _____	43
Tableau 13 - Pression d'échantillonnage, répartie par observateur _____	45
Tableau 14 - Charge de travail liée au programme, répartie par service et par poste _____	46
Tableau 15 - Surface occupée par type physiognomique et comparaison de la surface prospectée et du fond physiognomique _____	59
Tableau 16 - Surface potentielle et surface constatée de chaque série sur le territoire _____	60

1. INTRODUCTION



Dans le cadre du programme d'activités 2017 soutenu par le Ministère de la transition écologique et solidaire, le Centre régional de phytosociologie agréé Conservatoire botanique national de Bailleul a réalisé une étude des végétations du Parc naturel régional Scarpe-Escout. L'objet de cette étude s'intègre dans une logique de connaissance du patrimoine naturel et de continuité d'inventaire.

L'inventaire des végétations du territoire du Parc naturel régional Scarpe-Escout (CATTEAU *et al.*, 2015) a permis la production d'un grand nombre de données. Elles ont constitué un fond d'informations essentiel dans l'analyse des cellules paysagères du Parc et ainsi permis de caractériser plus précisément la santé des milieux naturels du territoire (CATTEAU, 2016).

Un premier programme réalisé en 2015 a consisté en un atlas communal des végétations (CATTEAU *et al.*, 2015) dans les communes du Parc. Cette phase d'inventaire des végétations avait pour objectif de relever l'ensemble des types de végétations du territoire du Parc selon l'approche phytosociologique. L'inventaire a été restitué à l'échelle des communes et au niveau de l'association végétale.

En 2016, le programme CarHAB a été initié avec l'analyse des données de 2015, la production des fonds cartographiques du Nord (par l'IGN et l'unité de recherche EVS-ISTHME de l'Université de Saint-Étienne) et la participation à la rédaction du guide méthodologique de cartographie pour l'échelle nationale (MILLET *et al.*, 2017). Cette phase a consisté en un important travail de bureau pour amorcer le travail de terrain en 2017. En parallèle, le Parc naturel régional Scarpe-Escout a entrepris une démarche de candidature de désignation en zone Ramsar de la plaine de la Scarpe et de l'Escaut (VAHÉ, 2016). Cette analyse du patrimoine phytocénotique du PNR a fourni un nombre important de données permettant de constituer le catalogue des cellules paysagères.

Ainsi en 2017, une phase de cartographie dans le territoire de la plaine de la Scarpe et de l'Escaut au travers d'une approche paysagère a été réalisée. À l'échelle nationale, le programme prévoit une cartographie à l'échelle 1/25 000^e sur de grands territoires. Les cartes produites pourraient ainsi jouer les mêmes rôles que les cartes géologiques de la France au 1/50 000^e, qui constituent une aide à la décision pour l'aménagement du territoire et une trame pour l'identification des enjeux de protection et la caractérisation des terroirs, ainsi qu'un support pour l'enseignement des sciences.

Le CBNBL s'est basé sur la symphytosociologie, dite aussi phytosociologie paysagère, telle qu'abordée dans le programme national CarHAB (MILLET *et al.*, 2017), pour l'analyse des végétations du Parc naturel régional Scarpe-Escout. Ce ne sont donc pas les communautés végétales qui sont cartographiées, mais les cellules paysagères, qui sont des combinaisons de communautés végétales sur une surface donnée qui correspond le plus souvent à une unité de gestion.

Ce document s'articule en plusieurs parties :

- une présentation générale du projet ;
- une présentation de la méthodologie utilisée pour la réalisation de l'étude et une analyse des implications de la prise en compte des cellules paysagères ;
- une présentation des végétations ;
- une analyse des principaux résultats.

2. PRÉSENTATION DU PROJET



2.1. ZONE D'ÉTUDE

Le secteur concerné par l'étude des végétations est situé sur l'ensemble du Parc naturel Scarpe-Escaut et quelques communes voisines non rattachées au Parc (Hélesmes, Petite-Forêt, Tilloy-lez-Marchiennes, Saint-Aybert). Le site d'étude est constitué d'un ensemble de 59 communes, toutes n'ayant pas fait l'objet de prospections spécifiques.

La superficie totale occupée par l'ensemble de ces 59 communes est d'environ 500 km² soit 50 000 hectares. La moitié de cette surface est occupée par des zones urbaines ou artificialisées qui n'ont pas été prospectées.

La localisation et les limites de la zone d'étude figurent sur la carte suivante (Figure 1).

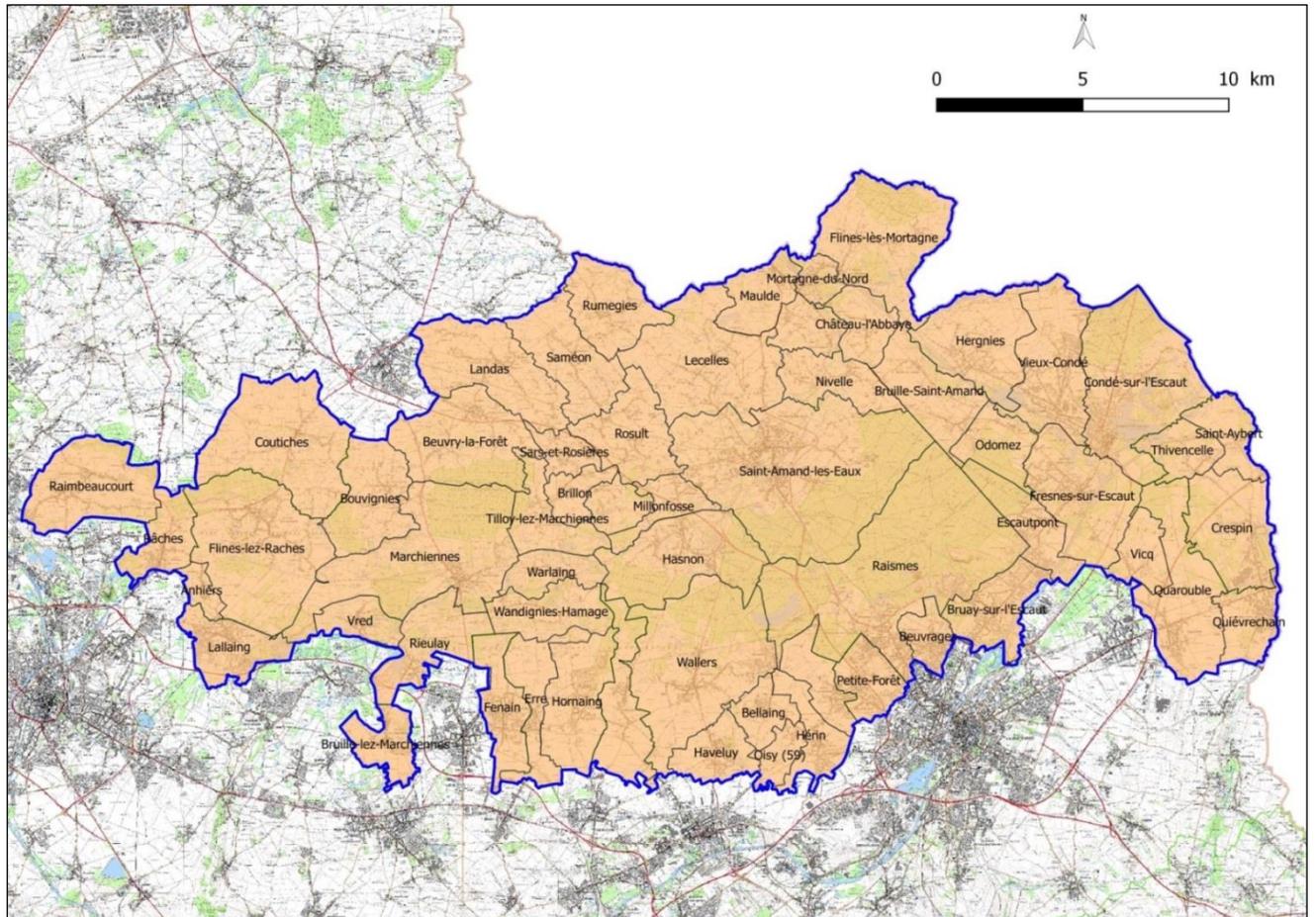


Figure 1 - Localisation de la zone d'étude, limite (en bleu) et communes associées (en beige)

2.2. GÉOLOGIE, PÉDOLOGIE, CLIMAT ET BIOGÉOGRAPHIE

D'après TOUSSAINT *et al.* (2002), la zone d'étude est située dans le district phytogéographique du Brabançon, essentiellement dans le territoire phytogéographique de la plaine de la Scarpe et de l'Escaut. Ses aspects géomorphologiques et géologiques se caractérisent par des assises géologiques d'âge tertiaire (Yprésien et Landénien), de vastes plaines alluviales très planes et un réseau dense de fossés et de canaux. La marge nord du site d'étude est située dans le territoire de la Pévèle et la marge sud est située dans la Plaine du Bas-Cambrésis et de Gohelle ainsi que dans le Cambrésis oriental.

La zone étudiée repose sur des alluvions modernes et sur des sables et argiles du tertiaire selon la carte géologique 1/50 000^e du BRGM.

Concernant le climat, dans ce secteur de la région, l'amplitude thermique annuelle est moyenne, de l'ordre de 22 °C (différence entre la température minimale moyenne du mois le plus froid et la température maximale moyenne du mois le plus chaud). La moyenne annuelle de la pluviosité est voisine des 700 mm avec des automnes généralement pluvieux.

Les paysages de cette zone d'étude sont constitués d'une mosaïque complexe d'habitats tels que prairies, cultures et peupleraies. Quelques bocages sont encore présents malgré la forte présence d'openfield. Un des éléments paysagers majeurs de cette zone est le massif forestier de Raismes - Saint-Amand - Wallers.



3. MÉTHODOLOGIE



3.1. FOND ENVIRONNEMENTAL ET FOND PHYSIONOMIQUE

Afin de réaliser les prospections terrain, un travail préalable de traitement pré-cartographique a été effectué à l'aide du logiciel QGIS et de couches fournies par le laboratoire EVS-Isthme et IGN. Ces diverses couches ont été superposées afin d'obtenir une première idée des séries de végétations que l'on pourrait trouver.

Le fond physionomique (Figure 2) correspond à un ensemble de polygones définissant chacun un milieu précis selon l'approche physionomique de la végétation. Ceci donne par exemple des polygones de cultures, de prairies, de mélanges de feuillus, etc. Ce fond physionomique a été complété par un fond composé des zones aquatiques afin de faire ressortir les zones humides et les mares. Les zones vides correspondent aux zones urbaines définies par une couche spécifique

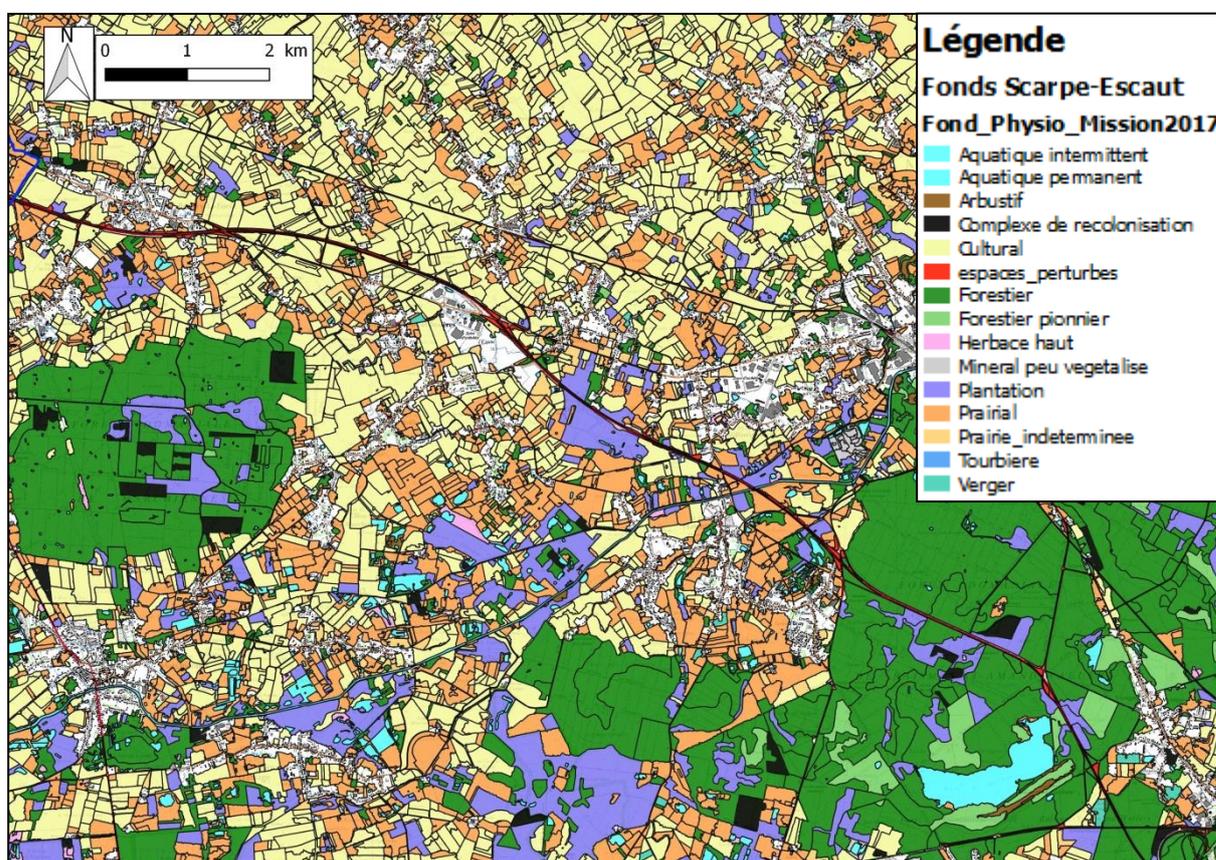


Figure 2 - Représentation cartographique du fond physionomique

Le fond environnemental ou fond écologique (Figure 3) a pour objectif de définir des enveloppes écologiques homogènes à l'aide de divers croisements de paramètres physiques (pente, indice d'humidité, indices climatiques, etc.).

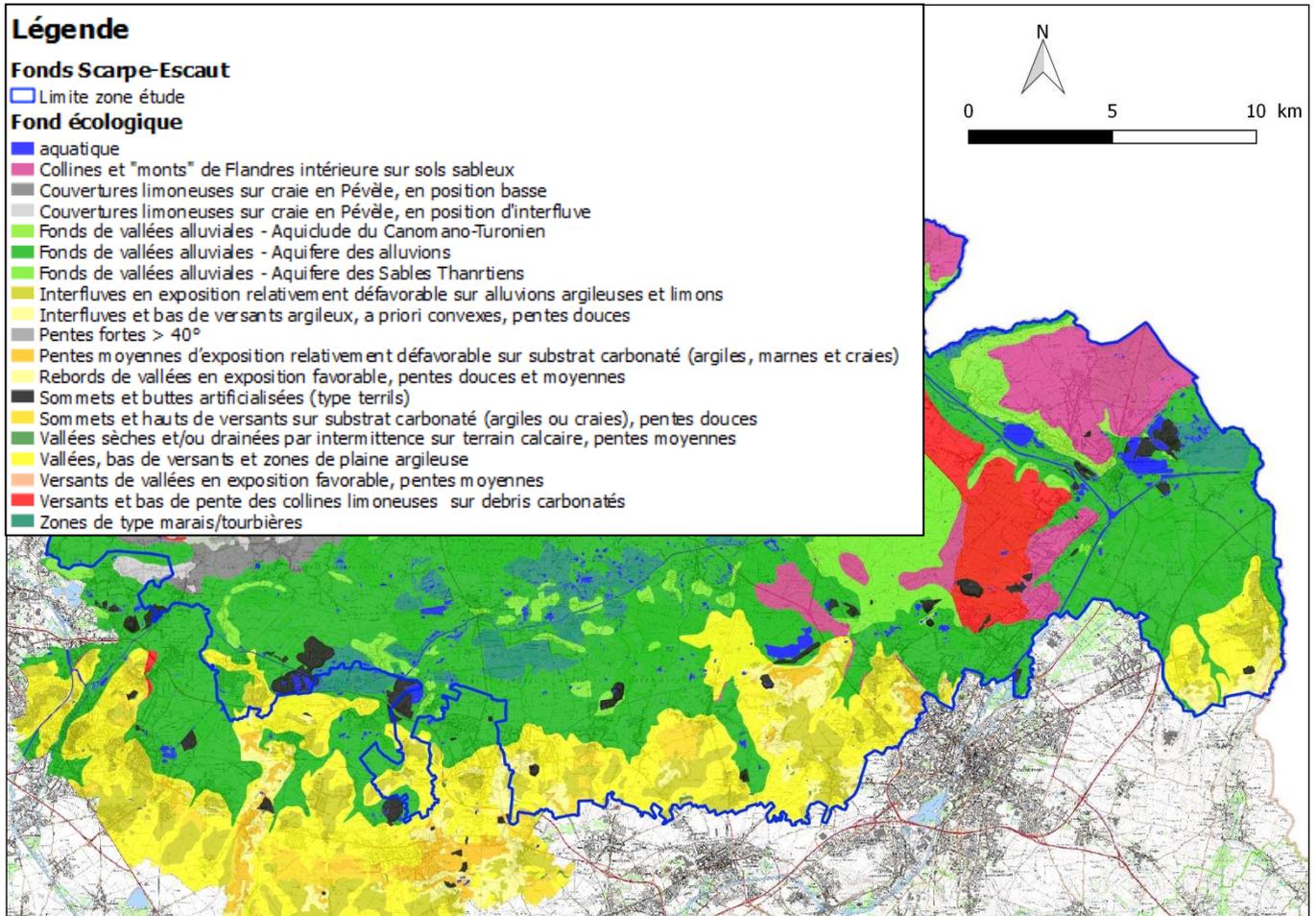


Figure 3 - Représentation cartographique du fond écologique

3.2. LA PHYTOSOCIOLOGIE PAYSAGÈRE

3.2.1. Définition (CATTEAU, 2016)

La végétation peut être abordée à plusieurs échelles d'analyse (qu'on appelle niveaux d'intégration). La phytosociologie des associations végétales en est le niveau le plus classique et un des niveaux élémentaires (avec celui des synusies). Mais les associations peuvent être regroupées en entités plus larges dont la combinaison est tout aussi répétitive que l'est la combinaison des espèces dans les associations végétales. Et ces entités peuvent elles-mêmes être regroupées en entités plus larges...

Par conséquent, la phytosociologie paysagère, ou symphytosociologie, est la « science issue de la transposition des méthodes et concepts de la phytosociologie sigmatiste à l'analyse du paysage végétal. Son objectif est d'étudier les complexes de groupements végétaux au sein d'unités spatiales homogènes, qui constituent les éléments du paysage. Elle se développe par paliers successifs » (GÉHU, 2006).

3.2.2. Niveaux d'intégration (MILLET *et al.*, 2017)

Les niveaux d'intégration utilisés dans ce rapport sont ceux retenus dans le cadre du programme CarHAB.

Unité de végétation (UV) : ensemble végétal possédant une composition floristique, une écologie, une phénologie... propres, nettement discernables au sein du reste de la végétation (GÉHU, 2006). Dans le cadre de CarHAB, il est proposé d'étendre cette définition aux complexes de végétation et de la restreindre à une unité concrète, un individu de végétation sans précision de son niveau hiérarchique ou de représentation spatiale. Son pendant catégoriel est l'unité typologique de végétation (UTV).

Unité typologique de végétation (UTV) (Figure 4) : équivalent catégoriel de l'unité de végétation. L'unité typologique est définie à différents niveaux en fonction des échelles de représentation cartographique. Elles sont décrites dans les catalogues des groupements et les catalogues des séries et géoséries. Afin d'éviter toute confusion, on parlera dans le cadre du programme CarHAB :

- d'UTV de niveau 1 (UTV1) correspondant aux groupements végétaux de rang association ;
- d'UTV de niveau 2 (UTV2) correspondant aux cellules paysagères ;
- d'UTV de niveau 3 (UTV3) correspondant aux petites géoséries et séries ;
- d'UTV de niveau 4 (UTV4) correspondant aux grandes unités de paysage, grandes géoséries ;
- d'UTV de niveau 5 (UTV5) correspondant aux très grandes unités de paysage.

Communauté végétale (UTV 1) : unité concrète de végétation, de composition floristique et de structure homogènes, exprimée dans une station d'écologie hautement homogène pour les différents paramètres du milieu. La communauté végétale est l'objet d'étude de la phytosociologie sigmatiste, qui décrit les associations végétales.

Cellule paysagère (UTV2) : unité de la phytosociologie paysagère définie par une composition phytocénotique parmi laquelle un ou plusieurs éléments (syntaxons) dominants structurent la physionomie. La cellule paysagère correspond le plus souvent à une entité de gestion. Au sein d'une même série, les différentes cellules paysagères s'organisent le long d'un gradient dynamique. Les cellules paysagères peuvent être complètes (saturées) ou incomplètes (fragmentaires pour des raisons de surface, ou basales quand mal exprimés).

Série (UTV3) : unité de la phytosociologie paysagère regroupant des éléments de paysage susceptibles de se trouver dans des biotopes dont les caractéristiques globales (en particulier géologie et climat) sont similaires. Les éléments de paysage d'une même série s'inscrivent dans une succession végétale incluant les communautés primaires et de substitution.

On distingue deux cas particuliers de séries :

- **permasérie** : série limitée à un seul stade dynamique; il n'y a donc pas de succession. Ce type de série se rencontre dans les milieux très contraignants (milieux aquatiques, très oligotrophes, pollués aux métaux lourds, salés, etc.) ;
- **série dérivée** : série s'exprimant dans des biotopes modifiés à tel point que l'essentiel des stades de la série est différent de ceux liés au biotope initial.

Géosérie : unité de la phytosociologie paysagère regroupant une ou plusieurs séries, généralement organisées le long de gradients écologiques ou topographiques.

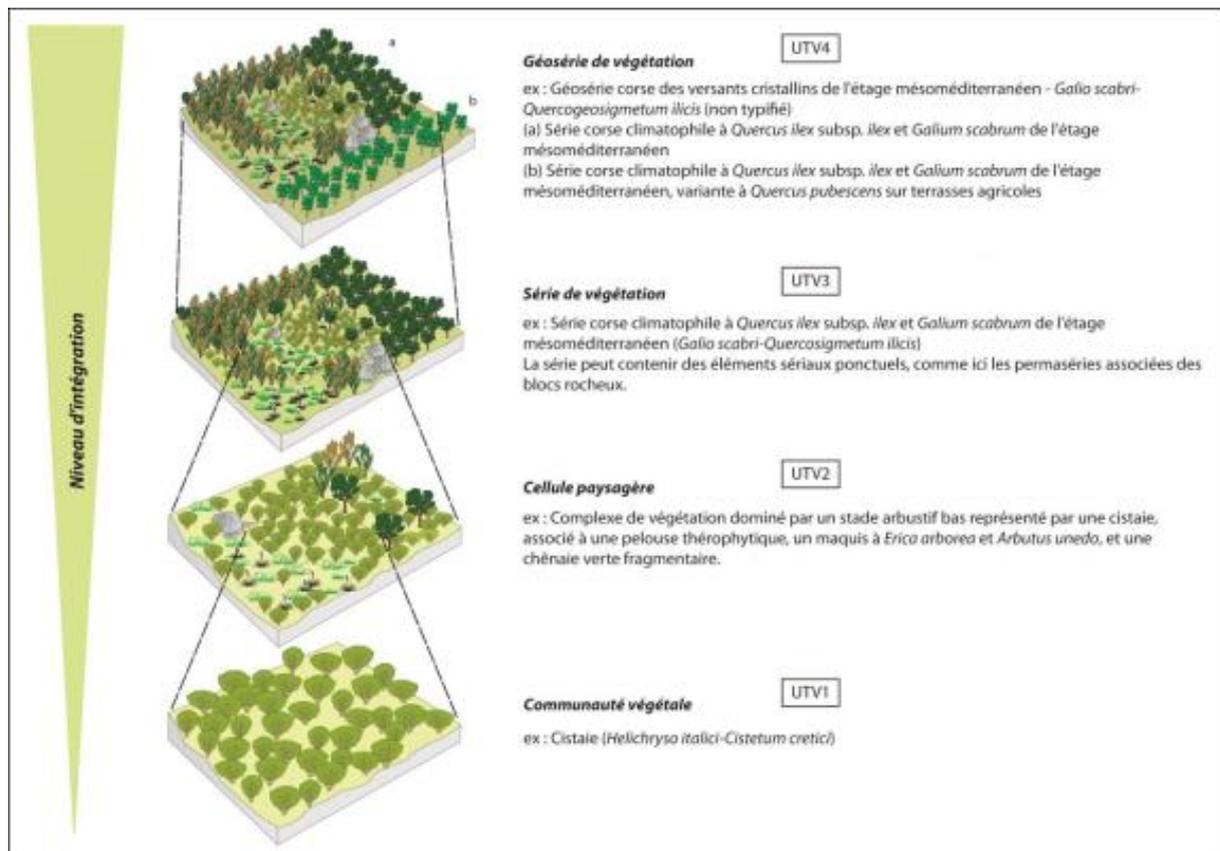


Figure 4 - Représentation emboîtée des différents niveaux d'intégration utilisés dans le cadre du programme CarHAB, d'après LAZARE 2009, modifié [in MILLET et al., 2017]

3.2.3. Cellules paysagères du PNR

❖ Justification d'un nouveau niveau d'intégration

Le niveau d'intégration des cellules paysagères a été individualisé dans le cadre de CarHAB, bien qu'il ne fasse pas partie des niveaux d'intégration retenus dans l'approche symphytosociologique classique. Cette individualisation résulte du constat (CATTEAU & DUHAMEL, 2010) d'une nécessité d'un recalage entre les niveaux d'emboîtements de la végétation et les niveaux d'intégration de la phytosociologie. Dans la pratique, en effet, le niveau des cellules paysagères a été utilisé par une multitude d'auteurs, mais toujours au détriment d'un autre niveau. Par exemple, les phytosociologues synusiaux (GILLET *et al.*, 1991) identifient la phytocénose comme une combinaison de synusies, à une échelle qui est en fait celle de la cellule paysagère et sans retenir le niveau de la communauté végétale. De même, les phytosociologues de l'école oberdorferienne ont, comme l'écrit GÉHU (2006) « une conception large et régionale de l'association (...), contrairement à Tüxen qui décrivait des associations territoriales en étroite relation avec les conditions de milieu ». Cette conception large se situe dans beaucoup de cas à l'échelle des cellules paysagères. Enfin, dans un certain nombre de travaux de symphytosociologie, les unités dénommées séries se révèlent être des fragments de séries, correspondant à des cellules paysagères.

Il nous semble indispensable, par conséquent, d'identifier le niveau d'intégration des cellules paysagères, selon la définition fixée précédemment. Cette échelle est par bien des aspects en adéquation avec l'échelle de la gestion de la nature, qu'il s'agisse de gestion forestière, de gestion agricole ou de gestion conservatoire.

La surface minimale d'une cellule paysagère a été fixée à 5 000 m² par le guide méthodologique du programme CarHAB (MILLET *et al.*, 2017). Ceci est en bonne adéquation avec une conception de la cellule paysagère proche de l'échelle des unités de gestion.

❖ Catégories de cellule paysagère

Il est possible de dégager des catégories de cellules paysagères en fonction de la physionomie de la végétation dominante dans la cellule paysagère. D'une série à l'autre, chaque catégorie de cellules paysagères sera composée de combinaisons d'associations végétales différentes, bien qu'elle soit toujours dominée par une physionomie de végétation donnée.

Nous détaillons ci-après les différentes catégories de cellules paysagères présentes dans le PNR Scarpe-Escout (d'après MILLET *et al.*, 2017).

Aquatique : cellule paysagère dont la physionomie est liée à la présence d'une lame d'eau libre plus ou moins colonisée par des végétations d'hydrophytes, à laquelle peuvent s'associer 25 % de végétations diverses (herbacées ou ligneuses), généralement établies en ceinture de la pièce d'eau et largement dépendantes d'elle.

Arbustive : cellule paysagère dont la physionomie est attachée à la présence de végétations arbustives (c.-à-d. de moins de 7 m de haut) occupant plus de 75 % de l'espace. L'abondance des arbustes jointifs et l'absence de clairières herbacées correspondant à des stades dynamiques antérieurs persistants, donne une physionomie homogène (si la physionomie est mixte avec herbacées et arbustes, voir "recolonisation"). Elle correspond essentiellement à des systèmes primaires (couloirs d'avalanches, éboulis, littoral) mais aussi à des séries bloquées au stade arbustif, présentes sur corniches rocheuses, pieds de barres, etc.

Remarque concernant la cartographie du PNR Scarpe-Escout : dans ce programme, nous n'avons pas individualisé les cellules arbustives, considérant qu'elles n'avaient pas d'individualité vis-à-vis des cellules de recolonisation (voir à ce mot), dans la mesure où la

combinaison de végétations est la même dans les deux types de cellules et où il n'existe guère de grande unité surfacique où la végétation arbustive domine à plus de 75 %.

Culturale : cellule paysagère dont la physionomie est imprimée par la présence de cultures herbacées (généralement annuelles), au sein desquelles la végétation adventice vivace et annuelle se développe de manière assez éparse.

Forestière : cellule paysagère à la physionomie liée à la présence de végétations forestières dont la strate arborescente est haute et dense, de telle manière que la flore herbacée du sous-bois, conditionnée par la faible luminosité et les autres paramètres du climat forestier, est très différente de la flore des milieux ouverts environnants. Les végétations associées (clairières, chemins, lisières internes, etc.) également conditionnées par le climat forestier, relèvent elles aussi de ce type de cellule. Des végétations à strate arborescente plus basse et plus claire peuvent être présentes, elles s'inscrivent en général dans la dynamique cyclique de cicatrisation de la forêt et leur sous-bois est peu différent de celui de la forêt fermée. Les clairières et coupes associées représentent moins de 25 %.

Remarque concernant la cartographie du PNR Scarpe-Escaut : dans ce programme, cette catégorie de cellule est dénommée « Cellule forestière fermée » afin d'indiquer sans ambiguïté la distinction vis-à-vis des cellules forestières pionnières.

Forestière pionnière : cellule paysagère à physionomie attachée à la présence de végétations dont la strate arborescente est moyennement haute (7 à 15 m environ) et peu dense, de telle manière que la flore herbacée du sous-bois et des milieux associés est peu différente de la flore des milieux ouverts parce que les conditions microclimatiques sont encore peu contraignantes. La flore herbacée du sous-bois est donc souvent composée d'espèces de friches et d'ourlets. Les espèces de la strate arborescente sont des espèces ligneuses pionnières aux bonnes capacités de dispersion et à la croissance rapide (*Betula*, *Salix*, *Populus*, *Pinus*, etc.). Comme la colonisation est récente et synchrone, la strate arborescente est équiétienne et peu structurée.

*Remarque concernant la cartographie du PNR Scarpe-Escaut : la cellule forestière pionnière ainsi définie par son organisation floristique (espèces de la strate arborescente pionnière, flore herbacée du sous-bois à caractère héliophile...) est indépendante de la cellule forestière fermée et il est tout à fait possible qu'elle présente un caractère climacique dans des séries où la cellule forestière fermée ne peut pas (ou ne peut qu'au bout d'un temps infini...) se mettre en place. Dans ce programme, les forêts marécageuses dominées par les *Alnetea glutinosae* ont été considérées comme des cellules forestières pionnières. De même, les « forêts à bois blanc » (dominées par le *Salicion albae*) représentent finalement les cellules forestières pionnières des séries aboutissant à des forêts alluviales de l'*Alnion incanae*.*

Herbacée haute : cellule paysagère dont la physionomie est imprimée par une végétation herbacée vivace à forte biomasse couvrant plus de 75 % de la surface, dont les espèces ont généralement un port ramifié, avec des feuilles caulinaires nombreuses et une inflorescence souvent de grande taille. La formation végétale typique est l'ourlet au sens large, incluant mégaphorbiaies, roselières et cariçaies. Les ligneux représentent moins de 25 % de la surface.

Remarque concernant la cartographie du PNR Scarpe-Escaut : dans ce programme, nous n'avons guère individualisé les cellules herbacées hautes, considérant qu'elles n'avaient pas d'individualité vis-à-vis des cellules de recolonisation (voir à ce mot), dans la mesure où la combinaison de végétation est la même dans les deux types de cellules. Cette catégorie de cellule a néanmoins été conservée pour les séries amphibies dont la dynamique est bloquée au stade herbacé haut et dans lesquelles il ne peut donc exister de végétation arbustive.

Minérale peu végétalisée : cellule paysagère très peu couverte par la végétation, hormis la végétation cryptogamique (souvent éparse) et parfois une végétation herbacée annuelle assez clairsemée. La physionomie est donnée par le substrat nu. Les végétations pionnières herbacées et ligneuses apparaissent par plages mais elles sont de faible

surface et ne couvrent pas significativement le substrat. S'observe typiquement en situation d'éboulis, de dalles rocheuses, de parois, de falaises, sur les estrans...

Remarque concernant la cartographie du PNR Scarpe-Escaut : *cette catégorie de cellule est rare sur le territoire étudié. Elle porte principalement sur des paysages de terrils et des paysages urbanisés.*

Pelousaire : cellule paysagère dont la physionomie est liée à la présence de pelouses occupant plus de 75 % de la surface, que ces pelouses soient hygrophiles, mésophiles ou xérophiles.

Remarque concernant la cartographie du PNR Scarpe-Escaut : *cette catégorie de cellule est rare sur le territoire étudié. Les pelouses, souvent très peu étendues, sont intégrées à d'autres cellules, notamment des cellules forestières et des cellules de recolonisation.*

Plantation : cellule paysagère de ligneux plantés assez denses, de plus de 5 mètres de haut. La strate herbacée n'étant plus entretenue, elle a très souvent un faciès herbacé haut, sauf en fin de cycle où la végétation commence à présenter des affinités avec les formations forestières. (...) On pourra y trouver de petites clairières occupées par une végétation herbacée haute, des voies de communication, des fossés et des petits plans d'eau.

Remarque concernant la cartographie du PNR Scarpe-Escaut : *la majorité des plantations se sont révélées avoir la même composition phytocénotique que les cellules de recolonisation de la même série. Néanmoins, nous avons conservé cette distinction afin de disposer de l'information sur les parcelles plantées de ligneux.*

Prairiale : cellule paysagère dont la physionomie est attachée à la présence de végétations de prairies vivaces couvrant plus de 50 % de la surface. La cellule intègre également les végétations associées aux végétations prairiales dominantes : entrées de parcelles surpiétinées, reposoirs à bétail, végétations herbacées hautes, etc. Inclut les prairies très artificialisées, semées ou sursemées à condition que le couvert soit très dense (critère de télédétection) et que la flore compagne soit prairiale (critère de terrain).

Remarque concernant la cartographie du PNR Scarpe-Escaut : *catégorie de cellule imprécise, rendue nécessaire par les contraintes techniques de la télédétection, qui ne parvient pas toujours à distinguer cellules prairiales fauchées et cellules prairiales pâturées (voir à ces mots, ci-dessous). Les cellules prospectées ont fait l'objet d'une caractérisation plus fine.*

Prairiale fauchée : cellule paysagère à physionomie liée à la présence de végétations de prairies vivaces de type prairie fauchée (souvent avec un pâturage de regain) couvrant plus de 50 % de la surface. La fauche produit des paysages assez homogènes au plan phytocénotique, avec peu de végétations associées à la végétation prairiale *sensu stricto*. En fonction de l'intensité et de la régularité de la fauche, on pourra néanmoins trouver des végétations d'ourlets associées, liées à la déprise. Dans ces paysages fauchés, quelques parcelles peuvent héberger une végétation de type prairie pâturée. Dans les entrées de parcelles, se trouvent quelques végétations de milieux piétinés.

Prairiale pâturée : cellule paysagère dont la physionomie est fixée par la présence de végétations de prairies vivaces pâturées couvrant plus de 50 % de la surface. Le pâturage produit des paysages hétérogènes à l'échelle parcellaire, avec des entrées de pâture hébergeant des végétations piétinées, des reposoirs à bestiaux dont la végétation est celle d'une friche nitrophile, des abreuvoirs aux végétations aquatiques et amphibies, des rochers, des fourrés ponctuels... Quelques parcelles peuvent héberger une végétation de type prairie fauchée.

Recolonisation : cellule paysagère de physionomie mixte, associant des végétations herbacées hautes et des végétations arbustives associées à d'autres végétations (souvent des végétations de pelouses ou de prairies, des chaméphytaies, des éléments ponctuels de forêt pionnière...). Ce type de cellule paysagère est lié à une dynamique active, non contrainte par la gestion : herbages à l'abandon, coupes forestières en cours

de recolonisation, colonisation spontanée des terrils, etc. Néanmoins, cette dynamique peut être assez lente, voire très lente (systèmes dunaires, roselières boisées).

Vergers : cellule paysagère définie par une gestion d'arbres fruitiers.

Remarque concernant la cartographie du PNR Scarpe-Escaut : type de cellule traité avec les plantations à l'échelle du PNR Scarpe-Escaut, compte tenu de sa faible représentativité.

❖ Composition phytocénotique par catégorie de cellule

La composition phytocénotique de chaque cellule paysagère est décrite dans la typologie. Par comparaison des cellules paysagères de la même catégorie, il est possible de dégager une structure-type concernant la composition phytocénotique par catégorie de cellule. Il s'agit d'un structuralisme au sens où de FOUCAULT (1984) l'a appliqué à la phytosociologie. Cette structure-type est décrite dans le tableau suivant par les classes qui la composent, afin d'augmenter l'universalité de ce structuralisme.

Tableau 1 - Composition phytocénotique des différentes catégories de cellules

Catégorie de cellule	Végétations dominantes	Végétations secondaires
Aquatique	Végétations aquatiques enracinées (<i>Potametea pectinati</i> , <i>Charetea fragilis</i>) et libres (<i>Lemnetea minoris</i>)	Végétations amphibies de type roselière (<i>Phragmito australis</i> - <i>Magnocaricetea elatae</i>) et cressonnière (<i>Glycerio fluitantis</i> - <i>Nasturtietea officinalis</i>) Végétations annuelles des rives exondées (<i>Bidentetea tripartitae</i>)
Culturale	Plante cultivée Végétations commensales des cultures annuelles (<i>Stellarietea mediae</i>) et vivaces (<i>Agropyretalia intermedii-repentis</i>)	Végétations annuelles des substrats minéraux exondés (<i>Chenopodion rubri</i>), Friches annuelles nitrophiles (<i>Sisymbrietea officinalis</i>)
Forestière fermée	Forêts de feuillus caducifoliés sur sol non marécageux (<i>Quercu roboris</i> - <i>Fagetea sylvaticae</i>) Fourrés (<i>Crataego monogynae</i> - <i>Prunetea spinosae</i>) Ourlets (selon la nature du sol, <i>Melampyro pratensis</i> - <i>Holcetea mollis</i> , <i>Galio aparines</i> - <i>Urticetea dioicae</i> , <i>Filipendulo ulmariae</i> - <i>Convolvuletea sepium</i> ou très rarement <i>Trifolio medii</i> - <i>Geranietea sanguinei</i>),	Végétations annuelles des rives exondées eutrophes (<i>Bidentetea tripartitae</i>) ou plus oligotrophes (<i>Juncetea bufonii</i>) Végétations prairiales (<i>Arrhenatheretea elatioris</i>) Végétations vivaces des coupes forestières, herbacées (<i>Epilobietea angustifolii</i>) et arbustives (<i>Cytisetea scopario-striati</i>)
Forestière pionnière en dynamique primaire	Forêts caducifoliées pionnières, mésophiles (<i>Betulo pendulae</i> - <i>Populetales tremulae</i>) ou hygrophiles (<i>Salicetea purpureae</i>) Fourrés (<i>Crataego monogynae</i> - <i>Prunetea spinosae</i>) et pré-fourrés (<i>Cytisetea scopario-striati</i>)	Friches à espèces bisannuelles et vivaces cespiteuses (<i>Artemisietea vulgaris</i>). Végétations pionnières rhizomateuses mésophiles (<i>Agropyretalia intermedii-repentis</i>) ou hygrophiles (<i>Filipendulo ulmariae</i> - <i>Convolvuletea sepium</i>) Friches à espèces annuelles nitrophiles (<i>Sisymbrietea officinalis</i>) ou plus oligotrophes, acidiphiles (<i>Helianthemetea guttatae</i>) ou basophiles (<i>Sedo albi</i> - <i>Scleranthetea biennis</i>)
Forestière pionnière en dynamique secondaire	Forêts caducifoliées pionnières, mésophiles (<i>Betulo pendulae</i> - <i>Populetales tremulae</i>) Fourrés (<i>Crataego monogynae</i> - <i>Prunetea spinosae</i>) Ourlets (selon la nature du sol, <i>Melampyro pratensis</i> - <i>Holcetea mollis</i> , <i>Galio aparines</i> -	

	<i>Urticetea dioicae</i> , <i>Filipendulo ulmariae</i> - <i>Convolvuletea sepium</i> ou très rarement <i>Trifolio medii</i> - <i>Geranietea sanguinei</i>),	
Forestière pionnière sur sol marécageux	Forêts et fourrés sur sol marécageux (<i>Alnetea glutinosae</i>) Végétations amphibies de type roselière (<i>Phragmito australis</i> - <i>Magnocaricetea elatae</i>)	Végétations aquatiques enracinées (<i>Potametea pectinati</i>) et libres (<i>Lemnete a minoris</i>) Végétations annuelles des rives exondées (<i>Bidentetea tripartitae</i>)
Minérale peu végétalisée	Friches à espèces bisannuelles et vivaces cespiteuses (<i>Artemisiete a vulgaris</i>). Friches à espèces annuelles nitrophiles (<i>Sisymbriete a officinalis</i>) ou plus oligotrophiles, acidiphiles (<i>Helianthemete a guttatae</i>) ou basophiles (<i>Sedo albi</i> - <i>Scleranthete a biennis</i>)	Végétations pionnières rhizomateuses mésophiles (<i>Agropyretalia intermedii-repentis</i>)
Prairie fauchée	Prairies de fauche mésophiles (<i>Arrhenatherion elatioris</i>), hygrophiles (<i>Bromion racemosi</i>) ou hydrophiles (<i>Oenanthion fistulosae</i>)	Ourlets mésophiles (<i>Galio aparines</i> - <i>Urticetea dioicae</i>), hygrophiles (<i>Filipendulo ulmariae</i> - <i>Convolvuletea sepium</i>) ou hydrophiles (<i>Phragmito australis</i> - <i>Magnocaricetea elatae</i>) Fourrés mésophiles à hygrophiles (<i>Crataego monogynae</i> - <i>Prunete a spinosae</i>) ou hydrophiles (<i>Salicion cinereae</i>)
Prairie pâturée	Prairies pâturées mésophiles (<i>Cynosurion cristati</i>) ou mésohygrophiles à hydrophiles (<i>Agrostiete a stoloniferae</i>). Prairies piétinées mésophiles (<i>Lolio perennis</i> - <i>Plantaginion majoris</i>) ou hygrophiles à hydrophiles (<i>Potentillion anserinae</i>) et Végétations annuelles basses piétinées (<i>Polygono arenastri</i> - <i>Poete a annuae</i>) Refus de pâturage et reposoirs à bétail mésophiles à mésohygrophiles (<i>Aegopodion podagrariae</i> et <i>Arction lappae</i>), hygrophiles (<i>Convolvulion sepium</i>) ou hydrophiles (<i>Caricion gracilis</i>)	Ourlets mésophiles (<i>Galio aparines</i> - <i>Urticetea dioicae</i>), hygrophiles (<i>Filipendulo ulmariae</i> - <i>Convolvuletea sepium</i>) ou hydrophiles (<i>Phragmito australis</i> - <i>Magnocaricetea elatae</i>) Végétations annuelles des rives exondées (<i>Bidentetea tripartitae</i>) Fourrés mésophiles à hygrophiles (<i>Crataego monogynae</i> - <i>Prunete a spinosae</i>) ou hydrophiles (<i>Salicion cinereae</i>)
Recolonisation & plantation	Idem cellules forestières pionnières, avec une dominance des végétations vivaces herbacées et des fourrés et pré-fourrés, sous l'espèce plantée dans le cas des plantations.	
Recolonisation & plantation, dans le cas des coupes des cellules forestières fermées	Végétations vivaces des coupes forestières (<i>Epilobiete a angustifolii</i>) et pré-fourrés de recolonisation (<i>Cytisete a scopario-striati</i> ou <i>Franguletea alni</i>) Ourlets (selon la nature du sol, <i>Melampyro pratensis</i> - <i>Holcete a mollis</i> , <i>Galio aparines</i> - <i>Urticete a dioicae</i> , <i>Filipendulo ulmariae</i> - <i>Convolvuletea sepium</i> ou très rarement <i>Trifolio medii</i> - <i>Geraniete a sanguinei</i>)	Fourrés de recolonisation (<i>Crataego monogynae</i> - <i>Prunete a spinosae</i>) Forêts de feuillus caducifoliés sur sol non marécageux (<i>Querco roboris</i> - <i>Fagete a sylvaticae</i>)

❖ Dynamique des cellules paysagères

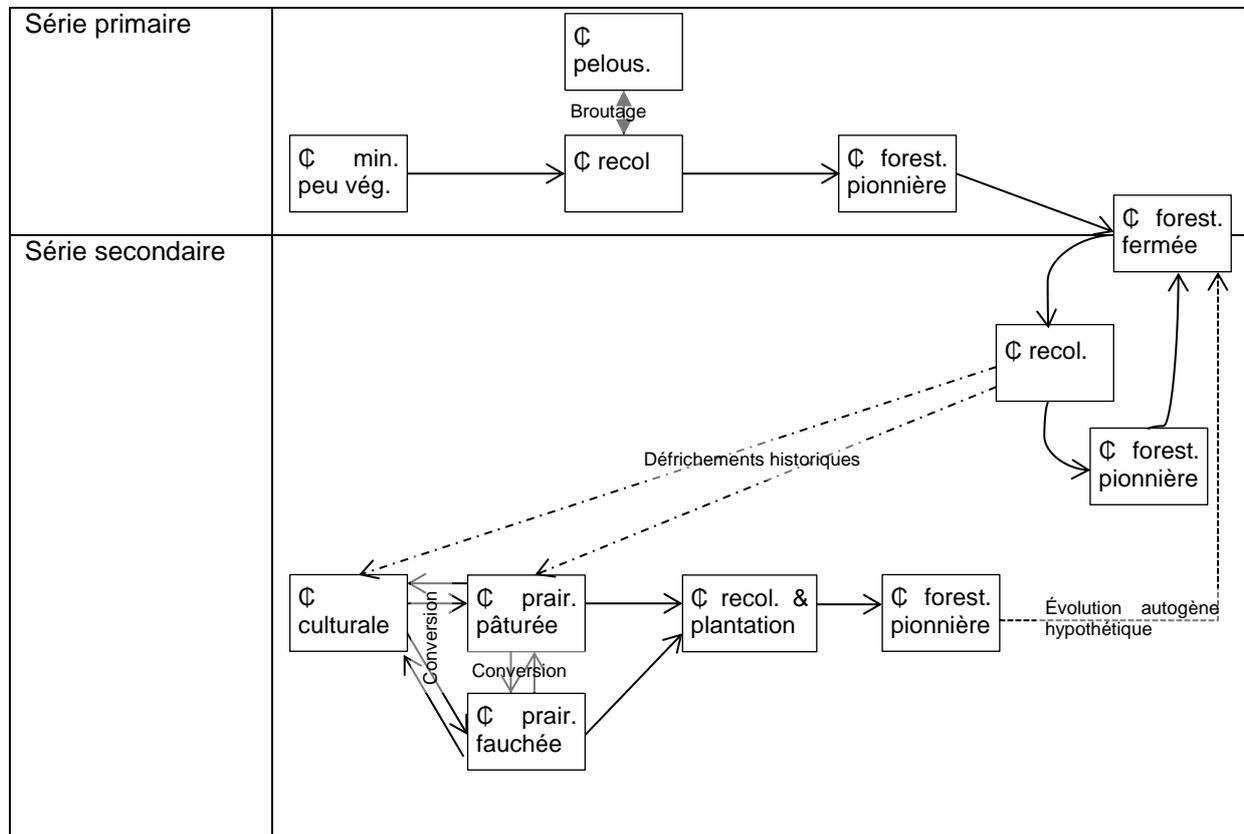
Ce niveau d'intégration des cellules paysagères étant défini, il est possible de reformuler la dynamique végétale sur une base proche de celle de JULVE & VITTE (à paraître).

Série primaire : série amorcée à partir d'un substrat minéral neuf qui n'a pas antérieurement hébergé d'écosystèmes. Le parcours de cette série primaire progressive (succession

autogène : succession végétale due à la modification des conditions de biotope par la végétation elle-même) s'accompagne de la création et de l'approfondissement d'un sol, avec structuration d'horizons spécifiques.

Série secondaire : série initiée à partir du défrichement d'une végétation forestière climacique. L'enchaînement de ces stades s'effectue sur l'épaisseur du sol forestier original, modifié par les usages agricoles et les modifications microclimatiques.

Tableau 2 - Successions dynamiques des cellules paysagères, sur le territoire du PNR Scarpe-Escout



Seules les relations les plus fréquentes sont indiquées dans le schéma.

→ sauf indication contraire, succession autogène, souvent en l'absence de gestion

↔ relation de juxtaposition, liée à un équilibre instable

↪ succession dans le cadre d'une dynamique cyclique de cicatrization

❖ Cellules paysagères et paramètre écologique unificateur

On notera que les cellules paysagères, bien qu'elles soient constituées de plusieurs végétations, sont en règle générale dominées par l'une de ces végétations. On pourrait même dire qu'une communauté végétale structurante conditionne les autres communautés végétales, ce qui est finalement une adaptation du concept de communautés « conditionnées » d'ANSSEAU & GRANDTNER (1990).

La communauté dominante réagit à un paramètre écologique unificateur, qui est le paramètre écologique prépondérant dans le biotope occupé par la cellule paysagère. Il s'agit en règle générale d'un paramètre contraignant pour la vie végétale, auquel les plantes sont

forcées de s'adapter par leurs traits biologiques fonctionnels¹. En retour, dans certains cas, la communauté dominante influence elle-même, le paramètre écologique unificateur (notion systémique de feedback ou rétroaction). Par exemple, en prairie pâturée, le paramètre écologique unificateur est le pâturage, les plantes de la communauté prairiale présentent des adaptations fonctionnelles à ce pâturage ; or, la qualité nutritionnelle de la végétation herbacée prairiale encourage, en retour, sa consommation par le bétail. Dans la dynamique des cellules paysagères présentée dans le Tableau 2, ce qui provoque le passage d'une cellule paysagère à une autre est le changement du paramètre écologique unificateur.

Tableau 3 - Paramètres écologiques unificateurs et réponse des plantes par catégorie de cellule paysagère

Catégorie de cellule	Paramètre écologique unificateur	Traits de réponse (adaptation fonctionnelle des plantes)
Aquatique	Présence d'une lame d'eau.	Perte des tissus de soutien, absence de cuticule, réduction des tissus vasculaires.
Herbacée haute (amphibie)	Engorgement prolongé du sol.	Parenchyme lacuneux aérifère ou aérochyme, permettant l'échange de gaz tels que l'oxygène et l'éthylène entre les parties de la plante situées au-dessus et en dessous de l'eau.
Minérale peu végétalisée	Substrat nu, non colonisé par les plantes.	Stratégie pionnière (R de Grime, r de MacArthur & Wilson) avec allocation de ressources (trade-off) orientée vers la production de grandes quantités de graines, au détriment de la durée de vie de l'individu : plantes annuelles.
Culturale	<p>Perturbations par l'agriculture : labour, usage d'herbicides, concurrence par la plante cultivée, récolte.</p> <p>Enrichissement en nutriments par les engrais.</p> <p>Sélection passive : par le simple fait de semer puis de récolter certaines plantes, l'Humain exerce une pression évolutive, à la fois sur la plante cultivée et sur les commensales.</p>	<p>Stratégie pionnière (R de Grime, r de MacArthur & Wilson) (cf. ci-dessus).</p> <p>Plantes vivaces rhizomateuses dont les clones résistent partiellement aux perturbations et dont les rhizomes leur donnent de grandes capacités de colonisation entre les perturbations.</p> <p>Plantes « dispendieuses » : plantes dénuées de traits fonctionnels orientés vers l'économie des ressources, plantes à forte productivité.</p> <p>Perte de dormance : les individus qui conserveraient une certaine dormance prendraient un retard au développement tout à fait rédhibitoire.</p> <p>Suppression des mécanismes de dispersion : les semences sont récoltées sur la plante ; par conséquent, les plantes gardant le mieux les semences sur le pied mère voient leur génome favorisé statistiquement par la quantité de semences récoltées.</p> <p>Etc.</p>

¹ L'idée de paramètre écologique unificateur est une adaptation de la formulation de « synusie unificatrice » de GILLET (1981 in GILLET *et al.*, 1991) : « Synusie végétale, constituée d'espèces à pouvoir concurrentiel élevé, responsable de l'unité structurelle (par sa dominance) et/ou fonctionnelle (par la création d'un milieu endogène) » de l'espace occupé par une cellule paysagère. Un des exemples cités est la « synusie arborescente d'une forêt », mais finalement, c'est moins la synusie arborescente de la forêt qui est unificatrice que l'ombre qu'elle génère.

Catégorie de cellule	Paramètre écologique unificateur	Traits de réponse (adaptation fonctionnelle des plantes)
Prairie fauchée & prairie pâturée	Enrichissement en nutriments par les engrais et bonne stabilité (perturbations faibles). Fauche annuelle printanière ou bisannuelle des végétaux à quelques centimètres au-dessus du sol ; pâturage prolongé par le bétail.	Compétition forte favorisant les espèces compétitrices (C de Grime, K de MacArthur & Wilson) : plantes vivaces à forte productivité. Végétaux « contraints » à se développer au ras du sol (hémicryptophytes et géophytes, dont les méristèmes sont situés sous la hauteur de fauche ou sous la hauteur de pâturage), avec une multiplication végétative au ras du sol (rhizomes, stolons, tallage).
Recolonisation, plantation & forêt pionnière	Dynamique végétale autogène, avec peu de freins à l'évolution de la végétation vers le climax. Dans le cas de biotopes contraignants, l'évolution sera plus lente (de FOUCAULT, 2014), mais elle n'est pas bloquée.	Développement de traits fonctionnels relevant de la stratégie C de Grime : développement en hauteur, ramification, grandes feuilles, plantes cespiteuses... Hémicryptophytes érigées, phanérophytes arbustives puis arborescentes.
Forêt fermée	Différenciation d'un phytoclimat forestier en sous-bois (DECOCQ, 1997) par modification de divers paramètres climatiques : en particulier faible luminosité, mais également faible amplitude thermique annuelle et nyctémérale, humidité atmosphérique élevée, vent faible...	Stratégie d'évitement de la faible luminosité chez les géophytes vernales qui se développent avant le débourrement des feuilles ; stratégie de tolérance à la faible luminosité des espèces estivales et en particulier des fougères forestières. Peu d'adaptation à la sécheresse : feuilles peu cuticulées, à rapport surface/volume élevé. Peu d'espèces anémochores.

❖ Orbite systémique des cellules paysagères

À l'occasion de la succession des cellules paysagères (cf. Tableau 2 - Successions dynamiques des cellules paysagères, sur le territoire du PNR Scarpe-Escaut), certaines végétations se révèlent être communes à des cellules paysagères successives (cf. Tableau 4 et Tableau 5). Ce constat relève d'une application aux cellules paysagères du concept d'orbite systémique (de FOUCAULT, 1988), qu'on peut alors reformuler. Dans la transformation suivante :

$$\text{Cellule A} \xrightarrow{\text{transformation}} \text{Cellule B}$$

on trouvera un invariant phytocénotique entre la Cellule A et la Cellule B : une partie des végétations de A se retrouvera en B. À ce propos, DUVIGNEAUD (cité *in* de FOUCAULT, 1988) indique « toute association compte dans son cortège floristique le groupe sociologique caractéristique de l'association qui la précède et celui de celle qui la suit dans la série évolutive à laquelle il appartient ». Ce qui peut être adapté de la manière suivante : toute cellule paysagère compte dans son cortège phytocénotique des végétations de la cellule paysagère qui la précède et des végétations de celle qui la suit dans la série à laquelle elle appartient. Les invariants de la cellule paysagère qui précède peuvent être appelés **rémanents** tandis que ceux de la cellule qui suit peuvent être nommés **précurseurs**.

	☿ minérale peu vég.	☿ de recol.	☿ forestière pionnière	☿ forestière fermée
<i>Artemisietea vulgaris</i>	■	□	□	
<i>Sisymbrietea officinalis</i>	■	□	?	
<i>Sedo albi</i> - <i>Scleranthetea biennis</i>	■	□	?	
<i>Agropyretea pungentis</i>	□	■	□	
<i>Cytisetea scopario-striati</i>		■	■	□
<i>Crataego monogynae</i> - <i>Prunetea spinosae</i>		■	■	■
<i>Betulo pendulae</i> - <i>Populetales tremulae</i>		□	■	?
<i>Quercus robur</i> - <i>Fagetea sylvaticae</i> (hors <i>Betulo</i> - <i>Populetales</i>)				■
<i>Galio aparines</i> - <i>Urticetea dioicae</i>				■
<i>Arrhenatheretea elatioris</i>				□

Tableau 4 - Identification des invariants dans une succession primaire mésophile
(par exemple sur terril)

■ : végétation dominante ; □ : végétation secondaire (cf. Tableau 1)
Les végétations sont abordées à l'échelle de la classe pour plus d'universalité

	☿ Cult.	☿ Prair.	☿ de recol.	☿ forestière pionnière	☿ forestière fermée	☿ de coupe forest.
<i>Stellarietea mediae</i>	■					
<i>Agropyretea pungentis</i>	■		?			
<i>Bidentetea tripartita</i>	□	□			□	
<i>Arrhenatheretea elatioris</i>		■			□	
<i>Polygono arenastri</i> - <i>Poetea annuae</i>		■				
<i>Galio aparines</i> - <i>Urticetea dioicae</i>		■	■	■	■	■
<i>Crataego monogynae</i> - <i>Prunetea spinosae</i>		□	■	■	■	□
<i>Betulo pendulae</i> - <i>Populetales tremulae</i>			□	■	?	?
<i>Quercus robur</i> - <i>Fagetea sylvaticae</i> (hors <i>Betulo</i> - <i>Populetales</i>)					■	
<i>Epilobietea angustifolii</i>					□	■
<i>Cytisetea scopario-striati</i>					□	■

Tableau 5 - Identification des invariants dans une succession secondaire mésohygrophile

■ : végétation dominante ; □ : végétation secondaire (cf. Tableau 1)
Les végétations sont abordées à l'échelle de la classe pour plus d'universalité

❖ Dynamique de cicatrisation

Parmi les végétations secondaires d'une cellule, certaines révèlent une dynamique de cicatrisation. C'est le cinquième type de dynamique cité par JULVE & VITTE (op. cit.), qui

indique qu'elles « peuvent s'opérer à chaque stade sans en altérer le caractère, lors d'une perturbation mineure (chablis en forêt ou surpiétinement localisé en prairie, par exemple) ». C'est notamment la raison de la présence des végétations des *Polygono arenastri - Poetea annuae* en prairie. Dans la dynamique de cicatrisation, la végétation est détruite, mais les paramètres du biotope ne changent pas significativement.

En forêt, la cicatrisation se fait à l'échelle des éco-unités (*sensu* OLDEMAN, 1990) qui ont en forêt non gérée une surface correspondant au diamètre de un à quelques grands arbres. Les compositions floristiques des végétations herbacées puis arbustives de recolonisation sont assez peu différentes de celles des strates herbacées et arbustives de la forêt. En forêt gérée – et particulièrement en futaie équienne – la surface des cicatrisations est beaucoup plus importante. Par conséquent, le phytoclimat forestier s'efface, l'humus forestier est minéralisé (changement des paramètres du biotope) et la composition forestière des végétations herbacées puis arbustives de recolonisation se différencie assez nettement de la composition forestière de la forêt. Pour ces raisons (surface, originalité floristique, changement des paramètres du biotope), il est nécessaire d'individualiser dans ce cas la cicatrisation sous la forme d'une cellule à part entière. Il est donc légitime de se demander si les syntaxons des coupes forestières (en particulier ceux des végétations herbacées des *Epilobietea angustifolii*) existeraient en l'absence de gestion forestière.

❖ Cellules paysagères et permaséries

Il faut noter que les cicatrisations sont présentes dans l'essentiel des cellules (toutes ?), y compris dans les permaséries. Par exemple, au sein des séries aquatiques, il existe des relations de cicatrisation entre les végétations enracinées vivaces (à grandes hydrophytes telles que les potamots à feuilles larges, les myriophylles et les nénuphars) et les végétations enracinées pionnières (à potamots à feuilles étroites en particulier). Ces successions se font sans modification significative des paramètres du biotope, il s'agit donc bien de dynamique de cicatrisation. Par conséquent, la permasérie n'est pas une « série de végétation à un seul stade mature constituant une communauté vivace permanente » (MILLET *et al.*, 2017). Elle doit être redéfinie : série de végétation limitée à un seul stade correspondant à une cellule paysagère au sein de laquelle existent des phénomènes dynamiques de cicatrisation. Le concept ainsi défini englobe celui de thérosérie qui est finalement une permasérie limitée à une cellule minérale peu végétalisée dont la végétation dominante est une végétation thérophytique.

Remarque : au sein des cellules pelousaires existe une dynamique interne assez intense impliquant communautés phanérogamiques comme communautés bryophytiques (BARDAT *et al.*, à paraître), même lorsque ces cellules pelousaires sont permasérielles (végétations des falaises aérohalines par exemple).

❖ Traitement des hétérogénéités dans la typologie des cellules paysagères

Le guide méthodologique CarHAB préconise que dans la typologie, lorsqu'une cellule est caractérisée par des végétations issues de séries différentes, l'unité soit définie comme une « petite géosérie ». Ce concept va dans le sens de celui de « catena concentrique » de JULVE & VITTE (op. cit.). Toutefois, si le concept de catena concentrique conserve toute sa valeur dans l'analyse des liens entre végétations, il nous semble à l'usage que la grande majorité des cellules paysagères intègrent une certaine hétérogénéité de biotopes et que celle-ci est suffisamment répétitive pour être considérée comme significative et caractéristique. Ce sont les dépressions dans les prairies humides, les buttes rocheuses dans les pelouses sèches, les zones décapées au sol squelettique parmi des sols profonds, les ceintures en bordure d'un plan d'eau... La combinaison de ces éléments répond toujours à la définition de la cellule, dominée et conditionnée par une végétation, en lien avec un paramètre écologique unificateur. De plus, l'évolution entre ces différentes unités se fait dans un laps de temps court et s'avère réversible.

- Par exemple, dans la plaine de la Scarpe et de l'Escaut, les petits plans d'eau forestiers sont occupés par une cellule aquatique du *Ranunculo aquatilis Permasigmetum* caractérisée par :
 - *Hottonietum palustris*
 - *Riccietum fluitantis*

Néanmoins, dans ces plans d'eau, on trouve systématiquement l'*Oenanthe aquatica* - *Rorippetum amphibiae*. Cette végétation amphibie occupe ordinairement la ceinture du plan d'eau. Toutefois, cette année, à cause des niveaux d'eaux particulièrement bas qui ont mis à sec ces mares forestières pendant une grande partie de l'année, l'*Oenanthe aquatica* - *Rorippetum amphibiae* occupait l'essentiel de la mare. Il est fort probable que l'année prochaine, les choses seront rentrées « dans l'ordre »...

Pour cette raison et par souci de simplification, nous avons traité les « petites géoséries » comme des cellules classiques.

3.2.4. Approche sériale de la systématique des végétations

Les relations dynamiques et topographiques (c'est-à-dire systémiques) des végétations peuvent être envisagées à divers niveaux d'intégration. Dans le paragraphe précédent, certaines relations ont été envisagées au niveau cellulaire. Dans ce paragraphe, les relations systémiques seront abordées au niveau sérial.

Rappelons que la série est l'unité regroupant des cellules paysagères reliées par des liens dynamiques de nature primaire ou secondaire, au sein d'une entité de biotope homogène.

❖ Dérive sériale

Comme le soulignent JULVE & VITTE (op. cit.), les évolutions de la végétation les plus fréquentes, qui sont les évolutions dynamiques au sein de la série, s'effectuent à conditions écologiques globalement similaires (climat local, humidité, nature de la roche-mère, etc.). Les séries devraient donc être isolées les unes des autres.

Pourtant, il est possible d'observer des évolutions de la végétation d'une série à l'autre. Nous proposons l'expression de « dérivation sériale » pour désigner ce phénomène de remplacement d'une cellule paysagère donnée par une cellule paysagère de catégorie équivalente mais appartenant à une série différente.

C'est le cas par exemple du processus² de comblement (cf. Figure 5 - Dynamique centripète des végétations dans le cadre d'une dynamique de comblement & Tableau 6 - Nombre de ceintures d'un plan d'eau aux différentes étapes d'une dynamique de comblement) d'un petit plan d'eau avec déplacement vers le centre des ceintures de végétation (JULVE & VITTE, op. cit.). On notera que le drainage provoque un processus analogue d'assèchement.

² Nous proposons de désigner sous le terme de "processus" de tels phénomènes d'évolution de la végétation d'une série à l'autre, afin de réserver le terme de "dynamique" aux phénomènes d'évolution de la végétation à l'intérieur d'une série (dynamique primaire et secondaire).

De même, nous proposons d'utiliser le terme "d'étape" pour évoquer les périodes successives de ces processus, afin de réserver le terme « stade » aux périodes successives de la dynamique.

Étape 1	Étape 2	Étape 3	Étape 4
Hydrophile	Hydrophile	Hydrophile	Hydrophile
Amphibie exondable	Hydrophile	Hydrophile	Hydrophile
Amphibie permanent	Amphibie exondable	Hydrophile	Hydrophile
Aquatique superficiel	Amphibie permanent	Amphibie exondable	Hydrophile

Tableau 6 - Nombre de ceintures d'un plan d'eau aux différentes étapes d'une dynamique de comblement

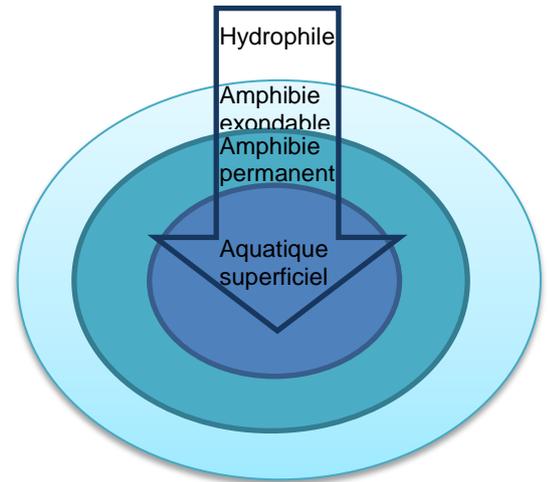


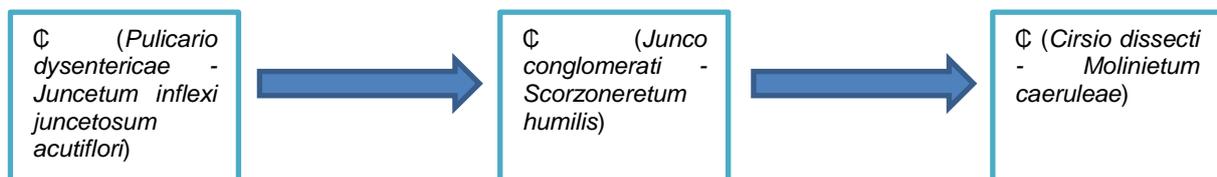
Figure 5 - Dynamique centripète des végétations dans le cadre d'une dynamique de comblement

On rencontrera le phénomène inverse dans le cadre d'un processus de creusement de plan d'eau tel que ceux qui se produisent dans les massifs dunaires sous l'effet du vent et qui aboutissent à la formation de « pannes » dunaires.

Un autre processus de dérive sériale est le processus d'oligotrophisation (de FOUCAULT, 1984). Un tel processus se produit par exemple en zone humide, sous certaines conditions particulières de biotope, quand la litière ne peut pas être dégradée faute d'activité de la faune et de la fonge du sol. Celle-ci s'accumulant forme un horizon tourbeux de plus en plus épais fournissant peu de nutriments aux plantes. Dans la deuxième étape du processus, les plantes accèdent encore partiellement aux nutriments des horizons inférieurs, tandis que dans la troisième étape, les plantes n'accèdent qu'aux nutriments de l'horizon tourbeux. Il est donc possible de résumer la structure de ce processus sous la forme suivante :



Cette structure s'exprime par exemple dans la plaine de la Scarpe et de l'Escaut, pour les végétations prairiales et pelousaires sous la forme³ :



Réciproquement, les cellules peuvent subir un processus d'eutrophisation symétrique du processus d'oligotrophisation.

³ Dans les diagrammes suivants, les cellules sont désignées par leur association dominante, faute d'une nomenclature partagée sur les cellules. « C (*Pulicario dysentericae* – *Juncetum inflexi juncetosum acutiflori*) » doit donc se comprendre comme « Cellule de prairie pâturée dominée par le *Pulicario dysentericae* – *Juncetum inflexi juncetosum acutiflori* ».

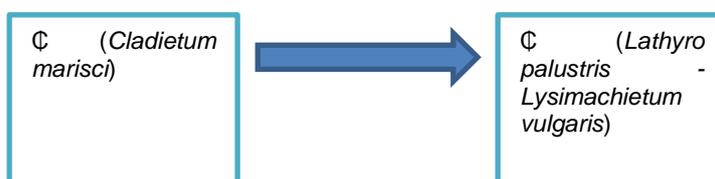
C'est le cas dans le PNR Scarpe-Escaut pour les tourbières alcalines (tourbière de Vred et tourbière de Marchiennes) qui, suite à des modifications de biotope récentes, ont perdu leurs cellules oligotrophiles au profit de cellules mésotrophiles (DUHAYON & GOUBET, 2017). La coexistence de ces tourbières oligotrophiles et mésotrophiles avait été mise en évidence à l'échelle régionale par CATTEAU et al. (2017).

On a par exemple, pour les cellules herbacées amphibies exondables :



Dans ce cas, le remplacement est total puisque le *Junco subnodulosi* - *Caricetum lasiocarpae* a totalement disparu de la plaine de la Scarpe et de l'Escaut.

On a également, pour les cellules herbacées hydrophiles :



Ici, le remplacement est partiel puisque les deux associations sont encore présentes dans la tourbière de Vred.

Ce processus-là existe naturellement dans les tourbières, lorsqu'une série oligotrophile est exposée à des battements de nappe importants provoquant une minéralisation partielle, comme par exemple à proximité d'un cours d'eau.

❖ Dérive sériale par sureutrophisation

L'eutrophisation peut être encore plus poussée sous l'influence de l'humain, qu'il s'agisse d'épandages d'engrais ou de pollution des eaux. Le processus d'eutrophisation mène alors (Figure 7) les végétations à de nouvelles séries qui n'existaient pas naturellement sur le territoire. Dans ces biotopes modifiés, les contraintes liées au manque de nutriments sont totalement levées et les contraintes liées au pH sont partiellement levées. Par conséquent, la compétition joue pleinement son effet sélectif et les espèces à stratégie C sont nettement favorisées au détriment des espèces à stratégie S qui disparaissent presque totalement. Il en résulte une grande banalisation de la flore et les végétations de ces séries, conditionnées essentiellement par la compétition (à climat et humidité du sol égaux), ne sont plus liées aux caractéristiques du terroir et ont une répartition beaucoup plus large que les séries précédentes. Ces séries eutrophiles azonales, qui pourraient être désignées sous le terme de « séries eutrophiles dérivées », sont un des facteurs majeurs de la banalisation et de l'anonymisation des paysages végétaux modernes.

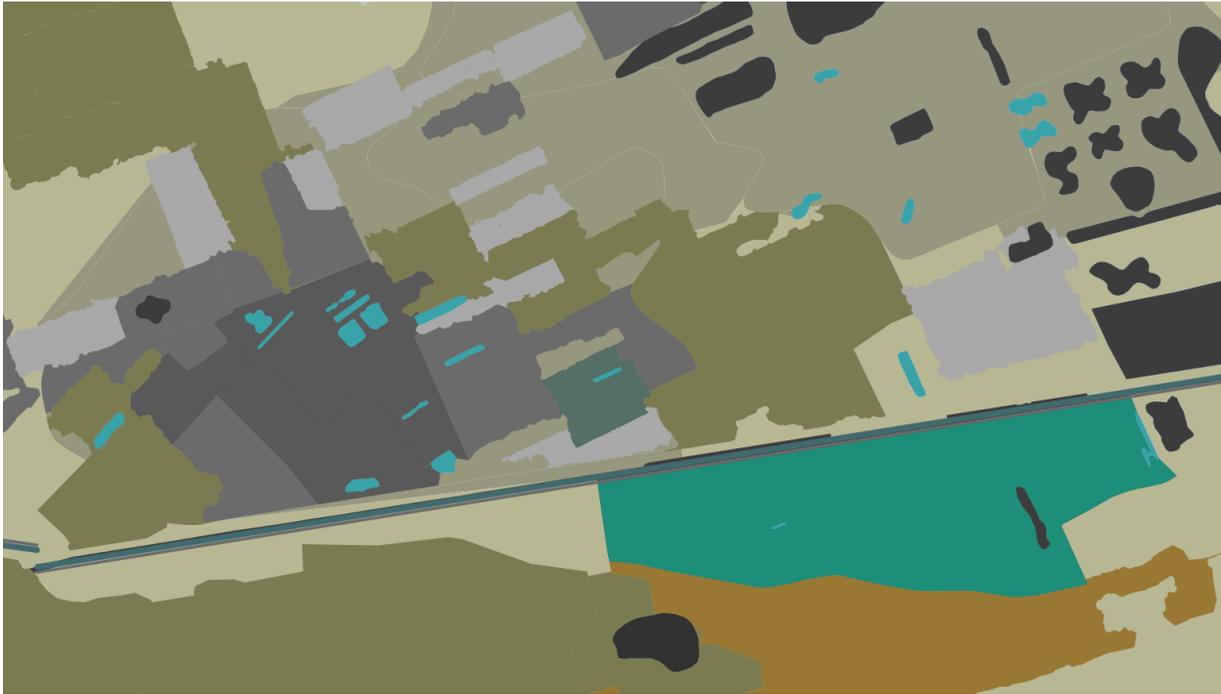


Figure 6 - Extrait de carte matérialisant la dérive par sureutrophisation dans la plaine de la Scarpe

Les couleurs pâles correspondent au fond environnemental, les couleurs vives aux données de prospection, les niveaux de gris correspondent aux données de prospection ayant révélé des cellules relevant de séries dérivées

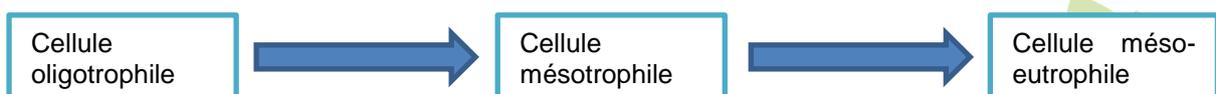
Dans les exemples précédents, on a :

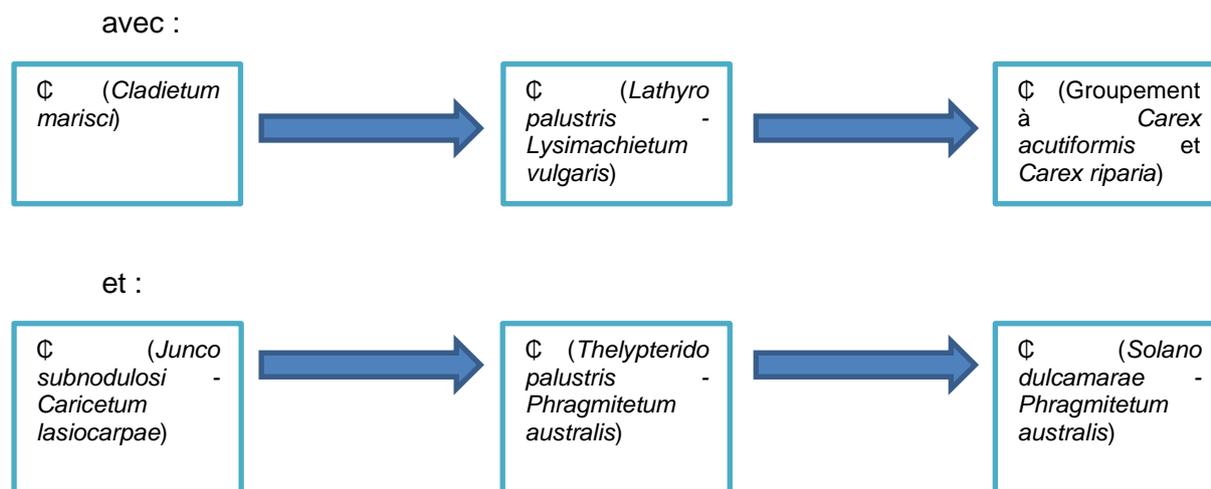


On a également, pour les cellules herbacées hydrophiles :



Par conséquent, on retrouve la structure cellule méso-eutrophile / cellule mésotrophile / cellule oligotrophile, mais de manière symétrique au processus d'oligotrophisation :





Il y a donc une certaine symétrie entre processus d'oligotrophisation et processus d'eutrophisation et de sureutrophisation. Toutefois, cette symétrie n'est que partielle puisque le processus d'oligotrophisation met des décennies voire des siècles à se produire, alors que le processus de sureutrophisation d'origine anthropique peut aboutir en quelques années. C'est ce qu'a décrit de FOUCAULT (2010) sous le terme d'hystérésis.

Cette structure des processus trophiques est donc une généralisation du constat fait pour les tourbières alcalines du nord de la France (CATTEAU et al., 2017) et une reformulation au niveau des cellules et des séries de la première structure de *Molinion* (de FOUCAULT, 1984).

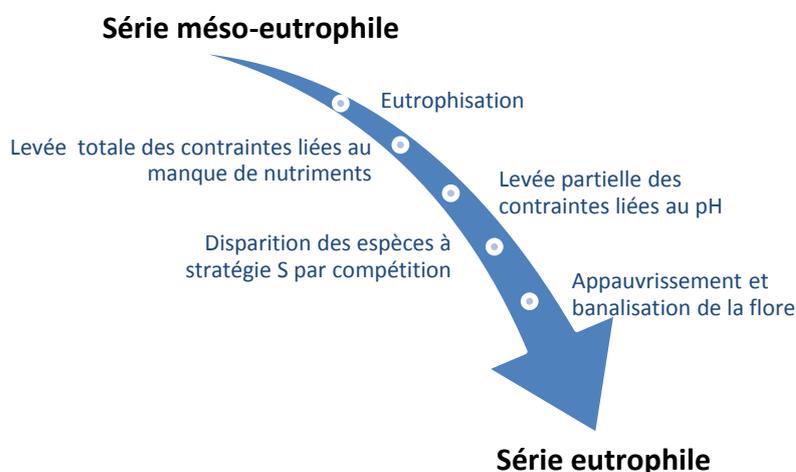


Figure 7 - Paramètres du processus de sureutrophisation menant à une série eutrophile

Il faut noter que la sureutrophisation peut affecter l'ensemble de la série, à l'occasion d'une pollution de l'eau de la nappe, mais ce cas ne peut se produire que pour les végétations de zones humides.

Lorsque la sureutrophisation est liée directement à l'activité agricole, elle se produit au niveau des cellules paysagères agricoles (culture et prairies), pour s'étendre ensuite aux autres cellules en cas d'abandon de l'activité agricole (Tableau 7). Comme cette

sureutrophisation agricole est relativement récente (deuxième moitié du XX^e siècle), il n'existe pas encore de cellules forestières fermées issues d'une sureutrophisation.

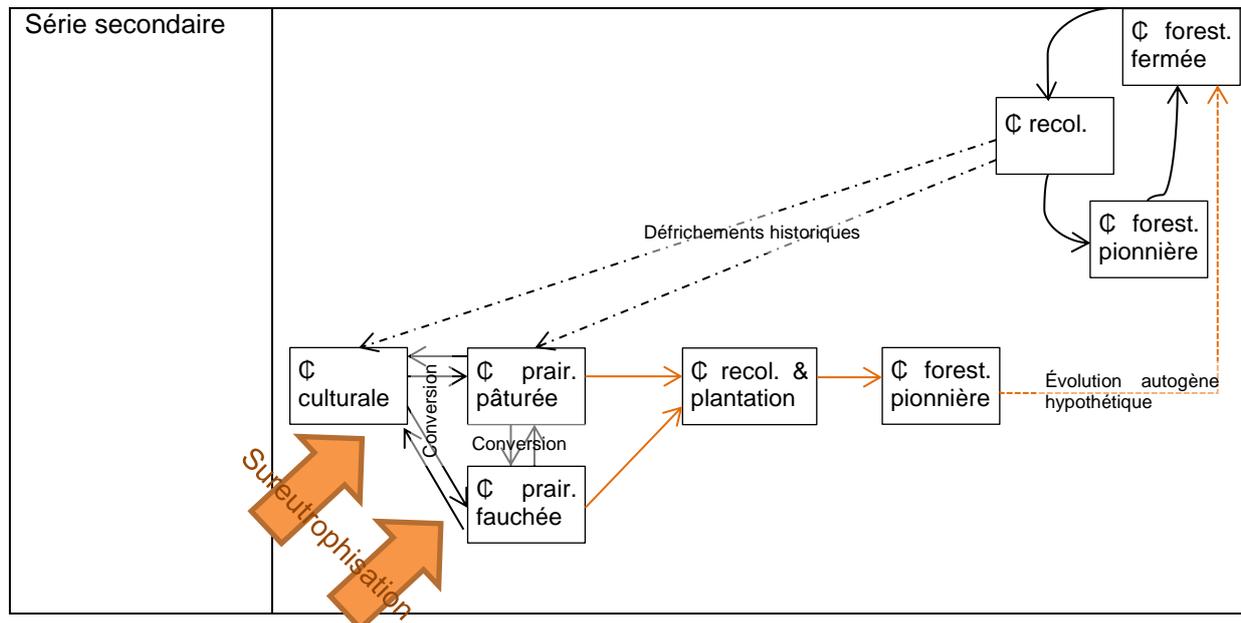


Tableau 7 - Processus de sureutrophisation agricole et diffusion dans la série secondaire (flèches oranges)

Par conséquent, les séries dérivées issues de la sureutrophisation agricole sont tronquées au niveau de la cellule forestière fermée et nous ne sommes pas encore en situation d'indiquer si la forêt postérieure dérivée du processus de sureutrophisation est différente de la forêt précédente.

On notera que le drainage d'une tourbière provoque à la fois une dérive sériale par assèchement et une dérive sériale par sureutrophisation. En effet, lorsqu'une tourbière est suffisamment drainée pour qu'une partie significative de la tourbe soit asséchée, celle-ci subit une minéralisation qui libère une quantité telle de nutriments que les séries se développant sur ce nouveau biotope ne sont pas celles attendues. C'est ce double processus qui a fait la fortune des maraîchers de l'Audomarois comme de ceux des hortillonnages d'Amiens : la tourbe minéralisée constitue un substrat parfait pour les cultures légumières (« maraîchage » vient de « marais »...).

❖ Construire les tableaux systémiques

Pour figurer les relations systémiques, nous avons préféré utiliser des tableaux systémiques sur le modèle des « tableaux de Mendeleiev » proposés par JULVE (1989), plutôt que de figurer des schémas systémiques à nœuds et flèches (cf. GILLET et al. 1991). La structure « rigide » du tableau nous a paru apporter plus de rigueur par la précision à laquelle elle oblige dans la formulation de la position de chaque végétation et dans la nature du lien systémique. Mais le tableau a pour inconvénient cette même rigidité qui laisse difficilement figurer les exceptions, les liens systémiques particuliers.

Malgré les légères adaptations réalisées aux tableaux systémiques tels que proposés par JULVE, ceux-ci n'intègrent pas encore correctement le niveau des cellules paysagères puisque ce sont des phytocénoses qui sont reportées dans les cases du tableau et non des

cellules paysagères. Il faudra à nouveau adapter ce tableau afin d'intégrer les cellules paysagères.

Pour construire ces tableaux systémiques et y placer les différentes végétations, nous avons pu nous appuyer sur l'observation de terrain et la réalisation de relevés symphytosociologiques. Mais cette approche inductive n'est pas suffisante, à la fois parce qu'elle nécessite un investissement très important en temps de terrain avant d'atteindre un échantillonnage pertinent et parce qu'elle apporte une statistique sur la cooccurrence de phytocénoses sans informer sur la nature des liens systémiques expliquant cette cooccurrence.

Il est donc nécessaire de procéder également par déduction, en considérant la composition floristique des différentes phytocénoses. En posant le concept d'orbite systémique, de FOUCAULT (1988) a statué qu'à l'occasion de la transformation d'une végétation A en végétation B, comme il existe des invariants entre deux éléments unis par une transformation, la composition floristique de l'unité B doit comporter des éléments de l'unité A. Réciproquement, l'analyse des groupes sociologiques différentiels entre A et B renseigne sur le facteur écologique ayant (probablement) transformé A en B.

Par exemple (Tableau 8), la comparaison de deux associations de prairies eutrophiles mésohygrophiles met en évidence leurs similitudes floristiques étayant l'hypothèse d'une proximité systémique, ainsi que leurs cortèges différentiels révélant la gestion par pâturage du *Cirsio arvensis* - *Alopecuretum pratensis* et la gestion par fauche de l'*Alopecuro pratensis* - *Arrhenatheretum elatioris*. Il paraît donc raisonnable de placer les deux associations dans la même série, mais l'une dans une cellule paysagère pâturée et l'autre dans une cellule fauchée.

	<i>Cirsio - Alopecuretum</i>	<i>Alopecuro - Arrhenatheretum</i>
Nombre de relevés	13	20
GS eutrophile mésohygrophile		
<i>Ranunculus repens</i>	V	III
<i>Glechoma hederacea</i>	II	III
<i>Cerastium fontanum</i> subsp. <i>vulgare</i>	V	V
<i>Alopecurus pratensis</i> subsp. <i>pratensis</i>	V	V
<i>Ajuga reptans</i>	II	III
<i>Cardamine pratensis</i>	V	II
GS indicateur de pâturage		
<i>Rumex crispus</i> var. <i>crispus</i>	III	
<i>Agrostis stolonifera</i>	II	
<i>Cirsium arvense</i>	IV	
<i>Trifolium repens</i>	V	
GS indicateur de fauche		
<i>Arrhenatherum elatius</i>		V
<i>Crepis biennis</i>		IV
<i>Tragopogon pratensis</i>		III
<i>Galium mollugo</i>		III
<i>Anthriscus sylvestris</i> subsp. <i>sylvestris</i>		V
<i>Heraclium sphondylium</i>		V

Tableau 8 - Tableau synthétique partiel comparatif de deux prairies eutrophiles mésohygrophiles (GS= groupe sociologique)

De même, la comparaison des deux associations prairiales que sont le *Silao silai* - *Colchicetum autumnalis* (présenté ici dans sa sous-association *leontodontetosum hispidi*) et l'*Alopecuro pratensis* - *Arrhenatheretum elatioris* montre qu'il s'agit de deux prairies de fauche mésohygrophiles, mais que la première est méso-eutrophile tandis que la seconde est eutrophile. Il est donc possible de statuer que la transformation du *Silao* - *Colchicetum* en *Alopecuro* - *Arrhenatheretum* est liée à une eutrophisation du sol.

	<i>Silao</i> - <i>Colchicetum</i> <i>leontodontetosum</i>	<i>Alopecuro</i> - <i>Arrhenatheretum</i>
Nombre de relevés	12	20
GS eutrophile		
<i>Bromus hordeaceus</i>		V
<i>Anthriscus sylvestris</i> subsp. <i>sylvestris</i>		V
GS mésotrophile		
<i>Colchicum autumnale</i>	II	
<i>Silaum silaus</i>	III	
<i>Bromus racemosus</i>	III	
<i>Lychnis flos-cuculi</i> subsp. <i>flos-cuculi</i>	V	
<i>Rhinanthus angustifolius</i> subsp. <i>angustifolius</i>	IV	
<i>Luzula campestris</i>	IV	
<i>Briza media</i> subsp. <i>media</i>	III	
<i>Saxifraga granulata</i>	III	
GS des prairies de fauche mésohygrophiles		
<i>Leucanthemum vulgare</i>	V	IV
<i>Arrhenatherum elatius</i>	III	V
<i>Crepis biennis</i>	V	IV
<i>Pimpinella major</i>	III	II
<i>Lathyrus pratensis</i>	IV	III
<i>Vicia cracca</i>	IV	II
<i>Heracleum sphondylium</i>	IV	V
<i>Schedonorus pratensis</i> subsp. <i>pratensis</i>	II	III

Tableau 9 - Tableau synthétique partiel comparatif de deux prairies de fauche mésohygrophiles (GS = groupe sociologique)

Dans le Tableau 10, la comparaison du *Junco conglomerati* - *Scorzoneretum humilis* et du *Selino carvifoliae* - *Juncetum acutiflori* met en évidence leur caractère commun de pelouses hygrophiles au sens large ou de pelouses "humides", par la présence d'un cortège fourni d'hémicryptophytes hygrophiles mésotrophiles. Mais le *Junco* - *Scorzoneretum* présente un cortège hygrophile beaucoup plus fourni, tandis que le *Selino* - *Juncetum* présente un groupe sociologique mésophile additionnel. On peut en conclure que le *Junco* - *Scorzoneretum* est une pelouse hygrophile alors que le *Selino* - *Juncetum* est une pelouse mésohygrophile. Leur relation systémique est donc de nature topographique.

	<i>Junco - Scorzoneretum</i>	<i>Selino - Juncetum</i>
Nombre de relevés	23	18
GS des pelouses humides		
<i>Juncus acutiflorus</i>	V	V
<i>Agrostis canina</i> subsp. <i>canina</i>	III	IV
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	V	IV
<i>Carex panicea</i>	IV	IV
<i>Succisa pratensis</i>	IV	V
<i>Lotus pedunculatus</i>	V	V
<i>Cirsium palustre</i>	III	IV
<i>Juncus conglomeratus</i>	IV	IV
<i>Carex pallescens</i>	II	III
GS hygrophile		
<i>Ranunculus flammula</i>	IV	
<i>Myosotis scorpioides</i>	IV	
<i>Agrostis stolonifera</i>	II	
<i>Lychnis flos-cuculi</i> subsp. <i>flos-cuculi</i>	IV	
<i>Cardamine pratensis</i>	III	
<i>Galium palustre</i>	III	
<i>Caltha palustris</i> f. <i>palustris</i>	IV	
<i>Ranunculus repens</i>	III	
GS mésophile		
<i>Briza media</i> subsp. <i>media</i>		IV
<i>Agrostis capillaris</i> var. <i>capillaris</i>		III
<i>Nardus stricta</i>		II
<i>Danthonia decumbens</i> subsp. <i>decumbens</i>		IV
<i>Betonica officinalis</i> subsp. <i>officinalis</i>		IV
<i>Leontodon hispidus</i> subsp. <i>hispidus</i>		III
<i>Lathyrus pratensis</i>		III
<i>Vicia cracca</i>		III

Tableau 10 - Tableau synthétique partiel comparatif de deux pelouses humides (GS = groupe sociologique)

En définitive, ce mode de construction hypothético-déductif des tableaux systémiques est étayé par la formule suivante : « Si deux syntaxons A et B présentent à la fois des invariants floristiques et un ou plusieurs groupes sociologiques différentiels, alors il est probable que A et B soient unis par une transformation systémique assez simple dont l'analyse des groupes sociologiques différentiels nous indique la nature ».

Mais il est important de ne pas céder à la surinterprétation de cette formule. Il existe en effet des exceptions à la règle, des dissymétries qui nous apprennent beaucoup sur le fonctionnement de la végétation.

Par exemple, l'analyse des affinités floristiques entre végétation d'ourlet et végétation de sous-bois montre qu'un ourlet d'un niveau topographique donné présente autant d'affinité floristique avec le sous-bois du niveau topographique équivalent qu'avec le sous-bois du niveau topographique inférieur. Nous avons obtenu ce résultat en comparant les compositions floristiques d'ourlets et sous-bois mésophiles, mésohygrophiles, hygrophiles et hydrophiles dans le Système des sols limoneux neutres à légèrement acides plutôt eutrophes (Tableau 11) et dans le Système des sols crayeux (Tableau 12). L'interprétation écologique du phénomène est délicate. S'agit-il du rabattement de nappe dû au pompage de l'eau par les arbres ? Est-ce l'enrichissement du sol suite à la minéralisation de l'humus forestier dans les coupes et lisières qui pourrait expliquer la présence du cortège eutrophile des *Galio - Urticetea* dans les ourlets mésophiles alors qu'il est absent des sous-bois équivalents ?

	1	2	3	4	5	6	7	8
Végétation (O = ourlet ; SB = sous-bois)	O	SB	O	SB	O	SB	O	SB
Humidité (Hd = hydrophile ; Hg = hygrophile ; MH = mésohygrophile ; M = mésophile)	Hd	Hd	Hg	Hg	M	M	M	M
Nombre de relevés	10	14	24	45	89	64	12	12
Espèces mésophiles des Quercio-Fagetea								
Milium effusum L.					2	4	2	3
Dryopteris filix-mas (L.) Schott					2	2	2	4
Hyacinthoides non-scripta (L.) Chouard ex Rothm.						5	5	4
Polygonatum multiflorum (L.) All.						5	2	3
Euphorbia amygdaloides L.							3	2
Luzula pilosa (L.) Willd.						3		2
Pteridium aquilinum (L.) Kuhn						2	2	3
Narcissus pseudonarcissus L.						2	3	
Autres espèces des Quercio-Fagetea								
Lamium galeobdolon (L.) L.				5	3	4	5	3
Stellaria holostea L.				2	4	2	5	2
Urtica dioica L.		+	3	4	4	2	3	
Anemone nemorosa L.				2		4	2	5
Carex sylvatica Huds.				4	3		2	2
Athyrium filix-femina (L.) Roth		2		3	4	5		2
Hedera helix L.				2	1	2	3	3
Ranunculus ficaria L.				2	2		3	
Espèces des Galio-Urticetea								
Deschampsia cespitosa (L.) Beauv.				3	3	3	+	
Ajuga reptans L.			1	4	3	2	3	
Geum urbanum L.				3	4		3	
Glechoma hederacea L.				5	4	2	3	
Stachys sylvatica L.				2	3		3	
Scrophularia nodosa L.				1	2	2		
Silene dioica (L.) Clairv.				3	4	2	5	
Circaea lutetiana L.				4	3			
Festuca gigantea (L.) Vill.				2	2			
Rumex sanguineus L.				4	2			
Primula elatior (L.) Hill				3	2			
Espèces des Filipendulo-Convolvuletea								
Filipendula ulmaria (L.) Maxim.	4	2	5	5	4			
Angelica sylvestris L.	3	2	5	3	4			
Valeriana repens Host		2	2	3	3			
Cirsium palustre (L.) Scop.		3	4	2	2			
Juncus effusus L.		3	3	2	1	2		
Phalaris arundinacea L.	3	2	3	1				
Scirpus sylvaticus L.	4	2	4	1				
Espèces des Agrostietea								
Mentha aquatica L.			4	2				
Caltha palustris L.	4	3	4	2				
Cardamine pratensis L.	2	3	4	3				
Galium palustre L.	4	3	3	3				
Ranunculus repens L.	3	+	3	4	4			
Espèces des Phragmito-Magnocaricetea								
Solanum dulcamara L.	2	5		1				
Iris pseudacorus L.	3	2						
Lycopus europaeus L.	3	4						
Equisetum fluviatile L.	5	3	1					
Scutellaria galericulata L.	2	2						
Sparganium erectum L.	2	2						
Glyceria fluitans (L.) R. Brown	2	2						

Col. 1 :
Groupement à *Carex vesicaria*

Col. 2 :
Peucedano palustris –
Anetum glutinosae

Col. 3 :
Junco acutiflori –
Angelicetum sylvaticae

Col 4 :
Carici remotae –
Fraxinetum excelsioris

Col. 5 :
Sileno dioicae –
Myosotidetum sylvaticae

Col. 6 :
Endymio non scriptae
– *Carpinetum betuli*

Col. 7 :
Hyacintho non-scriptae –
Stellarietum holosteae

Col. 8 :
Endymio non-scriptae
– *Fagetum sylvaticae*

Tableau 11 - Comparaison des cortèges floristiques de sous-bois et d'ourlets dans le Système des sols limoneux neutres à légèrement acides plutôt eutrophes

	1	2	3	4	5	6	7	8
Végétation (O = ourlet ; SB = sous-bois)	O	SB	O	SB	O	SB	O	SB
Humidité (Hd = hydrophile ; Hg = hygrophile ; MH = mésohygrophile ; M = mésophile)	Hd	Hd	Hg	Hg	MH	MH	M	M
Nombre de relevés	50	7	19	11	30	24	25	55
Espèces des Quercu-Fagetea liées aux sous-bois								
Milium effusum L.						3		3
Hyacinthoides non-scripta (L.) Chouard ex Rothm.						3		2
Sanicula europaea L.						2		2
Listera ovata (L.) R. Brown						4		3
Anemone nemorosa L.						4		4
Paris quadrifolia L.				3		2		2
Adoxa moschatellina L.						5		2
Arum maculatum L.				3		5		5
Ranunculus ficaria L.						4		2
Espèces mésophiles des Quercu-Fagetea								
Carex sylvatica Huds.				3		3	3	2
Hedera helix L.					4	3	4	4
Viola reichenbachiana Jord. ex Boreau					2	3	2	3
Dryopteris filix-mas (L.) Schott					2	4	2	2
Polygonatum multiflorum (L.) All.						5	2	4
Euphorbia amygdaloides L.						2	2	3
Lamium galeobdolon (L.) L.						4	3	2
Melica uniflora Retz.						3	2	3
Mercurialis perennis L.				2		+	3	5
Galium odoratum (L.) Scop.							2	2
Stellaria holostea L.					3	3		
Espèces des Galio-Urticetea								
Urtica dioica L.			5	2	3	4	3	2
Ajuga reptans L.				2	2	3		2
Geum urbanum L.				2	4	4	5	3
Potentilla sterilis (L.) Garcke					2	3	3	2
Brachypodium sylvaticum (Huds.) Beauv.				2	5	2	5	1
Glechoma hederacea L.				2	3	3	3	+
Stachys sylvatica L.				4	2		4	
Circaea lutetiana L.				4	3	3	3	1
Poa nemoralis L.					3	2	3	+
Deschampsia cespitosa (L.) Beauv.				2	+	+	2	
Bromus ramosus Huds.				2	3			
Carex pendula Huds.				4	2	+		
Festuca gigantea (L.) Vill.				2	5			
Espèces des Filipendulo-Convolvuletea								
Filipendula ulmaria (L.) Maxim.			3	3	4	3	+	
Angelica sylvestris L.			3	3	4	3		2
Lythrum salicaria L.	5	5	3	2				
Symphytum officinale L.	3	3	3					
Eupatorium cannabinum L.	3	5	3	4		+		
Cirsium palustre (L.) Scop.	2		3	2		+		
Epilobium hirsutum L.		1	4	2				
Equisetum telmateia Ehrh.			5	4				
Espèces des Phragmito-Magnocaricetea								
Lysimachia vulgaris L.	5	5						
Mentha aquatica L.	2	5				+		
Galium palustre L.	3	3						
Lycopus europaeus L.	2	2						
Thelypteris palustris Schott	3	5						
Juncus subnodulosus	3	4						
Carex elata All.	3	3						
Phragmites australis (Cav.) Steud.	5	3	1					
Iris pseudacorus L.	2	1						

Col. 1 :
Lathyro palustris –
Lysimachietum vulgaris

Col. 2 :
Groupement à
Thelypteris palustris et
Alnus glutinosa

Col. 3 :
Epilobio hirsuti –
Equisetetum
telmateiae

Col 4 :
Equiseto telmateiae –
Fraxinetum excelsioris

Col. 5 :
Brachypodio sylvatici –
Festucetum giganteae

Col. 6 :
Adoxo moschatellinae
– *Fraxinetum*
excelsioris typicum

Col. 7 :
Groupement à
Campanula trachelium
et *Brachypodium*
sylvaticum

Col. 8 :
Mercuriali perennis –
Aceretum campestris
typicum

Tableau 12 - Comparaison des cortèges floristiques de sous-bois et d'ourlets dans le Système des sols crayeux

L'analyse floristique des végétations apporte donc des arguments dans l'analyse déductive des liens systémiques existant au sein d'une géosérie, en complément de l'approche inductive résultant des prospections de terrain. Ces deux approches s'articulent grâce à la structure apportée par la comparaison des tableaux systémiques de différents terroirs et à leur généralisation au rang de l'alliance (approche structuraliste, de FOUCAULT, 1984). Le tableau résultant (Figure 8 - Structure systémique des végétations au rang de l'alliance, en fonction du stade dynamique et de l'humidité du sol) permet de prédire à quelle alliance appartiendra une végétation donnée, sachant son stade dynamique et le degré d'humidité du sol.

Humidité		Prairie piétinée	Prairie pâturée	Prairie fauchée	Ourllet externe	Ourllet interne	Forêt
mésohydrique	5	Lolio perennis - Plantaginon majoris	Cynosurion cristati	Centaureo jaceae - Arrhenatherenion elatioris	Trifolion medii / Conopodio majoris - Teucrion scorodoniae	Violo riviniana - Stellarion holostea	Carpinion betuli
mésohygrophile	6	Potentillion anserinae	Ranunculo repentis - Cynosurion cristati	Colchico autumnalis - Arrhenatherenion elatioris	Aegopodion podagrariae	Impatienti noli-tangere - Stachyion sylvaticae	Fraxino excelsioris - Quercion roboris
hygrophile [courtement inondable]	7	Potentillion anserinae	Mentho longifoliae - Juncion inflexi	Bromion racemosi	Loto pedunculati - Filipenduletalia ulmariae	Loto pedunculati - Filipenduletalia ulmariae	Alnion incanae
hydrophile [longuement inondable]	8	Potentillion anserinae	Oenanthion fistulosae		Caricion gracilis	Caricion gracilis	Alnion glutinosae
amphibie exondable [superficiel]	9	∅	Apion nodiflori / Glycerio fluitantis - Sparganion neglecti		Magnocaricion elatae / Phragmition communis	∅	∅
amphibie permanent [profond]	10	∅	∅	∅	Phragmition communis	∅	∅
aquatique superficiel [50cm]	11	∅	∅	∅	Nymphaeion albae	∅	∅

Figure 8 - Structure systémique des végétations au rang de l'alliance, en fonction du stade dynamique et de l'humidité du sol

La construction des tableaux systémiques repose donc sur les trois démarches – inductive, déductive et structuraliste – qui, loin de s'opposer, garantissent la robustesse du modèle élaboré (Figure 9).

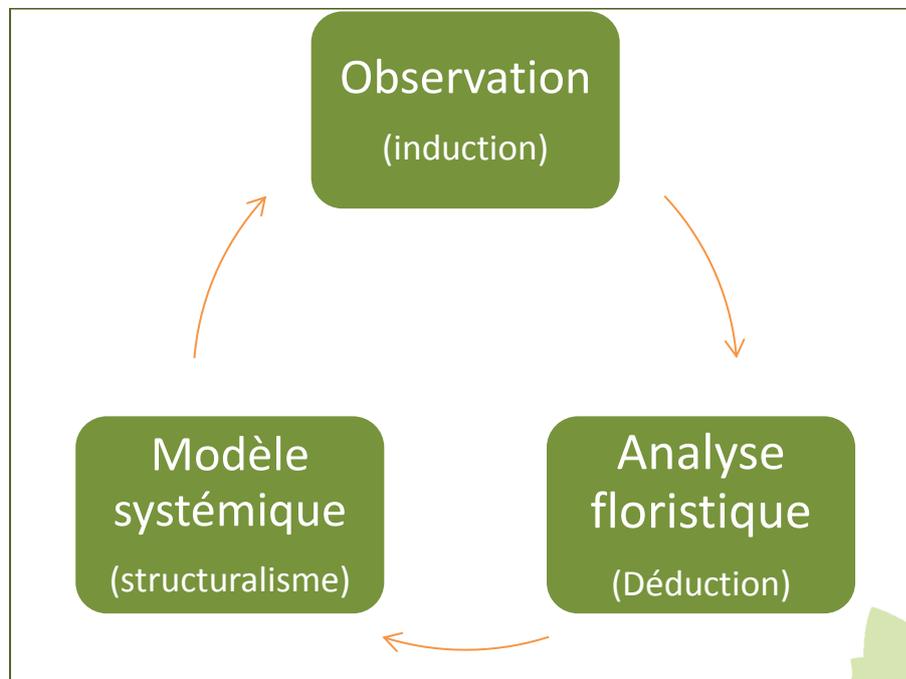


Figure 9 - Liens entre les trois démarches dans la construction du modèle symphytosociologique

3.3. PHASAGE DU PROGRAMME

Le programme a été réalisé dans le respect global des trois grandes étapes méthodologiques de la cartographie CarHAB (cf. Figure).

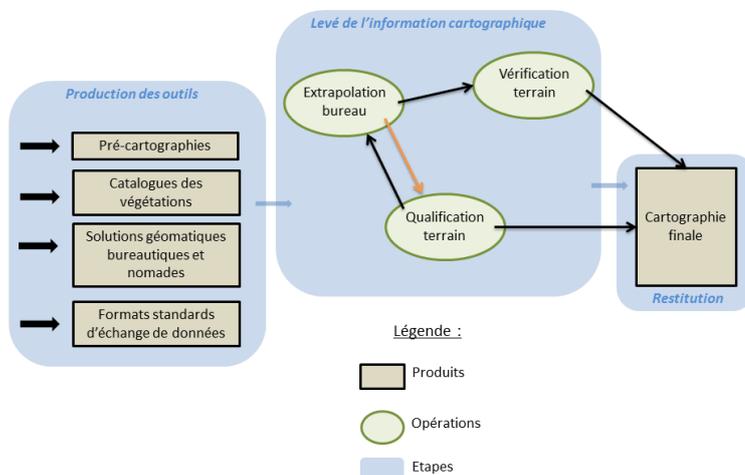


Figure 7 - Les étapes de la démarche de cartographie [MILLET *et al.*, 2017]

Dans la phase préparatoire, une première campagne de terrain, d'avril à juin, a permis de collecter des données complémentaires nécessaires au calage du fond environnemental. Ces données ont permis d'identifier les manques et incohérences de la première version du fond environnemental et de demander des modifications.

En retour, ces premières prospections et les éléments apportés par le premier découpage du fond environnemental ont amené à réviser certains points de la typologie des séries et cellules paysagères élaborée en 2016 (CATTEAU, 2016).

Par la suite dans la phase d'inventaire cartographique, de juin à septembre, l'inventaire des cellules paysagères a été réalisé selon la méthodologie du guide méthodologique du programme de cartographie nationale des végétations (MILLET *et al.*, 2017).

Les prospections ont représenté une pression d'échantillonnage réelle de 103 jours (cf. Tableau 13).

Observateurs	Nombre de jours	Information
CAMART, Charlotte ; CATTEAU, Emmanuel ; VILLEJOUBERT, Geoffroy	3	Calage méthodologique
CAMART, Charlotte	39	Prospection
CATTEAU, Emmanuel	14	Prospection
VILLEJOUBERT, Geoffroy	44	Prospection
CAMART, Charlotte ; CATTEAU, Emmanuel		
CAMART, Charlotte ; VILLEJOUBERT, Geoffroy	3	Prospection couplée

Tableau 13 - Pression d'échantillonnage, répartie par observateur

Au total, le programme a nécessité 270 jours de travail, toutes fonctions confondues, dont 220 jours de travail du service scientifique (cf. Tableau 14).

Personnes	Service	Temps passé
Geoffroy VILLEJOURBERT	Expertise & conseil	90,5
Charlotte CAMART	Expertise & conseil	68,5
Emmanuel CATTEAU	Expertise & conseil	59
Benoît TOUSSAINT	Expertise & conseil	2
Romain DEBRUYNE	Information scient. & tech.	13,5
Christophe MEILLIEZ	Information scient. & tech.	13
Florent BOURNISIEEN	Information scient. & tech.	6,5
Corinne CARMIGNANI	Information scient. & tech.	3,5
Alexis DESSE	Information scient. & tech.	1,5
Karine MESSENCE	Information scient. & tech.	1
Gwenaëlle DEHONGHER	Ressources financières	8
Patrick LEMIRE	Ressources financières	1
Marjorie VERHILLE	Secrétariat	2

Tableau 14 - Charge de travail liée au programme, répartie par service et par poste

3.4. PRINCIPAUX ÉCARTS À LA MÉTHODOLOGIE

Certains points de la méthodologie du programme CarHAB (MILLET et al., 2017) n'ont pas été appliqués ou bien ont été révisés afin de pouvoir réaliser au mieux la cartographie selon notre zone d'étude :

- un relevé des végétations avec coefficients d'abondance n'a pas été réalisé pour chaque polygone prospecté, par manque de temps ; dans certains cas, de simples listes des syntaxons observés dans la cellule observée ont été réalisées, dans d'autres cas, la cellule paysagère a été cartographiée sans en préciser le contenu ;
- les habitats d'intérêt communautaire n'ont pas fait l'objet d'un relevé phytosociologique systématique ;
- les outils de collecte développés (outil de saisie CarHAB) n'ont pas tous été utilisés pour des raisons de mise en forme interne des données mais également car l'outil n'était pas encore développé pour répondre au besoin de notre région ;
- le fond physiognomique et son partitionnement n'ont pas été systématiquement utilisés en raison de divergences dans le découpage, c'est pourquoi parfois les polygones ont été tracés manuellement ;
- les chartes graphiques préconisées dans le guide méthodologique du programme CarHAB pour les couches « fond écologique » et « fond physiognomique » ont été appliquées ; si la charte graphique du fond écologique paraît assez bien adaptée moyennant quelques adaptations

régionales, les trames du fond physiologique paraissent beaucoup trop chargées pour une lecture confortable de la carte ;

- le principe édicté de ne cartographier que des cellules paysagères de plus de 5000 m² a été appliqué avec une certaine souplesse : certaines cellules ont été cartographiées alors qu'elles occupaient un peu moins de 5000 m², lorsque, par ailleurs, celles-ci présentaient une fonctionnalité normale ;
- la règle d'accepter au maximum 25 % d'hétérogénéité dans une cellule paysagère (c'est-à-dire d'accepter que les végétations ne faisant pas partie de la composition normale de la cellule paysagère représentent au maximum 25 % de la surface de la cellule) a également été appliquée avec souplesse : nous avons cherché à cartographier des cellules les plus homogènes possibles, sans fixer de seuil strict ;
- le point précédent a permis d'abandonner l'application du principe des mosaïques de cellules paysagères, prévu lorsque deux cellules paysagères occupent chacune plus de 25 % du polygone et moins de 5000 m² d'un seul tenant ; ces mosaïques ont le défaut d'alourdir beaucoup la carte et d'être peu informatives sur le plan typologique.



4. PRÉSENTATION DES VÉGÉTATIONS



4.1. LISTE DES SÉRIES DE VÉGÉTATION DÉCRITES

Les séries suivantes sont traitées en fiche :

Systeme des sols limoneux neutres à légèrement acides plutôt eutrophes

Série de la forêt à *Hyacinthoides non-scripta* et *Fagus sylvatica*

Série de la forêt à *Hyacinthoides non-scripta* et *Carpinus betulus*

Série de la forêt à *Humulus lupulus* et *Fraxinus excelsior*

Série de la forêt à *Peucedanum palustre* et *Alnus glutinosa*

Permasérie de l'herbier à *Ranunculus aquatilis*

Systeme dérivé sur substrats sureutrophisés

Série dérivée de la prairie de fauche à *Heracleum sphondylium* et *Bromus hordeaceus*

Série dérivée de la prairie de fauche à *Alopecurus pratensis* et *Arrhenatherum elatius*

Série dérivée du fourré à *Humulus lupulus* et *Sambucus nigra*

Série dérivée de la forêt à *Cirsium oleraceum* et *Alnus glutinosa*

Permasérie de la roselière à *Phragmites australis* et *Solanum dulcamara*

Permasérie de l'herbier à *Elodea canadensis* et *Potamogeton crispus*

Permasérie de l'herbier à *Sparganium emersum* et *Potamogeton pectinatus*

Systeme des sols acides oligotrophes

Série de la forêt à *Vaccinium myrtillus* et *Fagus sylvatica*

Série de la forêt à *Lonicera periclymenum* et *Fagus sylvatica*

Série de la forêt à *Molinia caerulea* et *Quercus robur*

Série de la forêt à *Sphagnum palustre* et *Betula pubescens*

Permasérie de la pelouse à *Ranunculus flammula* et *Juncus bulbosus*

Permasérie de la végétation amphibie à *Potamogeton polygonifolius* et *Isolepis fluitans*

Permasérie de l'herbier à *Potamogeton polygonifolius*

Systeme des tourbières alluviales alcalines mésotrophes

Série de la forêt à *Alnus glutinosa* et *Thelypteris palustris*

Permasérie de la roselière à *Thelypteris palustris* et *Phragmites australis*

Permasérie de l'herbier à *Potamogeton coloratus*

Permasérie de l'herbier flottant à *Nuphar lutea* et *Nymphaea alba*

Système des sols alluvionnaires méso-eutrophes à eutrophes légèrement acides, à nappe circulante

Série de la forêt à *Carex remota* et *Fraxinus excelsior*

Série de la forêt à *Glyceria fluitans* et *Alnus glutinosa*

Permasérie de la roselière à *Iris pseudacorus* et *Phalaris arundinacea*

Système des sols très pollués aux métaux lourds

Série de la pelouse à *Armeria maritima subsp. halleri*

Système des sols schisteux des terrils

Série de la forêt à *Poa nemoralis* et *Betula pendula*

Série de la forêt à *Arrhenatherum elatius* et *Betula pendula*

Permasérie de la végétation annuelle à *Portulacca oleracea* et *Chenopodium botrys*

Autres systèmes

Série du Fourré à *Salix capraea*

Série de la forêt à *Primula elatior* et *Carpinus betulus*

4.2. COMPOSITION DES FICHES DESCRIPTIVES

4.2.1. Fiche descriptive des systèmes

- Nom français du système
- Nom scientifique du système
- Illustrations extraites de l'orthophotographie 2012-2013 et du Scan25 IGN
- Liste des séries
- Tableau systémique donnant la composition en associations végétales des séries de végétation

4.2.2. Fiche descriptive des séries

- Nom français de la série
- Nom scientifique de la série
- Commentaire d'identification : commentaire éventuel concernant les difficultés inhérentes à la définition ou à l'identification de la série.
- Carte de répartition de la série dans le territoire du PNRSE : carte indiquant soit la « répartition constatée » de la série sur la base de l'échantillonnage réalisé en 2017 (ce type de carte n'est donc pas exhaustif), soit la « répartition potentielle » sur la base de l'extrapolation réalisée en collaboration avec le laboratoire EVS-Isthme de l'Université de Saint-Étienne.
- Composition de la série avec, pour chaque cellule paysagère, la liste des phytocénoses désignées par le nom scientifique du syntaxon (source : CATTEAU &

DUHAMEL (coord.), 2014) ; Les unités non inventoriées dans le PNRSE sont indiquées en grisé.

- Remarque éventuelle concernant la composition de la série.
- Écologie de la série, avec :
 - type de série, avec la distinction des (terminologie à conforter) :
 - série normale : série développée sur le substrat en place, avec une influence anthropique modérée à nulle ;
 - série dérivée : série issue d'une modification profonde des caractéristiques du substrat en place par l'influence de l'Humain qui l'a en particulier profondément eutrophisée ;
 - série de rupture : série développée sur un substrat créé ou apporté par l'Humain ou sur un substrat issu d'un décaissement profond, dont les propriétés physico-chimiques sont totalement différentes de celles des substrats en place sur le territoire (effet de rupture, Voeltzel & Février 2016, cité *in* LEMOINE 2015) ;
 - et distinction des (terminologie à conforter) :
 - série macroforestière : série peu contrainte par les conditions du biotope, aboutissant à une forêt fermée, fortement stratifiée et complexe, dont le microclimat est fortement contraint par l'ombrage des arbres. Dans ces séries, l'agriculture est globalement possible (à condition d'engrais sur les sols les plus oligotrophes) ;
 - série mésoforestière : série suffisamment contrainte par les conditions du biotope pour n'aboutir qu'à une forêt de type pionnier, peu stratifiée, dont le microclimat du sous-bois est suffisamment peu conditionné pour permettre encore la présence d'espèces héliophiles. Souvent, dans ces séries, l'agriculture, fortement contrainte par le biotope, ne pourra qu'être extensive à moins de passer par de profondes modifications du milieu (drainage, irrigation...) qui modifient la potentialité sériale ;
 - permasérie : série limitée à un seul stade dynamique; il n'y a donc pas de succession. Ce type de série se rencontre dans les milieux très contraignants (milieux aquatiques, très oligotrophes, pollués aux métaux lourds, etc.).
 - Descriptif synthétique de l'écologie de la série.
 - Humidité : coefficient d'Ellenberg pour l'humidité édaphique – les valeurs de 1 à 4 n'existent pas pour les séries de la plaine de la Scarpe et de l'Escaut – (source : JULVE, 1998) :
 - 5 : mésohydriques
 - 6 : mésohygroclines, mésohygrophiles
 - 7 : hygrophiles (durée d'inondation en semaines)
 - 8 : hydrophiles (durée d'inondation en mois)
 - 9 : amphibies saisonnières (hélrophytes exondés une partie minoritaire de l'année)
 - 10 : amphibies permanentes (hélrophytes semi-émergés à base toujours noyée)
 - 11 : aquatiques superficielles (0-50 cm) ou flottantes
 - 12 : aquatiques profondes (1-3 m) ou intra-aquatiques ;

- Acidité : coefficient de Landolt pour le niveau d'acidité du sol (source : CATTEAU, DUHAMEL et al., 2009) :
 - 1. Plantes des sols très acides, indicatrices d'acidité prononcée ($3 < \text{pH} < 4,5$). Hyperacidiphiles à acidiphiles ;
 - 2. Plantes des sols acides, indicatrices d'acidité moyenne ($3,5 < \text{pH} < 5,5$). Mésoacidiphiles à acidiclinales ;
 - 3. Plantes des sols peu acides ($4,5 < \text{pH} < 7,5$). Neutroacidiclinales à neutrophiles ;
 - 4. Plantes des sols relativement riches en bases, indicatrices d'une certaine alcalinité ($5,5 < \text{pH} < 8$). Neutrophiles à calcicoles ;
 - 5. Plantes quasi exclusives des sols riches en bases, en général calcaires ($\text{pH} > 6,5$). Calcicoles à calcaricoles.
- Nutriments : coefficient de Landolt pour les nutriments (source : CATTEAU, DUHAMEL et al., 2009) :
 - 1. Plantes des sols très pauvres en substances nutritives. Indicatrices prononcées de sols maigres. Hyperoligotrophiles ;
 - 2. Plantes des sols pauvres en substances nutritives. Indicatrices de sols maigres. Oligotrophiles à méso-oligotrophiles ;
 - 3. Plantes des sols modérément pauvres à riches en substances nutritives. Indicatrices de sols ni maigres, ni fertilisés (fumés). Mésotrophiles à méso-eutrophiles ;
 - 4. Plantes des sols riches en substances nutritives. Eutrophiles ;
 - 5. Plantes des sols à teneur excessive en substances nutritives (notamment en azote). Indicatrices de sols fertilisés (surfumés). Hypereutrophiles ou polytrophiles.
- Mat. org. : coefficient de Landolt pour le taux de matière organique du sol (source : CATTEAU, DUHAMEL et al., 2009) :
 - 1. Plantes des sols bruts (ou absence de sol) : sans couche d'humus ou sans matière organique ;
 - 2. Plantes des sols assez pauvres en matière organique. Indicatrices de sols minéraux ;
 - 3. Plantes des sols bien constitués avec humus de type mull ou à teneur moyenne en matière organique (peu à moyennement envasé). Les horizons organo-minéraux sont largement explorés par les racines ;
 - 4. Plantes des sols riches en humus (moder ou mor) ou riches en matière organique (très envasé), mais dont une partie des racines atteint les horizons organominéraux ;
 - 5. Plantes des sols constitués uniquement d'horizons d'humus ou de matière organique. Les racines n'atteignent pas d'horizon organo-minéral.
- Granulométrie : coefficient de Landolt pour la granulométrie du sol (source : CATTEAU, DUHAMEL et al., 2009) :
 - 1. Plantes des rochers, rocailles et murs. Plantes rupestres ;
 - 2. Plantes des éboulis, pierriers et graviers moyens à grossiers ($\emptyset > 2 \text{ mm}$) ;

- 3. Plantes des sols perméables, sableux à graveleux, très bien aérés ($0,05 < \emptyset < 2$ mm) ;
 - 4. Plantes des sols globalement limoneux pauvres en éléments grossiers ($0,002 < \emptyset < 0,05$ mm) plus ou moins bien aérés ;
 - 5. Plantes des sols argileux ($\emptyset > 0,002$ mm) ou tourbeux ; sols asphyxiants.
- Commentaire écologique
- Répartition
 - Répartition générale : affinité symphytogéographique de la végétation :
 - 0 Pas d'affinité phytogéographique précise
 - (NE) Légère affinité boréo-continentale
 - (NW) Légère affinité boréo-atlantique
 - (Atl) Légère affinité pour la région atlantique dans son ensemble
 - E Affinité continentale
 - NE Affinité boréo-continentale
 - NW Affinité boréo-atlantique
 - Atl Affinité pour la région atlantique dans son ensemble
 - ? Indéterminé
 - Niveau de menace régionale de la série, selon les cotations UICN (cf. DUHAMEL & CATTEAU, 2014) ;
- Tableau symphytosociologique des relevés de cellules paysagères réalisés à l'occasion de la mission 2017, avec les coefficients suivants :
 - Abondance dominance : valeur d'abondance dominance pour le taxon relevé

5	Recouvrement supérieur aux $\frac{3}{4}$ (75 %) de la surface, abondance quelconque
4	Recouvrement de $\frac{1}{2}$ (50 %) à $\frac{3}{4}$ (75 %) de la surface, abondance quelconque
3	Recouvrement de $\frac{1}{4}$ (25 %) à $\frac{1}{2}$ (50 %) de la surface, abondance quelconque
2	Individus très nombreux (> 100 individus) mais recouvrement < 5 %, ou nombre d'individus quelconque mais recouvrement de 5 à 25 %
1	Individus nombreux (de 20 à 100 individus) mais recouvrement < 1 %, ou nombre d'individus quelconque mais recouvrement de 1 à 5 %
+	Peu abondant, recouvrement très faible
(+)	Individu noté en limite du relevé
X	Syntaxon noté sans appréciation de son recouvrement

- Forme spatiale : forme d'occupation spatiale de la communauté végétale.

S	Spatiale
SC	Spatiale et continue
SD	Spatiale et discontinue
L	Linéaire
LC	Linéaire et continue
LD	Linéaire et discontinue
P	Ponctuelle
?	Indéterminée



- Texture : état de la texture de la communauté végétale (composition floristique) : typicité floristique de la communauté végétale par comparaison avec son état typique (défini dans la littérature phytosociologique notamment au travers des tableaux ou de(s) relevé(s) phytosociologique(s) décrivant le syntaxon élémentaire).

?	Indéterminée	État de la texture inconnu.
TO	Typique optimale	Végétation de texture optimale : la communauté végétale est particulièrement diversifiée et concentre non seulement la majorité des espèces indicatrices mais également une proportion significative des autres espèces de l'ensemble floristique complet de l'association envisagée. La communauté peut notamment héberger des populations d'espèces rares.
TN	Typique normale	Végétation de texture typique : plus de 50 % des espèces indicatrices sont présentes, dont les plus représentatives.
TA	Typique mais appauvrie	Végétation de texture appauvrie : moins de 50 % des espèces indicatrices, caractéristiques ou différentielles sont présentes (syntaxon au rang de l'association le plus souvent).
B	Basale	Végétation basale : communauté végétale pionnière ou dégradée, dont la composition floristique est si pauvre qu'il n'est pas possible de la rapporter à une association. Une communauté basale ne contient plus que les espèces caractéristiques et différentielles des rangs supérieurs et des espèces compagnes et elle ne peut donc être rapportée qu'à un syntaxon de rang supérieur (alliance, ordre, classe).

Les fiches descriptives des systèmes et des séries figurent en annexe.



5. RÉSULTATS



5.1. ANALYSE SYNTHÉTIQUE DE LA PHYSIONOMIE DES VÉGÉTATIONS DU TERRITOIRE

	Surface prospectée		Part du type physionomique prospectée (%)	Fond physionomique	
	Surface (ha)	%		Surface (ha)	%
Végétations aquatiques	43,93	0,61	3,62	1213,21	2,37
Minéral peu végétalisé	42,50	0,59	31,84	133,50	0,27
Cultures	6,67	0,09	0,04	15969,48	31,16
Végétations prairiales pâturées	733,38	10,25	13,97	9433,43	18,41
Végétations prairiales fauchées	584,41	8,17			
Végétations herbacées hautes	13,98	0,19	14,47	96,60	0,19
Complexes de recolonisation	713,92	9,98	155,75	458,37	0,89
Plantations, vergers	1932,39	27,02	52,69	3667,61	7,16
Végétations forestières pionnières	173,67	2,43	22,44	773,91	1,51
Végétations forestières matures	2906,82	40,66	32,04	9073,63	17,71
Bâti	-	-	-	9337,70	18,22
Routes et voies ferrées	-	-	-	1090,30	2,13
Total	7151,67	99,99	17,52	40819,74	100,02

Tableau 15 - Surface occupée par type physionomique et comparaison de la surface prospectée et du fond physionomique

Le Tableau 15 - Surface occupée par type physionomique et comparaison de la surface prospectée et du fond physionomique fournit la surface des différents types physionomiques, à la fois sur le fond physionomique, qui couvre la totalité du site d'étude (40 820 ha), et sur la surface prospectée, qui couvre 17,52 % du site d'étude (7152 ha).

Il faut ajouter à ces surfaces :

- 9337,7 ha de bâti,
- 1090,3 ha de routes et voies ferrées.

Il en ressort que le site associe en proportion assez proches cultures, zones urbanisées, prairies et forêts. Il s'agit donc d'un espace beaucoup plus urbanisé que le reste de la région Hauts-de-France (20 % contre 12 %), mais beaucoup moins cultivé (31 % contre 58 %). Les prairies sont aussi beaucoup plus abondantes que la moyenne régionale (18 % contre 10 %) [source des statistiques régionales : Observatoire de la biodiversité des Hauts-de-France, 2017].

On notera que les complexes de recolonisation ont été largement sous-estimés dans le fond physionomique, ce qui explique le rapport de 156 % entre la surface prospectée et la surface identifiée dans le fond physionomique.

Les plantations et les végétations forestières ont été sur-échantillonnées (part du type physionomique prospectée supérieure à la part globale de 17,52 %). Les cultures n'ont quasiment pas été échantillonnées, compte tenu du faible enjeu patrimonial qu'elles revêtent sur le territoire et de leur faible valeur indicatrice de la potentialité sériale à cause de leur dégradation par l'agriculture intensive (même si certaines cultures sur sol sablo-limoneux, notamment à l'est du territoire, conservent encore une flore messicole représentative de la potentialité sériale). L'échantillonnage des prairies couvre une proportion représentative du territoire.

5.2. ANALYSE SYNTHÉTIQUE DES SÉRIES DE VÉGÉTATIONS DU TERRITOIRE

	Répartition potentielle		Répartition constatée	
	Surface (ha)	%	Surface (ha)	%
<i>Endymio non-scriptae - Fago sylvaticae Sigmetum</i>	7729,26	21,55	567,15	7,97
<i>Endymio non-scriptae - Carpino betuli Sigmetum</i>	11050,58	30,81	1272,85	17,89
Groupement à <i>Humulus lupulus</i> et <i>Fraxinus excelsior Sigmetum</i>	4550,87	12,69	571,80	8,04
<i>Peucedano palustris - Alno glutinosae Sigmetum</i>	?	?	46,24	0,65
<i>Ranunculo aquatilis Permasigmetum</i>	1007,46	2,81	7,37	0,10
<i>Heracleo sphondylii - Bromo hordeacei Sigmetum</i>	?	?	576,68	8,11
<i>Alopecuro pratensis - Arrhenathero elatioris Sigmetum</i>	?	?	806,88	11,34
<i>Humulo lupuli - Sambuco nigrae Sigmetum</i>	?	?	813,73	11,44
<i>Cirsio oleracei - Alno glutinosae Sigmetum</i>	?	?	214,40	3,01
<i>Solano dulcamarae - Phragmito australis Permasigmetum</i>	?	?	6,98	0,10
<i>Elodeo canadensis - Potamo crispus Permasigmetum</i>	3232,71	9,01	36,17	0,51
<i>Sparganio emersi - Potamo pectinatus Permasigmetum</i>	?	?	0,09	0,00
<i>Vaccinio myrtilli - Fago sylvaticae Sigmetum</i>	30,61	0,09	7,22	0,10
<i>Lonicero periclymeni - Fago sylvaticae Sigmetum</i>	7169,22	19,99	1695,10	23,83
<i>Molinio caeruleae - Quercu roboris Sigmetum</i>	?	?	357,55	5,03
<i>Sphagno palustris - Betulo pubescentis Sigmetum</i>	?	?	0,85	0,01
Groupement à <i>Potamogeton polygonifolius Permasigmetum</i>	?	?	0,30	0,00
<i>Carici remotae - Fraxino excelsioris Sigmetum</i>	?	?	6,41	0,09
<i>Glycerio fluitantis - Alno glutinosae Sigmetum</i>	?	?	2,48	0,03
<i>Irido pseudacori - Phalarido arundinaceae Permasigmetum</i>	?	?	13,98	0,20
Groupement à <i>Alnus glutinosa</i> et <i>Thelypteris palustris Geosigmetum</i> ⁴	221,00	0,62		
Groupement à <i>Poa nemoralis</i> et <i>Betula pendula Sigmetum</i> & Groupement à <i>Arrhenatherum elatius</i> et <i>Betula pendula Sigmetum</i>	848,93	2,37	3,75	0,05
<i>Armerio halleri Sigmetum</i>	?	?	22,84	0,32
<i>Primulo elatioris - Carpino betuli Sigmetum</i>	?	?	74,13	1,04
<i>Salico capreae Sigmetum</i>	?	?	46,72	0,66

Tableau 16 - Surface potentielle et surface constatée de chaque série sur le territoire

Un certain nombre de séries n'ont pas pu être individualisées par extrapolation, elles ne figurent donc pas dans le fond écologique. Les raisons en sont détaillées pour chaque série dans les fiches (annexe). Il s'agit principalement de petites séries difficilement individualisables sur la base des données cartographiques utilisées pour construire le fond écologique ou des séries dérivées, dont le déterminisme tient à la sureutrophisation locale du milieu.

Un cas particulier est celui de la Série de la forêt à *Molinia caerulea* et *Quercus robur*, d'une surface potentielle comparable à celle des autres séries mais que nous ne sommes pas parvenus à isoler de l'aire potentielle de la Série de la forêt à *Lonicera periclymenum* et *Fagus sylvatica*.

On peut remarquer un net sous-échantillonnage de la Série de la forêt à *Hyacinthoides non-scripta* et *Fagus sylvatica*. Cette série est en effet majoritairement

⁴ Cette unité est considérée au niveau du Geosigmetum parce que les séries constitutives (cf. annexe p. LI) sont trop intriquées pour être cartographiables et parce que celles-ci fonctionnent en étroite interrelation systémique. Il s'agit d'une « petite géosérie » au sens de la méthodologie CarHAB.

occupée par des cultures et elle occupe une position assez marginale sur le territoire. De plus, cette série potentielle ayant majoritairement dérivé en Série de la prairie de fauche à *Heracleum sphondylium* et *Bromus hordeaceus*, son aire de répartition actuelle est bien inférieure à son aire potentielle.

En forêt, la Série de la forêt à *Lonicera periclymenum* et *Fagus sylvatica* occupe une surface un peu supérieure à la surface attendue. En effet, les plantations de résineux ont acidifié localement le sol et il semble que dans des espaces où la Série de la forêt à *Hyacinthoides non-scripta* et *Fagus sylvatica* serait potentielle, on trouve actuellement des végétations de cette série acidophile. Ce phénomène mériterait d'être conforté par des analyses de sol mettant en avant l'acidification et par des analyses géologiques identifiant les assises propices à l'expression de la Série de la forêt à *Hyacinthoides non-scripta* et *Fagus sylvatica*.

D'une manière générale, les proportions de répartition constatées sont inférieures aux proportions potentielles, ce qui s'explique par la dérive due à la sureutrophisation. Globalement, les séries dérivées occupent plus du tiers de la surface échantillonnée !

Hors dérive par sureutrophisation, l'aire potentielle du Système des sols limoneux neutres à légèrement acides plutôt eutrophes occupe plus des deux tiers du territoire.

Les zones humides sont majoritaires sur le territoire : la répartition potentielle des séries mésohygrophiles à aquatiques représente environ 56 % du territoire.



5.3. ANALYSE CROISÉE DE LA PHYSIONOMIE DES VÉGÉTATIONS DANS CHAQUE SÉRIE

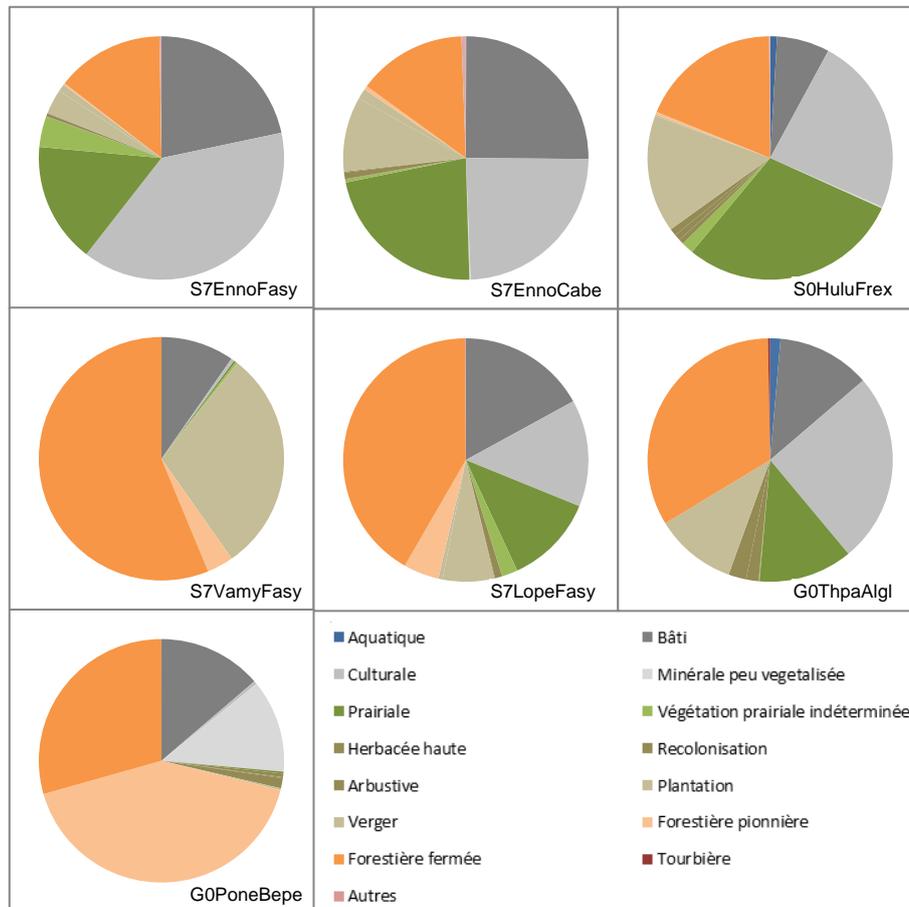


Figure 10 - Proportion des cellules paysagères dans chaque série

(S7EnnoFasy : Série de la forêt à *Hyacinthoides non-scripta* et *Fagus sylvatica* ; S7EnnoCabe : Série de la forêt à *Hyacinthoides non-scripta* et *Carpinus betulus* ; S0HuluFrex : Série de la forêt à *Humulus lupulus* et *Fraxinus excelsior* ; S7VamyFasy : Série de la forêt à *Vaccinium myrtillus* et *Fagus sylvatica* ; S7LopeFasy : Série de la forêt à *Lonicera periclymenum* et *Fagus sylvatica* (non dissociée de la Série de la forêt à *Molinia caerulea* et *Quercus robur*) ; S0ThpaAlgl : Système des tourbières alluviales alcalines mésotrophes ; G0PoneBepe : Système des sols schisteux des terrils)

La Figure 10 présente les proportions des différents types de cellule dans chacune des principales séries de végétation cartographiées dans le fond écologique (les permasseries ne sont pas présentées, dans la mesure où elles ne présentent qu'un type de cellule...). Ces statistiques sont issues du croisement du fond physiognomique avec le fond écologique, il s'agit donc de valeurs basées sur l'extrapolation.

La statistique serait d'autant plus informative, s'il était possible de l'établir sur la base des répartitions constatées des cellules paysagères, et non sur une répartition extrapolée. Toutefois, la campagne de terrain n'étant pas représentative du territoire analysé, cette information n'est pas fiable.

L'analyse des séries potentielles ne permet pas de faire ressortir la répartition des séries dérivées, puisqu'elles sont essentiellement liées à une eutrophisation locale. Par conséquent, l'impact de l'eutrophisation sur la dénaturation de ces séries ne peut pas être analysé par ce biais. Il serait très utile de disposer d'une campagne de terrain représentative du territoire pour pouvoir analyser ce phénomène.

Le caractère éminemment forestier des séries sur sols acides (Série de la forêt à *Vaccinium myrtillus* et *Fagus sylvatica*, Série de la forêt à *Lonicera periclymenum* et *Fagus*

sylvatica, Série de la forêt à *Molinia caerulea* et *Quercus robur*) se retrouve dans ces statistiques dans la mesure où les cellules forestières sont dominantes tandis que les cellules extra-forestières sont sous-représentées (en particulier dans la Série de la forêt à *Vaccinium myrtillus* et *Fagus sylvatica*).

Le Système des sols schisteux des terrils fait exception, par son caractère non exploitable en agriculture et non constructible. Les cellules agricoles s.l. et le « bâti » sont donc des cas marginaux et peut-être pour partie des « effets de bord » dus à l'imprécision des polygones. Les terrils du territoire d'étude sont majoritairement boisés, avec une proportion de forêts fermées (29 %) étonnante pour des terrils, qui s'explique probablement en partie par des erreurs de photo-interprétation. Les cellules minérales peu végétalisées (sol nu, friches clairsemées, pelouses à lichens...) représentent 12 % de la surface de ce système.

Au sein du Système des sols limoneux neutres à légèrement acides plutôt eutrophes, l'opposition entre la Série de la forêt à *Hyacinthoides non-scripta* et *Fagus sylvatica* et la Série de la forêt à *Humulus lupulus* et *Fraxinus excelsior* est très marquée, la Série de la forêt à *Hyacinthoides non-scripta* et *Carpinus betulus* présentant quant à elle un profil intermédiaire. Rappelons que ces séries se développent dans des biotopes analogues à l'exception de l'engorgement du sol qui est nul dans la Série de la forêt à *Hyacinthoides non-scripta* et *Fagus sylvatica*, tandis qu'il est permanent à proximité des racines des végétaux dans la Série de la forêt à *Humulus lupulus* et *Fraxinus excelsior*.

Dans la Série de la forêt à *Hyacinthoides non-scripta* et *Fagus sylvatica*, les proportions de bâti (22 %) et de culture (39 %) sont très importantes, tandis que les plantations et vergers ne représentent que 4 %. Au contraire, dans la Série de la forêt à *Humulus lupulus* et *Fraxinus excelsior*, les plantations représentent 16 % de la surface, tandis que les cellules de culture (24 %) mais surtout le bâti (7 %) sont beaucoup plus discrets. Ces statistiques peuvent être reliées à une exploitation tout à fait différente du territoire. Si la localisation du bâti dans les secteurs les moins humides s'explique facilement par le risque d'inondation, l'opposition entre cultures et plantations de ligneux doit probablement être associée à une certaine forme de déprise agricole. En effet, si les niveaux les moins humides font l'objet d'une agriculture intensive fortement tournée vers les cultures, les secteurs humides se révèlent difficilement exploitables dans le cadre de l'agriculture moderne. L'agriculture y est donc couramment abandonnée, les parcelles faisant alors l'objet d'une « valorisation » par la plantation de ligneux, et en particulier ici de peupliers. Dans ce contexte, les menaces pesant sur les végétations semi-naturelles (et en particulier sur les prairies) de ces séries sont assez différentes : d'un côté, la pression est liée à une intensification des pratiques agricoles et en particulier au « retournement » des prairies, de l'autre, les prairies disparaissent par abandon de l'exploitation...

La Série de la forêt à *Humulus lupulus* et *Fraxinus excelsior* et la Série de la forêt à *Hyacinthoides non-scripta* et *Carpinus betulus* sont également celles qui hébergent le plus de prairies : 29 % et 22 % respectivement.

Si l'on cumule proportions de bâti et de cultures (secteurs grisés des histogrammes), ce graphique fait bien ressortir l'hétérogénéité des degrés d'artificialisation de ces séries.

6. CONCLUSION



Dans le cadre du programme d'activités 2017 soutenu par le Ministère de la transition écologique et solidaire, le Centre régional de phytosociologie agréé Conservatoire botanique national de Bailleul a réalisé une étude des végétations du Parc naturel régional Scarpe-Escaut. Ce travail de synthèse cartographique fait suite aux travaux typologiques menés en 2015 et 2016 (CATTEAU *et al.*, 2015 ; CATTEAU, 2016). Ce programme de cartographie paysagère est basé sur la méthodologie développée dans le cadre du programme CarHAB (MILLET *et al.*, 2017), moyennant quelques adaptations exposées dans la partie méthodologie.

L'approche symphytosociologique utilisée permet de tirer un certain nombre d'enseignements sur l'intérêt du niveau d'intégration des cellules paysagères. En se situant à l'échelle des unités de gestion, ce niveau d'intégration est particulièrement pertinent dans l'analyse de l'évolution du paysage végétal et apporte des informations fonctionnelles sur les modalités optimales de gestion. Il permet une nouvelle approche de phénomènes écologiques et phytodynamiques majeurs tels que les successions dynamiques primaires et secondaires et de cicatrisation, le paramètre écologique unificateur et les adaptations des plantes à ces paramètres, l'orbite systémique, les permasseries, le phénomène de dérive sériale. Les tableaux systémiques (tableaux « de Mendeldeiev » sensu JULVE, 1989) se révèlent des outils indispensables pour l'analyse systémique de la végétation.

Le travail de cartographie, réalisé en collaboration avec le laboratoire EVS Isthme, s'articule autour d'une approche d'extrapolation des paramètres physiques des biotopes de manière à dégager l'occupation potentielle des principales séries de végétation, étayée par une campagne de terrain sur un échantillon de territoire permettant à la fois l'amélioration de la cartographie biotopique (le « fond écologique ») et l'identification sur le terrain d'une partie des éléments patrimoniaux. L'identification des types de végétations dominants, réalisée en photo-interprétation par l'IGN, s'appuie elle aussi sur la campagne de terrain.

La cartographie réalisée a permis de mettre en évidence 32 séries de végétation organisées en 7 systèmes (i.e. géoséries), tandis que deux séries n'ont pas été affiliées à un système. Ces différents systèmes et séries sont décrits au moyen de fiches.

De manière synthétique, il apparaît que le territoire étudié est majoritairement occupé par des zones humides (plus de la moitié du territoire). Le système de végétation des sols limoneux neutres à légèrement acides plutôt eutrophes occupe plus des deux tiers du territoire. Toutefois, une très grande partie du territoire est touchée par la dérive sériale par sureutrophisation qui provoque une nette banalisation des végétations.

Au sein de ces séries, il a pu être mis en évidence une occupation du sol différentielle en fonction des caractéristiques physiques des biotopes, et en particulier de l'engorgement des sols et de leur richesse en nutriments. Les sols les plus oligotrophes sont occupés majoritairement par des forêts. Parmi les séries des sols limoneux eutrophes, la série mésophile est principalement touchée par l'urbanisation et la culture, tandis que la série hygrophile connaît une déprise significative se traduisant par la plantation de ligneux.

Le phénomène de dérive sériale n'a pu être quantifié faute d'échantillonnage de terrain représentatif du territoire.

Il est évident qu'une telle production cartographique, si elle pouvait être étendue à l'ensemble du territoire régional, fournirait une base d'information majeure pour la compréhension des processus qui touchent actuellement la biodiversité et pour la planification des politiques de protection de la nature.

7. BIBLIOGRAPHIE



- ANSSEAU, C. & GRANDTNER, MM.**, 1990. - Symphytosociologie du paysage végétal. *Phytocoenologia*, XIX (1) : 109-122.
- BARDAT, J., BOULLET, V. & HUGONNOT, V.**, à paraître. - La place des bryophytes dans la synsystème des végétations vasculaires. 1. La problématique. In Colloque de Saint-Mandé 2012 : Prodrôme et cartographie des végétations de France. *Doc. Phyto.* série 3, 6.
- CATTEAU, E.**, 2016. - Analyse synthétique du patrimoine phytocénotique du territoire du Parc naturel régional Scarpe-Escout. Centre régional de phytosociologie agréé Conservatoire botanique national de Bailleul, pour le Parc naturel régional Scarpe-Escout. 118 p. + annexes. Bailleul.
- CATTEAU, E., BLONDEL, C., DELPLANQUE, S., GELEZ, W., THÉVENIN, P. & TOUSSAINT, B.**, 2015. - Atlas communal des végétations du territoire du Parc naturel régional Scarpe-Escout. Centre régional de Phytosociologie / Conservatoire botanique national de Bailleul. Programme soutenu par l'Europe (Fonds européen de développement régional), 1 vol., pp 1-38 + annexes.
- CATTEAU, E. & DUHAMEL, F.**, 2010. - Phytosociologie dans le Nord - Pas-de-Calais : des synthèses pour structurer la connaissance, structurer la connaissance pour la transmettre. *Revue Forestière Française*, LXII (3-4) : 323-330.
- CATTEAU, E. & DUHAMEL, F.** (coord.), 2014. - Inventaire des végétations du nord-ouest de la France. Partie 1 : analyse synsystème. Version n°1 / avril 2014. Centre régional de phytosociologie agréé Conservatoire botanique national de Bailleul, avec la collaboration du Collectif phytosociologique du nord-ouest de la France. 50 p. (document téléchargeable sur le site du CBNBL : <http://www.cbnbl.org/ressources-documentaires/referentiels-et-outils-de-saisie/article/referentiels>).
- CATTEAU, E., FRANÇOIS, R., PREY, T. & FARVACQUES, C.**, 2017. - Analyse d'un système de végétations menacées : les tourbières neutro-alcalines du nord-ouest de la France. In Colloque de Saint-Mandé 2012 : Prodrôme et cartographie des végétations de France. *Doc. Phyto.* série 3, 6 : 276-312.
- DECOCQ, G.**, 1997. - Contribution à l'étude phytosociologique de l'actuelle *Theoracia sylva* (Thiérache, Aisne, France). Essai d'analyse systématique des phénomènes phytodynamiques. Thèse pour l'obtention du Doctorat en sciences pharmaceutiques soutenue le 19 décembre 1997, Université du Droit et de la Santé de Lille, Faculté des sciences pharmaceutiques et biologiques, Université de Picardie Jules Verne, Faculté de Pharmacie, 1.
- DUHAMEL, F. & CATTEAU, E.** (coord.), 2014. - Inventaire des végétations du nord-ouest de la France. Partie 2a : évaluation patrimoniale des végétations du Nord-Pas de Calais. Version n°1 / avril 2014. Centre régional de phytosociologie agréé Conservatoire botanique national de Bailleul, avec la collaboration du Collectif phytosociologique du nord-ouest de la France. 39 p. (document téléchargeable sur le site du Conservatoire botanique national de Bailleul : <http://www.cbnbl.org/ressources-documentaires/referentiels-et-outils-de-saisie/article/referentiels>)
- DUHAYON, G. & GOUBET, P.**, 2017. - Diagnostic fonctionnel du complexe tourbeux de la Réserve naturelle régionale de la tourbière de Vred (Nord). *Bourgogne nature*, 26 : 162-167.

- FOUCAULT, B. (de)**, 1988. - Les végétations herbacées basses amphibies : systémique, structuralisme, synsystématique. *Dissertationes Botanicae*, 121 : 1-150. Stuttgart.
- FOUCAULT, B. (de)**, 2014. - Un modèle énergétique pour la dynamique de la végétation. *Acta Botanica Gallica: Botany Letters*, 2014 : 429-439.
- GÉHU, J.-M.**, 2006. - Dictionnaire de sociologie et synécologie végétales. Édition J. Cramer, Berlin, Stuttgart, 899 p.
- GILLET, F., DE FOUCAULT, B. & JULVE, P.**, 1991. - La phytosociologie synusiale intégrée : objets et concepts. *Candollea*, 46: 315-340.
- JULVE P.**, 1989. - *Catalogue des stations forestières de l'Ardenne primaire*. 221 p., 2 h.t., CRP, Bailleul.
- JULVE, Ph., & VITTE, M.**, à paraître. - Des synusies aux terroirs : un modèle dynamique et des échelles spatiales. In Colloque international 1973-2014 : La phytosociologie paysagère. Des concepts aux applications. 23-25 Septembre 2014, Université de Bretagne Occidentale, Brest. 14 p.
- LAMBINON, J., DELVOSALLE, L. & DUVIGNEAUD, J.**, 2012. - Nouvelle Flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des Régions voisines (Ptéridophytes et Spermatophytes) : Sixième édition. 1 vol., CXXXIX + 1-1195 p.
- LEMOINE G.**, 2015. - Carrière, perturbations et ruptures écologiques. *Bulletin de la Société botanique du Nord de la France*, 2015, 68 (1-2) : 9-20.
- MILLET, J., JUST, A. & CHOISNET (coord.)**, 2017. - Guide méthodologique du programme de cartographie nationale des végétations (CarHAB). Version du 31 Mars 2017. 94 pages + annexes.
- OLDEMAN, R.A.A.**, 1990. - *Forests : elements of silvology*. Springer Verlag, Berlin.
- OBSERVATOIRE DE LA BIODIVERSITÉ DES HAUTS-DE-FRANCE**, 2017. - Comment se porte la nature dans les Hauts-de-France ? 12 p.
- TISON, J.-M., DE FOUCAULT, B.**, 2014. - Flora Gallica. Flore de France. *Biotope*, Mèze. XX + 1196 p.
- TOUSSAINT, B., HENDOUX, F. & LAMBINON, J.**, 2002. - Définition et cartographie des territoires phytogéographiques de la région Nord – Pas-de-Calais (France). *Lejeunia*, 171 : 1-32, Liège.
- VAHE, L.**, 2016. - Étude de préfiguration de la désignation en zone RAMSAR de la plaine de la Scarpe et de l'Escaut. Stage 2ème année Master Professionnel Gestion et Évolution de la Biodiversité de l'Université des sciences et technologies de Lille. Parc naturel régional Scarpe-Escaut. 45 p. + annexes.



8. ANNEXE - FICHES DESCRIPTIVES DES SYSTÈMES ET DES SÉRIES



