

Diversité des forêts du Grand Est

Diversité des habitats et des peuplements et indicateurs de diversité spécifique ou fonctionnelle



Erablaie tillaie hygrosциaphile à Scolopendre (Ph. Jacques Drapier)

Introduction de la DRAAF Grand-Est

Dans le cadre de la mise en œuvre du Programme régional de la forêt et du bois (PRFB) de la région Grand-Est, la DRAAF a souhaité disposer et mettre à disposition de l'ensemble des acteurs et du grand public des informations précises, détaillées et consensuelles sur la diversité des forêts du Grand Est. Cette étude est une première étape pour la création d'indicateurs pertinents, notamment pour le suivi de la mise en œuvre des politiques publiques (PRFB, Schéma Régional Biomasse...)

La DRAAF Grand Est a confié à l'IGN la réalisation de la présente étude sur ce thème.

L'IGN réalise en effet l'inventaire permanent de la ressource des forêts françaises au travers du programme d'inventaire forestier national (IFN) confié par le ministère chargé des forêts. Depuis 2005, l'IGN collecte ainsi chaque année des informations couvrant l'ensemble du territoire national. Ces données lui permettent d'évaluer la ressource forestière en quantité (surface, volume, production biologique) et en qualité (diamètres, usages des bois, mais aussi essences, propriété foncière, etc.).

Outre ces aspects quantitatifs, les relevés dendrométriques et écologiques de l'IFN permettent de disposer d'informations assez précises sur la diversité de nos forêts.

Contenu

A - Première partie : la diversité aux différents niveaux d'organisation.....	4
A.1 - Diversité forestière à l'échelle des écosystèmes	4
A.2 - Diversité en forêt à l'échelle locale : diversité spécifique	5
A.3 - Diversité génétique.....	7
A.4 - Diversité fonctionnelle.....	8
A.5 - Relations entre diversité et productivité	9
A.6 - Approche historique	11
A.7 - Approche paysagère	13
B - Deuxième partie : la diversité des écosystèmes forestiers dans le Grand Est.....	16
B.1 - Description générale de la forêt régionale et découpage écologique de la région.....	16
B.2 - La diversité des types d'écosystèmes	18
B.2.1 - La hêtraie en tant qu'habitat majoritaire	18
B.2.2 - Le déterminisme des autres types d'habitats.....	19
B.2.3 - Dynamique de végétation et physionomie des peuplements	21
B.2.4 - La diversité des peuplements forestiers	21
C - Troisième partie : indices de diversité spécifique, fonctionnelle et structurale calculés à partir des données de l'inventaire forestier national.....	25
C.1 - Diversité spécifique	25
C.1.1 – Richesse spécifique dans la strate arborée	25
C.1.2 - Indigénat des essences (indicateur 9).....	27
C.2 - Diversité fonctionnelle	29
C.2.1 - Diversité du comportement dynamique des essences (indicateur 8)	29
.....	32
C.2.2 - Diversité des formes biologiques des essences ligneuses (indicateur 10).....	33
C.2.3 - Niveaux hydriques indiqués par la flore.....	35
C.3 - Diversité structurale : la structure constatée des peuplements.....	39
C.4 - Pression d'abrutissement par les ongulés	39
D - Quatrième partie : indicateurs d'écologie du paysage.....	43
Glossaire	45
Bibliographie	47

A - Première partie : la diversité aux différents niveaux d'organisation

A.1 - Diversité forestière à l'échelle des écosystèmes

La diversité biologique est définie comme la diversité du vivant à tous ses niveaux d'organisation : diversité des milieux (écosystèmes), diversité des espèces, diversité génétique au sein d'une même espèce. La diversité biologique comprend également la diversité des relations entre espèces : commensalisme, prédation, symbiose, etc...

Un écosystème est un système composé d'un milieu de vie (biotope) défini par des caractéristiques physiques (luminosité, température, roche-mère, etc...), des êtres vivants (biocénose) existant dans ce biotope et de toutes les interactions existantes entre eux.

En foresterie, on désigne par **habitat forestier**, un type d'écosystème forestier. Un habitat forestier couvre une surface pouvant varier de quelques ares à plusieurs dizaines d'hectares d'un seul tenant. Il est possible de déterminer le type d'habitat forestier sur un point donné par l'examen des caractéristiques écologiques locales (mesoclimat, altitude, exposition, position topographique, type de sol) et de la composition floristique (les espèces présentes et leurs abondances relatives). En effet, la composition de la flore spontanée, par sa dépendance forte aux préférences écologiques des espèces végétales, témoigne directement du type de milieu. Ainsi, une approche phyto-écologique, basée sur des critères floristiques et écologiques relativement simples, permet de caractériser le type d'écosystème dans lequel on se trouve.

A chaque habitat élémentaire est donc associée une « association végétale », unité de base de la phytosociologie. Une association végétale rassemble une série de communautés réelles, et permet de désigner toutes les communautés qui ont un aspect similaire, et ont un même noyau d'espèces végétales caractéristiques. Des habitats élémentaires aux caractéristiques écologiques et floristiques proches peuvent être regroupés en habitats génériques. Le référentiel des habitats forestiers utilisé par l'inventaire forestier national comporte plus de 500 habitats élémentaires (au niveau national) qui ont été regroupés dans la présente étude en 52 habitats génériques (au niveau national).

L'habitat élémentaire le plus répandu dans le Grand-Est est la hêtraie-chênaie neutrophile médio-européenne à Aspérule odorante. Il occupe à lui seul, en tant qu'habitat potentiel, 32 % de la surface boisée de la région. Il est partie intégrante de l'habitat générique d'intérêt communautaire « hêtraies de *l'Asperulo-Fagetum* » (9130) qui couvre 61 % des forêts du Grand Est. Cet habitat générique regroupe les hêtraies collinéennes médio-européennes et atlantiques et les hêtraies-sapinières (à l'étage montagnard) qui se développent sur des sols neutres ou presque neutres, à humus doux, avec une forte représentation des espèces végétales des groupes écologiques de *Anemone nemorosa*, *Lamium galeobdolon*, *Galium odoratum*, *Melica uniflora* et, en montage, diverses dentaires (*Dentaria* sp.) (Bensettiti F. coord, 1999).

La région Grand-Est abrite également plusieurs types différents de « forêts de ravin », habitats rares et localisés à forte valeur patrimoniale, notamment l'érablaie acidiphile à Dicrane à balai, l'érablaie à Lunaire sur pentes froides, l'érablaie à Corydale creuse.

L'habitat « hêtraie-chênaie neutrophile à Aspérule odorante » peut correspondre à plusieurs des stations forestières (notamment les stations 120, 210, 221, 320) décrites dans le catalogue des stations forestières du Plateau lorrain (Brêthes A., 1976) dont les potentialités de production varient selon les caractéristiques pédologiques (texture et profondeur du sol, niveau de drainage).

Habitat forestier et station forestière

Par rapport à l'habitat, la notion de **station** introduit une notion supplémentaire liée à la productivité. Une station forestière est une étendue de terrain de superficie variable, homogène dans ses conditions physiques et biologiques, et justifie, pour une essence déterminée, une (ou plusieurs) sylviculture(s) avec laquelle (ou lesquelles) on peut espérer une productivité comprise entre des limites connues (Bastien et Gauberville). Chaque type d'habitat forestier pourra donc comprendre plusieurs types de stations, en fonction des potentialités locales de production (par exemple un même type d'habitat répandu dans un secteur biogéographique assez vaste aura des potentialités différentes en fonction du climat local).

Le premier niveau d'organisation est donc celui des écosystèmes. La diversité des écosystèmes à l'échelle régionale peut s'appréhender à travers les résultats du « suivi temporel des habitats forestiers » mis en place dans le cadre de l'inventaire forestier national depuis 2013 dans le Grand Est. La caractérisation du (ou des) types d'habitats sur chaque placette d'inventaire permet de connaître l'aire de répartition de chaque type d'habitat, la surface réellement occupée par chaque habitat dans son aire de répartition et la liste des habitats élémentaires effectivement présents dans la région. Le couplage entre les données d'occurrence d'habitats et les données de structure des écosystèmes correspondants (couverts par essences, mesures dendrométriques sur les arbres) permet de renseigner les critères d'état de conservation de chaque type d'habitat (proportion de gros bois, de bois mort, indigénat des essences, présence d'espèces exotiques envahissantes, etc...) pour un secteur biogéographique donné.

Pour un type d'habitat potentiel donné, la variabilité de la physionomie de la végétation (faciès sylvicoles), du niveau de maturité des peuplements introduit une variabilité intrinsèque. Une description de la diversité régionale peut donc s'opérer également par la description des peuplements et de leur structure.

Une présentation générale du territoire régional du point de vue de la diversité des écosystèmes et des peuplements sera réalisée en seconde partie de ce rapport.

A.2 - Diversité en forêt à l'échelle locale : diversité spécifique

Les écosystèmes forestiers abritent des biocénoses animales et végétales riches et diversifiées, au sein desquels se tisse un réseau complexe de relations d'interdépendance (commensalisme, symbiose, prédation...).

Les écosystèmes forestiers hébergent notamment des cortèges d'oiseaux, particulièrement diversifiés dans les très jeunes et très vieux peuplements. Ces espèces nichent à différents niveaux de la stratification verticale de l'écosystème : grive musicienne et fauvettes dans la strate arbustive, pics, hiboux et chouettes dans la strate arborée dans les cavités de vieux troncs.

Les mammifères forestiers sont nombreux, ongulés, mais aussi blaireau, écureuil roux, martre des pins, et de multiples micromammifères : mulot sylvestre, campagnol roussâtre...

La forêt est actuellement un écosystème optimal ou refuge pour de nombreux amphibiens, dont un grand nombre connaissent une forte régression de leurs populations. Les forêts de la région Grand-Est jouent notamment un rôle important pour la conservation du sonneur à ventre jaune au niveau national.

Les insectes sont un groupe très important en forêt : près de 80 % des espèces animales de la forêt sont des insectes, les coléoptères étant particulièrement représentés. Leur biomasse est supérieure à l'hectare à celle des oiseaux et des mammifères. Certains sont consommateurs des plantes, et ont pour prédateurs ou parasites d'autres insectes forestiers.

La forêt est l'écosystème de prédilection de la plupart des champignons. Il en existe environ 14 000 espèces dans les forêts de France métropolitaine.

Enfin, la diversité biologique du sol forestier, bien que souvent peu explorée, joue un rôle fondamental dans les cycles du carbone et de l'azote. Virus, algues microscopiques, bactéries, petits crustacés, acariens, araignées, vers, scolopendres, etc... peuplent les trois à cinq mètres supérieurs du sol avec une concentration maximale dans les 30 premiers centimètres.

Des inventaires naturalistes sur la faune existent dans les forêts (notamment publiques) qui permettent de recenser une partie des espèces animales présentes dans chaque massif forestier. Certains groupes taxonomiques sont mieux connus que d'autres : oiseaux, grands mammifères. Pour les invertébrés ainsi que pour la faune du sol les connaissances sont souvent très lacunaires. L'inventaire des ZNIEFF apporte également des éléments sur les espèces présentes, remarquables ou non.

Les données de l'inventaire forestier national ne comportent pas d'observations sur la faune mais seulement sur la flore.

Sur chaque placette d'inventaire forestier est réalisé un relevé floristique (végétaux supérieurs, ptéridophytes, bryophytes), en abondance dominante, à position aléatoire et à surface fixe (15 m de rayon). Ces relevés sont réalisés toute l'année et certains relevés d'hiver peuvent donc être incomplets par rapport à l'ensemble des espèces effectivement présentes (en particulier sur les stations neutrophiles ou calcicoles).

En pleine saison de végétation, leur niveau d'exhaustivité a été estimé par un exercice d'intercalibration entre quelques équipes, mené près de Nancy en juin 2019. Ce type d'exercice consiste à faire réaliser un relevé floristique le plus complet possible, sur un même point, par plusieurs équipes indépendamment. Un « relevé consensus » est réalisé collectivement ensuite, avec l'aide de botanistes spécialistes, qui sert de référence pour apprécier la qualité des relevés précédents.

Le taux d'exhaustivité moyen toutes espèces confondues (par rapport à un relevé consensus établi a posteriori) est de 73 %. Il est de 87 % pour les arbres et 85 % pour les arbustes. Les espèces végétales ayant les plus fortes abondances (supérieures à 25 % de recouvrement) sont toutes détectées lors des relevés. Le taux de détection des bryophytes est très variable selon les équipes. Le taux d'exhaustivité sur le relevé varie également avec la richesse spécifique locale, la difficulté liée aux zones les plus riches donnant lieu à un taux de détection moyen plus faible. Le taux moyen d'erreurs d'identification toutes espèces confondues est de 6 %. Ce taux d'erreur est pratiquement nul pour les ligneux ainsi que pour les espèces les plus abondantes.

En conséquence, ces relevés ne seront pas utilisés directement pour une appréciation complète du nombre d'espèces végétales présentes, toutes strates confondues.

Par ailleurs, l'échantillonnage étant systématique, il n'est pas adapté à la recherche ciblée d'espèces forestières rares ou très localisées dans le but de leur évaluation. Cependant, en raison du très grand nombre de placettes inventoriées, les espèces rares peuvent également être interceptées.

L'ensemble de ces relevés constitue une base de données considérable, qui permet une bonne appréciation de la composition floristique globale des écosystèmes forestiers de la région. Ces relevés peuvent également être utilisés pour calculer des indices écologiques, en utilisant le caractère indicateur des espèces végétales, qui renseignent correctement sur la diversité des conditions de milieu.

Les relevés floristiques de l'inventaire forestier national ont été utilisés pour le calcul d'indicateurs de diversité spécifique (nombre d'essences dans la strate arborée, indigénat des essences...)

Ces résultats sont présentés en troisième partie du rapport.

A.3 - Diversité génétique

Pour une espèce donnée, les caractéristiques génétiques des individus induisent un niveau de diversité supplémentaire qui se traduit ou non par des caractéristiques physiques (taille, couleur...) ou des capacités (résistance à des conditions particulières, à des maladies...). Cette variabilité génétique résulte notamment de la dispersion géographique de l'espèce sur le long terme et des pressions de sélection subies par les différentes populations. Elle demeure spontanée pour les essences forestières (exception faite des peupliers de culture, résultant le plus souvent de processus de sélection contrôlée).

L'évaluation de la diversité génétique des arbres en forêt nécessite des observations plus approfondies et plus longues que celles possibles dans le cadre d'un inventaire forestier national pour lequel les placettes, constituant un échantillon représentatif de la forêt française, sont très nombreuses et doivent être décrites rapidement.

Les ressources génétiques forestières (arbres d'essences sociales ou disséminées) sont toutefois inventoriées dans d'autres cadres. La diversité intraspécifique des arbres, notamment leurs capacités d'adaptation aux stress thermiques ou hydriques, est étudiée, sous l'égide de la commission des

ressources génétiques forestières. Les écotypes les plus remarquables sont intégrés dans un réseau de conservation in situ, essentiellement dans les forêts publiques, et ex situ en pépinières, coordonné par l'INRAE et le Conservatoire génétique des arbres forestiers de l'ONF.

A.4 - Diversité fonctionnelle

Le fonctionnement d'un écosystème requiert la réalisation d'un certain nombre de processus : fabrication de la matière organique par la photosynthèse, intégration des éléments minéraux, décomposition et incorporation au sol de la matière organique, reproduction, etc..._.

La **diversité fonctionnelle** peut être définie comme la **diversité** des traits fonctionnels des espèces, ces traits étant des composantes du phénotype des organismes qui influencent des processus écosystémiques.

Ces traits peuvent être morphologiques, comme la taille de l'espèce, reproducteurs, comme le mode de reproduction, ou écophysiological. Ils sont le reflet des stratégies de survie, de reproduction ou de dispersion des espèces. Les traits peuvent être catégoriels (par exemple le type de reproduction) ou continus (par exemple la taille).

Le calcul d'indices de diversité fonctionnelle à partir de relevés floristiques suppose de disposer de bases de données sur les traits de vie des espèces sur lesquels portent l'analyse. L'inventaire forestier national dispose de quelques bases de traits de vie pour les espèces ligneuses : type biologique de Raunkier, caractère dynamique des espèces (de pionnier à dryade).

Les relevés floristiques de l'inventaire forestier national ont été utilisés pour le calcul d'indicateurs de diversité fonctionnelle (types biologiques des arbres, caractère plus ou moins pionnier des essences).

La description de la stratification des peuplements est utilisée pour le calcul d'un indicateur de structure (verticale).

Bien que ne constituant pas directement un indicateur de biodiversité, des indicateurs sont fournis sur le niveau d'abrutissement par les ongulés. L'inventaire forestier relève depuis 2015 les traces d'abrutissement sur la végétation ligneuse non recensable. Compte-tenu de l'importance de cet impact des ongulés sur les forêts du Grand Est, les premiers résultats de ces relevés ont été traités.

Ces résultats sont fournis en troisième partie de ce rapport.

Les réseaux de suivi à long terme de la biodiversité en forêt

L'observation et la suivi de la biodiversité forestière s'opère actuellement, au niveau national, à travers plusieurs dispositifs complémentaires.

Un état des lieux de ces réseaux (en métropole) qui contribuent au suivi de la biodiversité en forêt a été réalisé dans le cadre du Projet Passifor. Parmi les initiatives existantes à l'heure actuelle, dix réseaux répondent aux critères suivants : envergure nationale, plan d'échantillonnage conçu a priori, protocole clair, disponible et reproductible.

Ils présentent des emprises taxonomiques variées sans pour autant couvrir la diversité du vivant (Dorioz J. *et al*, 2019).

La variété des stratégies d'échantillonnage (systématique, stratifié ou aléatoire selon les cas) rend a priori difficile l'articulation de ces réseaux entre eux. L'échantillonnage de l'inventaire forestier national est le seul représentatif de la forêt métropolitaine mais ne concerne pas, en principe, les réserves intégrales qui contribuent pourtant à la conservation de la biodiversité.

Certains de ces réseaux de suivis à long terme sont plus fortement instrumentés et ont des objectifs différents de ceux d'un inventaire national, notamment le réseau Renecofor.

Actuellement, le projet PASSIFOR 2 consiste à étudier comment mieux articuler ces réseaux d'observations entre eux pour améliorer le suivi de la biodiversité forestière. Ce projet devrait proposer d'ici 2022 des maquettes de dispositifs de suivis (type d'échantillonnage, fréquence des levés, taxons et variables environnementales suivies) adaptées à une série de grands objectifs qui pourraient être retenus ultérieurement. Parmi ces grands objectifs possibles figurent la surveillance générale de la biodiversité forestière sur l'ensemble du territoire métropolitain, la comparaison entre la diversité biologique des forêts gérées et de celles en libre évolution, l'évaluation de l'impact du changement climatique sur la diversité biologique en forêt.

A.5 - Relations entre diversité et productivité

Des recherches ont porté sur la relation entre biodiversité et productivité des écosystèmes. En foresterie, ces études s'attachent le plus souvent à des comparaisons entre peuplements purs et peuplements associant deux ou trois essences, établissant des bilans à court terme dans des conditions environnementales peu variables. Mais la diversité des arbres a également un effet direct sur la dynamique des insectes ravageurs et des champignons parasites, rendus plus nombreux par l'évolution du climat (acclimatation de nouveaux ravageurs). De même, les effets directs du changement climatique seront différents sur des peuplements monospécifiques et sur les peuplements mélangés.

La phénologie du débourrement (dates de début de la saison de végétation) et la durée du stade feuillé sont directement modifiés par l'évolution du climat. Ces variables conditionnent l'activité photosynthétique à long terme et donc les capacités de croissance des arbres. Enfin, la synchronisation entre débourrement et présence des chenilles défoliatrices, larves ou spores

infectieuses détermine en grande partie l'intensité des dégâts par les bio-agresseurs. La diversité des forêts en termes de phénologie apparaît donc comme une caractéristique essentielle à étudier pour pouvoir prédire la réponse des écosystèmes aux changements globaux aussi bien en termes de modification de leur composition que de changements de productivité (Jactel, 2010).

Les observations réalisées lors des inventaires forestiers nationaux sont peu adaptées pour établir des liens de causalité entre productivité et composition des forêts, du fait de l'existence de facteurs confondus comme les variations stationnelles ou l'histoire de la gestion des forêts. Pour mener de telles études, il convient de corriger ces différences stationnelles ou liées à la gestion avant de procéder aux analyses. Sur ce sujet, l'installation et le suivi de dispositifs expérimentaux à long terme, dans lesquels différents niveaux de diversité des essences forestières sont comparés dans des conditions stationnelles et des modes de gestion identiques, peuvent permettre de mieux comprendre les mécanismes impliqués dans la relation entre biodiversité et évolution de la productivité des forêts.

En France, un tel dispositif expérimental a été mis en place par l'INRAe sur le site de Pierroton (Bordeaux). Ce dispositif « ORPHEE » est établi pour apporter des réponses aux trois questions suivantes :

- La relation entre diversité des essences forestières et fonctionnement des forêts dépend-elle du nombre d'espèces en mélange (richesse spécifique) ou de la composition des assemblages d'espèces (identité des espèces en mélange) ?
- Comment le fonctionnement des écosystèmes forestiers est-il influencé par la diversité phénologique des arbres (mélange d'essences sempervirentes et feuillues, à débourrement précoce ou tardif) dans un contexte de changement climatique ?
- A quelles échelles temporelles interviennent les effets du changement climatique (effets des tendances à long terme ou des épisodes catastrophiques) sur le fonctionnement des peuplements forestiers (aux stades jeunes ou adultes) de diversité fonctionnelle variable ?

L'installation du dispositif Orphée a eu lieu de 2005 à 2009. Compte tenu des objectifs scientifiques poursuivis, ce dispositif peut être considéré comme très récent. Il fait partie du réseau mondial Treedivnet de sites expérimentaux de long terme. Ce site ORPHEE comprend 8 blocs, avec 32 placettes dans chaque bloc. Chaque combinaison possible de 1, 2, 3, 4 et 5 espèces d'arbres a été plantée dans chaque bloc.

Une étude de synthèse très récente, au niveau européen, associant de tels dispositifs expérimentaux (dont Orphée) à des réseaux comparatifs de parcelles in situ et à des analyses tirées d'inventaires forestiers nationaux (de Finlande, Suède, Belgique, Allemagne et Espagne), confirme l'effet général positif du mélange des essences sur leur croissance (16 % en moyenne) (Kambach S. et al, 2019). Mais l'effet réel constaté pour chaque essence diffère selon la méthode utilisée (dispositifs expérimentaux, réseaux comparatifs ou inventaires forestiers nationaux). Des biais existent en effet entre ces différentes approches (dispositifs expérimentaux très jeunes, réseaux comparatifs sur peuplements plus âgés, inventaires forestiers mêlant conditions stationnelles variées). La question de la sélection opérationnelle de mélanges d'espèces dans le but de maximiser la biodiversité forestière, les relations fonctionnelles et la productivité des forêts n'est donc pas encore tranchée dans le domaine de la recherche scientifique et nécessite encore la prise en compte de différentes approches.

A.6 - Approche historique

L'évolution des masses forestières au fil du temps a été induite par le défrichement et la recolonisation spontanée ou artificielle de terres agricoles par la forêt. La continuité de l'état boisé, définie comme la permanence de l'occupation du sol par la forêt, indépendamment de la gestion appliquée aux peuplements, est un facteur de naturalité important. De nombreux travaux scientifiques récents ont montré que l'histoire de l'utilisation passée des terres joue un rôle clé dans le fonctionnement, la diversité et la composition de la flore et de la faune des écosystèmes forestiers. En effet, les changements d'usage du sol qui ont eu pour effet d'accroître ou diminuer la surface forestière au fil du temps ont eu des conséquences néfastes sur les espèces les plus vulnérables à ces changements. Ainsi, les **forêts anciennes** correspondent à des forêts n'ayant pas connu de défrichement depuis une date de référence, qui doit être précisée dans leur définition. Elles peuvent être composées de peuplements âgés ou jeunes, d'origine naturelle ou artificielle. Ces forêts anciennes présentent une valeur patrimoniale intrinsèque et sont assez peu répandues dans certaines régions très agricoles dans les siècles passés. Au sein de ces forêts anciennes, le maintien d'espaces fermés, ombragés, plutôt frais et humides, favorise la présence d'espèces adaptées à ces conditions. Les espèces végétales caractéristiques des forêts anciennes partagent souvent de faibles capacités de dispersion qui en font de mauvaises colonisatrices des forêts récentes (Dupouey et al, 2010).

En France métropolitaine comme dans la plupart des pays européens, à une longue période de déboisement depuis le Néolithique, a succédé une « transition forestière » de reconquête du territoire par la forêt, à partir de la seconde moitié du XIX^e siècle. La notion de forêt ancienne fait ainsi référence dans notre pays à cette période du « minimum forestier » vers 1850 : les forêts qualifiées d'anciennes sont celles qui ont connu une continuité de l'usage forestier du sol au moins depuis cette date. En effet, on peut supposer que ces forêts existant au milieu du XIX^e siècle sont effectivement des forêts depuis une beaucoup plus longue période.

Les principales sources cartographiques disponibles sur l'occupation du sol historique sont de trois types : la carte de Cassini (échelle du 1/86 500, production de 1749 à 1790), le cadastre napoléonien (échelle 1/2 500, 1812-1850) et la carte d'État-major (échelle 1/40 000, 1818-1866). Pour des usages opérationnels de cartographie de l'usage du sol historique, la carte de Cassini est trop imprécise (mauvais recalage, contours souvent erronés des zones forestières) et le cadastre napoléonien trop lourd à mettre en œuvre pour de grands territoires. La carte d'État-major constitue la référence pour la distribution historique des forêts françaises, d'autant plus que ses dates de production sont proches du minimum forestier français (vers 1850) (Benest F., 2020).

Un programme national de vectorisation des minutes de la carte d'État-major a été engagé il y a quelques années. L'IGN a été chargé de mettre au point une méthode de vectorisation qui est utilisée par lui-même et ses partenaires pour la création de la donnée sur l'occupation du sol historique (Lallement Th. et al, 2017). Les couches vectorielles ainsi obtenues sur l'occupation du sol au XIX^e siècle sont ensuite croisées avec la carte forestière de de l'IGN (BD Forêt®) pour la production des couches de référence sur les forêts présumées anciennes. Le caractère réellement ancien des forêts ainsi délimitées, doit, en toute rigueur, faire l'objet de vérifications sur des

documents de millésimes intermédiaires (inventaire forestier de Daubrée en 1912, orthophotos historiques des années 1950) pour confirmer la continuité de l'état boisé depuis la période du minimum forestier.

Dans le Grand Est, quatre départements sont entièrement couverts par cette cartographie de l'usage ancien des sols (Meurthe et Moselle, Moselle, Vosges et Meuse).

**Etat d'avancement de la carte de l'occupation ancienne
des sols de France dans sa version complète (multi-classe)
et version forêt anciennes (mono-classe)**

juillet 2020

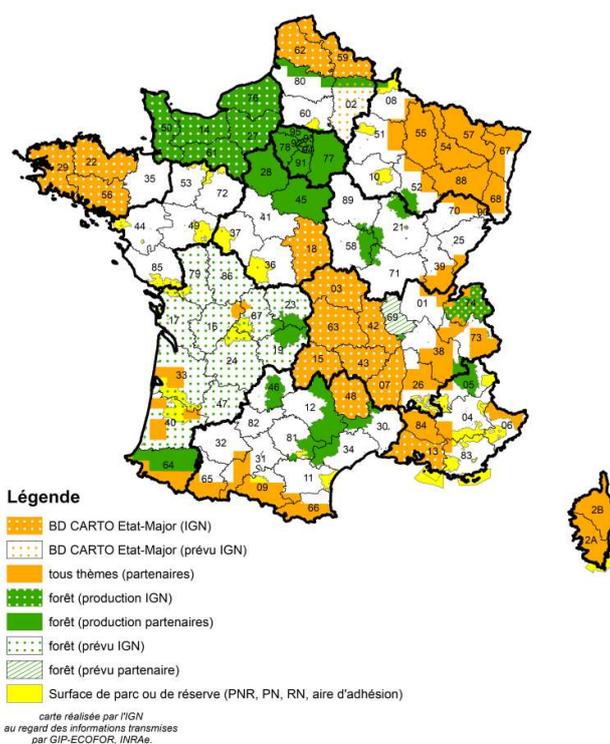


Figure 1 : avancement de la vectorisation des cartes d'État-major

Ces travaux de cartographie permettent progressivement de situer la place des forêts anciennes dans chaque région française. Les différences sont importantes. Sur les quatre départements cartographiés dans le Grand Est (pris globalement), le taux de boisement passe de 29,6 % en 1830 à 34,9 % en 2000, soit une hausse de 18 % en 170 ans. Ce taux d'augmentation est beaucoup plus faible que la moyenne obtenue d'après des documents d'archives au niveau national (doublement du taux de boisement dans la même période). Cette stabilité est en partie liée au caractère déjà boisé de ce secteur géographique au XIXème siècle. D'autres régions, plus exclusivement agricoles au départ, ont connu une évolution très différente liée à une évolution agricole et démographique différente.

Dans ces quatre départements du Grand Est, la proportion des forêts de 1830 ayant été déboisées depuis est de 10 %. La proportion globale de forêt ancienne est de 76 % mais cette proportion varie selon le type de propriété : 90 % en domanial, 88 % en communal et seulement 49 % en forêt privée. Le pourcentage de la forêt actuelle connectée à un massif de forêt ancienne y est de 87 %. Pour mémoire, les forêts anciennes représentent seulement 20 % du couvert boisé actuel en Limousin du fait de l'évolution déjà décrite.

L'importance très forte des forêts anciennes dans la région Grand-Est lui confère une responsabilité particulière dans le domaine de la connaissance et la préservation de ce patrimoine naturel.

A.7 - Approche paysagère

Combinaison de la géographie et de l'étude des écosystèmes, l'écologie du paysage relie les structures spatiales, qui sont l'objet de la géographie, aux processus écologiques (Burel et Baudry, 1999). Le paysage est alors vu comme la traduction spatiale d'un assemblage d'écosystèmes, comme une mosaïque d'habitats et non du point de vue de l'esthétique perçue.

L'écologie du paysage considère l'hétérogénéité de ces systèmes écologiques que sont les paysages, comme un facteur d'organisation à la fois spatial et temporel. Cette discipline étudie donc notamment les conséquences écologiques des transformations progressives des espaces agricoles et forestiers, dans des complexes paysagers hétérogènes.

Cette hétérogénéité dépend de la nature des éléments de base qui forment la mosaïque du territoire et de l'échelle à laquelle le système est représenté. Les gradients de distribution spatiale de la végétation s'organisent en fonction des réponses de chaque espèce végétale aux conditions biotiques et abiotiques et des perturbations anthropiques présentes ou passées (toposéquence dans un grand massif forestier par exemple). La structure actuelle des paysages est la résultante de la dynamique passée et les activités humaines sont le facteur principal d'évolution des paysages.

En région Grand-Est, les écosystèmes forestiers constituent des massifs dont les surfaces varient de 0,5 ha à presque 50 000 ha.

La fragmentation des milieux naturels est considérée comme un facteur de réduction de leur fonctionnalité. Certaines infrastructures linéaires (autoroutes, canaux, lignes à grande vitesse, etc...) sont des obstacles à la circulation de la faune. Les zones de grandes cultures fortement remembrées, d'une potentialité biologique en général très faible, et certaines zones urbaines et/ou industrielles denses sont également des secteurs qui isolent les milieux moins artificialisés. Infrastructures linéaires, et surfaces artificialisées de différents types peuvent également, par leur juxtaposition ou combinaison aggraver leur impact individuel.

Cette fragmentation est un facteur d'isolement des populations favorisant le déclin des espèces impactées, par manque d'espace nécessaire pour assurer correctement les différentes fonctions vitales (alimentation, reproduction et repos). Ces fonctions peuvent requérir des types d'espaces distincts parfois amputés ou rendus inaccessibles par la fragmentation. L'isolement des populations d'espèces sauvages est également un facteur de réduction du brassage génétique. Enfin certains

types de coupures génèrent des risques particuliers pour la faune (collisions automobiles, lignes à hautes tension...).

L'impact de cette fragmentation dépend de la nature de la coupure, de sa largeur, du type de milieu concerné, mais également des espèces considérées (un type de coupure donné pourra affecter les batraciens et mammifères mais pas les oiseaux ou papillons par exemple), de la taille des milieux concernés, de la présence ou non de mesures de réduction des impacts (passages à faune)...

Concernant les milieux forestiers, certains travaux réalisés sur de très grands massifs ont montré une perte d'espèces (avifaune) par la fragmentation. Mais la richesse particulière des lisières, écotones d'une grande valeur biologique (lisières étagées), et l'intérêt des milieux ouverts intraforestiers, vient nuancer ce constat sur les effets négatifs de la fragmentation. Les lisières forestières modifient les variables environnementales et biotiques et créent un « effet lisière » qui est ressenti sur une distance plus ou moins longue à l'intérieur de la forêt. Ainsi, les espèces présentes peuvent être défavorisées, favorisées ou indifférentes à la fragmentation des habitats forestiers : taille des masses forestières, fragmentation extra et intra forestière, répartition des classes d'âge, des feuillus et des résineux, densité des routes. Certaines espèces liées aux lisières bénéficient en effet de la fragmentation, jusqu'à un certain point. La distance entre boisements ne doit pas être trop grande. Par ailleurs, une évolution des paysages forestiers dans le sens d'une plus grande fragmentation, en augmentant les effets de lisière et en réduisant les surfaces, menace à long terme les espèces liées aux cœurs de massifs.

Les masses forestières et leur composition interne en 32 types de peuplements sont décrites pour la région Grand Est dans la BD Forêt V2 de l'IGN. Cette information géographique est mobilisée pour la production d'indicateurs : taille moyenne des îlots par entité géographique, nombre de types de formation végétale par massif et moyenne par entité géographique, taille moyenne des polygones au sein des massifs, longueurs de lisières par mailles kilométriques. Ces résultats ainsi que leur méthode d'acquisition sont explicités en quatrième partie du présent rapport.

Le projet CORYLUS

Le projet de recherche Corylus mené en 2009 conjointement par l'INRA et l'IFN a concerné **l'influence de la composition et de la structure des masses forestières sur la biodiversité** (flore et oiseaux). Ce projet a utilisé les relevés floristiques de l'inventaire forestier national (moitié nord de la France) et les données du programme Suivi temporel des oiseaux communs (France entière) comme données sur les espèces. Les masses forestières ont été décrites par la BD Forêt, les orthophotographies et les cartes d'Etat-major, la forêt étant analysée à la fois comme habitat homogène au sein d'une matrice non forestière et comme mosaïque d'habitats hétérogènes possédant leur propre dynamique.

Ces travaux ont montré que, pour les espèces végétales, il est possible d'identifier des espèces de cœur de massif et des espèces de lisière. La profondeur de l'effet lisière varie de façon importante en fonction de l'espèce mais également, pour certaines espèces, en fonction de la taille du massif. La portée de l'effet lisière sur les végétaux dépasse en général 1000 mètres. La seule explication liée à la différenciation de niche (variation des paramètres abiotiques) ne peut suffire à l'expliquer. L'effet

des déplacements de lisière au fil du temps joue un rôle important. La colonisation des forêts récentes par les espèces de cœur de massif, liées aux forêts anciennes, est lente en raison de leurs faibles capacités de dispersion. Le projet Corylus a également montré que l'extension forestière se fait majoritairement par accréation (extension de boisements existants), plus que par nucléation (apparition de nouveaux boisements isolés).

Le poids relatif des facteurs paysagers dans la composition floristique reste cependant très inférieur à la part expliquée par les facteurs stationnels locaux. Pour la flore, la qualité locale de l'habitat prévaut largement sur la structure et la composition de la mosaïque paysagère.

Pour les oiseaux, la surface boisée influence positivement la richesse spécifique et favorise les espèces spécialistes forestières par rapport aux espèces généralistes. La fragmentation sensu stricto a peu d'effet sur les communautés d'oiseaux forestiers, qui ne sont pas pénalisés par l'isolement relatif des grands massifs. La surface forestière stabilise les communautés forestières en réduisant les taux d'extinction et de colonisation. Inversement, les haies accroissent de manière significative ces paramètres dynamiques, la composition des communautés pouvant évoluer dans le temps, en particulier lorsque la superficie forestière est faible. Les haies stimulent probablement la compétition entre espèces forestières en facilitant les mouvements entre massifs. Mais la densité des haies ne diminue ni la richesse ni le degré de spécialisation des communautés forestières.

Le projet Corylus a montré que les structures paysagères intra-forestières (la manière dont sont agencés les peuplements dans une zone de quelques centaines d'hectares autour d'un point) en termes de structure ou de composition, influencent la présence des espèces végétales et des oiseaux. Ainsi, la proportion de feuillus présents dans la mosaïque paysagère d'un massif joue un rôle particulièrement important, la quantité de milieux ouverts intra-forestiers (coupes, peuplements jeunes) également. De même, les futaies résineuses ont un effet négatif sur la diversité des communautés d'oiseaux (Dupouey et Berges, 2010).

B - Deuxième partie : la diversité des écosystèmes forestiers dans le Grand Est

Sauf mention contraire, dans la suite de cette étude, toutes les estimations chiffrées sont issues des campagnes d'inventaire forestier national de 2014 à 2018.

B.1 - Description générale de la forêt régionale et découpage écologique de la région

En région Grand Est, le taux de boisement est de 34 % (pour 31 % au niveau national).

La forêt couvre ainsi 1, 914 millions d'hectares (+/- 30 100 ha), dont 20 800 ha (+/- 6 000 ha) de peupleraies, équivalent à 1 % de la surface totale. On considèrera pour la suite de l'étude **la forêt hors peupleraie, pour une surface de 1, 893 millions d'ha** (+/- 30 200 ha).

La forêt publique (domaniale, militaire et autres forêts bénéficiant du régime forestier) est majoritaire dans le Grand Est, elle représente 58 % de la surface forestière, ce qui est bien supérieur à la moyenne nationale de 26 % et aux autres régions (40 % de la surface pour Bourgogne Franche-Comté).

La région Grand-Est est concernée par quatre grandes régions écologiques : GRECO C Grand est semi-continentale, GRECO D Vosges, GRECO B Centre nord semi-océanique et très marginalement la GRECO E Jura.

Ces grandes régions écologiques sont divisées en sylvoécorégions (SER) qui sont des zones géographiques suffisamment vastes à l'intérieur desquelles la combinaison des valeurs prises par les facteurs déterminant la production forestière ou la répartition des habitats forestiers est originale. Il existe 15 SER en région Grand-Est. Dans la suite de cette étude, ces SER sont considérées selon le regroupement suivant en 8 massifs :

- Ardenne primaire et Argonne (SER C11 et C12) ;
- Champagne argileuse (SER B23, B42, B51 et B52) ;
- Champagne crayeuse étendue (SER B41 et B 43) ;
- Collines périvosgiennes et Warndt (SER D12) ;
- Plaine et sud Alsace (SER C41, C42 et E10) ;
- Plaines et dépressions argileuses du Nord Est (SER C30) ;
- Plateaux calcaires du Nord Est (SER C20) ;
- Massif vosgien central (SER D11)

Certains massifs se distinguent par leur plus grande importance dans la forêt régionale : 29 % de la surface forestière régionale se situe dans les Plateaux calcaires du Nord Est, 20 % dans le massif vosgien central, 17 % dans les Plaines et dépressions argileuses du Nord Est.

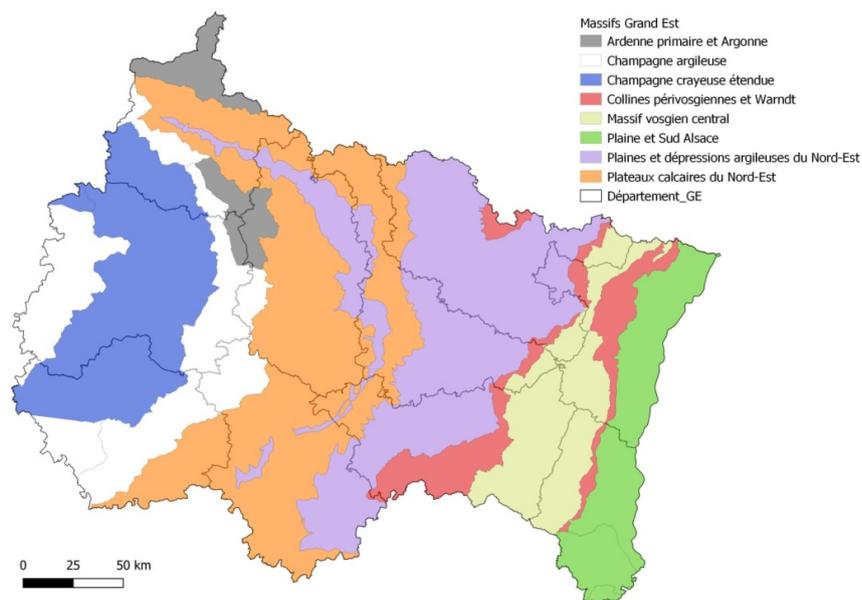


Figure 2 : Carte des massifs PRFB

Le niveau de capital (en bois vivant sur pied) de forêts du Grand Est varie fortement d'un massif à l'autre. Si les forêts de la région se distinguent par une surface terrière moyenne de 24,2 +/- 0,6 m²/ha (supérieure à la moyenne nationale qui est de 22,7 +/- 0,3 m²/ha), on note de fortes disparités entre le massif vosgien central (31,2 +/- 1,7 m²/ha) et la Champagne crayeuse étendue (16,6 +/- 4,0 m²/ha).).

Surface terrière moyenne en région Grand Est

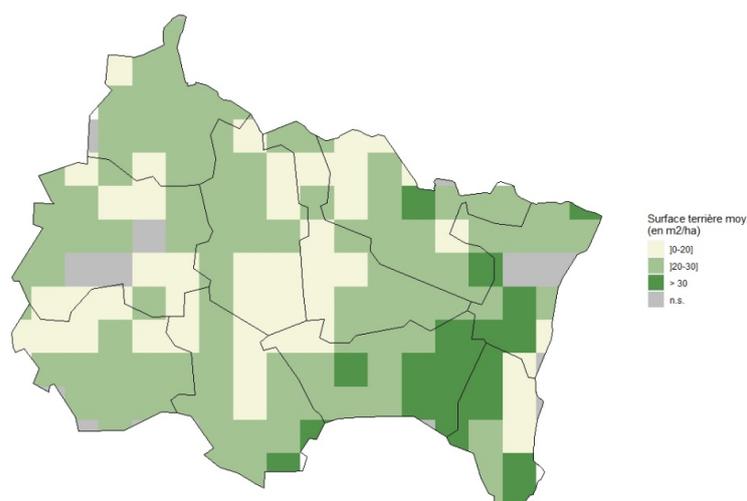


Figure 3 : Carte par maille de 20 km de la surface terrière moyenne par hectare

source : IGN, inventaire forestier national, forêt hors peupleraies, campagnes 2014 à 2018

B.2 - La diversité des types d'écosystèmes

Pour la description de la diversité des écosystèmes, le suivi temporel des habitats forestiers de l'IGN s'appuie sur la détermination du type d'habitat potentiel sur chaque placette d'inventaire forestier national.

Il a été mis en place en région Grand-Est depuis 2013. Il a permis de détecter 97 types d'habitats élémentaires différents (sur plus de 500 au niveau national) sur l'ensemble de la région. Les résultats donnés ci-après sont basés sur les observations réalisées de 2014 à 2018, sur les placettes d'inventaire de première visite et de seconde visite (celles-ci ayant été décrites sur le plan dendrométrique pour la première fois de 2009 à 2018).

Les 12 habitats élémentaires les plus répandus concernent 85 % de la surface boisée de la région. L'habitat élémentaire le plus répandu est la hêtraie-chênaie neutrophile médioeuropéenne à Aspérule odorante, qui couvre environ 610 000 ha.

50 habitats élémentaires restent en revanche très localisés, n'excédant pas chacun 10 000 ha, voire beaucoup moins.

Les habitats potentiels d'intérêt communautaire (au niveau générique) présents sont au nombre de 13 et couvrent environ 90 % de la surface forestière régionale.

B.2.1 - La hêtraie en tant qu'habitat majoritaire

En dehors de la plaine d'Alsace, le mésoclimat régional est partout favorable au hêtre. En effet, les précipitations excèdent le plus souvent les 700 mm et l'indice de Martonne est supérieur à 40. En plaine d'Alsace, un effet de foehn limite les précipitations annuelles à moins de 600 mm, limitant ainsi la potentialité pour la hêtraie.

Les hêtraies sont ainsi les habitats majoritaires, très largement, de la région Grand-Est. Elles se différencient entre elles par leur flore et par les conditions de milieu qui permettent leur développement.

Les hêtraies de l'*Asperulo-fagetum* (les plus répandues) s'étendent sur des sols neutres à presque neutre (de niveaux trophiques allant du mésoacidiphile au calcicole). Elles rassemblent des groupements végétaux marqués par une forte fréquence de l'Aspérule odorante et de la Mélisque uniflore, de compositions variées, de l'étage collinéen à l'étage montagnard. Les variantes sont calcicoles (à Mercuriale), neutrophiles (à Aspérule et Mélisque), acidiclives (à Millet diffus, à Chèvrefeuille, à Pâturin de Chaix).

Les hêtraies du *Luzulo-fagetum* sont installées sur des sols pauvres en éléments minéraux et acides avec une grande fréquence de la Luzule blanchâtre, de l'étage collinéen à l'étage montagnard. Le cortège floristique varie selon l'étage de végétation (collinéen, montagnard inférieur et moyen, montagnard supérieur).

Les hêtraies du *Cephalanthero-fagion* concernent uniquement la partie ouest de la région Grand Est. Hêtraies calcicoles beaucoup plus thermophiles, elles sont caractérisées par une flore originale marquée par la fréquence d'espèces de milieux secs : Céphalanthères (Orchidées), Mélitte à feuilles de mélisse...

En limite ouest de la région, on trouve quelques stations de hêtraies acidiphiles atlantiques, groupements végétaux caractéristiques des régions collinéennes du domaine biogéographique atlantique, marqués par la fréquence du Houx.

Les hêtraies ou hêtraies sapinières potentielles occupent environ 78% de la surface boisée régionale.

B.2.2 - Le déterminisme des autres types d'habitats

Les autres types d'habitats forestiers n'existent que lorsqu'un facteur, climatique ou édaphique, vient empêcher le développement du hêtre.

En plaine d'Alsace, les paramètres climatiques généraux, le niveau de précipitations (inférieur à 600 mm annuels) et l'indice de Martonne (inférieur à 30), rendent impossible le développement de la hêtraie. L'habitat lié au mésoclimat général est alors une chênaie sessiliflore. Mais dans ce secteur, certaines situations, dans l'ancien lit majeur du Rhin, créent des conditions favorables pour des forêts alluviales de bords de grands fleuves (chênaie frênaie ormaie rhénane). Ces forêts alluviales spécifiques aux lits majeurs des très grands cours d'eau ont vu leur composition dendrologique modifiée par les conséquences de la graphiose de l'orme, le frêne ayant développé une dynamique active après la disparition des ormes. Actuellement touchées par la chalarose du frêne, ces forêts voient se développer de façon dynamique l'érable sycomore.

Dans l'aire de répartition naturelle de l'épicéa (Vosges), à l'étage montagnard moyen ou supérieur ou à l'étage subalpin, des conditions de mésoclimat très froid ou de substrat fortement acide voire tourbeux, peuvent conduire au développement de sapinières-pessières potentielles.

Dans l'aire mésoclimatique de la hêtraie, des conditions particulières de microclimat sec (notamment les sommets de versants bien exposés) peuvent conduire au développement de chênaies sessiliflores xéroclines (chênaies boulaies) ou de pineraies sylvestres naturelles (Haguenau, Vosges gréseuses, Pays de Bitche).

En dehors de ces secteurs au mésoclimat particulier, des facteurs édaphiques peuvent rendre le hêtre peu compétitif par rapport à d'autres essences et limiter l'implantation de la hêtraie.

C'est le cas des situations marécageuses (nappe stagnante) ou alluviales (nappe circulante) qui permettent le développement de saulaies, boulaies et aulnaies frênaies en tant que groupements végétaux de fin de succession (tête de série de végétation). Ces habitats « azonaux » (peu liés au climat), souvent linéaires ou ponctuels, couvrent environ 2 % de la surface forestière régionale. Ils sont d'une grande diversité : sur nappe stagnante boulaies tourbeuses, aulnaies ou saulaies marécageuses, sur nappe circulante en bordure immédiate de cours d'eau aulnaies frênaies riveraines, dans le lit mineur des fleuves saulaies, peupleraies noires sur les terrasses de bord de rivières.

Les situations de bas de versant ou fond de vallon, dont la fertilité est forte et sans engorgement permanent du sol, sont propices au développement de chênaies pédonculées climaciques. Elles occupent environ 185 000 ha et donc environ 10 % de la surface forestière régionale. Elles se différencient entre elles par leur composition floristique. Les plus fréquentes sont les chênaies pédonculées frênaies à Primevère élevée, à Stellaire holostée, à Paturin de Chaix, à Cerisier à grappes qui appartiennent toutes à l'habitat générique d'intérêt communautaire "chênaies pédonculées du *Carpinion betuli*". On rencontre également, dans des situations un peu différentes de dépressions ponctuelles, des chênaies pédonculées à Molinie, souvent de faible étendue spatiale, qui constituent un autre habitat d'intérêt communautaire (9190).

Les sols instables sur pente forte permettent l'installation des essences « nomades » qui sont alors peu concurrencées par les autres et forment des groupements végétaux nommés « forêts de ravin » peu fréquents et à forte valeur patrimoniale. Ces habitats souvent très ponctuels sont assez diversifiés en région Grand Est, on trouve notamment de nombreuses érablaies et tillaies qui diffèrent par leurs situations optimales et leur composition floristique (acidiphiles, neutrophiles, montagnardes ou en situation chaude).

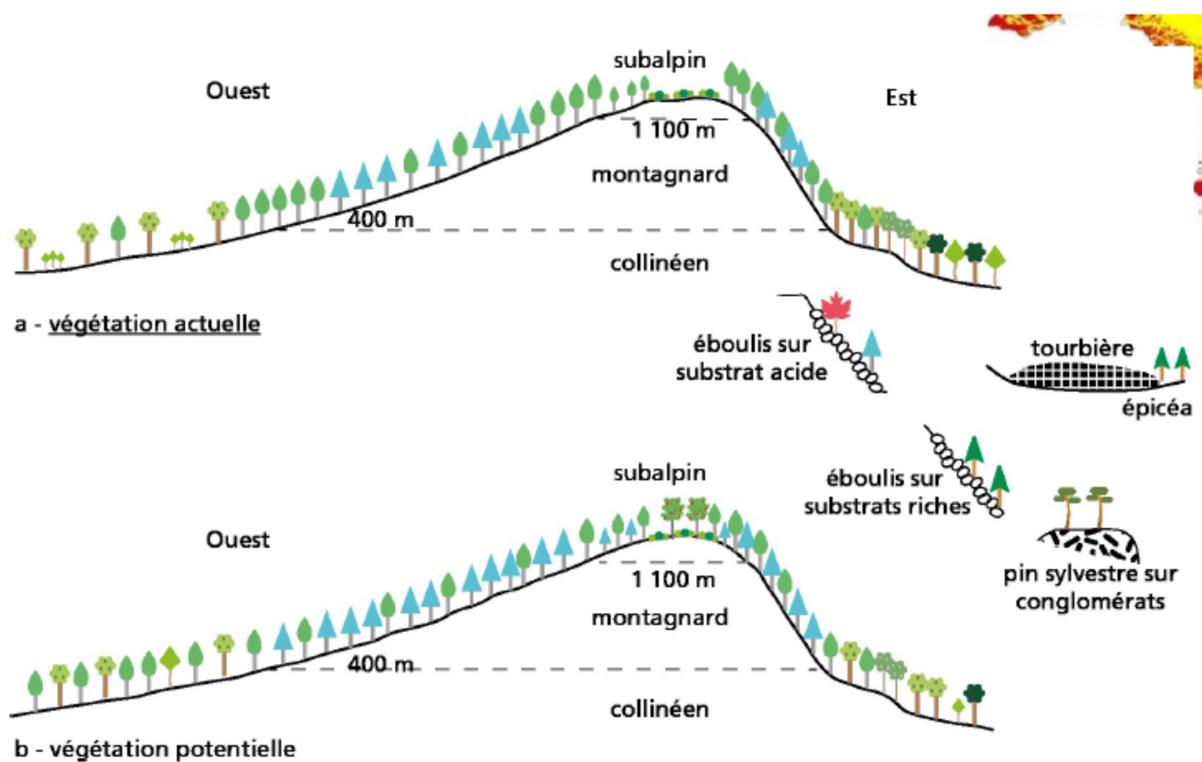
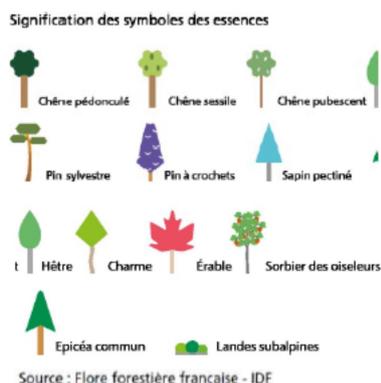


Figure 4 : Toposéquence du massif vosgien (d'après Agro Paris Tech)



Les conditions hydriques et trophiques optimales pour chaque type d'habitat peuvent être schématisées sous forme d'un écogramme. Ces écogrammes peuvent être produits en considérant, les relevés floristiques de l'inventaire forestier national sur chaque type d'habitat et la connaissance du caractère indicateur des plantes.

Ainsi, la grande diversité des types d'écosystèmes (habitats) traduit d'abord la diversité des conditions de milieu.

B.2.3 - Dynamique de végétation et physiologie des peuplements

Ensuite, pour des conditions de milieu homogènes, et donc pour une même série de végétation, les stades successifs de la maturation forestière feront exister selon les situations des stades pionniers, post pionniers et des stades matures dominés par les dryades.

Bien sûr, la gestion sylvicole et surtout son histoire passée diversifie encore les faciès rencontrés pour une même série de végétation et un même stade de maturité. Le peuplement actuel, sa composition, sa structure, est la résultante d'une potentialité (série de végétation) et d'une histoire (stade de maturité, sylviculture passée). Ainsi, en plaine, le traitement ancien en taillis sous futaie a pu réduire la place effective du hêtre dans les peuplements. La gestion sylvicole a pu de la même façon modifier l'équilibre hêtre/sapin dans les hêtraies sapinières potentielles.

C'est de la mosaïque des séries de végétation et au sein de chacune de la diversité des stades de maturité et des traitements sylvicoles passés que naît la diversité forestière à l'échelle des écosystèmes.

La diversité des écosystèmes forestiers s'exprime donc également par la diversité des types de peuplements (physiologie de végétation).

B.2.4 - La diversité des peuplements forestiers

Les peuplements à feuillus majoritaires sont les plus représentés dans la région Grand Est : ils constituent 70 % de la surface des forêts. Les peuplements à résineux majoritaires et les

peuplements mixtes constituent chacun 13 % de la surface. Au sein de ces trois grandes catégories, les peuplements peuvent être ventilés en 79 types de peuplements détaillés selon le référentiel de l'IFN, ce qui montre une bonne diversité (sur 177 au niveau national, dont certains ne concernent que la région méditerranéenne).

Ces types détaillés ont été regroupés en 20 catégories (10 pour les feuillus, 7 pour les résineux et 3 pour les peuplements mixtes). Avec cette typologie, le type de peuplement le plus représenté est la chênaie-charmaie (12 %) puis la hêtraie-chênaie (10 %), ensuite la chênaie pure (8 %). Le premier peuplement à dominante résineuse n'apparaît qu'en 14ème position, c'est la pessière pure qui représente 4 % de la surface forestière totale. Viennent ensuite la sapinière pure (3%) puis la sapinière-pessière et la pinède à pin sylvestre pure (2%). Le mélange feuillu résineux le plus représenté est la hêtraie mélangée d'épicéa ou de sapin (6 %).

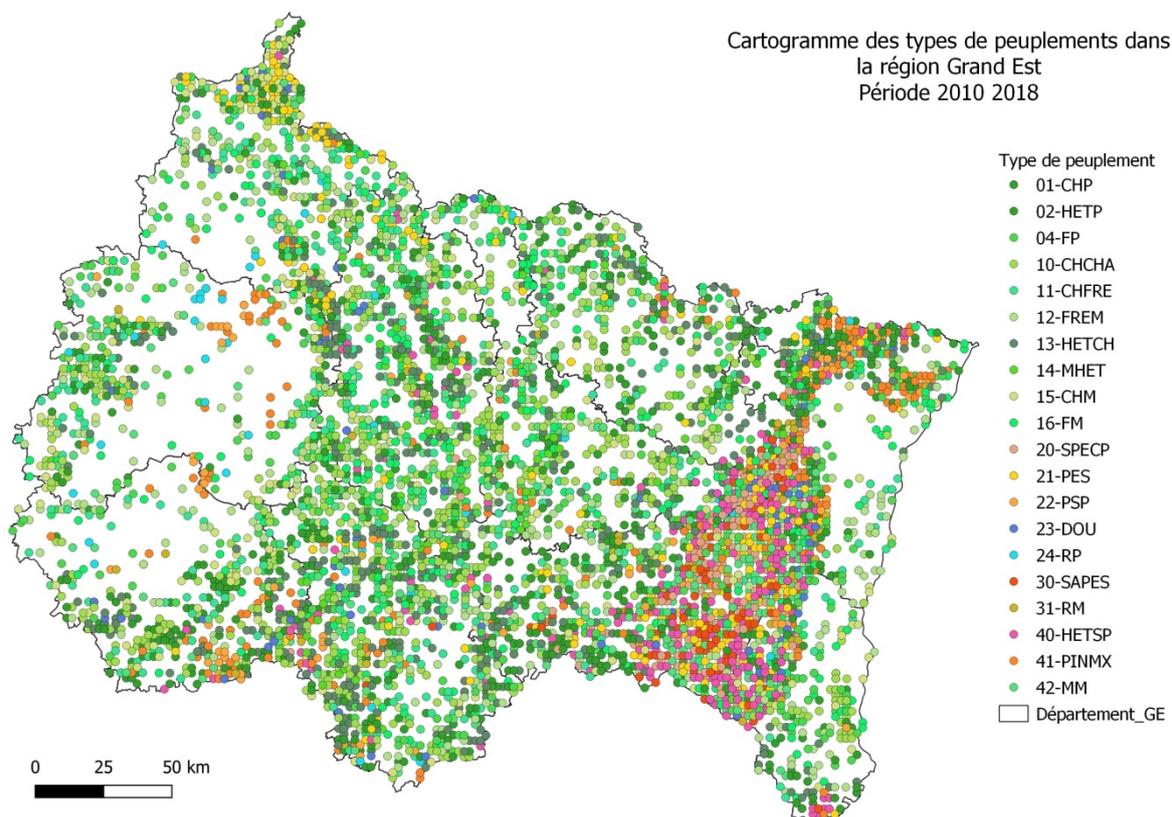


Figure 5 : Cartogramme des types de peuplements

Les forêts domaniales et militaires se distinguent par une proportion plus importante de peuplements constitués à majorité de résineux (20 % de leur surface contre 11 % pour les autres types de propriété).

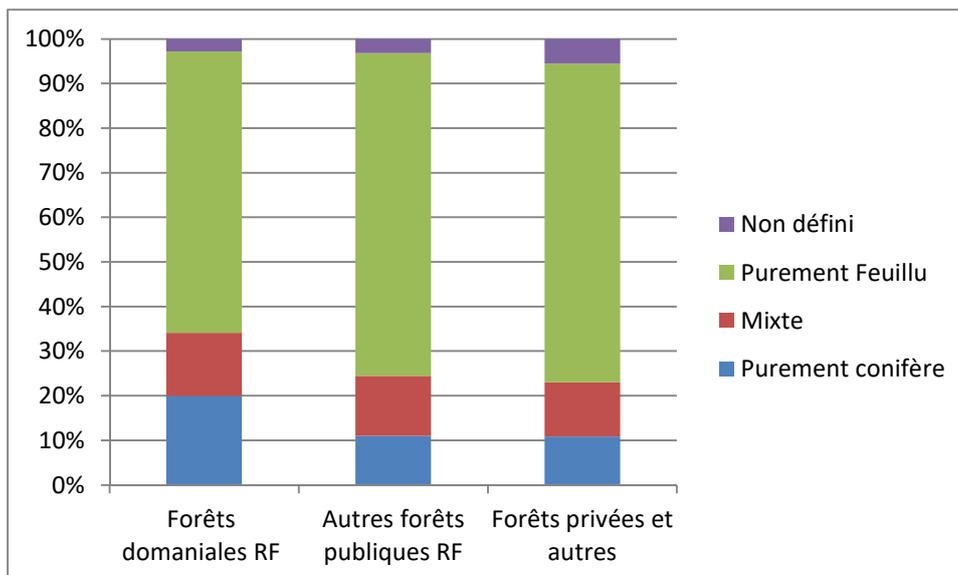


Figure 6 : Composition des peuplements par type de propriété

source : IGN, inventaire forestier national, forêt hors peupleraies, campagnes 2014 à 2018

Concernant les massifs, un seul massif présente une surface où les peuplements feuillus sont minoritaires : le massif vosgien central avec seulement 27 % de peuplements feuillus. Dans les autres massifs les peuplements feuillus sont majoritaires avec néanmoins un gradient d'importance : depuis la Champagne crayeuse étendue (55 %), les collines périvosgiennes et Warndt (63 %), Ardenne et Argonne (69 %) jusqu'au quatre autres massifs où la proportion de peuplements feuillus est supérieure à 80 %.

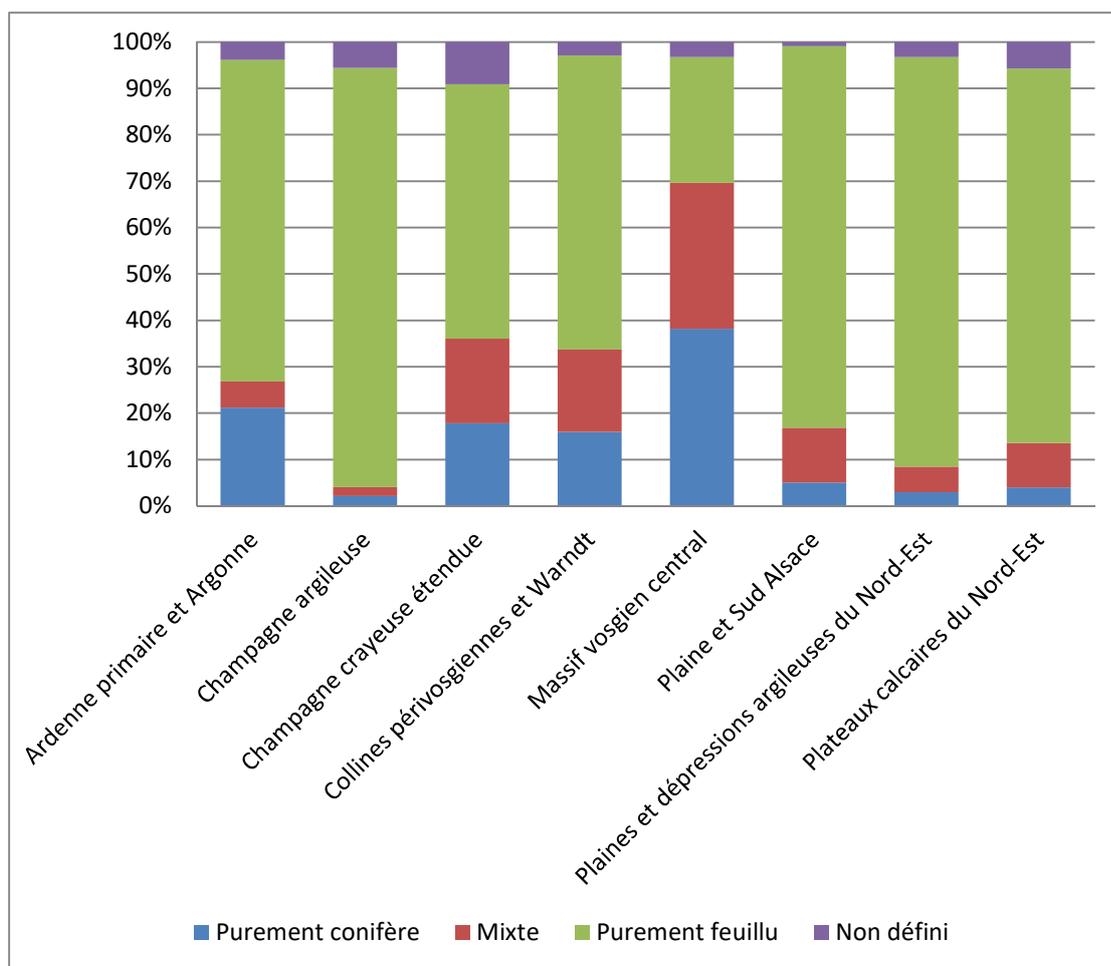


Figure 7 : Composition des peuplements par grand massif du PRFB

source : IGN, inventaire forestier national, forêt hors peupleraies, campagnes 2014 à 2018

C - Troisième partie : indices de diversité spécifique, fonctionnelle et structurale calculés à partir des données de l'inventaire forestier national

Les numéros de tableaux indiqués sont ceux des onglets du tableau Excel *indicateurs_biodiv.xlsx* fourni à part

C.1 - Diversité spécifique

C.1.1 - Richesse spécifique dans la strate arborée

La diversité dans la strate arborée se définit ici comme le nombre d'espèces végétales présentes dans le peuplement recensable (arbres de 7,5 cm de diamètre minimum), observées par la description de leurs couverts relatifs sur une placette de 25 m de rayon.

En région Grand Est on note que 81 % de la surface forestière (65 % au niveau national) est composée de peuplements présentant 4 espèces minimum et 29 % (18 % au niveau national) présentent 8 espèces minimum. La région Grand Est présente une diversité arborée plus importante que la plupart des autres régions françaises. La proportion de peuplements à moins de 4 essences est de 19 % contre 64 % dans la grande région écologique méditerranéenne.

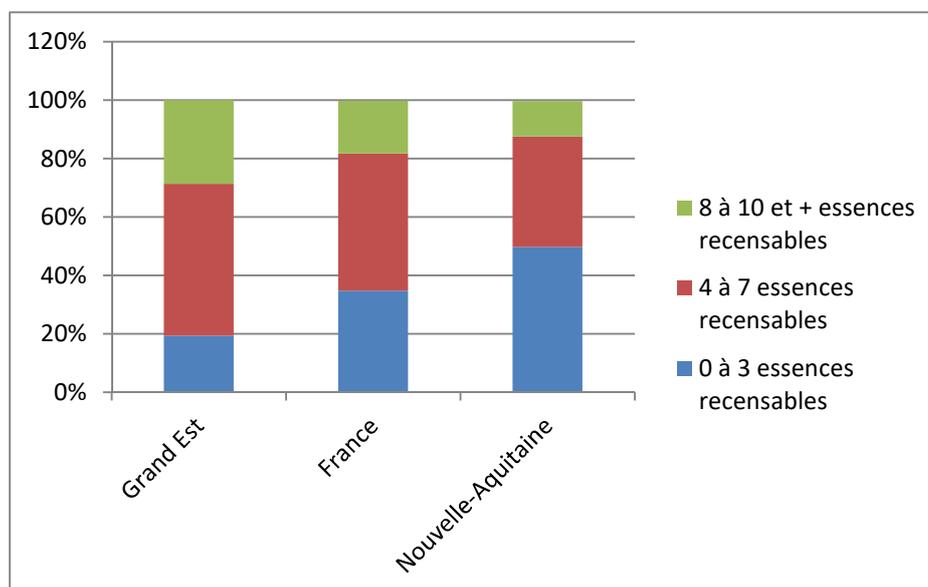


Figure 8 : Proportion de surfaces par niveau de diversité de la strate arborée

source : IGN, inventaire forestier national, forêt hors peupleraies, campagnes 2014 à 2018

Les forêts domaniales et militaires sont globalement moins diversifiées en essences (32 % de peuplements à moins de 4 essences) du fait de la plus forte présence de peuplements à majorité résineuse dans ces forêts. A l'inverse, les forêts privées présentent proportionnellement plus de surface avec plus de 7 espèces présentes.

Au niveau des massifs, les plateaux calcaires du Nord Est présentent la plus grande proportion de peuplements à au moins 8 espèces (44 %). Viennent ensuite la Champagne argileuse (34 %) et les plaines et dépressions argileuses (23%). A l'inverse, les peuplements à moins de 4 essences représentent plus de 30 % de la surface des massifs de l'Ardenne et Argonne, Collines périvosgiennes et Warndt, Massif vosgien central. Ces trois massifs se distinguent par une plus forte présence de peuplements résineux, le plus souvent moins mélangés.

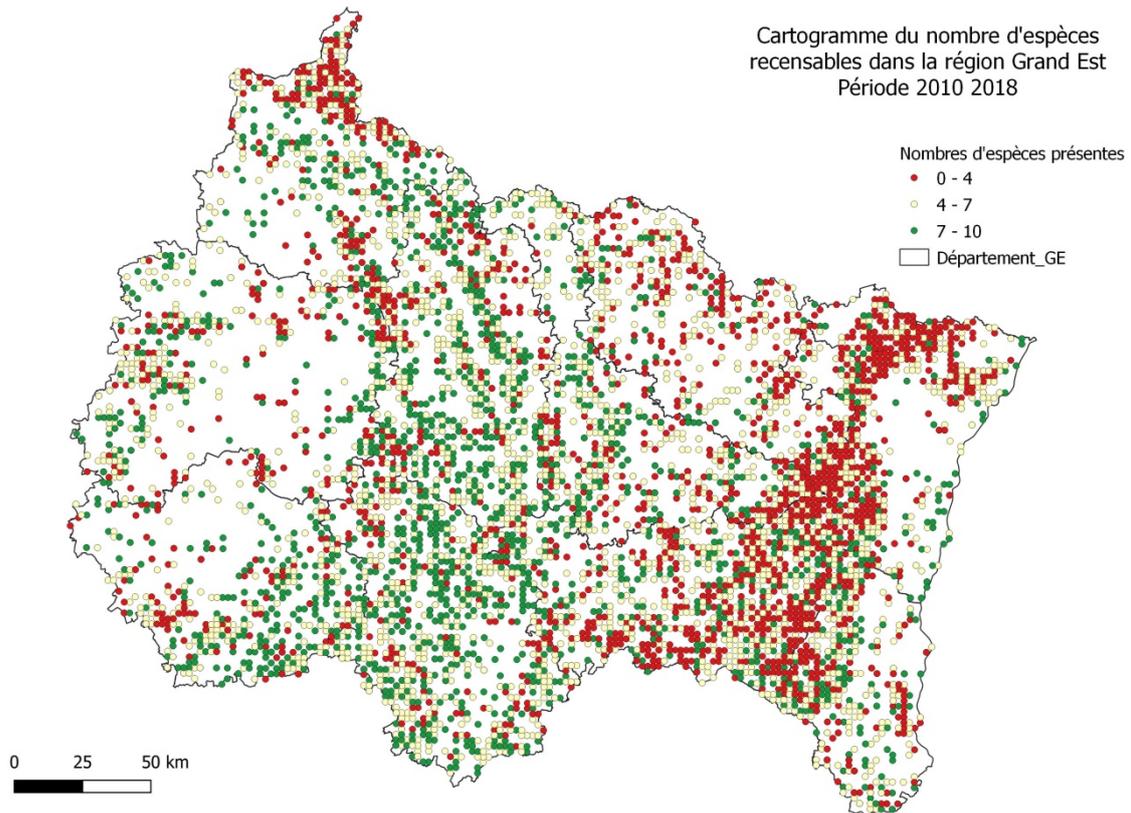


Figure 9 : Cartogramme de la richesse spécifique en espèces arborées

Lorsqu'on croise les classes de richesse spécifique avec les types de peuplements, on observe que les peuplements présentant la plus forte richesse spécifique sont la chênaie-frênaie (61 % de la surface présente plus de 7 essences) et la frênaie mélangée (55 %). À l'inverse la pessière pure est le peuplement avec la richesse spécifique moyenne la plus faible, 63 % de la surface présentant moins de 4 essences. Les autres peuplements présentent plutôt des surfaces majoritaires dans la catégorie de richesse intermédiaire (4 à 7 essences).

C.1.2 - Indigénat des essences (indicateur 9)

Les différentes espèces d'arbres présentes en France peuvent être des espèces introduites depuis d'autres régions du monde, ou bien, des espèces naturellement présentes sur notre territoire, ce sont dans ce cas des « espèces indigènes ». Par ailleurs, au sein du territoire métropolitain, certaines espèces seront naturellement rencontrées dans une partie du territoire uniquement alors qu'elles seront « non-indigènes » ailleurs. C'est, par exemple, le cas de l'épicéa dans la région Grand-Est qui est indigène dans les Vosges et le Jura mais qui ne l'est plus plus à l'ouest dans la région. Comme chaque espèce a des zones d'indigénat qui lui sont propres, pour simplifier, il a été réalisé des listes d'espèces indigènes par région biogéographique pour toutes les espèces présentes en France (cf. onglet méta-données du fichier Excell de tableau de résultats). Dans cette approche, une espèce est considérée comme indigène dans une des régions biogéographiques à partir du moment où elle est indigène dans une partie de la région biogéographique. Ainsi, l'épicéa est considérée comme indigène dans l'ensemble du territoire des régions biogéographiques alpine et continentale bien qu'en réalité dans la région continentale, sa zone d'indigénat soit limitée aux Vosges et au Jura. Ces listes ont été réalisées sur la base d'un premier travail publié, en 2010, dans les *Indicateurs de gestion durable* des forêts françaises métropolitaines du ministère en charge des forêts qui a été complété lors de l'édition 2015 et finalisé par des échanges avec les experts de la *Commission des Ressources Génétiques Forestières* afin qu'il soit utilisé dans le cadre du rapportage de l'Etat à l'Union européenne de l'état de conservation des habitats et des rapportages forestiers internationaux (FAO, Forest Europe).

Dans la région Grand-Est, **95% de la surface terrière des arbres est constituée d'arbres indigènes**, ce qui est en fait une région moins marquée par les introductions que la moyenne nationale qui se situe à 90% (tableau 9.1.a). En forêt publique, c'est 4% de la surface terrière qui est non-indigène alors que **ce taux monte à 8% en forêt privée** (tableau 9.1.b et Figure 10 :0).

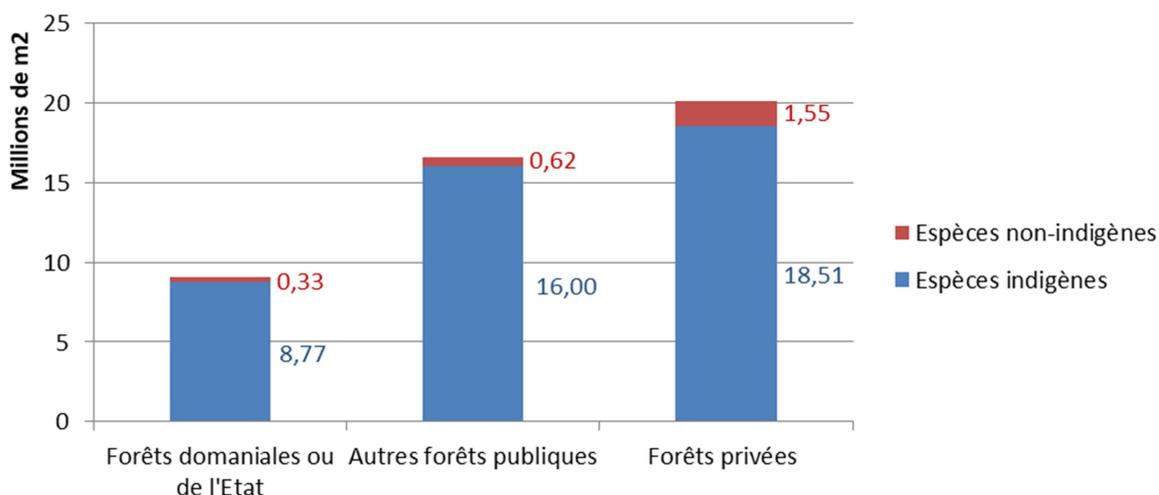


Figure 10 : Indigénat des espèces d'arbres par catégorie de propriété dans la région Grand-Est

source : IGN, inventaire forestier national, forêt de production hors peupleraies, campagnes 2014 à 2018

Sur le total de 45 millions de mètres carrés d’arbres de la région, dont 2,5 millions de mètres carrés d’espèces non-indigènes, les espèces les plus représentées sont le **Douglas** (presque 1 million de m²), le **robinier faux-acacia** (480 milliers de m²), le **pin noir d’Autriche** (260 milliers de m²), le **peuplier cultivé** (110 milliers de m²) et le **chêne rouge** (environ 100 millions de m²) (tableau 9.2.b). D’autres espèces non-indigènes sont présentes sur la région de façon plus anecdotique : noyer commun, mélèze d’Europe, épicéa de sitka, ailante, aulne de Corse, cèdre de l’Atlas, cerisier tardif, cyprès chauve, cyprès de Lawson, épicéa commun (en région biogéographique atlantique), érable négundo, marronnier d’Inde, mélèze du Japon, noyer noir, peuplier blanc, pin cembro, pin laricio de Calabre, pin laricio de Corse, pin sylvestre, pin Weymouth, platane à feuilles d’érable, prune-cerise, sapin de Nordmann, sapin de Vancouver, thuya géant.

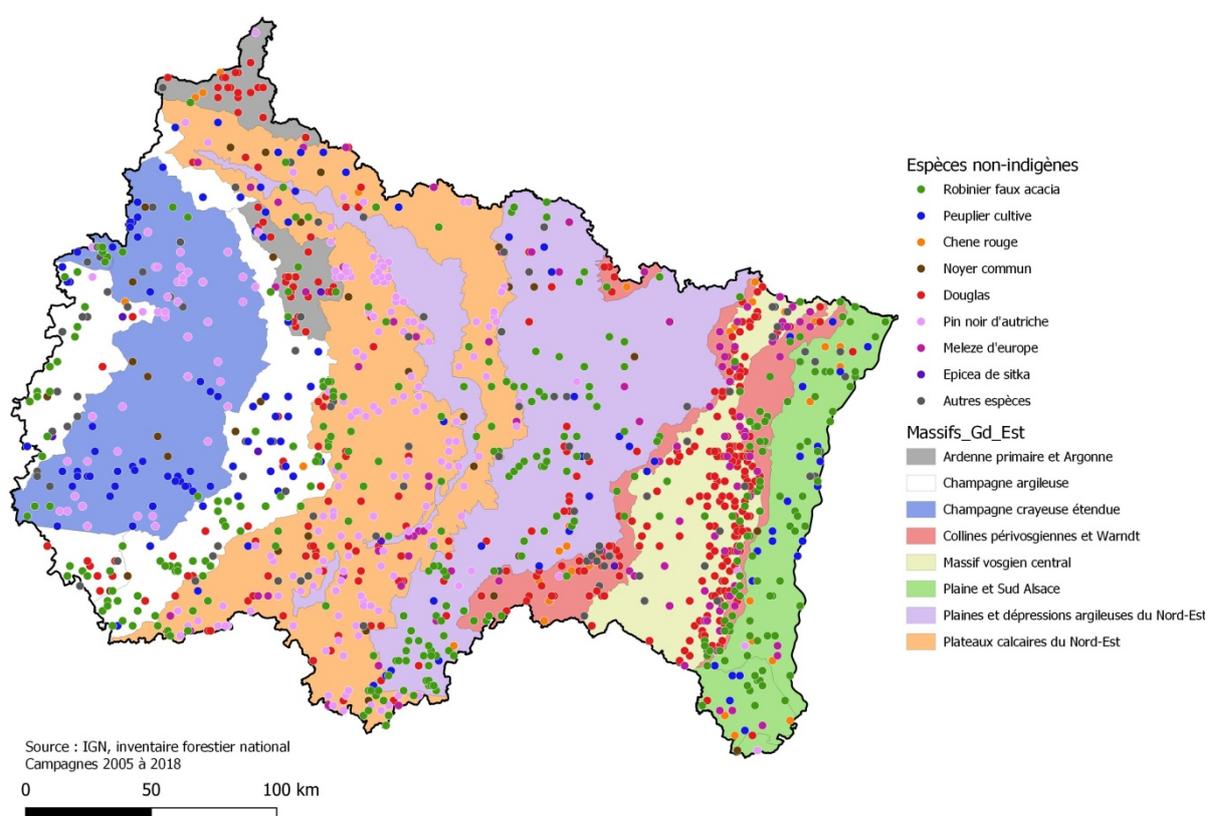


Figure 11 : Répartition des espèces non-indigènes d’arbres en forêt de la région Grand-Est

source : IGN, inventaire forestier national, forêt de production hors peupleraies, campagnes 2005 à 2018

Si c’est le **Massif vosgien central** et les **Plateaux calcaires du Nord-est** qui **présentent les plus grandes valeurs de surface terrière d’espèces non-indigènes** (environ 0,6 millions de m² chacune), la part des espèces non-indigènes ne sont pas très élevées dans ces massifs : 5 à 6%. *A contrario*, la **Champagne crayeuse étendue a 18% de sa surface terrière totale constituée d’espèces non-indigènes** mais avec seulement 194 milliers de m² (tableau 9.1.c). La répartition des espèces non-indigènes (Figure), nous indique que le volume de la Champagne crayeuse est principalement constitué de pin noir d’Autriche et de peuplier alors que le Massif vosgien est lui plutôt marqué par la

présence du Douglas, du mélèze et du robinier (à l'Est). Les plateaux calcaires présentent, quant à eux, une majorité de pin noir d'Autriche parmi les espèces non-indigènes mais on observe également le robinier et vers le Sud, le Douglas.

Les espèces non-indigènes sont plus souvent dans les peuplements conifères qui ont 13% d'espèces non-indigènes contre 3% seulement dans les peuplements feuillus (tableau 9.2.a). Les peuplements qui représentent le plus de volume de bois non-indigène sont les **frênaies mélangées, les mélanges mixtes, les douglaiaies, les mélanges de conifères** (tableau 9.2.c) alors qu'en proportion se sont les douglaiaie, les mélanges de résineux autre que les sapinières-pessières, les mélanges mixtes autre que hêtre-épicéa-sapin, les peuplements purs feuillus ou résineux et les frênaies mélangées. (Figure).

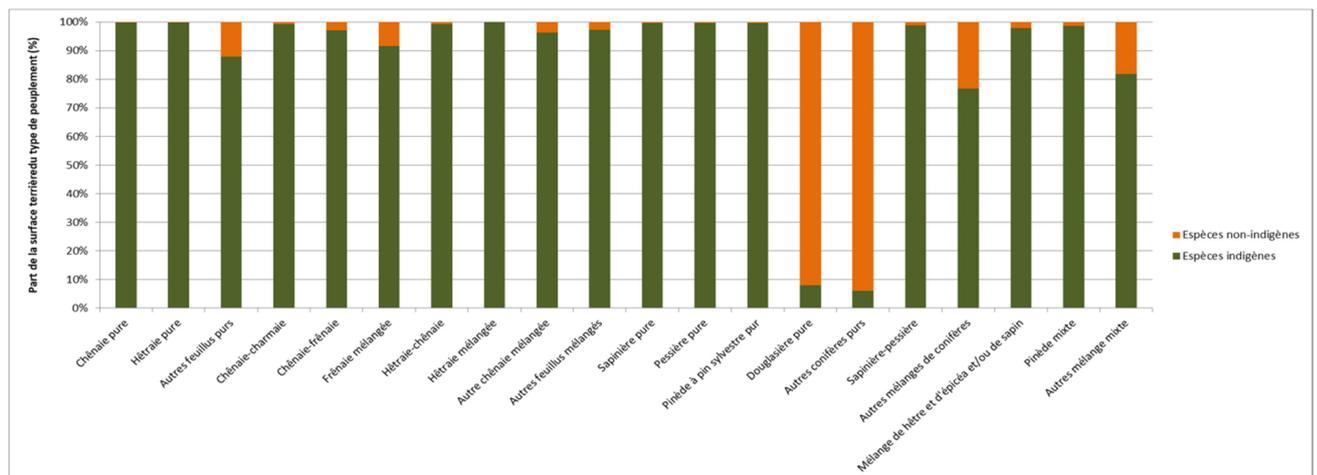


Figure12 : Part des espèces non-indigènes par type de peuplement

source : IGN, inventaire forestier national, forêt de production hors peupleraies, campagnes 2014 à 2018

C.2 - Diversité fonctionnelle

Des indices de diversité fonctionnelle peuvent être calculés en utilisant les relevés floristiques de l'inventaire forestier national et des bases de données sur les traits de vie des espèces.

C.2.1 - Diversité du comportement dynamique des essences (indicateur 8)

La surface terrière totale a été ventilée selon le comportement dynamique de chaque espèce arborée, en distinguant 6 groupes : pionnières, post-pionnières, post-pionnières nomades, dryades, dryades nomades et indéfinis. Les espèces ont été affectées dans les groupes selon les informations relevées dans les tomes I, II et III des *Flores Forestières Françaises (IDF, Dumé G., Mansion D., Rameau J.C.)*. La liste des essences par groupe est donnée dans l'onglet 8.Liste_ESPAR_dynamique du tableau Excel indicateurs_biodiv.

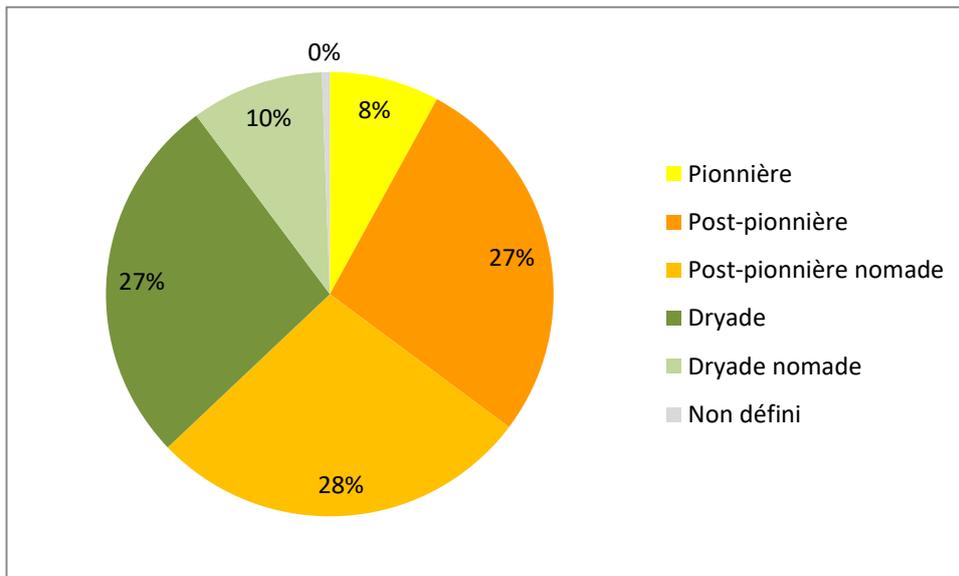


Figure 13 : Composition selon le comportement dynamique en région Grand Est

source : IGN, inventaire forestier national, forêt de production hors peupleraies, campagnes 2014 à 2018

Au niveau régional, les catégories les plus représentées sont les post-pionnières et post-pionnières nomades (55 %) puis les dryades et dryades nomades (37 %), enfin les pionnières (8%).

Par rapport à la moyenne nationale, il est intéressant de noter qu'il apparaît une différence entre la catégorie des post-pionnières nomades (41 % au national contre 28 % dans le Grand Est) et celle des dryades et dryades nomades (26 % au national contre 37 % dans le Grand Est).

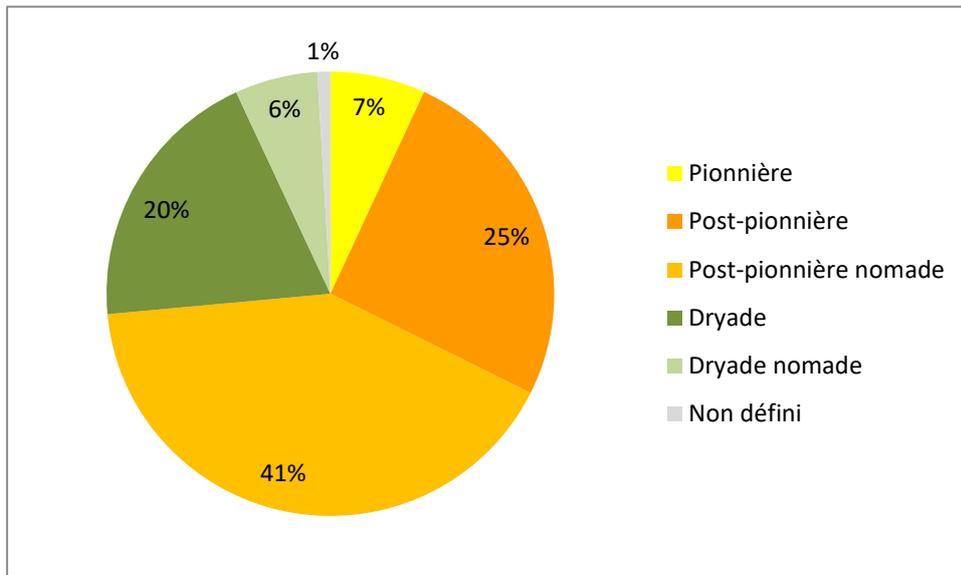


Figure 14 : Composition selon le comportement dynamique pour la France métropolitaine

source : IGN, inventaire forestier national, forêt de production hors peupleraies, campagnes 2014 à 2018

On peut interpréter ce résultat comme le témoignage du fait que les forêts du Grand Est sont un peu plus anciennement « installées » permettant à la sylvigénèse d'atteindre des stades dominés par les essences dryades.

La répartition entre les différentes catégories de propriété influe de manière importante sur les parts relatives de surface terrière des différentes catégories dynamiques. Dans les forêts publiques (domaniales et autres forêts publiques), plus de 40 % de la surface terrière totale est constituée d'essences dryades et dryades nomades, contre moins de 30 % dans les forêts privées. A l'inverse, la surface terrière occupée par les essences pionnières est 3 fois supérieure en forêt privée. Ces différences marquées peuvent s'expliquer par des différences de sylviculture, de stations mais aussi d'ancienneté des forêts, en effet l'expansion forestière se fait principalement sur des terrains privés abandonnés par l'agriculture.

Les grands massifs résineux (Massif vosgien central, collines périvosgiennes et Warndt) se distinguent par une proportion élevée d'espèces dryades et dryades nomades : plus de 50 % de la surface terrière totale. Les post-pionnières et post-pionnières nomades sont majoritaires (+ de 50 % de la surface terrière totale) dans les massifs de Champagne argileuse, Champagne crayeuse étendue, Plaine et Sud Alsace, Plaines et dépressions argileuses du Nord-Est et plateaux calcaires du Nord-Est. Les pionnières ne dépassent jamais 20 % de la surface terrière totale, et sont surtout présentes en Champagne crayeuse, Ardenne et Argonne, Champagne argileuse et Plaine et Sud Alsace. Les Ardennes et Argonne présentent la répartition la plus « équilibrée » entre les différentes catégories.

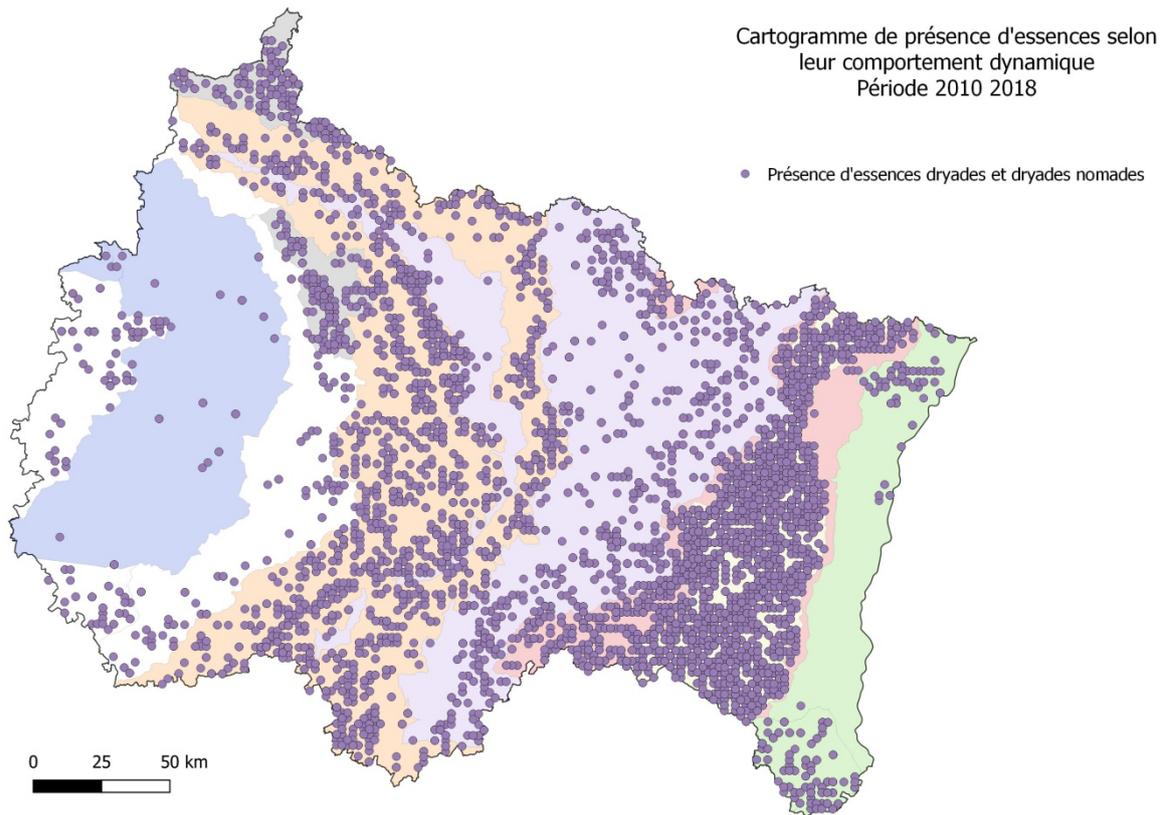


Figure 15 : Présence d'essences dryades et dryades nomades

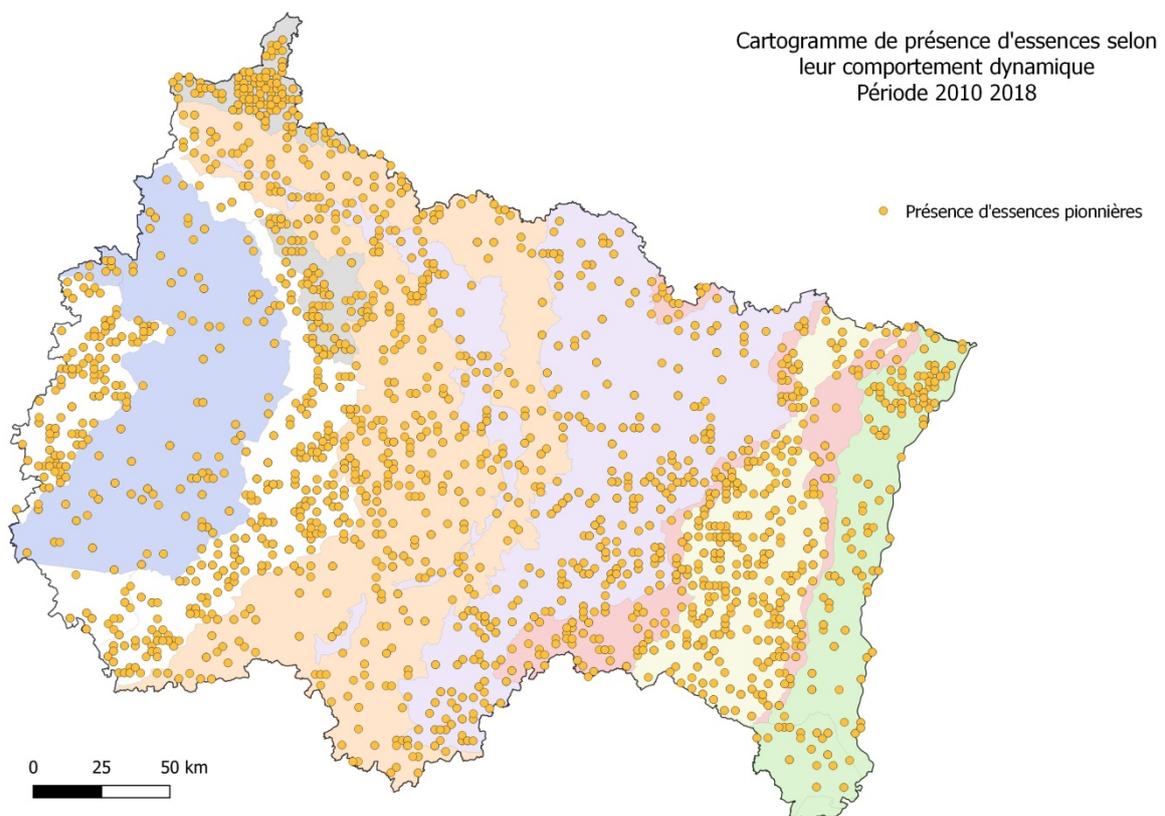


Figure 16 : Présence d'essences pionnières

C.2.2 - Diversité des formes biologiques des essences ligneuses (indicateur 10)

Raunkier a classé les espèces végétales en fonction de la hauteur, par rapport à la surface du sol, des bourgeons de renouvellement permettant à la plante de passer la saison de défavorable (cf. *Flore forestière française*). On distingue les phanérophytes (bourgeons au-dessus de 50 cm du sol), les chaméphytes (entre 25 et 50 cm), les hémicryptophytes (au ras du sol), les géophytes (dans le sol), et les thérophytes (plantes annuelles) qui ne passent pas la mauvaise saison, seules les graines permettent le renouvellement du végétal. Parmi les phanérophytes, les arbres sont classés en 3 sous-groupes, les macrophanérophytes qui atteignent 25 à 50 de hauteur, les mésophanérophytes dont la hauteur se situe entre 5 et 25 m et les microphanérophytes qui ne dépassent pas 2 à 5 m. La listes des arbres par type biologique est donnée dans l'onglet méta-données du fichier Excell des tableaux de résultat. Elle est issue des 3 tomes de la Flore forestière française.

Les types biologiques de Raunkier des espèces d'arbres présents dans la région fournissent une information sur la nature plus ou moins ouverte des peuplements dans une région où les grands arbres laissent peu d'opportunités aux arbres de dimensions plus modestes (**indicateur 10**).

Les arbres de la région Grand-Est sont à 83% de la surface terrière des macrophanérophytes, à 16% des mésophanérophytes et à 1% des microphanérophytes, plaçant la région légèrement au-dessus de la moyenne nationale pour la part des mésophanérophytes (tableau 10.a et figure 17). Ce fait est à rapprocher de l'importance du charme dans la région (12% de la surface terrière totale) et de la présence notable d'autres feuillus comme l'érable champêtre, le saule marsault, le bouleau pubescent, l'aubépine monogyne, l'alisier torminal et l'alisier blanc ainsi que des fruitiers comme le poirier, le sorbier des oiseleurs, le pommier, ... qui sont classés dans les mésophanérophytes. Par ailleurs, les microphanérophytes sont peu abondants, à l'exception du noisetier et dans une moindre mesure du prunelier, saule cendré, cytise aubour, genévrier commun, cornouillier mâle, cette catégorie représentent peu de surface terrière, par nature (tableau 10.d).

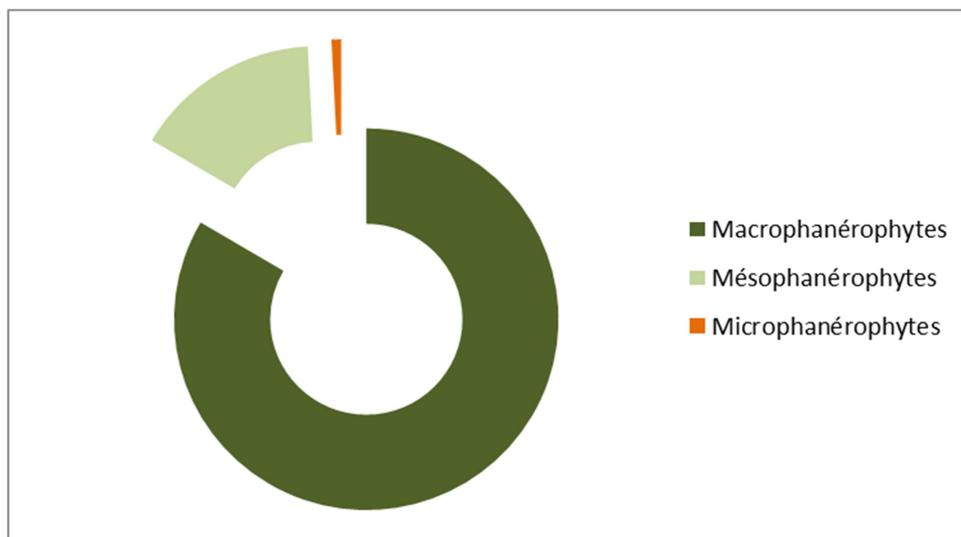


Figure 17 : Répartition de la surface terrière selon les trois formes biologiques des espèces d'arbre dans le Grand Est

source : IGN, inventaire forestier national, forêt de production hors peupleraies, campagnes 2014 à 2018

On observe des petites variations de répartition en fonction de la catégorie de propriété, avec un taux plus élevé de macrophanérophytes dans les forêts domaniales (87%) que dans les autres forêts publiques (81%) et dans les forêts privées (84%) alors que les forêts publiques non domaniales, présentent la plus forte proportion de mésophanérophites (18% de la surface terrière) des trois catégories de propriété (13% pour les forêts domaniales et 15% pour les forêts privées) ([tableau 10.b](#)), ceci est certainement à rapprocher au fait de la part plus importante de mélange de futaie et de taillis ou bien de taillis (de charme en particulier) dans cette catégorie de propriété.

Par ailleurs, les macrophanérophytes sont particulièrement favorisés dans le massif vosgien central (98% de la surface terrière du massif) et dans les collines périvosgiennes (94%), ce sont également les zones où la futaie (régulière et irrégulière) est la plus représentée. On note également que c'est dans la Champagne crayeuse étendue que les microphanérophytes sont les plus représentées avec 6% de la surface terrière du massif, là encore en lien avec une proportion plus importante de mélange de taillis et de futaie, de taillis et de peuplements ouverts ou sans structure ([tableau 10.c](#)). Les aspects structuraux observés des forêts sont également en lien avec les potentialités de production forestière, les peuplements ouverts se situant certainement sur les zones les plus sèches de la région.

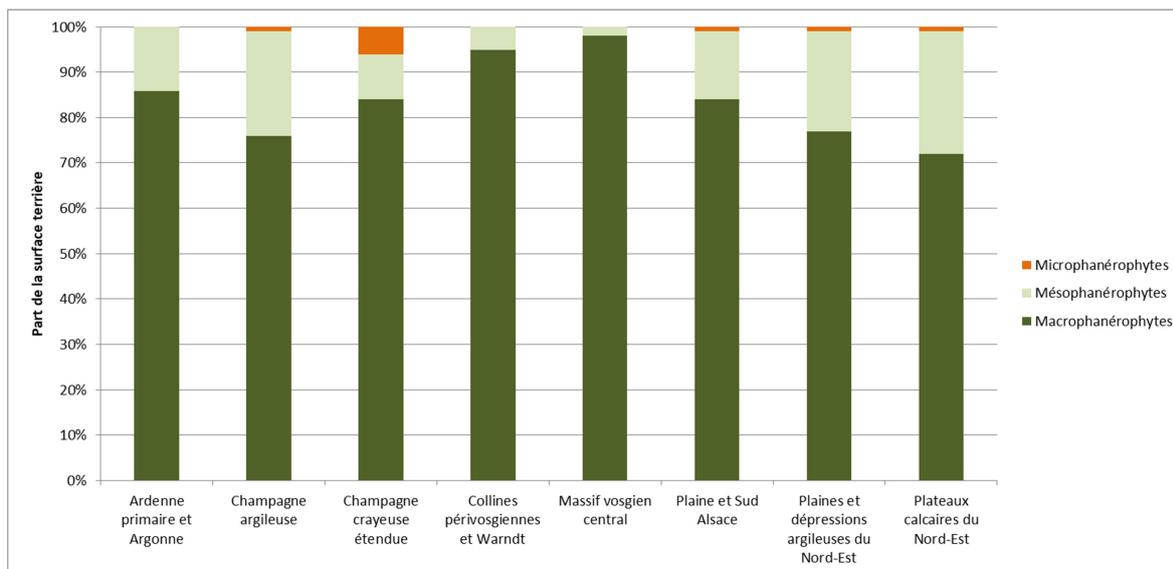


Figure 18 : Part des trois formes biologiques des arbres dans chacun des massifs de la région Grand-Est
 source : IGN, inventaire forestier national, forêt de production hors peupleraies, campagnes 2014 à 2018

C.2.3 - Niveaux hydriques indiqués par la flore

La flore est relevée sur chacune des placettes de l'inventaire forestier, les trois tomes de la *Flore forestière française* renseignent sur le caractère indicateur des plantes. Selon le contexte géographique (domaines atlantique, continental, méditerranéen, aquitain), selon l'étage de végétation (colinéen, montagnard à subalpin) et selon la nature du sol (carbonaté ou non, hydromorphe ou non), déterminant 32 contextes différents potentiels, le niveau hydrique (ou trophique) est nuancé. **Le niveau hydrique bio-indiqué par la flore apporte des informations sur l'alimentation en eau de la placette.**

Les données calculées permettent de calculer la superficie pour laquelle au moins une espèce du groupe considéré est présente sur la placette. Comme sur une placette on a souvent des espèces de différents groupes de niveau hydrique, le total des superficies pour les différents groupes est supérieur à la superficie totale de la forêt régionale.

Les éventuelles évolutions dans le temps des superficies par niveau hydrique, sont multifactorielles, étant donné en particulier que les placettes de l'inventaire ne sont pas des placettes permanentes.

Sur le territoire régional, en observant la distribution des différents groupes d'espèces (Figure) on distingue des zones présentant un certain niveau de sécheresse, les plateaux calcaires du Nord-Est qui ont une plus forte densité de points avec des plantes xérophiles et xéroclines, des massifs présentant au contraire un niveau hydrique favorable à excédentaire ayant une forte densité de points présentant des espèces hygrophiles ou hydroclines : le Massif vosgien central, la Champagne argileuse, Ardenne primaire et Argonne. La Champagne crayeuse étendue, les plaines et dépressions argileuses du Nord-Est et la Plaine et le Sud Alsace présentant une situation moins tranchée.

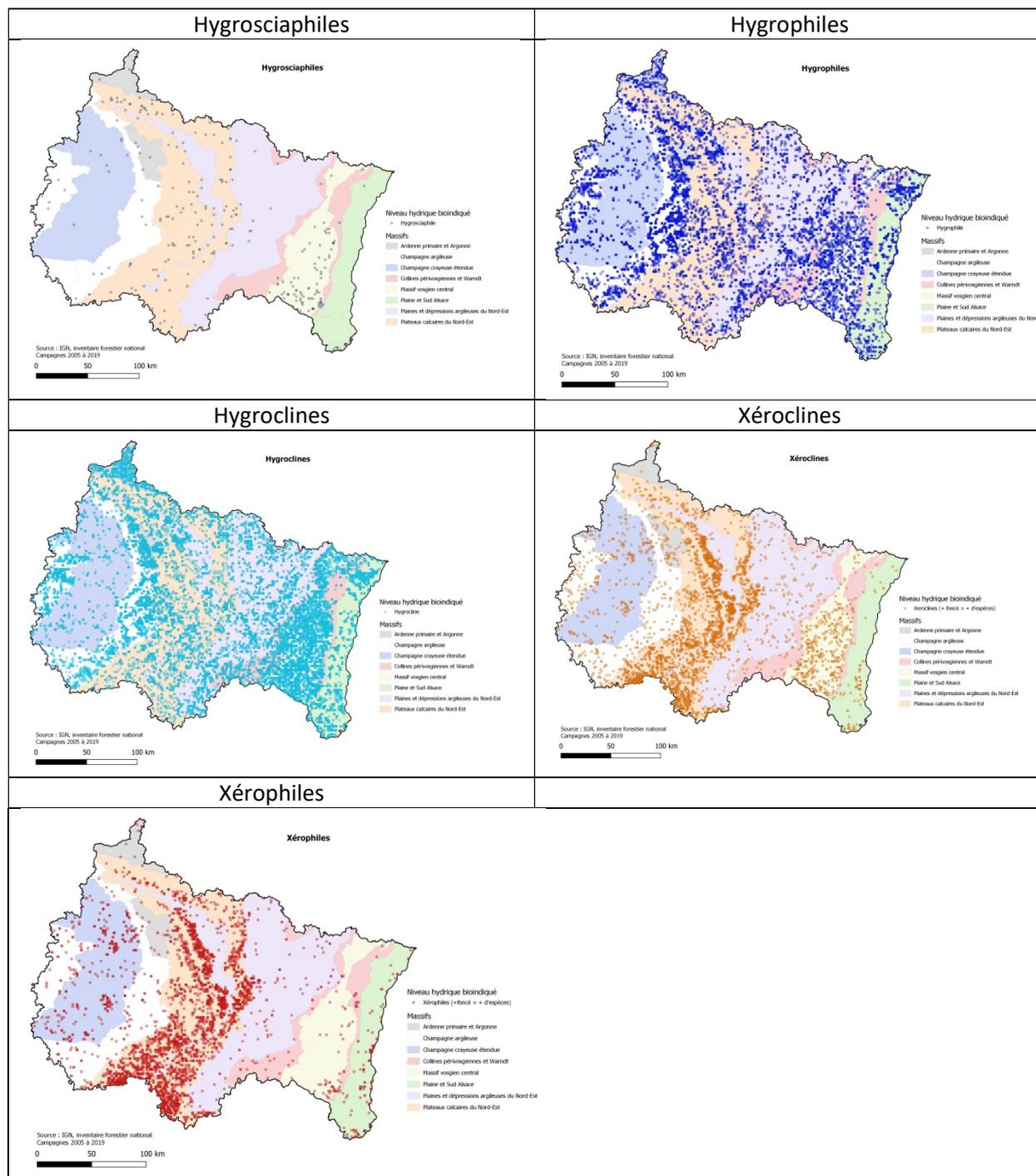


Figure 19 : Répartition des points présentant des espèces des différents groupes de niveau hydrique bio-indiqué

Evolution entre 2008 et 2016

Entre les deux périodes 2006-2010 et 2014-2018, on observe (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et [tableau 12.a](#)) une évolution à la hausse des superficies des différents groupes d'espèces, en lien avec une tendance à la hausse de la superficie forestière totale de la région. La hausse est significative pour les superficies présentant des espèces hygrosciaphiles, et pour celles présentant des espèces mésophiles, alors même qu'elle ne l'est pas encore pour la superficie forestière totale. Il

est cependant étonnant de constater qu'alors que la superficie forestière augmente, la superficie présentant des espèces hygrophiles diminue, même si ces variations ne sont pas encore significativement étayées.

Présence d'au moins une espèce du groupe	2006-2010		2014-2018	
	Superficie (1000 ha)	Superficie (%)	Superficie (1000 ha)	Superficie (%)
Hygrosciaphiles	21 ± 6	1%	47 ± 10	2%
Hygrosciaphiles -frêne	819 ± 31	44%	855 ± 35	45%
Hygrophiles	752 ± 32	41%	725 ± 34	38%
Hygrocline	1164 ± 32	63%	1214 ± 37	64%
Mésophile	1755 ± 28	95%	1828 ± 31	97%
Xérocline	414 ± 25	22%	421 ± 27	22%
Xérophile	350 ± 22	19%	386 ± 25	20%
Large amplitude	1844 ± 26	100%	1891 ± 30	100%
Total	1846 ± 26		1 893 ± 30	

Figure 20 : Superficies occupées par les différents groupes d'espèces indicatrices

Si la superficie forestière régionale montre une tendance à la hausse, ce n'est pas vrai pour l'ensemble des massifs : **la hausse est assez nette (mais non significative) pour la Champagne crayeuse étendue, les collines périvosgienne et Warndt et dans une moindre mesure pour les plaines et dépressions argileuses de l'Est** tandis que les autres massifs sont parfaitement stables. C'est aussi dans la **Champagne crayeuse étendue que l'on observe une évolution significative de la superficie occupée par les espèces xérophiles** (et presque significative pour celle occupée par les espèces xéroclines). Il est donc probable que l'expansion forestière qui a lieu en Champagne crayeuse étendue se fasse sur des sols secs. Par ailleurs, il est notable d'indiquer que près de la moitié des surfaces des massifs de la Champagne crayeuse et des plateaux calcaires du nord-est présentent des espèces xéroclines à xérophiles. Entre les deux dates, on voit d'ailleurs apparaître quelques noyaux de points présentant des espèces xérophiles et xéroclines sur la représentation de la figure 21.

Il sera intéressant d'observer sur le long terme ces indicateurs, afin de confirmer certaines tendances et aussi de tenter de distinguer les évolutions liées à l'expansion forestière de celles qui pourraient être liées à d'autres causes comme, la sylviculture ou le changement climatique.

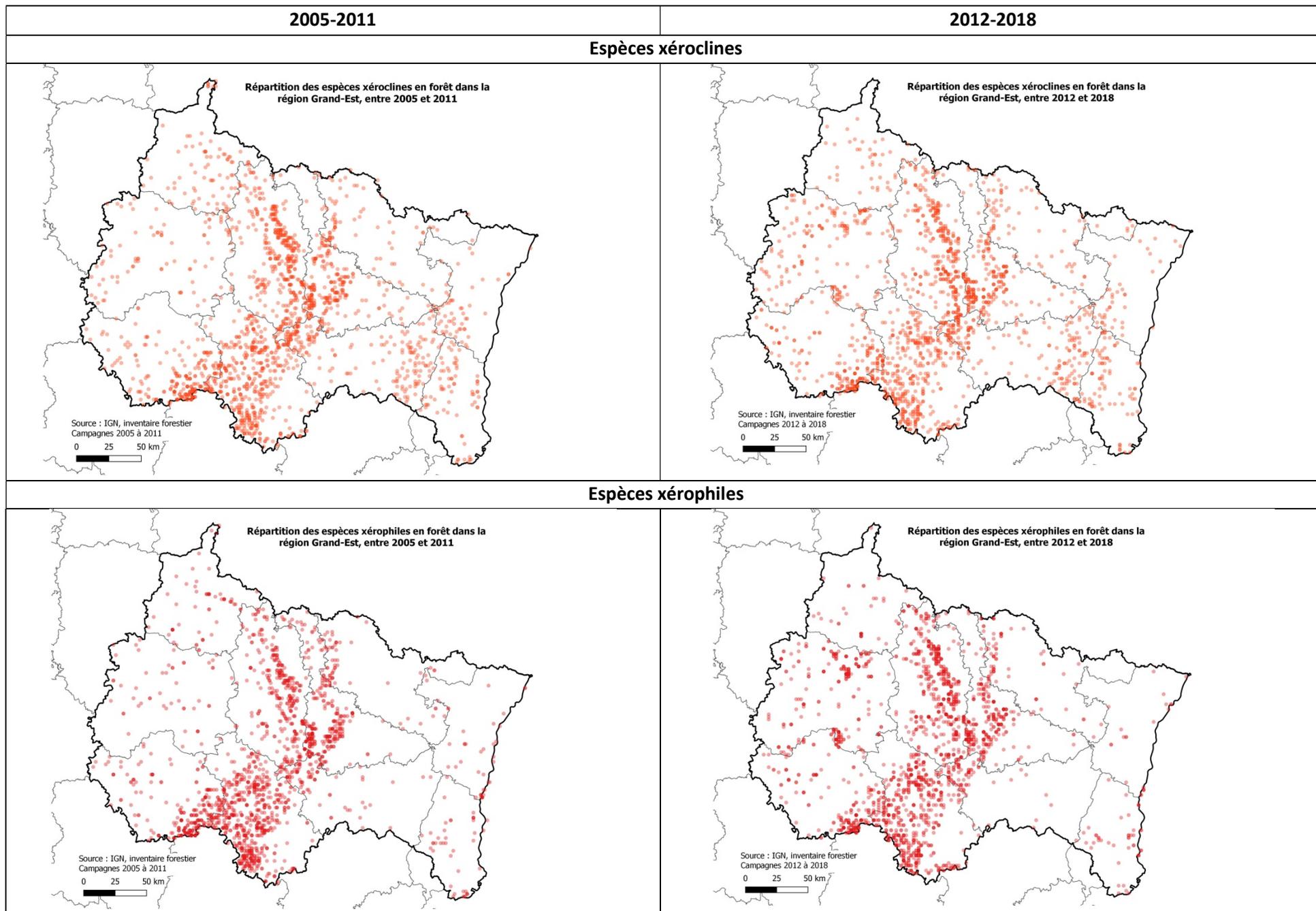


Figure 21 : Répartition des points présentant des espèces xéroclines et xérophiles dans la région Grand-Est

C.3 - Diversité structurale : la structure constatée des peuplements

Une donnée sur la structure des peuplements est produite par l'inventaire forestier national à partir des mesures réalisées sur les arbres : circonférence, origine de la tige (de franc pied ou rejet de souche), hauteurs de référence. Cette notion de structure s'entend comme une situation au jour de description de la placette. Il ne s'agit pas d'une information sur le traitement sylvicole.

Les peuplements sont répartis en quatre catégories.

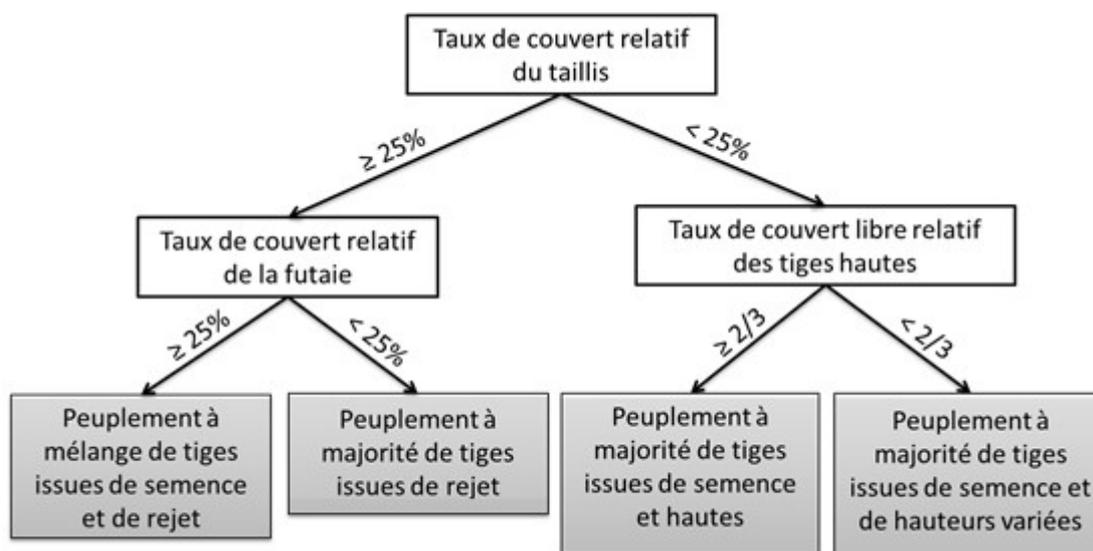


Figure 22 : Définitions des catégories de structure

Pour la région Grand Est, 72 % des peuplements (en surface) appartiennent à la catégorie « peuplement à majorité de tiges issues de semence et hautes ». Ensuite, les peuplements à mélange de tiges issues de semences et de rejets représentent 21 % de la surface forestière régionale. Les peuplements de taillis, à majorité de tiges issues de rejet, sont très peu représentés. Les peuplements à mélange de tiges issues de semences ou de rejet sont plus abondants sur les plateaux calcaires du Nord-Est où ils représentent plus qu'un quart de la surface boisée.

C.4 - Pression d'abrouissement par les ongulés

L'abrouissement du peuplement non-recensable est observée sur les placettes d'inventaire depuis la campagne 2015, les données calculées à partir de cette observation portent donc sur les 4 campagnes disponibles actuellement : 2015-2018, la représentation cartographique incluant également la campagne 2019.

L'abroustissement est indiqué dès lors qu'il concerne les pousses terminales ou latérales des jeunes tiges ligneuses non-recensable. L'abroustissement de la ronce n'est pas pris en compte. La donnée d'abroustissement est originale, elle n'a pas encore fait l'objet de publication de résultats.

Plus de la moitié de la superficie des forêts de la région (55%) présentent des traces d'abroustissement (tableau 11.a). Les forêts publiques présentent plus de traces d'abroustissement que les forêts privées : 62% des surfaces des forêts domaniales, 56% dans les autres forêts publiques et 49% dans les forêts privées. D'ailleurs, alors que les forêts privées représentent 42% de la surface forestière de la région, elles ne contribuent qu'à hauteur de 38% à la surface totale abroustie. Malgré ces légères différences entre catégories de propriété, les traces d'abroustissement sont très largement répandues (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et tableau 11.b)

	Catégorie de propriété	Superficies (1000 ha)	Superficie (% de la surface abroustie / non abroustie dans la catégorie de propriété)	Superficie (% de la catégorie de prop. dans les surfaces abrousties / non abrousties)
Surfaces sans abroustissement	Forêts domaniales ou de l'Etat	152 ± 15	38%	18%
	Autres forêts publiques	303 ± 19	44%	35%
	Forêts privées ou sans régime forestier	406 ± 29	51%	47%
	Forêts domaniales ou de l'Etat	250 ± 17	62%	24%
	Autres forêts publiques	393 ± 20	56%	38%
	Forêts privées ou sans régime forestier	396 ± 29	49%	38%

Figure 23 : Superficies présentant des traces d'abroustissement par catégorie de propriété
(sur fond vert : taux en dessous de part de chaque catégorie à la surface forestière régionale, sur fond rouge : au dessus)

source : IGN, inventaire forestier national, forêt de production hors peupleraies, campagnes 2015 à 2018

Les abroustissements concernent tous les types de peuplement, certains sont plus touchés que d'autres : les sapinières pessières, les sapinières pures, les mélanges de hêtre-épicéa-sapin, les hêtraies mélangées, les autres mélanges de conifère, les pinèdes de pin sylvestre sont par exemple plus abrousties que les douglaseraies, les frênaies mélangées, les pessières pure, les autres conifères et feuillus purs (Figure 24 et tableau 11.c).

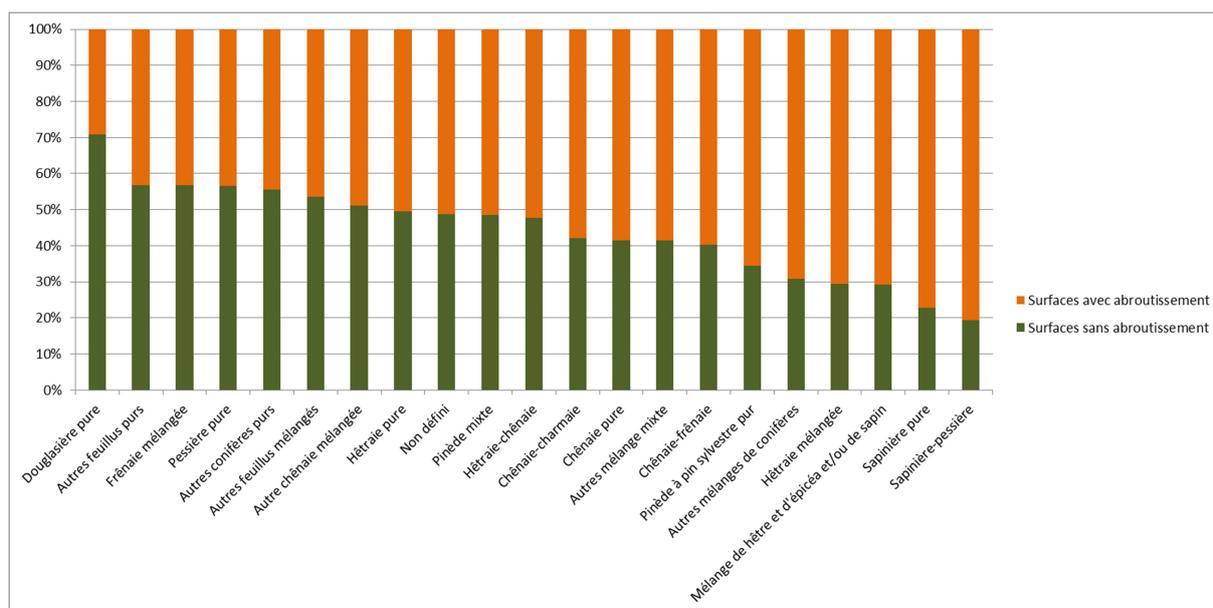


Figure 24 : Part de surface abroustie par type de peuplement

source : IGN, inventaire forestier national, forêt de production hors peupleraies, campagnes 2015 à 2018

Si l'abroustissement est important partout, certaines zones sont plus affectées que d'autres, les raisons pouvant être multiples : la dynamique différenciée géographiquement d'expansion des populations, en lien ou non avec les types de peuplements, ... On observe ainsi que le massif vosgien est très touché, avec 75% de sa superficie abroustie, la Champagne argileuse étendue et la Champagne crayeuse étant aussi plus abroustie que la moyenne, alors les autres massifs étant moins abroustis que la moyenne. L'Ardenne primaire et l'Argonne, les collines périvosgiennes sont les massifs les moins touchés (Figure 25 et tableau 11.4)

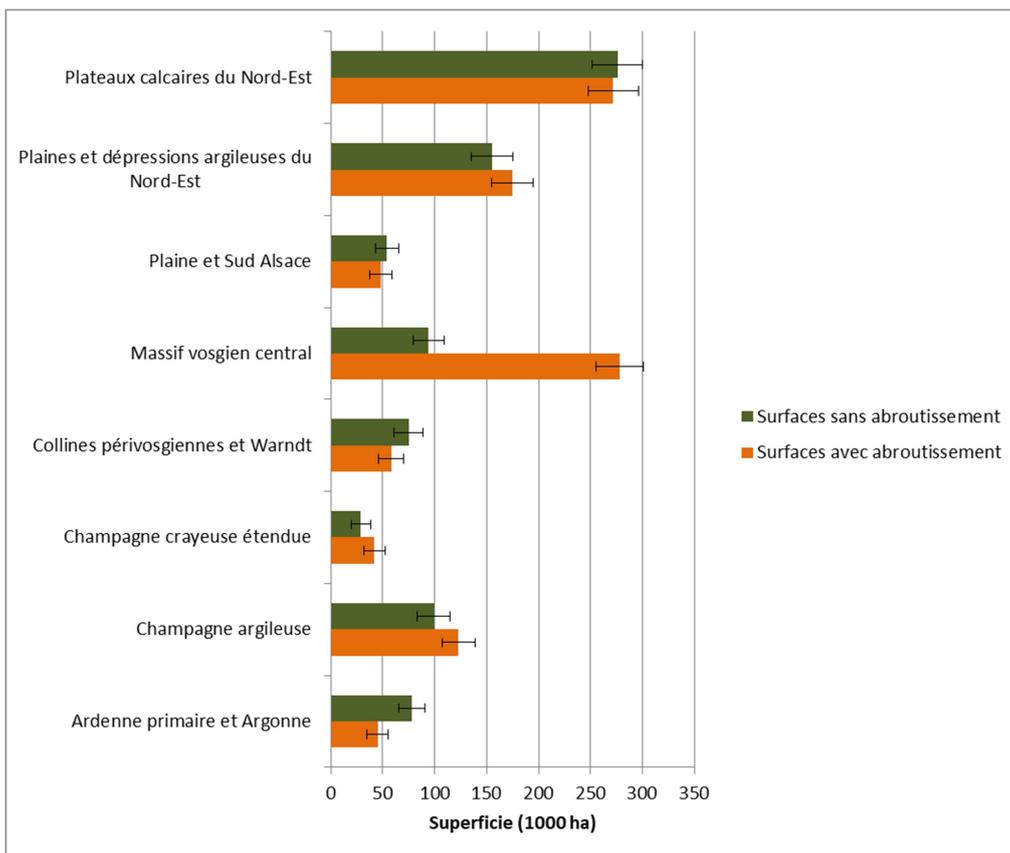


Figure 25 : Superficies abroustie et non-abroustie par massif

source : IGN, inventaire forestier national, forêt de production hors peupleraies, campagnes 2015 à 2018

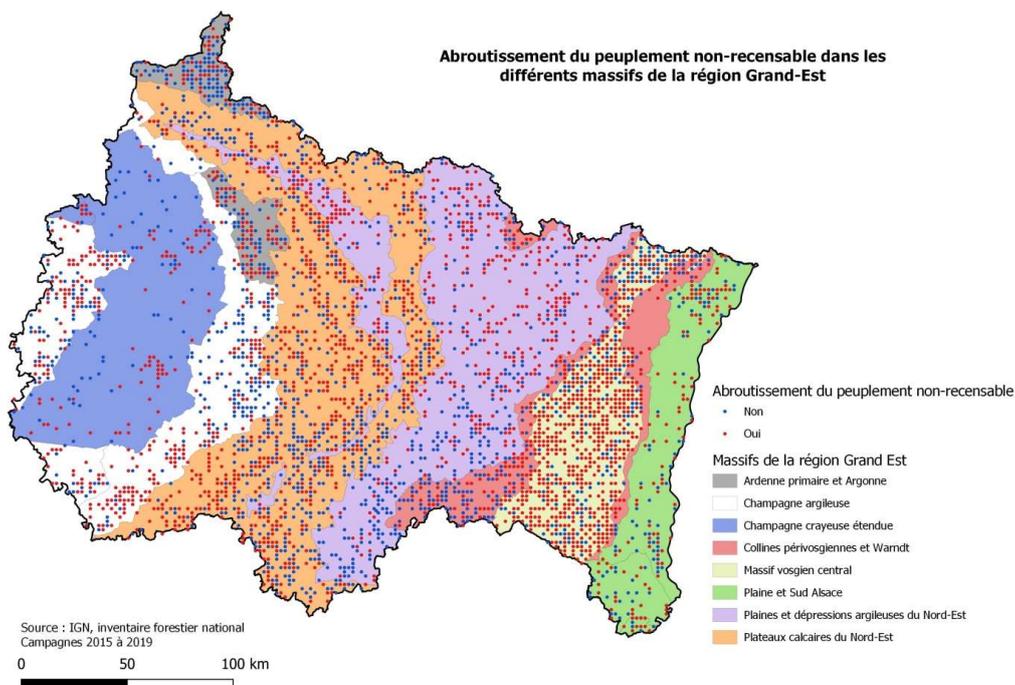


Figure 26 : Représentation cartographique de l'abroustissement à l'échelle de la région Grand-Est

source : IGN, inventaire forestier national, forêt de production hors peupleraies, campagnes 2015 à 2019

D - Quatrième partie : indicateurs d'écologie du paysage

Considérés en leurs limites les plus strictes (sans zone tampon), la surface des massifs forestiers en région Grand Est varie de 0,5 ha à 49 090 ha. En appliquant une zone tampon de seulement 20 mètres, la taille maximale de massif atteint 300 000 ha (dans les Vosges). Ces grandeurs témoignent d'une région où la continuité forestière peut être très forte, en particulier dans le massif vosgien.

La taille moyenne de massif au niveau régional est de 32 ha. Elle est variable selon les secteurs de la région, dont les types de paysage sont très différents. Elle est maximale dans la SER Massif Vosgien central (115 ha) très forestière et minimale dans la SER Thiérache/Hainaut (6 ha) au paysage bocager.

Dans le département de la Marne, par ailleurs peu boisé (20 % de boisement), la taille moyenne de massif est de 20 ha. Elle atteint 43 ha dans le Haut Rhin.

Des indicateurs ont été calculés sur les tailles moyennes de massif par sylvoécotopes, départements, et pour les massifs du PRFB.

La BD Forêt® est une cartographie forestière dont la nomenclature nationale comporte 32 postes. Ces types de peuplements sont basés sur l'essence principale. Ainsi décrits, les massifs forestiers (polygones sans interruption, de taille moyenne 32 ha au niveau régional) comportent en moyenne 2,15 postes de nomenclature. Entre les sylvoécotopes, ce nombre moyen de postes de nomenclature par massif varie de 1,27 pour la SER Thiérache/Hainaut à 6,93 pour la SER Massif vosgien central. Cette valeur est à mettre en relation avec les tailles respectives des massifs.

Un autre indice paysager est la longueur totale des lisières (contours de massifs), calculée sur les forêts et les bosquets. Elle témoigne à la fois du niveau de boisement et du morcellement. Les disparités sont fortes au sein de la région.

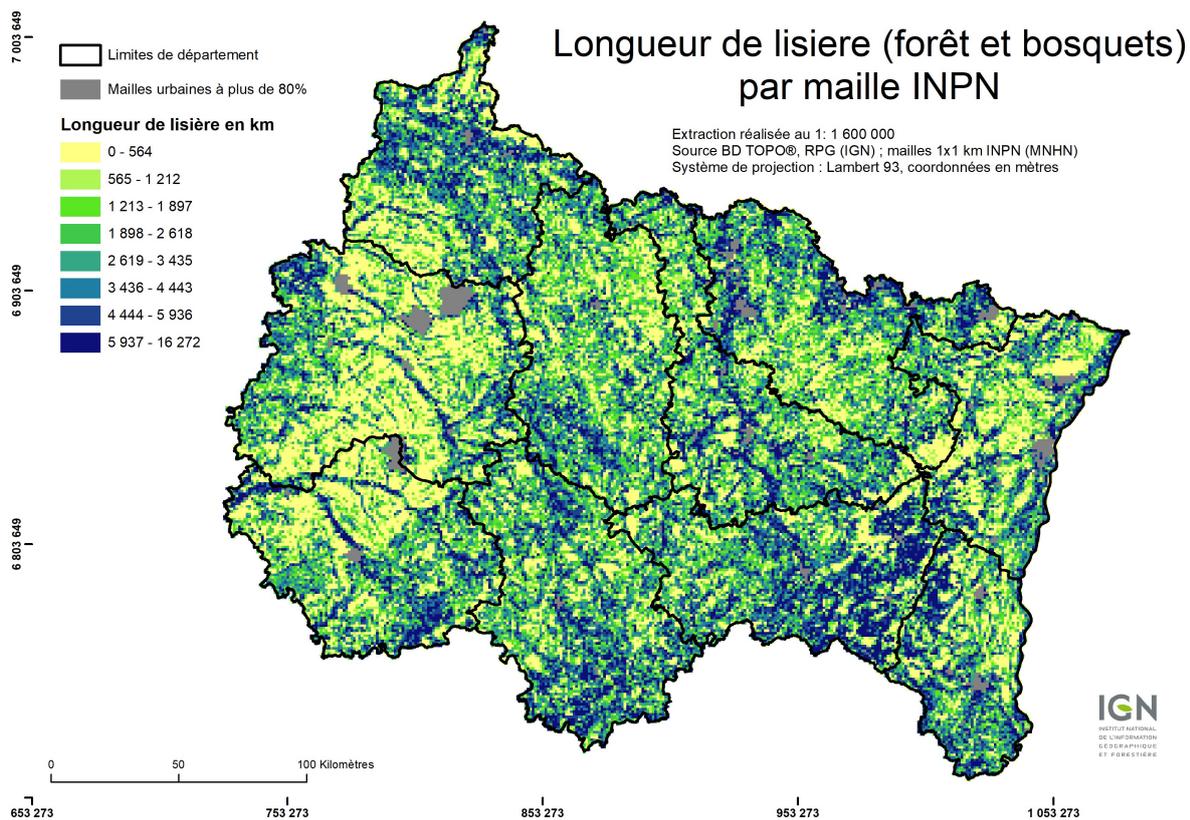


Figure 27 : Longueurs de lisières par mailles en région Grand Est

Glossaire

Abiotique : le sens premier de ce mot est de caractériser un milieu où toute vie est absente. Il est ici utilisé dans un sens secondaire désignant les caractéristiques non vivantes d'un milieu (caractéristiques physico-chimiques comme la température, l'acidité, l'humidité...) par opposition aux caractéristiques biotiques.

Biocénose : ensemble des êtres vivants coexistant dans un espace écologique donné (biotope), flore, fonge et faune.

Biotique : caractéristiques liées au vivant au sein d'un milieu, par opposition aux caractéristiques abiotiques

Biotope : milieu défini par des caractéristiques physicochimiques (température, hygrométrie...) homogènes et abritant une communauté d'êtres vivants définie (ou biocénose)

Ecosystème : système composé d'un milieu de vie (biotope) défini par des caractéristiques physiques (luminosité, température, roche-mère, etc...), des êtres vivants (biocénose) existant dans ce biotope et de toutes les interactions existantes entre eux. Dans cette étude, la notion d'écosystème s'applique à l'écosystème constitué d'un certain type de forêt (habitat forestier).

Défoliatrices (chenilles) : s'attaquant aux feuilles

Dryade : espèce arborée de fin de cycle dans la succession des stades de végétation. Les espèces dryades sont des espèces le plus souvent sciaphiles (qui aiment l'ombre), au moins au stade juvénile et scotophiles (dont les graines germent mieux à l'ombre). Ce sont des arbres à bois dur et à longévité élevée. Le hêtre, le sapin et l'épicéa sont des dryades.

Forêt ancienne : forêt n'ayant pas connu de défrichement depuis une date de référence, en France le « minimum forestier » au milieu du XIX^{ème} siècle. Le défrichement est un changement d'affectation du sol et non une coupe rase suivie d'une régénération naturelle ou par plantation. Cette notion d'ancienneté n'a donc pas de lien avec l'âge des arbres en place.

Fragmentation : coupure venant séparer un milieu naturel en deux espaces distincts ou plus. Cette coupure peut être linéaire (autoroute par exemple) ou surfacique (emprise urbaine ou industrielle par exemple).

Mésoclimat : le **mésoclimat** définit le climat d'une région naturelle d'étendue limitée (province, baie, anse, partie de mer, ville, lac, etc.) plus grande que celle d'un [microclimat](#) mais plus petite que pour un [macroclimat](#). L'échelle d'un mésoclimat est de quelques dizaines à centaines de kilomètres.

source : <https://www.aquaportail.com/definition-5695-mesoclimat.html>

Paysage : portion de territoire hétérogène, composée d'une mosaïque d'écosystèmes. Il est considéré comme un niveau d'organisation des systèmes écologiques, supérieur à l'écosystème. La structure spatiale d'un paysage est considérée comme une mosaïque composée de trois éléments fondamentaux : il s'agit de la *tache*, de la *matrice* et du *corridor*, qui s'organisent ou non en *réseau*.

Pédologie : étude des sols

Phénotype : ensemble des caractères observables, apparents, d'un individu, d'un organisme dus aux facteurs héréditaires (génotype) et aux modifications apportées par le milieu environnant.

Phyto-écologique : méthode de détermination du type d'habitat qui examine à la fois les caractéristiques écologiques du site (climat, exposition, position topographique, type de sol) et la communauté végétale présente (définie par la phytosociologie).

Relevé floristique : inventaire des espèces de plantes présentes sur une surface de terrain donnée avec éventuellement notation de leur abondance relative.

Station forestière : étendue de terrain de superficie variable, homogène dans ses conditions physiques et biologiques, et justifie, pour une essence déterminée, une (ou plusieurs) sylviculture(s) avec laquelle (ou lesquelles) on peut espérer une productivité comprise entre des limites connues. Un type de station réunit toutes les stations aux caractéristiques voisines et peut être identifié sur le terrain grâce à ses caractéristiques pédologiques et floristiques.

Vectorisation : saisie des éléments d'une carte ou d'un dessin permettant de produire une base de données géographiques (vectorielle) de traits et/ou polygones manipulables indépendamment et dotés chacun de ses propres attributs (identifiant, caractéristiques diverses...). On distingue les couches vectorielles ainsi réalisées des couches dites Raster qui sont de simples images numérisées dont les pixels ne possèdent aucune caractéristique attachée autre que leur couleur et leur densité.

Bibliographie

Bastien Y. et Gauberville Ch - Vocabulaire forestier – Ecologie, gestion et conservation des espaces boisés – Institut pour le développement forestier.

Benest F. – Forêts anciennes et vieilles forêts : éléments remarquables du patrimoine naturel – Forêt Entreprise n°255, novembre-décembre 2020.

Bensettiti F. coord – Cahiers d’habitats – Habitats forestiers tome 1 – Muséum national d’histoire naturelle, 1999.

Burel F. et Baudry J. – Ecologie du paysage – Concepts, méthodes et applications – Editions Tec et Doc, 1999.

Dorioz J., Benest F., Debaive N., Gosselin M., Landman G. – Vers un suivi multi-dispositifs de la biodiversité en forêt en France métropolitaine – Forêt Nature n° 150, janvier 2019.

Dupouey J.-L., Sciama D., Koerner W., Dambrine E. et Rameau J.-C. - « La végétation des forêts anciennes ». Revue forestière française, LIV, 521-532, 2002.

Dupouey J.-L., Berges L. – Influence de la composition et de la structure des masses forestières sur la biodiversité – Projet CORYLUS - Rapport de fin de contrat, juillet 2010.

<http://isidoredd.documentation.developpement-durable.gouv.fr/document.xsp?id=Temis-0071025&q=descripteur%3A%7CGESTION+FORESTIERE%7C>

IGN – Les forêts anciennes – Revue l’IF n°42, juillet 2018. <https://inventaire-forestier.ign.fr/spip.php?rubrique33>

Jactel H. – Diversité fonctionnelle des arbres et réponse de l’écosystème forestier aux changements climatiques – Restitution programme Biodiversité et Gestion forestière – GIP ECOFOR – 2010.

Kambach S. et al - How do trees respond to species mixing in experimental compared to observational studies? – Ecology and Evolution, 2019.

Lallement Th, Touzet Th. et Gervaise A. – Une méthodologie nationale pour le géoréférencement et la vectorisation des cartes d’État-major, minutes au 1/40 000 - Revue forestière française, 2017, numéro spécial « forêts anciennes ».