

Gestion durable des haies bocagères : Méthodologie d'inventaire et d'estimation de la ressource bois au PNR du Perche



Emma Chéné ©

Emma CHÉNÉ

Master 1 Biodiversité Ecologie et Evolution, Gestion de la Biodiversité dans les Socio écosystèmes

Université d'Angers - Année 2023/2024

Engagement de non-plagiat

Je, soussigné(e), Emma CHENE

déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.

En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce rapport ou mémoire.

Nom-Prénom : CHENE Emma



Cet engagement de non-plagiat doit être inséré en première page de tous les rapports, dossiers, mémoires.

<p>Université d'Angers <i>Faculté des Sciences</i></p> <p>2 boulevard Lavoisier 49045 Angers Cedex</p>	<p>Master 1</p> <p>Biodiversité Ecologie-Evolution</p> <p>Parcours Gestion de la biodiversité dans les socio-écosystèmes</p>
Type de stage : type méthodologique (3)	Tuteur : David LESBARRERES
<p>Auteure : Emma CHÉNÉ</p> <p>Date de soutenance : Jeudi 20 juin 2024</p>	<p>Organisme d'accueil :</p> <p>Parc naturel régional du Perche Maison du Parc Courboyer - Nocé 61340 Perche-en-Nocé</p>
Année universitaire 2023/2024	Encadrante de stage : Lisa GARRIGUENC
<p>Gestion durable des haies bocagères : Méthodologie d'inventaire et d'estimation de la ressource bois au PNR du Perche</p>	
<p>Résumé : La préservation des haies bocagères constitue un enjeu majeur dans le paysage du Perche, région connue pour son identité semi-bocagère. Cependant, l'intensification agricole et les changements socio-économiques ont entraîné une fragmentation et une diminution de ces éléments paysagers, mettant en péril la biodiversité locale et les services écosystémiques qu'ils fournissent. Dans ce contexte, la mise à jour de la base de données sur les haies bocagères revêt une importance cruciale pour évaluer la ressource bois bocager et soutenir les initiatives de valorisation durable de ce patrimoine naturel. Cette étude vise donc à proposer une méthodologie d'inventaire et d'estimation de la ressource bois bocagère, en tenant compte des spécificités du territoire et des besoins des acteurs locaux.</p> <p>Mots-clés : Haies bocagères, Biodiversité, Gestion environnementale, Ressource bois bocager, Valorisation durable, Méthodologie d'inventaire.</p>	
<p>Abstract : Preserving hedgerows is a major challenge in the landscape of Perche, a region known for its semi-bocage identity. However, agricultural intensification and socio-economic changes have led to fragmentation and a decrease in these landscape elements, endangering local biodiversity and the ecosystem services they provide. In this context, updating the hedgerow database is crucial to assess the bocage wood resource and support sustainable valorization initiatives for this natural heritage. This study aims to propose a methodology for inventorying and estimating the bocage wood resource, taking into account the specificities of the territory and the needs of local stakeholders.</p> <p>Keywords : Hedgerows, Biodiversity, Environmental management, Bocage wood resource, Sustainable valorization, Inventory methodology.</p>	

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué à ce rapport de stage, mais aussi au déroulé de mon stage au Parc naturel régional du Perche jusqu'à présent, naturellement, Lisa Garriguenc qui m'a accueilli et qui m'a apporté ses conseils précieux et son aide dans mon travail, et plus généralement le personnel du Parc ainsi que les stagiaires qui rendent cette expérience percheronne inoubliable.

Enfin, j'aimerais remercier mon tuteur de stage David Lesbarreres, pour ses conseils avisés ainsi que mon responsable de promotion Damien Picard pour les réponses à mes questions concernant le stage.

Sommaire

Introduction	1
Matériel et Méthodes.....	2
<i>Zone d'étude</i>	<i>2</i>
<i>Revue des méthodologies existantes</i>	<i>3</i>
a) Méthode n°1	3
b) Méthode n°2	4
c) Méthode n°3.....	5
d) Méthode n°4	5
e) Méthode n°5.....	6
<i>Bases de données du PNR existantes</i>	<i>6</i>
<i>Méthode proposée</i>	<i>6</i>
a) Définition de la haie	6
b) Échantillonnage statistique par identification de zones homogènes	6
c) Construction des variables quantitatives et qualitatives	8
d) Application de la méthodologie sur le terrain.....	8
e) Analyse des données et résultats attendus de l'estimation de la ressource bois disponible	9
<i>Evaluation des méthodologies</i>	<i>9</i>
Résultat : Choix de la méthodologie	9
Discussion	10

Liste des abréviations

BD : Base de données

CdC : Communauté de commune

GP : Grand Perche

HBBN : Haies, Biomasse, Basse-Normandie

IFN : Institut forestier national

IGN : Institut géographique national

MAP : Mètre cube apparent plaquette

ml : Mètre linéaire

MNHC : Modèle Numérique de Hauteur de Canopée

OCS : Occupation du sol

PAC : Politique agricole commune

PCAET : Plan climat air énergie territorial

PETR : Pôle d'équilibre territorial rural

PLUi : Plan Local d'Urbanisme intercommunal

PNR : Parc naturel régional

PNRP : Parc naturel régional du Perche

SCIC : Société Coopérative d'Intérêt Collectif

SCIC B²E : Société Coopérative d'Intérêt Collectif Bois Bocage Energie

SCoT : Schéma de Cohérence Territoriale

SIG : Système d'Informations Géographiques

UP : Unité paysagère

Liste des figures, tableaux et annexes

Figures

Figure 1. Les grandes étapes du projet

Figure 2. Schéma représentant le protocole de calcul de densité bocagère par pixel de 5 km² 6

Tableaux

Tableau I. Les différents types de biomasses bocagères, leurs définitions et les facteurs limitant leur disponibilité (Source, Parc naturel régional du Perche/MD, 2013) 4

Tableau II. Tirage du nombre d'échantillons par zone homogène 7

Annexes

Annexe 1. Carte représentant le territoire du Parc naturel régional du Perche

Annexe 2. Carte représentant la densité bocagère au sein du territoire d'étude d'inventaire du PNR du Perche

Annexe 3. Carte représentant les communes comptées dans le projet d'inventaire

Annexe 4. Synthèse des typologies utilisées dans la revue méthodologique

Annexe 5. Capital en bois et accroissement annuel (Chambre d'Agriculture de Normandie, 2023)

Annexe 6. Méthodologie d'inventaire des haies par sélection de zones homogènes (Dulieu, 2013)

Annexe 7. Productivité des haies en fonction de leur typologie et des essences

Annexe 8. Analyse des résultats de l'estimation de la biomasse bocagère du Grand Parc (Dulieu, 2013)

Annexe 9. Définitions de termes techniques concernant la production de bois énergie

Annexe 10. Données relevées sur le terrain par l'IGN dans les haies arborées et cordons boisés (Simon *et al.*, 2019)

Annexe 11. Dalle kilométrique du MNHC, seuillée et filtrée, sur une zone de la Manche (50) (Dassot *et al.*, 2022)

Annexe 12. Méthodologie de détermination des stocks de bois dans les haies bocagères

Annexe 13. La différence entre le modèle numérique de surface obtenu par corrélation d'images et le modèle numérique de terrain permet d'obtenir le modèle numérique de hauteur de canopée (MNHC) qui décrit la hauteur des arbres (Dassot *et al.*, 2022)

Annexe 14. Récapitulatif des Bases de Données SIG actuelles du Parc naturel régional du Perche fournies par l'IGN ou modifiées par le PNR pouvant combiner les données IGN et Parc

Annexe 15. Les entités paysagères du Parc Naturel Régional du Perche

Annexe 16. Carte représentant la densité bocagère nette rastérisée divisée en cinq classes

Annexe 17. Carte représentant le quadrillage (5 km²) de densité nette de bocage au sein du territoire d'étude du Parc Naturel Régional du Perche

Annexe 18. Carte représentant les zones d'inventaire définies au sein du territoire d'étude du Parc Naturel Régional du Perche

Annexe 19. Fiche terrain contenant les données relevées

Annexe 20. Fiche explicative de la fiche terrain (inspirée du *Guide pratique des haies dans le Perche*, PnrP, 2001 et de la méthode de cubage simplifiée des haies de type taillis et têtards, Moret, C., Betolaud, S, 2023)

Annexe 21. Typologie simplifiée des haies définie dans la méthode proposée et productivité par cycle de coupe (10-15 ans)

Annexe 22. Chaîne de traitement QGIS pour la création de la carte représentant les zones d'inventaire définies au sein du périmètre d'étude du Parc Naturel Régional du Perche inspirée de l'observatoire du territoire (PNR Normands, 2015)

Annexe 23. Chaîne de traitement QGIS pour la création de la couche de densité bocagère nette au voisinage en raster, permettant un traitement plus fin, avec l'élimination des milieux aquatiques, forêts et zones urbaines (PNR Normands, 2015)

Annexe 24. Chaîne de traitement QGIS pour la définition des zones homogènes et la répartition des points sur le territoire d'étude

Annexe 25. Typologie du référentiel national sur la typologie des haies de l'Afac-Agroforesterie (AFAC-C, 2017)

Annexe 26. Référence de production utilisée par la SCIC

Annexe 27. Tableau de conversion d'unités de volume validé par les professionnels normands (Simon *et al.*, 2019)

Annexe 28. Présentation de la structure d'accueil

Préambule

Dans le cadre de ma formation en Master 1 BEE (Biodiversité, Écologie, Évolution), parcours gestion de la biodiversité dans les socio-écosystèmes, je réalise un stage de cinq mois au sein du Parc naturel régional du Perche (Annexe 28), connu pour son identité bocagère avec ses 9 587 kilomètres de haies. Mon objectif est de contribuer aux prémices d'un projet porté par le Parc, s'étalant de 2024 à 2026 à l'échelle du territoire.

Ce projet traite de l'actualisation de la base de données liée aux haies bocagères du territoire. Il nécessite pour commencer une mise à jour des informations sur le linéaire de haies. Le but est d'évaluer la ressource bois bocager disponible et potentiellement mobilisable, afin d'alimenter les chaufferies bois installées par les collectivités locales en plaquettes. Pour cela, l'acquisition de données sur les haies était nécessaire et plus précisément sur l'aspect qualitatif prenant en compte la description du bocage avec un choix de critères prédéfinis par moi-même (typologie de haies, état écologique, essences dominantes, etc.) et sur l'aspect quantitatif (longueur, densité de haies, connexion, etc.). Pour terminer, une traduction de l'ensemble des données en base de données et cartographie via l'utilisation du SIG sera générée.

Durant mon stage, la partie terrain pour tester la méthode d'inventaire sera réalisée courant le mois de juillet sur des secteurs pertinents définis en amont par échantillonnage. Une fiche terrain a également été créée pour les relevés. La poursuite de mon stage sera consacrée à la mise en place et à l'animation d'un groupe de travail participatif à l'échelle de la CdC pour compléter la base de données SIG. Cela me permettra par la suite de représenter cartographiquement les données obtenues et de poursuivre avec leur analyse statistique. Une présentation de mes résultats sera faite aux élus des CdC concernées lors d'une réunion fin août, accompagnée de propositions de pistes d'évolution (*Fig. 1*).

Le Parc envisage, à long terme, d'accompagner et d'encourager les collectivités vers une gestion plus durable de ces éléments paysagers tout en prenant en compte leurs caractéristiques et les contraintes externes (présence de routes, chemins, réseaux électriques). Ces éléments de gestion pourront être traduits sous forme de plan de gestion communal ou intercommunal.

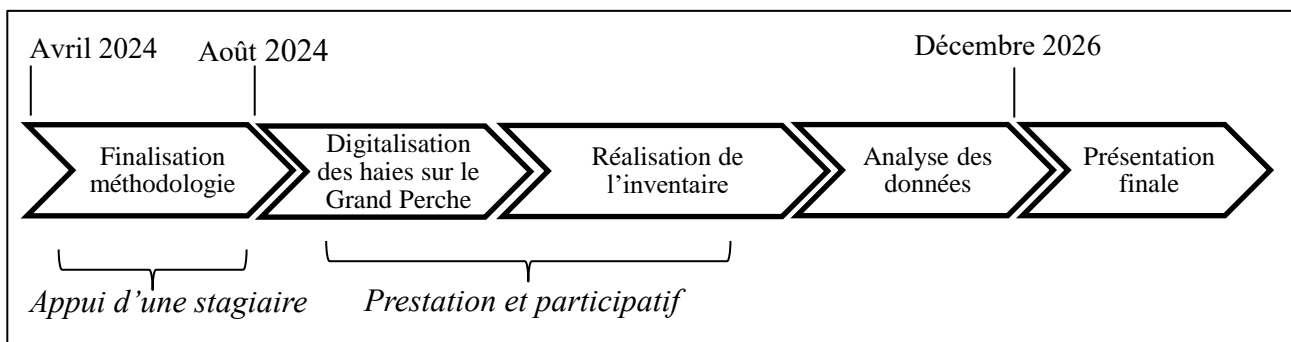


Figure 1. Les grandes étapes du projet (2024-2026)

Cette mission s'inscrit parfaitement dans mon projet professionnel axé sur la gestion de la biodiversité dans les socio-écosystèmes et le développement durable. Elle me permettra d'acquérir des compétences pratiques en collecte, analyse et gestion de données environnementales, ainsi qu'en utilisation des outils SIG pour la cartographie et l'analyse spatiale. En outre, elle constitue une opportunité idéale pour contribuer à un projet concret de développement local, en lien direct avec les enjeux environnementaux et socio-économiques du territoire. Enfin, cette expérience renforcera ma capacité à coordonner des projets et à travailler en partenariat avec les acteurs locaux.

Introduction

La tradition bocagère du Perche, caractérisée par ses paysages semi-bocagers et vallonnés, témoigne d'une histoire riche de l'utilisation des terres qui s'est adaptée au fil des siècles (PNR du Perche, 2003). La mise en valeur agricole de cette région a commencé dès l'époque des Gaulois, avec des politiques de défrichement visant à transformer les espaces forestiers en terres cultivables, principalement pour la culture du blé (Musset, 1919). Cette évolution s'est poursuivie à travers les âges, marquée par l'adoption de pratiques telles que l'assolement triennal puis quadriennal, améliorant ainsi la fertilité des sols et la production agricole (Mulliez, 1979). Ces pratiques traditionnelles ont toutefois été confrontées à de profonds changements au cours du 20^e siècle, marqués par l'intensification agricole et l'arrachage des vergers, qui ont modelé le paysage percheron de manière significative (Henry *et al.*, 2017).

En Eure-et-Loir, intégrant le Perche, on observe une dualité entre la tradition bocagère vivace du Perche et l'agriculture intensive de la Beauce (Pelatan, 1985). Cette intensification, soutenue par la Politique Agricole Commune (PAC), a modifié les paysages et conduit à des pratiques plus intensives (Meeus, 1993). Aujourd'hui, la gestion et la valorisation des paysages bocagers sont devenues des enjeux majeurs, avec une transition encouragée vers des pratiques agricoles durables.

Les haies bocagères jouent un rôle crucial, en délimitant les parcelles et en protégeant le bétail mais aussi en offrant de multiples services écosystémiques (Lecq, 2013). Elles agissent comme des corridors écologiques, favorisant la biodiversité et régulant le climat et prévenant l'érosion des sols (Aviron *et al.*, 2005). Les haies filtrent également les nitrates et pesticides, stabilisent les berges des cours d'eau, et augmentent les rendements agricoles grâce à leurs fonctions de brise-vent et en hébergeant des prédateurs de ravageurs (Soltner, 2015 ; Viaud, 2004 ; Burel et Baudry, 1995).

Le Parc naturel régional du Perche (PNRP), créé en 1998, joue un rôle clé dans la préservation des haies bocagères et dans la valorisation de ces éléments paysagers, avec des initiatives telles que la gestion durable des éléments arborés et la plantation de nouvelles haies. En vue de sa nouvelle charte (2025-2040), le Parc place l'arbre au centre des actions à entreprendre pour développer localement la filière bocagère, gérer durablement la ressource bois et maintenir les fonctions environnementales des haies.

Le Parc du Perche renforce sa valorisation de ses 9587 kilomètres de haies par des projets de chaufferies bois, avec les nouvelles installations de 2023 à Longny-les-Villages et Tourouvre-au-Perche. Toutefois, une meilleure évaluation de la productivité du bois bocager est essentielle pour soutenir ces initiatives et les projets envisagés par d'autres collectivités comme Rémalard-en-Perche et Mortagne-au-Perche. La base de données 'Bocage' doit donc être enrichie qualitativement et quantitativement parlant pour être plus performante, suivre l'évolution du maillage bocager et estimer précisément le capital sur pied et le bois mobilisable à savoir qu'à ce jour, 55% du linéaire de haies est protégé dans les PLUi. Cette amélioration des données est cruciale pour développer des plans de gestion adaptés et promouvoir une gestion durable des ressources bocagères.

Pour évaluer la capacité du territoire à alimenter des chaufferies bois sans compromettre la ressource, on se demande dans cette étude quelle méthodologie d'inventaire et d'estimation de la ressource bois bocagère serait pertinente à mettre en place ? Afin de répondre au mieux à cette question, les objectifs incluent :

- l'identification de méthodologies existantes pour l'inventaire et l'estimation de la ressource bois bocagère y compris l'utilisation des bases de données SIG ;
- l'évaluation de leur efficacité et précision, l'exploration des possibilités d'engagement participatif des collectivités locales et autres bénéficiaires ;
- la proposition d'une méthodologie adaptée qui combine précision des données, efficacité du protocole, et engagement des collectivités locales, tout en prenant en compte les limites existantes.

Matériel et Méthodes

Zone d'étude

Le Parc naturel régional du Perche (Annexe 1) est un syndicat mixte situé dans le nord-ouest de la France, englobant des parties des départements de l'Eure-et-Loir et de l'Orne. Sa localisation géographique lui confère une diversité de paysages et de caractéristiques écologiques remarquables. Les PETR 61 et 28 s'étendent sur une superficie totale de 2571, 94 km², dont presque 2000 sont pris en compte pour le Parc du Perche ou environ 1235 km² si on déduit les surfaces forestières. Cette région est délimitée par les régions naturelles du Thymerais, de la Beauce, du Drouais, du Hurepoix, du pays d'Ouche, du pays d'Auge et du pays d'Alençon.

Les paysages du Parc du Perche sont façonnés par une mosaïque de milieux naturels, comprenant des prairies, des boisements, des zones humides, des cours d'eau et bien sûr, un réseau dense de haies bocagères. La densité bocagère dans le Parc varie selon les zones (Annexe 2), avec des concentrations plus élevées dans le nord et le nord-ouest, où se trouvent également des zones à enjeux écologiques particuliers. En densité nette de bocage¹, le périmètre d'étude compte 65 ml/ha dont 75 ml/ha dans l'Orne et 55 ml/ha sur la partie eurélienne. A titre de comparaison, le département de l'Orne affiche 71 ml/ha en 2020 (PNR du Perche, 2022).

Sur le plan socio-économique, le Perche est marqué par une tradition agricole ancienne, avec une activité agricole prédominante basée sur l'élevage bovin, la culture céréalière et la production laitière. Cependant, le tourisme joue également un rôle économique important, attirant les visiteurs avec ses paysages préservés, son patrimoine historique et ses activités de plein air.

Le territoire est façonné par une collaboration étroite entre différentes entités administratives. Actuellement, le PNRP regroupe 91 communes (Annexe 3), chacune participant activement à la mise en œuvre de la Charte du Parc, document définissant les orientations pour la préservation et la valorisation du patrimoine naturel et culturel. En parallèle, neuf communautés de communes (CdC) regroupent ces communes pour coordonner des projets communs et mutualiser des compétences, notamment dans les domaines de l'aménagement du territoire, du développement économique et de l'environnement. Au niveau supérieur, le Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) et les Pôles d'équilibre territoriaux ruraux (PETR) du Perche ornaï et du Perche eurélien dont certaines communes adhèrent, jouent un rôle crucial dans la planification et la coordination des politiques publiques à l'échelle intercommunale. Le SCoT définit les grandes orientations de l'aménagement du territoire, tandis que les PETR favorisent la coopération et la concertation entre les collectivités membres autour d'un projet de développement territorial commun. Ces structures assurent la cohérence des actions et contribuent à un développement équilibré et durable du territoire.

La filière bois-énergie dans le Perche présente un potentiel de développement considérable, notamment à travers la valorisation de la haie bocagère. Le PNR du Perche, en collaboration avec ses partenaires, expérimente et met en place des actions visant à organiser cette valorisation.

Pour répondre à l'enjeu d'une gestion durable de la ressource bocagère, le PNRP promeut le « Plan de gestion durable des haies », un outil d'accompagnement des agriculteurs dans la gestion de la ressource arborée. Ce document comprend un programme d'actions sur 15 ans, un diagnostic des objectifs de gestion, des recommandations et des cartographies de l'exploitation. Il constitue un premier pas vers le Label Haie, dispositif de certification des pratiques de gestion des haies et des filières de distribution du bois issu du bocage.

¹ Ne prend pas en compte les surfaces forestières, densément bâties ou d'eau où l'on ne peut pas rencontrer de haies.

La SCIC Bois Bocage Énergie, fondée en 2006, vise à valoriser le bois bocager comme source d'énergie renouvelable. Ses objectifs incluent la valorisation du bois bocager comme une source d'énergie renouvelable, la contribution à la transition énergétique locale et le soutien au développement économique local. La SCIC collecte de manière raisonnée et respectueuse de l'écosystème le bois bocager, le transforme en plaquettes ou en bûches, et assure sa distribution aux particuliers, aux entreprises et aux collectivités locales.

Le territoire d'inventaire a été défini, incluant sept CdC (Annexe 3). Par choix du Parc, la CdC du Grand Châteaudun incluant La Bazoches-Gouet et Chapelle-Guillaume ne sera pas intégrée dans le périmètre d'étude de l'inventaire pour des raisons financières. La commune de Saint-Quentin-de-Blavou de la CdC de la Vallée de la Haute-Sarthe ne sera également pas prise en compte.

Revue des méthodologies existantes

Différentes approches et méthodes ont été utilisées dans le même cadre d'inventaire de haies que celui du projet dans un contexte plus ou moins similaire avec des objectifs et des protocoles pouvant différer entre eux. L'objectif de cette revue est de comparer ultérieurement sur différents critères la pertinence de chaque méthode d'inventaire et d'estimation de la ressource bois bocagère.

Certaines études récentes (Cocard, 2023 ; CdC Haut Val de Sèvre, 2018 ; SAGE Fremur, 2015) ont étudié les fonctions des haies qu'elles soient paysagères, écologiques, climatiques, économiques, agronomiques, hydrauliques, antiérosives etc., en incluant des critères spécifiques de leurs caractéristiques et de leur milieu respectif. Cette vision ne sera pas évaluée ici, de même que la définition des secteurs à enjeux, ayant déjà des données sur ce point (cf élaboration du SCOT 28, élaboration des PLUi). De plus, cela ne fait pas l'objet de la présente étude et ne sera pas utile pour estimer la ressource bois disponible.

Les études antérieures avaient leur propre définition de la haie et ont abordé des critères similaires de description à ceux qui ont été sélectionnés (Annexe 19). Ces critères de description des haies ont cependant été adaptés et modifiés pour répondre aux besoins spécifiques de l'étude qui seront détaillés ultérieurement. L'utilisation de la digitalisation par photo-interprétation avec SIG par géoréférencement basée sur une photographie satellite a été privilégiée pour quelques études, afin d'identifier les haies selon sa définition.

Tous les éléments descriptifs concernant le contexte de la haie, sa gestion, sa position topographique étaient trop précis pour être pris en compte dans l'étude au vu de l'objectif final. Cette description peut seulement être utile dans le cas où on veut connaître le rôle de la haie et les zones à enjeux dans le paysage.

L'estimation de la ressource bocagère a également été abordée dans plusieurs documents. Les divers procédés sont détaillés ci-dessous. Dans toutes les méthodes, pour éviter de diminuer le capital initial (Annexe 5), il est recommandé de ne prélever que l'accroissement annuel en bois. Cette valeur est estimée en fonction du linéaire des haies. Pour estimer le volume de bois, seuls certains types de haies sont pris en compte, particulièrement celles orientées vers la production de bois déchiqueté après recépage tous les 15 ans. Les haies non productives ou d'intérêt ornemental, comme les haies buissonnantes, les haies maison et les hauts-jets (qui peuvent également être utilisés pour produire du bois d'œuvre) sont exclues.

a) Méthode n°1

Une étude d'inventaire bocager a déjà été réalisée sur la CdC des Hauts du Perche en 2017 (SCIC B²E, 2017). Cette dernière visait à mettre à jour le linéaire de haies datant de 2010 et actualiser la BD Bocage du territoire.

Des données ont été collectées concernant la typologie de la haie (Annexe 4). Le processus d'estimation de volume de bois disponible évalue le potentiel de volume sur pied des haies en MAP (Annexe 5), en prenant en compte les trouées. En parallèle, les taillis² présents sur le territoire sont également pris en compte. Enfin, en additionnant les estimations des haies et des taillis, on obtient une estimation totale du capital sur pied et du prélèvement annuel possible de bois pour le territoire étudié.

b) Méthode n°2

En 2013 (Dulieu, 2013), une stagiaire s'est basée sur l'étude d'estimation du volume total de la biomasse bocagère menée par l'institut forestier national (IFN). Elle l'a appliqué à l'ensemble du territoire du Grand Perche pour cibler les zones où le bois de bocage était exploitable et a mené ensuite une réflexion sur les enjeux de développement de la filière bois-énergie sur le territoire et sur l'assurance d'approvisionnement énergétique du territoire en concertation avec les acteurs de la filière. La biomasse bocagère a été scindée en trois types dépendant de facteurs de plus en plus limitants concernant la disponibilité du bois (*Tab.I*).

Tableau I. Les différents types de biomasses bocagères, leurs définitions et les facteurs limitant leur disponibilité (Source, Parc naturel régional du Perche/MD, 2013)

Types	Biomasse bocagère théorique	Biomasse bocagère exploitable	Biomasse bocagère mobilisable
Facteurs	<i>Energétique</i>	<i>Economique</i>	<i>Humain</i>
Définitions	Volume de bois sur pied <u>utilisable</u> pour le bois de chauffage chaque année	Volume de bois sur pied utilisable et situé sur un terrain qui permet une exploitation <u>réalisable</u> en termes de coût logistique	Volume de bois sur pied exploitable qui pourrait potentiellement être <u>géré</u> pour le bois-énergie par un agriculteur

L'inventaire des haies s'est fait à l'aide d'une méthode d'échantillonnage du territoire pour sélectionner des zones précises et représentatives (Annexe 6). Des variables qualitatives ont ensuite été mesurées pour estimer la productivité de la haie définie comme moyenne à forte. Cela nécessitait la connaissance du volume sur pied correspondant à un capital de base et de l'accroissement annuel estimé dans l'étude HBBN (Simon *et al.*, 2019). La typologie des haies a donc été prise en compte (Annexe 4), définie comme la plus représentative du territoire du Perche. De plus, la productivité des essences (Chambre d'agriculture de Bretagne, 2012) (Annexe 7) ainsi que l'état général de la haie (âge, continuité et régénération) ont été intégrés.

Pour estimer l'exploitabilité, les caractéristiques du terrain sur lequel se situe la haie et qui exercent une influence sur son accessibilité, c'est-à-dire sur le coût logistique d'exploitation, ont dû être mesurées. Cette accessibilité a été caractérisée par la présence d'un accès (type d'accès, distance ou nature du terrain), la topographie (pente classée en trois catégories de pourcentage) et la distance entre la haie et une route (quatre catégories). La distance étant la variable ayant le plus d'influence sur le coût d'exploitation. Une fiche terrain explicative a aussi été faite pour limiter les erreurs d'appréciation.

L'analyse des résultats (Annexe 8) de l'estimation de la biomasse bocagère du GP s'est déroulée en trois temps : les données recueillies sur le terrain ont été saisies informatiquement dans un tableur, ensuite elles ont été analysées statistiquement puis spatialement.

c) Méthode n°3

² Petits boisements présents sur le territoire

La communauté de commune de Granville Terre et Mer, dans le cadre du PCAET (Pré-Bocage Intercom, 2020), a missionné la Chambre d'agriculture de l'Orne pour réaliser une étude sur le potentiel de développement des énergies renouvelables incluant les gisements bois énergie. Cette étude avait pour objectif de mieux connaître le réseau bocager (évaluation de sa densité, de l'état général du maillage bocager), son potentiel de production en bois énergie et de connaître le nombre potentiel et la puissance globale de chaufferies bois pouvant être approvisionnées en local.

La méthodologie pratiquée se basait sur un échantillonnage d'un certain nombre de placettes de 200 ha chacune, couvrant au moins 15 % de la superficie totale de l'intercommunalité, réparties de manière homogène et aléatoire. Un inventaire des haies a été réalisé sur chacune d'elles. Différents critères ont été relevés sur chaque haie : type de haie (non détaillé), potentiel de production (selon le référentiel de la Chambre d'agriculture de l'Orne), pourcentage de trouées, qualité. Seul le gisement bocager a contribué à l'estimation (les forêts, arbres urbains ou de jardins n'ont pas été comptabilisés). L'ensemble des haies recensées par placette ont été cartographiées.

La densité bocagère a été estimée sur chaque placette. Cela a permis de délimiter des secteurs de densité homogène. Par extrapolation à la Surface Agricole Utile propre à chaque secteur, la Chambre d'Agriculture en a déduit une densité globale à l'échelle de la Communauté de communes.

d) Méthode n°4

En 2019, l'IGN a réalisé un inventaire afin d'évaluer les volumes récoltables de bois (Annexe 9) dans les haies normandes et bretonnes (Simon *et al.*, 2019). La méthode d'évaluation du linéaire bocager s'est déroulée en trois phases, dont une consistait à se rendre sur le terrain afin de confirmer ou pas si les intersections identifiées par photo-interprétation comme étant des haies le sont réellement. S'il s'agissait bien d'une haie, après visite du point, les opérateurs de terrain IGN ont relevé différents types de données (Annexe 10).

Premièrement, la densité bocagère a été estimée, avec une grille régulière à maille de 7 km x 7 km par carré. Une typologie a été définie pour chaque haie recensée inspirée de celle de l'AFAC (AFAC-C, 2017), prenant en compte neuf types (Annexe 4).

Le linéaire potentiellement exploitable a été évalué pour connaître celui qui compte réellement dans le capital d'exploitation. Pour cela, le critère de perméabilité a été pris en compte. Cela correspond au taux de discontinuité ou de dégradation des strates végétales dans l'étage bas (0-2 mètres) et dans l'étage moyen (2-7 mètres) de la haie. Il a été défini que si le taux de perméabilité dans l'étage moyen (2-7 mètres) de la haie est supérieur à 60%, alors la haie n'est pas incluse dans le capital d'exploitation.

Il a été décidé de répartir le linéaire correspondant aux cordons boisés³ dans les haies de hauts jets à deux ou trois strates. En effet, les cordons boisés ne sont pas associables à un type de la typologie IGN ou nationale et il est difficile d'estimer une productivité et une production biologique pour ce type d'élément bocager. Il n'était pas envisagé d'exclure les cordons boisés de l'étude puisque ces derniers représentent 6% du bocage normand (8 800 km) ce qui n'est pas négligeable.

Des volumes récoltables par type de haies ont été calculés. Pour cela, il a fallu estimer leur productivité (Annexe 9) hors cordons boisés et de la comparer avec la production biologique des haies (m³/an). Pour ce faire, les accroissements ont été multipliés (Annexe 9) par le linéaire de haies hors cordon boisé, ce qui a donné des taux de prélèvement. Le ratio des volumes récoltés (productivités calculées à partir des retours d'enquête) par rapport à l'accroissement biologique a permis de comparer les pratiques de terrain (niveaux annuels de prélèvements issus des données de chantiers) avec l'accroissement biologique des arbres bocagers (mesures dendrométriques).

³ Élément clé du bocage composé d'arbres et d'arbustes, souvent plus large et plus complexe qu'une haie

e) Méthode n°5

Dans sa dernière étude de 2022 (Dassot *et al.*, 2022), l'IGN a réalisé une première estimation quantitative des stocks actuels de bois et de biomasse dans les haies des principaux départements bocagers français, ainsi que de leurs prélèvements récents. Elle a également développé une méthodologie générique pour produire des estimations comparables aux échelles nationales et régionales.

Cette méthode s'est basée sur des photos aériennes récentes et non des mesures terrains (Annexe 11). La méthodologie (Annexe 12) a consisté à calculer des métriques de hauteur et de largeur de haie calculées à partir de photographies aériennes récentes. Ces données ont été calculées par un Modèle Numérique de Hauteur de Canopée (MNHC) à partir des Modèles Numériques de Surface (MNS) et de terrain (MNT) de l'IGN (Annexe 13).

Toutes ces études concluent déjà le besoin d'établir un modèle simple avec pour objectif de prédire la productivité en biomasse d'une haie à partir des variables identifiées préalablement comme étant fortement corrélées linéairement à la productivité. Ces différentes approches ont servi de base pour construire le protocole dans cette présente étude.

Base de données du PNR existante

Si l'on fait un état des lieux des différentes données SIG format .shp que possède le Parc (Annexe 14), on a la BD Topo des haies de 2010 qui attribue une typologie à chaque tracé de linéaire de haie contrairement à celle de 2019, la BD sur le linéaire de haies entre 2015 et 2023 fait référence aux plantations faites entre ces deux années. L'occupation du sol du PNR inclut les milieux aquatiques, les cultures, les bâtiments, les vergers, les forêts et les prairies permanentes. Enfin, la BD de végétation prend en compte les forêts et les haies simultanément. Ces données indiquées ne sont pas exhaustives et sont prises à titre d'exemples, il en existe d'autres disponibles, notamment la BD fusion regroupant l'ensemble des données.

Méthode proposée

a) Définition de la haie

Une définition de la haie a tout d'abord été établie pour la suite de la méthode selon les critères suivant, définis dans le cahier des charges lié à la mise à jour de la BD Bocage Normandie-Maine (PNR Normandie-Maine, 2020) :

- Formations linéaires arborées comportant des arbres ou des arbustes ;
- ne comportant pas de coupure supérieure à 10 mètres ;
- taillées ou non entretenues ;
- longueur minimum d'un tronçon élémentaire : 10 mètres ;
- une lisière de bois ou de forêt ne forme pas une haie ;
- les zones urbanisées denses seront exclues de l'inventaire.

b) Échantillonnage statistique stratifié par identification de zones homogènes

L'objectif était d'avoir une précision limitée pour voir apparaître des blocs facilement sur la carte finale pour le choix des zones et éviter dans ce même cas les pixels perturbateurs. Le territoire a alors été divisé en placettes de 5 km² afin d'identifier facilement des secteurs homogènes en termes de densité bocagère.

Initialement, une carte de synthèse a été réalisée (Annexes 17, 22) à l'aide du logiciel QGIS (version Desktop 3.34.5) pour définir ces secteurs avec une représentation en polygones à contour irrégulier. Elle s'est construite à partir de données déjà disponibles sur le serveur du PNR du Perche et sur la base d'une grille format shapefile d'échelle de maillage de 5 km². De là, le linéaire de haies a permis par intersection d'obtenir une table attributaire avec la longueur de haies en ml par carré de

5 km². Les surfaces forestières, urbaines et aquatiques ont été retirées de ces pixels afin d'éviter le faussement des résultats étant donné qu'une zone peut être dense en haies dans sa surface exploitable sans les surfaces à enlever mais ne pas avoir beaucoup de haies en termes de longueur (Fig.2), les lisières forestières n'ont pas été intégrées.

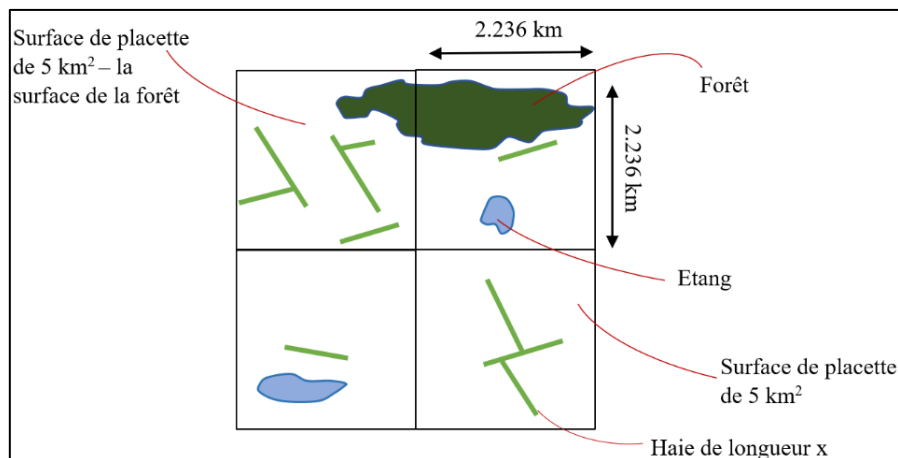


Figure 2. Schéma représentant le protocole de calcul de densité bocagère nette par pixel de 5 km²

Il a fallu également nuancer les données sur le bord du territoire d'étude car un effet de bordure peut engendrer une diminution de la surface à prendre en compte pour le calcul de densité. Quatre classes de densité bocagère en ml/ha ont été créées autour de la moyenne toujours dans le but d'éviter le surplus d'informations concernant la répartition des pixels. Cependant, après avoir testé cette méthode, il s'est avéré que l'utilisation d'un raster offrait une meilleure visualisation des secteurs homogènes. Par conséquent, une couche raster de la densité bocagère nette a été créée (Annexes 16, 23) afin d'obtenir un visuel plus lisse et de pouvoir ajuster si besoin les classes de densité.

Des zones homogènes intéressantes à inventorier ont été définies grâce à deux variables, la densité en haies et les unités paysagères (Annexe 15) qui présentent chacune des caractéristiques différentes de topographie, de tradition agricole etc. Une unité paysagère pouvait contenir plusieurs zones homogènes si une limite nette de densité différente se présentait. De plus, une zone de densité homogène a pu être divisée en deux zones homogènes distinctes dû à l'historique du paysage et au fait qu'en fonction du stock de bois, une zone homogène peut contenir différentes typologies de haies.

Dix zones de densité homogène ont été définies pour répartir les points à l'aide d'un tirage aléatoire pondéré des zones d'inventaire (échantillons) afin de prendre en considération les unités de sondages étant la densité de bocage et les entités paysagères dans la sélection. 130 points d'inventaire représentés par des dalles d'1 km² ont été répartis sur chaque zone homogène de manière proportionnelle à la surface en haies de cette zone (Tab. II). L'accessibilité (accès routes et chemin) était importante à prendre en compte pour la localisation des placettes d'inventaire et ce afin d'avoir une meilleure visibilité des haies.

Tableau II. Tirage du nombre d'échantillons par zone homogène

Zone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Surface (km ²)	129	159,97	69,93	69,41	227,39	84,49	191,85	570,81	36,55	381,63	1693,64
Surface avec haies (km ²)	59,25	138,05	59,33	60,23	200,93	76,17	145,9	465,43	29,39	151,99	1386,67
%S (S _{haies} /S _{totale})	4,27	9,96	4,28	4,34	14,49	5,49	10,52	33,56	2,12	10,96	100%
N'	6	13	6	6	19	7	14	44	3	14	130

Ainsi pour calculer le nombre de points à répartir par zone de densité (N'), le pourcentage de surface de haies de chaque zone (%S) a été appliqué au nombre total de points à répartir (130). Après la création de points aléatoires sur le logiciel de SIG QGIS, une certaine répartition des échantillons est obtenue (Annexes 18, 24).

c) Construction des variables quantitatives et qualitatives

L'étape suivante avait pour objectif de définir les informations pertinentes à relever sur le terrain en gardant bien en tête l'objectif final, celui d'estimer la ressource bois des haies. Pour cela, trois critères sont essentiels, à savoir la densité des haies, leur biodiversité et leur typologie, influençant la quantité de ressource disponible. Une fiche terrain (Annexe 19) a été réalisée dans le but de faciliter l'inventaire en mettant les informations sur cette dernière à relever. Des critères simples ont été définis dont une « typologie simplifiée » afin de favoriser la mise en forme de la table attributaire ultérieurement expliquée. Certaines informations utiles pour la suite ne seront pas nécessairement relevées en raison de leur disponibilité en données cartographiques.

Chacun des critères pris en compte est accompagné si besoin d'une explication (Annexe 20), pour les participants à l'inventaire qui pourrait ainsi clarifier les exigences et faciliter la compréhension des directives à suivre. Des données administratives doivent tout d'abord être recueillies, la suite de la fiche terrain est consacrée aux caractéristiques mêmes de la haie, notamment sa forme incluant :

- sa longueur en mètre linéaire (ml) ;
- une typologie à huit classes (Annexe 21) basée sur des critères morphologiques facilement repérables et adaptée à la région de la Normandie (inspirée du référentiel national sur la typologie des haies de l'Afac-Agroforesterie (Annexe 25)) ;
- la présence potentielle d'arbres têtards ;
- le nombre de strates est aussi pris en compte et décrit les principaux niveaux d'étagement vertical d'un peuplement végétal, chacun étant caractérisé par un microclimat et une faune spécifique ;
- la description de la continuité des haies ;
- la largeur de la haie spécifiée en ce qui concerne son houppier, son emprise et la bande enherbée au sol avec des classes définies.

Enfin, une description plus générale de la haie est considérée tout d'abord sur son âge. Un relevé des essences dominantes de chacune des strates est aussi intégré. La dernière partie de la fiche terrain est vouée aux remarques éventuelles concernant l'état de la haie prenant en compte la présence d'arbres morts séchés, de dépérissements, d'arbres blessés ou de branches abîmés qui pourraient affecter la croissance de l'arbre. Dans le cas où des informations sur l'entretien de la haie sont disponibles ou connues sur la fauche de la strate herbacée ou la taille de la haie, cette case peut être remplie. Les autres remarques sont liées à l'occupation du sol et aux micros-habitats, c'est-à-dire la présence de talus, de fossé(s) ou de cavité(s), trou(s) formé(s) naturellement au sein des troncs d'arbres pouvant servir d'habitats pour des oiseaux nicheurs, certains hyménoptères ou mammifères.

d) Application de la méthodologie sur le terrain

Afin de tester la fonctionnalité de la méthodologie, une phase test terrain va être menée en juillet, elle sera étendue ensuite au périmètre d'inventaire tracé en amont (Annexe 3) sur 10 % du territoire. L'ensemble des paramètres recherchés et les critères associés ont été inscrits au préalable au sein d'une table attributaire reliée au projet dans le but de faciliter les relevés durant l'inventaire. Il est à noter que les haies urbaines n'ont pas été prises en compte.

e) Analyse des données et résultats attendus de l'estimation de la ressource bois disponible

Afin d'estimer la quantité de ressource bois énergie disponible, il faudra appliquer des traitements statistiques et spatiales après avoir saisi les données dans la table attributaire. Tout d'abord, une analyse de l'estimation du linéaire bocager réelle sera nécessaire en comparant le linéaire cartographié au linéaire inventorié. Cela permettra de définir un taux d'erreur représentant un pourcentage de haies non cartographiées présentes sur le terrain ou cartographiées mais absentes sur le terrain. Ce taux d'erreur sera ensuite appliqué au linéaire total sur la BD bocage pour obtenir le linéaire réel de bocage.

Ensuite, il faudra déterminer si les haies sont exploitables ou non, pour cela les critères suivants vont être examinés : la présence d'un talus, d'un fossé, d'une forte pente, la distance de la haie par rapport à la route et la présence d'un accès. De là, des catégories d'exploitabilité vont être mises en place, les haies directement exploitables, celles dont l'exploitation est possible mais à long terme et les haies inexploitables. La continuité de la haie doit être prise en compte également pour savoir si la haie est trop perméable pour être incluse dans le capital d'exploitation.

La productivité du bocage doit d'abord être estimée par typologie (Annexes 20, 26), le volume de bois récoltable en m^3 *bois plein/an* dans les haies est calculé en déterminant une longueur maximale et potentiellement mobilisable⁴ en kilomètres de linéaire inventorié par type de haie et en le multipliant par la productivité en $m^3/km/an$. Un tableau de conversion a été défini pour le changement d'unité potentiel (Annexe 27).

Pour l'analyse spatiale, les données obtenues seront transposées en cartographie avec un logiciel de SIG. Les données du tableur seront extrapolées concernant le taux d'erreurs de la base de données bocage, avec l'obtention d'un raster contenant pour chaque cellule, un taux d'erreur associé. Au préalable, la densité bocagère sera cartographiée en format raster, il suffira donc de multiplier les deux rasters pour obtenir un raster avec les valeurs corrigées de densité.

En ce qui concerne l'exploitabilité du bocage, une extrapolation du taux de bocage accessible pourra être réalisée. La productivité des haies pourra être extrapolée au linéaire de la BD. Pour cela, différents rasters correspondant aux taux de présence d'une typologie vont être créés, une carte de répartition des typologies sera obtenue à la fin. Chaque raster de taux de typologie sera multiplié par le volume de bois correspondant à la typologie qu'il représente. Ainsi, un raster de la répartition du taux de volume de bois de bocage sera obtenu et multiplié au raster de densité linéaire du bocage corrigé précédemment. Ce qui finalement amènera à la création du raster de répartition du volume de bois disponible sur le territoire d'étude.

Evaluation des méthodologies

Par la suite, une comparaison des différentes méthodologies a été réalisée, en examinant leurs avantages, inconvénients, efficacité, précision, complexité, applicabilité potentielle au contexte spécifique du projet, coût, temps nécessaire et la possibilité d'engagement participatif. Cette comparaison a été construite sur la base d'un tableur Excel, utilisant des données issues de sources externes, étant donné que les résultats spécifiques du protocole mis en place n'étaient pas disponibles. Cette analyse a conduit à répondre à la problématique de départ sur les attentes et critères pertinents à choisir pour une méthodologie adaptée. Une discussion a finalement été incluse pour aborder les biais éventuels, les facteurs externes influençant le choix (notamment la décision du parc de recourir à un volet participatif), le taux de fiabilité des résultats et les complexités rencontrées lors de l'application des méthodologies.

Résultat : Choix de la méthodologie

L'objectif principal de cette étude était de déterminer la méthodologie la plus appropriée pour l'inventaire et l'estimation de la ressource bois bocagère dans le Parc naturel régional du Perche. Chacune des méthodologies évoquées présentent des avantages et inconvénients spécifiques.

La méthode de la SCIC B²E a fourni une qualité des données altérée par l'absence de vérification sur le terrain et les données parcellaires agricoles manquantes, avec des typologies insuffisantes. La méthode de Marion Dulieu a été adoptée en grande partie en raison de son efficacité, assurant une représentation des différentes typologies de haies et un gain de temps pour inventorier le PNRP. Toutefois, elle nécessite une sélection minutieuse des zones homogènes pour obtenir des résultats rep-

⁴ Dépend de la continuité de la haie (supérieure ou inférieure à 60%) et de son exploitabilité

-représentatifs et ne prend pas en compte les entités paysagères, un critère pour définir plus précisément ces zones de densité bocagère. La méthode de Simon *et al* est validée par des données de terrain, mais manque de précision concernant les indices d'exploitabilité où la pente et la connectivité ne sont pas prises en compte. Quant à la méthode de l'IGN, elle permet une évaluation rapide et large des haies pour estimer les stocks de bois, mais peut manquer de précision pour des analyses locales sans validation terrain et ne distingue pas facilement les typologies de haies.

Discussion

Les méthodologies utilisées peuvent influencer la fiabilité des données par plusieurs biais. La photo-interprétation et les SIG fournissent une grande précision spatiale. Cela est crucial pour une analyse détaillée du paysage et du linéaire, bien que leur efficacité pour estimer le volume de bois disponible dépend fortement de la qualité et de la récence des images satellites utilisées, ainsi que la saisonnalité. La collecte de données sur le terrain, bien qu'utile pour combler les lacunes des inventaires SIG, peut être entravée par des obstacles logistiques tels que l'accès limité à certaines parcelles privées, ce qui peut obliger à se munir de jumelles pour déterminer la typologie des haies à distance, empêchant une identification des essences présentes. Enfin, les données des groupes de travail sont utiles pour compléter les inventaires mais nécessitent une harmonisation des méthodes de collecte pour leur cohérence. On peut aussi se demander si une extension de la surface échantillonnée à plus de 10 % pourrait améliorer la représentativité et la fiabilité des résultats. Les zones facilement accessibles peuvent avoir été sur-représentées, ce qui pourrait biaiser les estimations. De plus, les inventaires de terrain peuvent être coûteux en termes de ressources humaines et matérielles et peuvent être chronophages selon les protocoles mis en place.

L'implication des communautés locales a joué un rôle clé dans le choix des méthodologies. L'objectif est de développer un compromis en simplifiant la démarche sur le terrain, c'est-à-dire les concepts, les étapes, en éliminant les termes techniques pour rendre la méthodologie accessible à un large public quel que soit son niveau de connaissance, tout en maintenant la précision des données. Ainsi, l'engagement, la participation de tous et l'accès aux connaissances sont favorisés, ce qui rend l'inventaire plus convivial. Un autre facteur externe est à prendre en compte, la méthode doit être adaptée au contexte spécifique de la région pour tenir compte des facteurs environnementaux locaux.

Des projets similaires de sciences participatives menés sur d'autres taxons (Du Bailler *et al.*, 2023 ; Coulon *et al.*, 2022) ont montré qu'en utilisant des méthodes de collecte simples, la formation des participants et des techniques adaptées peuvent améliorer la gestion des ressources naturelles et impliquer les communautés locales.

Des critères intégrés dans la méthode proposée sont pertinents à prendre en compte dans la description des haies bocagères telles que la présence de cavité, de taille sommitale/latérale ou de fauche, le relevé de largeur du houppier, de l'emprise et de la bande enherbée dans le but de définir des objectifs précis et mesurables pour l'entretien des haies, de garantir un plan de gestion durable des haies et de maintenir leurs multiples services écosystémiques.

Pour aller plus loin, il serait intéressant d'explorer l'utilisation de technologies avancées telles que les drones et l'intelligence artificielle pour améliorer la précision et l'efficacité des inventaires bocagers, d'étudier l'influence des facteurs environnementaux affectant la croissance des arbres (Legay, 2015) sur la production en bois et de mettre en place un suivi régulier des haies pour évaluer les changements, maintenir la pertinence des données et ajuster les plans de gestion en conséquence. Enfin, renforcer l'engagement participatif à travers des formations et des ateliers sur la description des haies pourrait maximiser les bénéfices et assurer une gestion durable à long terme des ressources bocagères.

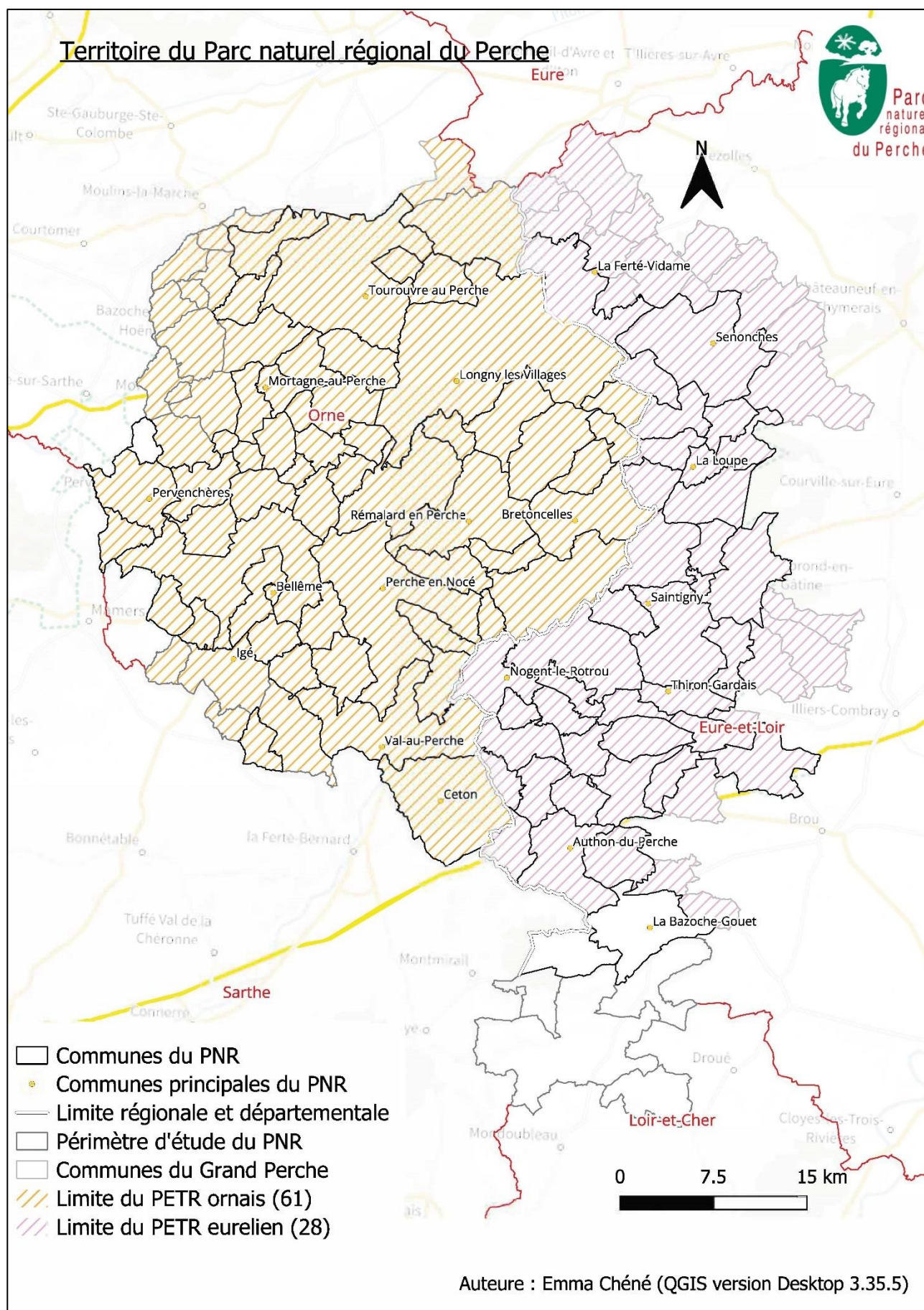
Bibliographie

- AFAC-A.** (2017). Référentiel national sur la typologie des haies, modalités pour une gestion durable.
- Aviron, S., Burel, F., Baudry, J., & Schermann, N.** (2005). Carabid assemblages in agricultural landscapes: impacts of habitat features, landscape context at different spatial scales and farming intensity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 108(3), 205-217.
- Bouvier, D.** (2008). Estimation de la productivité des haies de l'Ouest de la France, Recherche de références pour l'amélioration de la valorisation énergétique des haies.
- Burel, F., & Baudry, J.** (1995). Social, aesthetic and ecological aspects of hedgerows in rural landscapes as a framework for greenways. *Landscape and Urban Planning*, 33(1-3), 327-340.
- Cocard, E.** (2023). *Guide méthodologique d'inventaire des haies bocagères sur le territoire de l'IBTN*.
- Communauté de Communes Haut Val de Sèvre.** (2018). Inventaire des haies suivi de préconisations dans le cadre du Plan Local d'Urbanisme Intercommunal. Niort : Communauté de Communes Haut Val de Sèvre.
- Coulon, J., Dozières, A., Gigot, G., & Loïs, G.** (2022). *Premier panorama des sciences participatives dans les territoires d'Outre-mer. Inventaire et caractérisation* (Doctoral dissertation, PatriNat (OFB-CNRS-MNHN)).
- Dassot, M., Commagnac, L., Letouze F., Colin, A.** (2022). Stocks de bois et de carbone dans les haies bocagères françaises.
- Du Bailler, P. T., Stephan, E., Rohr, A., Louisy, P., de Bettignies, T., & Thiriet, P. D.** (2023). *Vers un réseau pour le suivi participatif en plongée sous-marine des poissons et habitats rocheux côtiers d'Atlantique, Manche et Mer du Nord* (Doctoral dissertation, APECS; Association Peau-Bleue; Patrinat).
- Dulieu, M.** (2013). Réflexions sur les limites de développement de la filière bois-énergie bocage du Perche.
- Henry, C., Sbille, F., & Baur, C.** (2017). Un paysage humain et fragile : le bocage percheron. *Études Normandes*, 1(1), 42-49.
- IFN.** (2010). L'estimation du bois de haie mobilisable en « bois énergie » en Basse-Normandie.
- Lecq, S.** (2013). *Importance de la structure des haies, des lisières, et de la disponibilité en abris sur la biodiversité, implications en termes de gestion* (Doctoral dissertation, Université de Poitiers).
- Legay, M.** (2015). Effets attendus du changement climatique sur l'arbre et la forêt. *L'arbre et la forêt à l'épreuve d'un climat qui change, Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au parlement, La Documentation française*, 33-64.
- Meeus, J. H.** (1993). The transformation of agricultural landscapes in Western Europe. *Science of the total environment*, 129(1-2), 171-190.
- Mulliez, J.** (1979). Du blé, » Mal nécessaire ». Réflexions sur les progrès de l'agriculture de 1750 à 1850. *Revue d'histoire moderne et contemporaine (1954-)*, 26(1), 3-47.

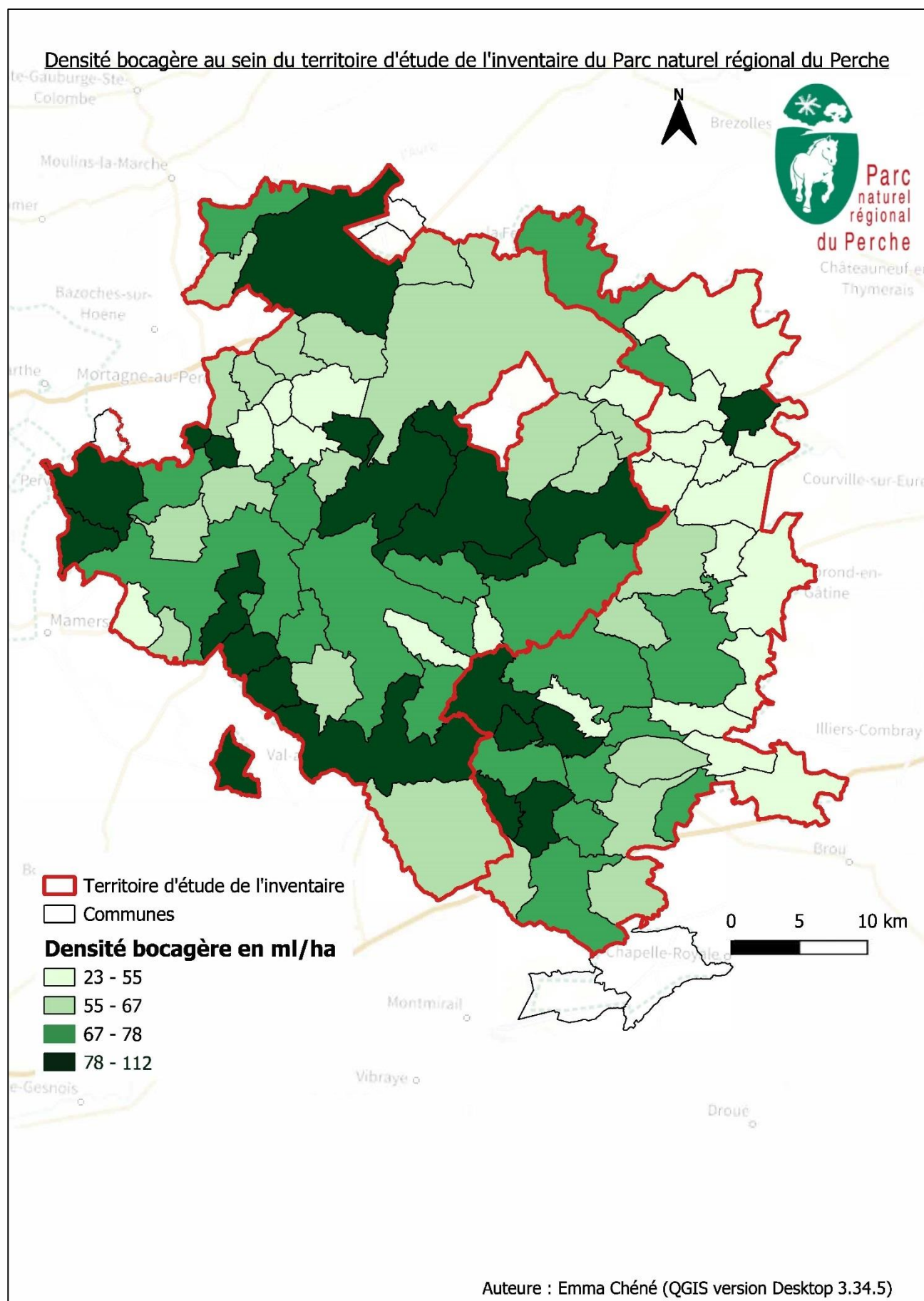
- Musset, R.** (1919, September). LE PERCHE : NOM DE PAYS. In *Annales de Géographie* (Vol. 28, No. 155, pp. 342-359). Armand Colin.
- Pelatan, J.** (1985). Le Perche : un espace de transition. *Études Normandes*, 34(3), 46-57.
- PNR du Perche.** (2022). Diagnostic territorial du Parc naturel régional du Perche. Mortagne-au-Perche : PNR du Perche
- PNR Normandie-Maine.** (2020). Cahier des charges pour la cartographie des haies sur le territoire du Parc Normandie-Maine : Base de données cartographiques Bocage NM (Mise à jour 2020).
- PNR Normands.** (2015). Observatoire du territoire. Boite à outils haie/bocage (Mémo 2).
- Pré-Bocage Intercom.** (2020). Cahier n°2 : Diagnostic. Plan Climat Air Energie Territorial.
- SAGE Fremur.** (2015). Guide d'inventaire du maillage bocager.
- SCIC B²E.** (2017). Premières conclusions de l'inventaire bocager sur la CDC des Hauts du Perche.
- Simon, M., Letouzé, F., & Colin, A.** (2019). Evaluation de la biomasse bocagère en Normandie.
- Soltner, D.** (2015). Planter des haies. 10^{ème} édition. Sciences et techniques agricoles.
- Viaud, V.** (2004). *Organisation spatiale des paysages bocagers et flux d'eau et de nutriments. Approche empirique et modélisations* (Doctoral dissertation, Agrocampus-Ecole nationale supérieure d'agronomie de rennes).

Annexes

Annexe 1. Carte représentant le territoire du Parc naturel régional du Perche



Annexe 2. Carte représentant la densité bocagère au sein du territoire d'étude d'inventaire du PNR du Perche



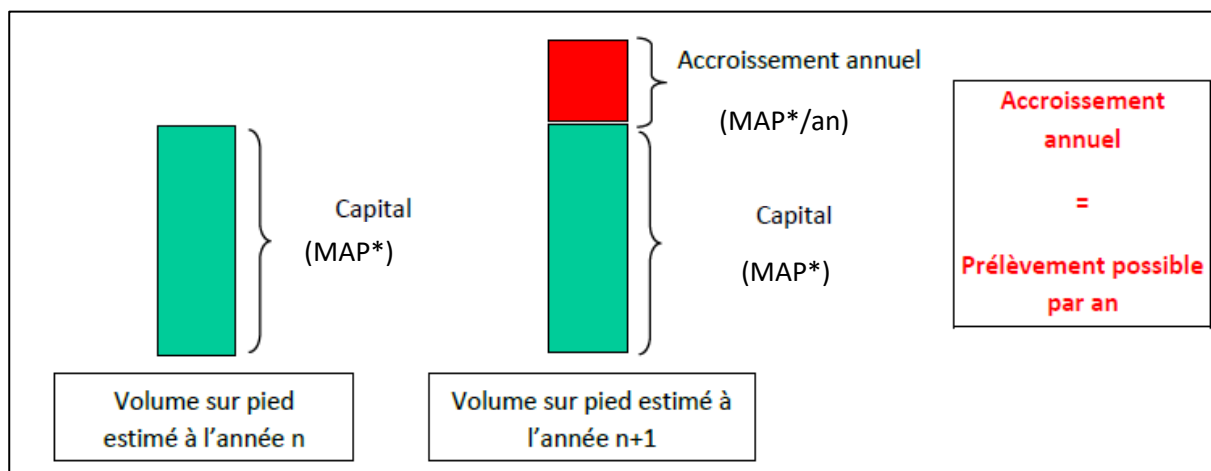
Annexe 3. Carte représentant les communes comptées dans le projet d'inventaire



Annexe 4. Synthèse des typologies utilisées dans la revue méthodologique

	Méthode n°1	Méthode n°2	Méthode n°4	Méthode n°5
Haie à 3 strates				
Hauts jets avec sous étage arbustif				
Hauts jets seuls				
Hauts jets avec taillis				
Taillis avec sous étage arbustif				
Taillis simple				
Haie arbustive				
Haie buissonnante non productive				
Haie maison				
Hauts Jets 3 strates				
Hauts jets 2 strates				
Hauts jets 1 strate				
Cépées 2 strates				
Cépées 1 strate				
Têtards 1 strate				
Têtard 2 strates				
Hauts jets				
Cépées				
Têtards				
Haie basse				

Annexe 5. Capital en bois et accroissement annuel (Chambre d'Agriculture de Normandie, 2023)



*Le mètre cube apparent plaquette (MAP) a été défini de la manière suivante :

- 1 m³ de bois plein équivaut à 2.5 MAP
- 1 MAP (bois vert) = 330 kg
- 1 MAP (bois sec) = 250 kg
- 1 Tonne bois vert = 0.85 Tonne bois sec

Estimation de la longueur du linéaire



Caractérisation des typologies de chaque haie



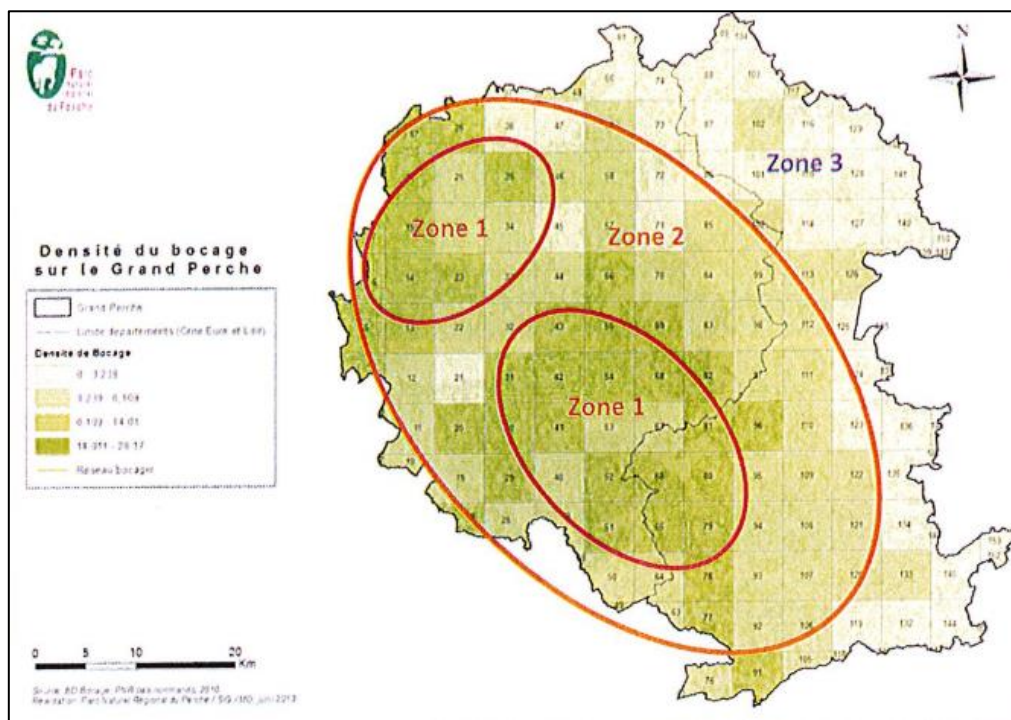
Estimation du potentiel de volume sur pied en MAP sur le linéaire de haie estimé à l'aide d'un référentiel de production régional par typologie (Multiplication du linéaire par la production en fonction de l'unité donné). Cette estimation prend en compte les trouées, sur 100 mètres de haies, si 30% sont vides, seuls sont comptabilisés les 70% où il y a du bois.



Estimation de l'accroissement annuel en MAP/an = Prélèvement possible par an = Différence entre le volume sur pied année n + 1 et le volume sur pied à l'année n

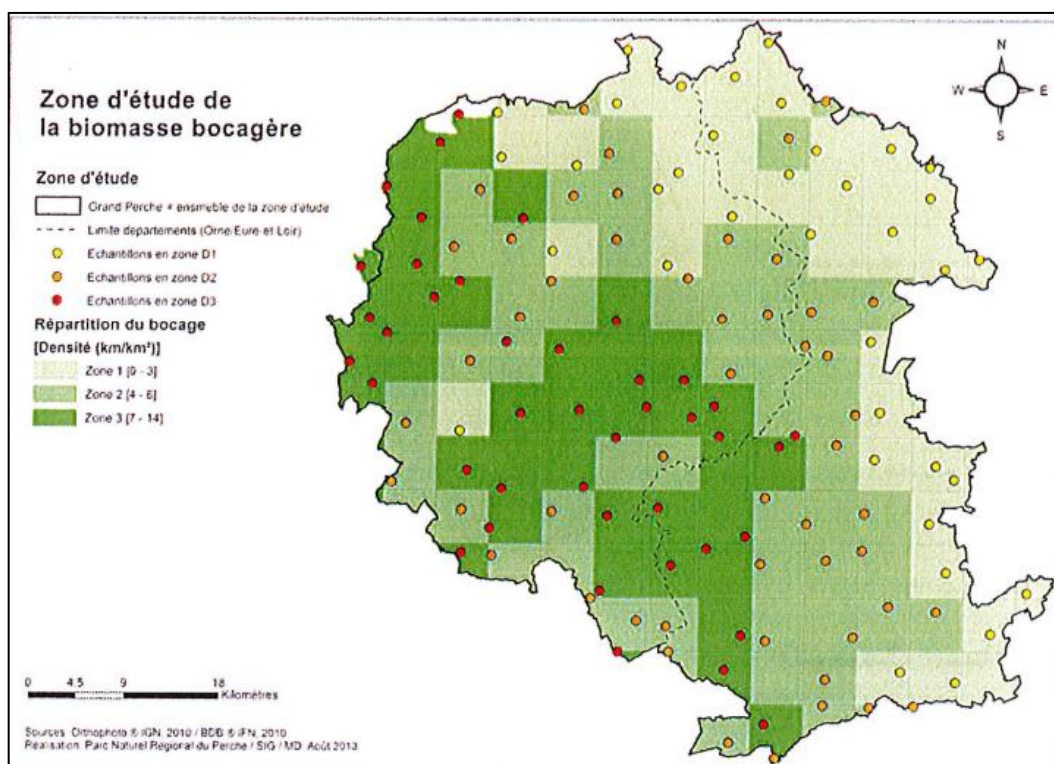
Annexe 6. Méthodologie d'inventaire des haies par sélection de zones homogènes (Dulieu, 2013)

Des zones homogènes ont été définies et le territoire a donc été découpé en carreaux de cinq kilomètres carrés.



Les unités obtenues ont servi à calculer les données de répartition du linéaire bocager. Les 130 points d'inventaire ont été répartis de manière aléatoire sur chaque zone de densité bocagère homogène de manière proportionnelle à la surface de cette zone. Pour calculer le nombre de points à répartir par zone de densité (N'), un pourcentage de surface de chaque zone (%S) a été appliqué au nombre de points total à répartir.

	D1	D2	D3	Total
Nombre de mailles	52	54	46	152
Surface (km ²)	801.1	1124.2	919.6	2844.9
%S (S_D / S_{totale})	28.2%	39.5%	32.3%	100%
N'	37	51	42	130



Annexe 7. Productivité des haies en fonction de leur typologie et des essences

Productivité des haies en fonction de leur typologie et des espèces : pour 100 m (sans trouée) : données indicatives issues de suivi de chantier et d'étude de haies.			
Type de haie	Essence majoritaire	Productivité en MAP sec par 100 m et par an	
		Sol et climat adaptés à l'essence majoritaire (Bon potentiel)	Sol et climat moins adaptés à l'essence majoritaire (Potentiel moyen)
Hale basse	Genêt, prunellier	Faible : 0 à 0,5 MAP	
Taillis	Châtaignier	2,5 à 3,5 MAP	0,8 à 2 MAP
Prélèvement des cépées	Noisetier	1 à 2 MAP	0,8 à 1 MAP
	Saule	2 à 3 MAP	1 à 1,5 MAP
	Mélange d'espèces	2 à 2,5 MAP	0,8 à 1 MAP
Futale âgée	Chêne haut jet	1 à 2 MAP	0,7 à 1 MAP
Prélèvement des branches, abattage des troncs	Hêtre	1 à 2 MAP	0,7 à 1 MAP
	Châtaignier	1,5 à 2 MAP	0,8 à 1,2 MAP
	Mélange d'espèces	1,5 à 2 MAP	0,7 à 0,9 MAP
	Chêne émonde	0,085 MAP/arbre soit 0,6 à 2 MAP/100 m selon densité	
Taillis sous futale	Châtaignier	2 à 3 MAP	0,8 à 1,5 MAP
Prélèv. des cépées, branches, abat-tage des troncs	Hêtre	1,5 à 2 MAP	0,7 à 1,2 MAP
	Chêne	1,5 à 2,2 MAP	0,8 à 1,2 MAP
	Mélange d'espèces	1,5 à 2,5 MAP	0,7 à 1 MAP
Hale jeune (1 ^{re} coupe à 20/25 ans)	Mélange d'essences productives	1,3 MAP	0,5 MAP
Cet accroissement peut être prélevé sous forme de plaquettes, piquets, bûches, bois d'œuvre tous les 10/20 ans.			

Source : Chambre d'agriculture de Bretagne, 2012.

Annexe 8. Analyse des résultats de l'estimation de la biomasse bocagère du Grand Parc (Dulieu, 2013)

Analyse statistique

- Comparaison du linéaire bocager réel et cartographié de la BD bocage.
- Estimation du taux d'erreur de la BD pour les haies non ou mal cartographiées.
- Application de ce taux pour obtenir le linéaire réel sur le GP.
- Analyse de la distance haie-route et de l'accès pour estimer le linéaire non exploitable.
- Catégorisation de l'exploitabilité par distance à la route pour estimer le bocage exploitable.
- Estimation de la productivité des haies par typologie et volume moyen par km.
- Application du volume aux haies productives par analyse de l'âge, continuité, et régénération.

Analyse spatiale

- Données transposées en cartographie avec un logiciel de SIG.
- Taux d'erreurs de la base de données bocage extrapolé en raster.
- Densité bocagère cartographiée en format raster.
- Multiplication des rasters pour obtenir densité corrigée.
- Productivité des haies extrapolée au linéaire de la BD.
- Création de rasters pour chaque typologie de haie.
- Carte de répartition des typologies obtenue.
- Multiplication des rasters de typologie par leur volume de bois correspondant.
- Obtention d'un raster de répartition du taux de volume de bois de bocages.
- Multiplication par le raster de densité linéaire corrigé.
- Création du raster de répartition du volume de bois disponible sur le Grand Perche.

Annexe 9. Définitions de termes techniques concernant la production de bois énergie

- **Accroissement en bois** : volume de bois en m^3/km produit chaque année par une haie grâce à son développement.
- **Accroissement biologique** : accroissement radial mesuré par arbre et équivalent à l'épaisseur des 5 derniers cernes annuels entièrement formé
- **Capital en bois** : volume de plaquettes sur une haie à maturité.
- **Production biologique** : augmentation moyenne du volume de bois sur écorce en un an. Elle est calculée sur la période de cinq ans précédant l'année du sondage. Une production biologique s'obtient en croisant l'accroissement biologique ($\text{m}^3/\text{km}/\text{an}$) avec le linéaire de haies potentiellement mobilisable incluant la densité en $\text{km}/\text{hectare}$, c'est-à-dire la longueur en km de bocage qui peut être utilisé pour produire du bois sur une surface donnée. Elle s'exprime en m^3/an .
- **Productivité par type de haies** : volume récolté dans la haie par unité de temps et par unité de longueur.
- **Volumes récoltables dans les haies** (ou disponibilités en bois) : potentiel de récolte permis par la ressource bocagère à une date donnée, compte tenu des données de récolte mesurées sur des chantiers pour les différents types de haies. Les volumes récoltables sont donc calculés en croisant les productivités (ou volumes prélevés par km et par an) avec le linéaire de haies et sont estimés en m^3/an . On utilise le terme « disponibilités » en forêt.

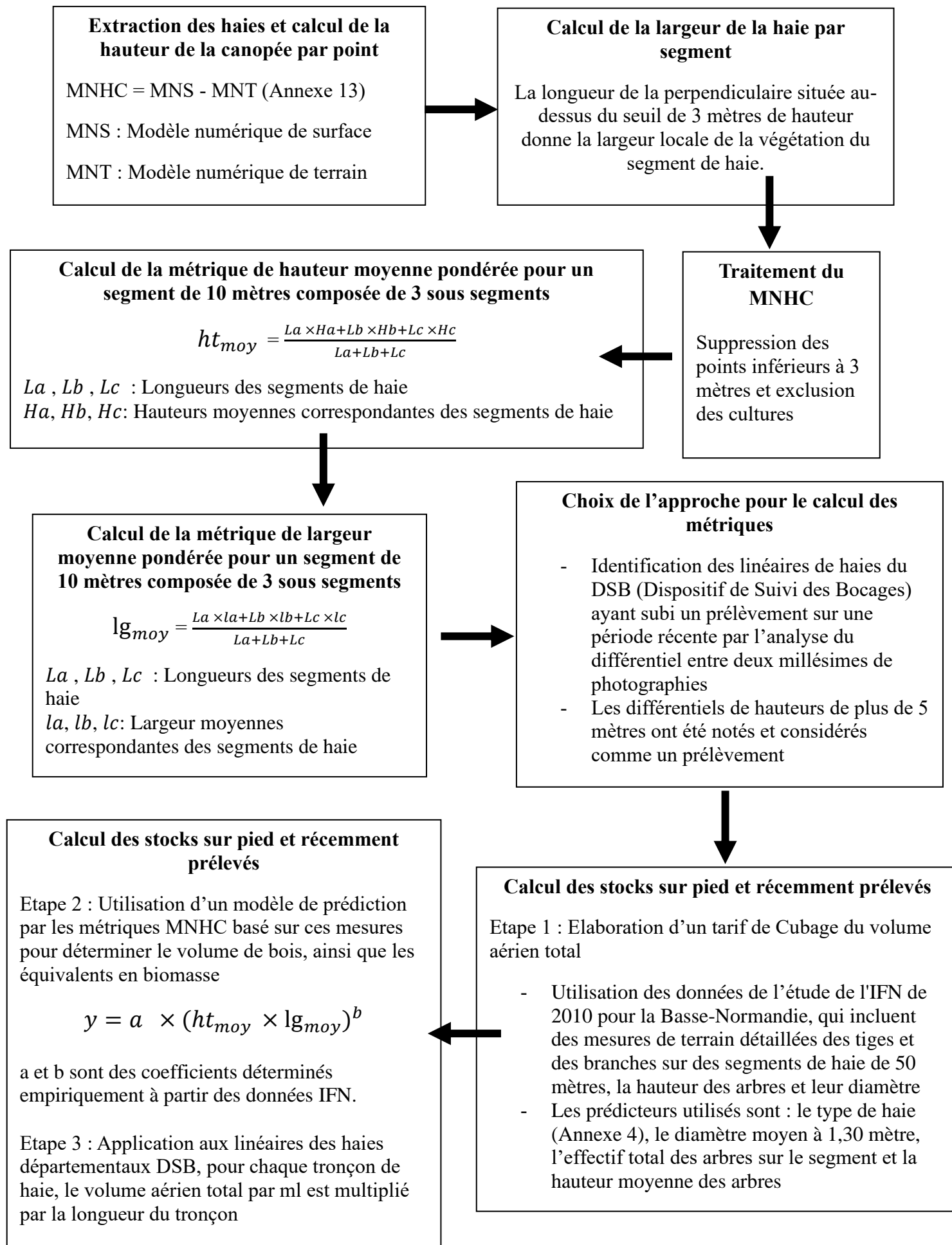
Annexe 10. Données levées sur le terrain par l'IGN dans les haies arborées et cordons boisés (Simon *et al.*, 2019)

Code de la donnée	Intitulé de la donnée
LONGL	Classes de longueur du segment de la formation linéaire (4 classes)
LARGS	Classes de largeur au sol de la formation linéaire (3 classes)
TOPOL	Position topographique de la formation linéaire (fond de vallée, versant...)
PTLONG	Pente longitudinale moyenne (%)
PTLARGS	Pente transversale moyenne en % (moyenne du terrain du côté amont de la formation linéaire)
EXTR1, EXTR2	Type d'extrémité de la formation linéaire (libre, forêt...)
ETAGSUP	Étage le plus haut de la haie
TLHF2	Type de la haie
FOSL	Fossé ou ruisseau
MURL	Talus ou muret
ESPARSUP	Essence principale de l'étage supérieur
CODESP	Relevé botanique (flore forestière)
ABOND	Abondance de l'espèce (flore forestière)
TCASUP	Taux de couvert de l'étage supérieur (en 1/10)
TCAINF	Taux de couvert linéaire absolu de l'étage immédiatement inférieur à l'étage supérieur (en 1/10)
HMLSUP	Hauteur moyenne en crête de l'étage supérieur
PERMOY10	Perméabilité de l'étage moyen de la haie (2-7m)
PERMBAS10	Perméabilité de l'étage bas de la haie (0-2m)
PBMORT	Nombre de petits bois morts dans la haie
MBMORT	Nombre de bois moyens morts dans la haie
GBMORT	Nombre de gros bois morts dans la haie
ENTLM	Entretien de la formation linéaire
ENTLCH	Entretien chimique de la formation linéaire
EXPLOIT	Signes d'exploitabilité de la formation linéaire

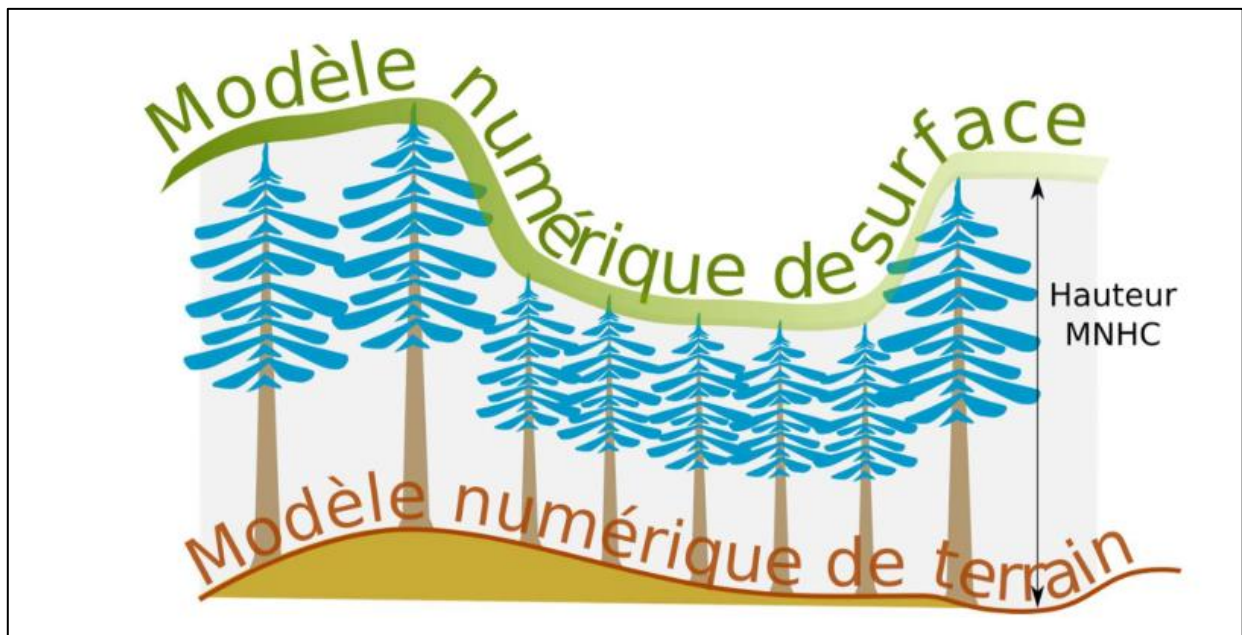
Annexe 11. Dalle kilométrique du MNHC, seuillée et filtrée, sur une zone de la Manche (50) (Dassot *et al.*, 2022)



Annexe 12. Méthodologie de détermination des stocks de bois dans les haies bocagères



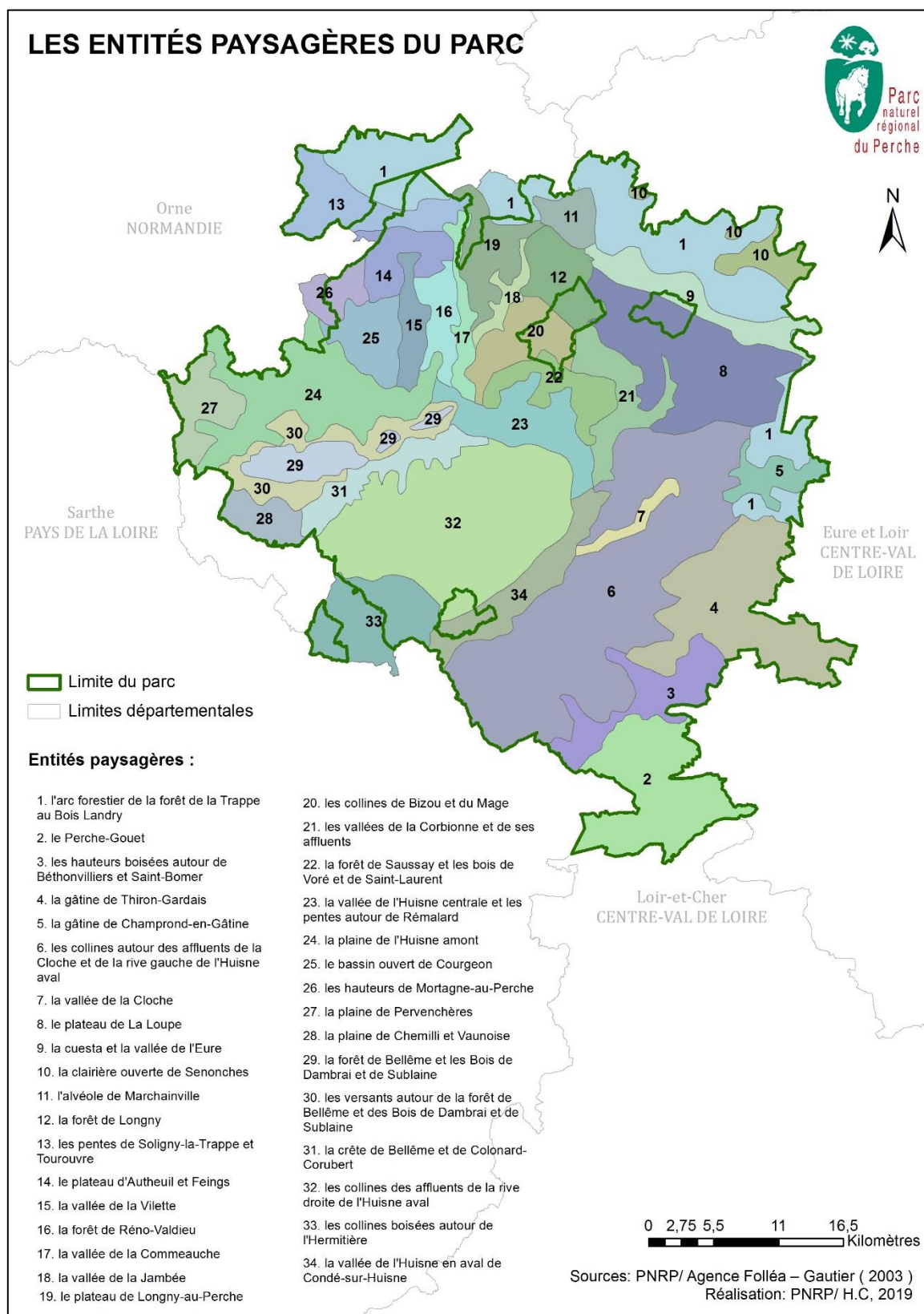
Annexe 13. La différence entre le modèle numérique de surface obtenu par corrélation d'images et le modèle numérique de terrain permet d'obtenir le modèle numérique de hauteur de canopée (MNHC) qui décrit la hauteur des arbres (Dassot *et al.*, 2022)



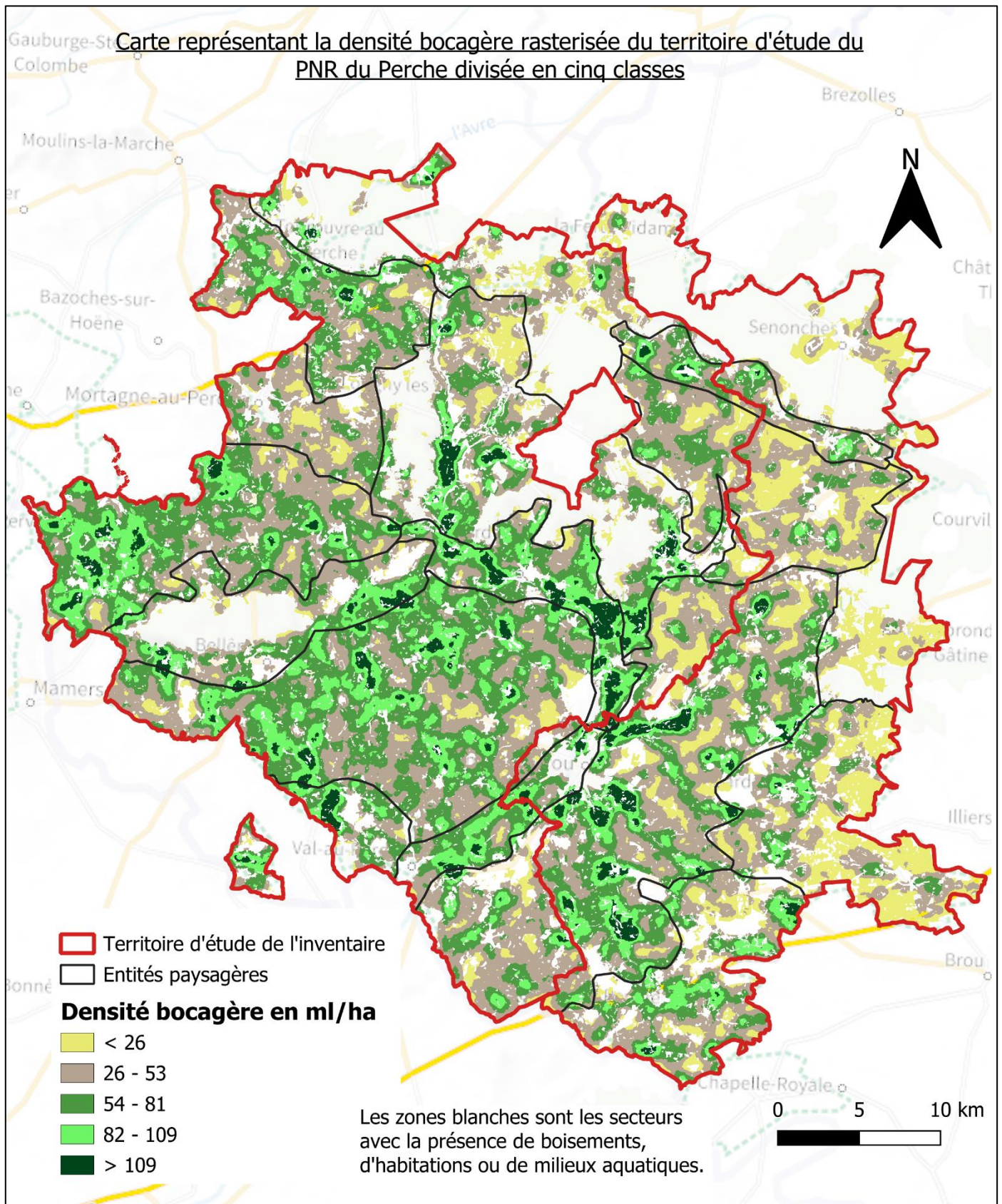
Annexe 14. Récapitulatif des Bases de Données SIG actuelles du Parc naturel régional du Perche fournies par l'IGN ou modifiées par le PNR pouvant combiner les données IGN et Parc

Données	Source	Date
HAIES 2010	IGN	Février 2010
HAIES_BDTOPO 2019	IGN	Septembre 2019
LINEAIRE_PLANTE 2015_2023	IGN, Parc	Décembre 2023
COMBI_LINEAIRE_HAIES 2023	IGN	Février 2024
PLAN_EAU_GP 2019	IGN	Mai 2019
TACHE_BATI_GP 2019	IGN	Mai 2019
COURD_EAU_GP 2019	IGN	Mai 2019
OCCSOL 2018	IGN, Parc	Octobre 2021
ZONE_VEGETATION_BDTOPO 2019	IGN	Mai 2019
BD_FORET_V2_PE	IGN, Parc	Novembre 2022
CHEMINS_GP 2019	IGN	Mai 2019
ROUTES_PRIMAIRES_GP 2019	IGN	Mai 2019
ROUTES_SECONDAIRES_GP 2019	IGN	Mai 2019

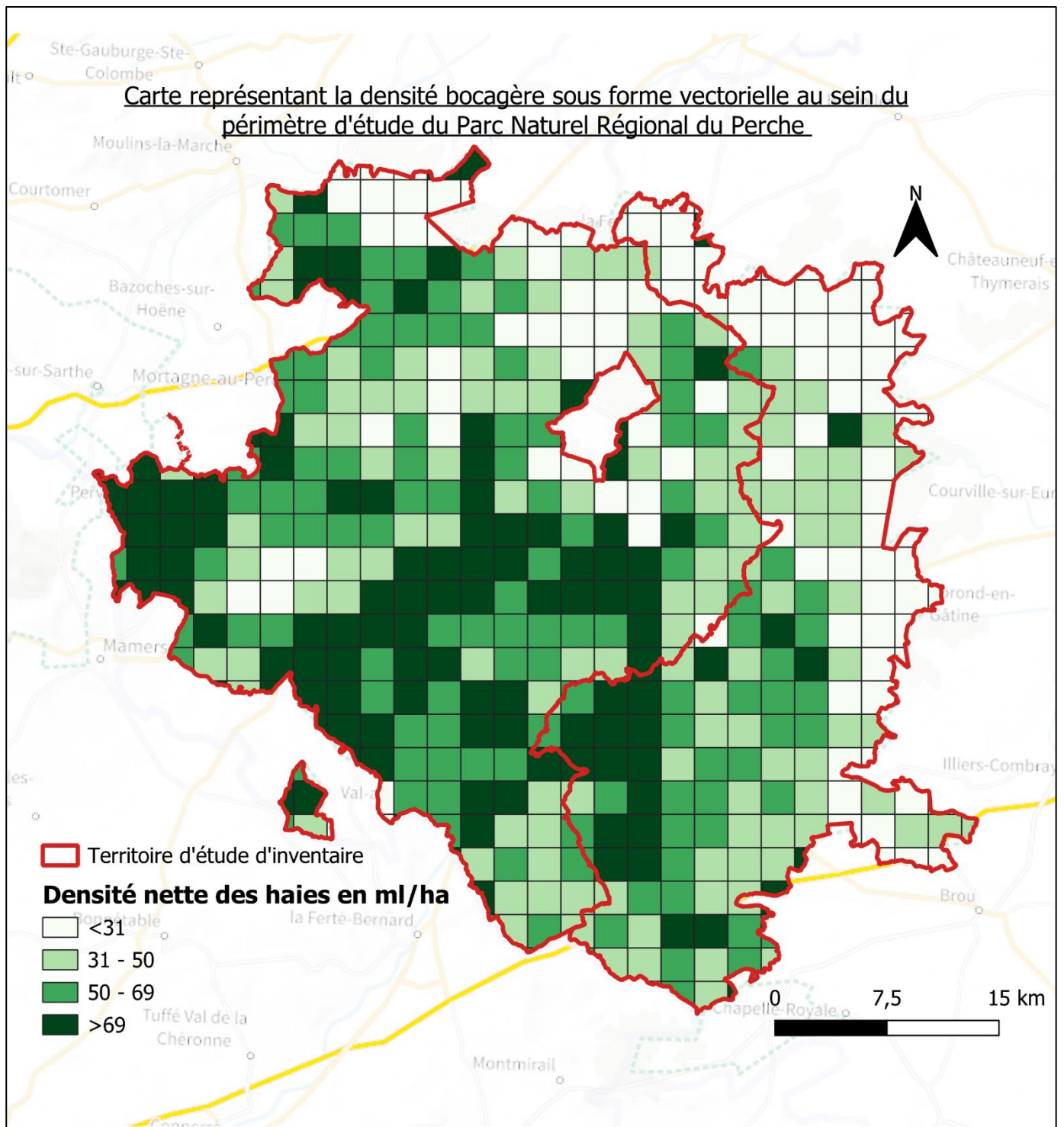
Annexe 15. Les entités paysagères du Parc Naturel Régional du Perche



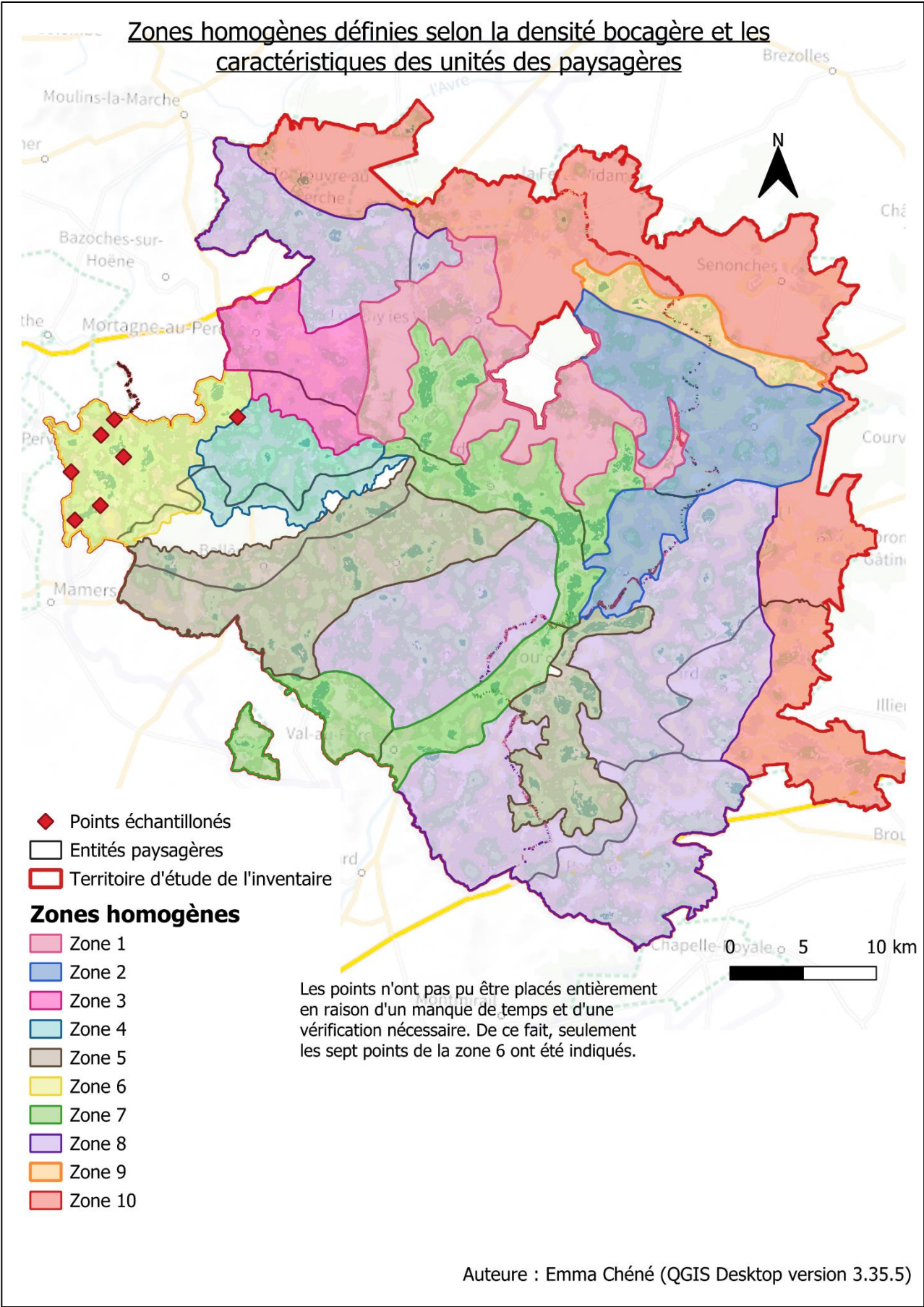
Annexe 16. Carte représentant la densité bocagère nette rasterisée divisée en cinq classes



Annexe 17. Carte représentant le quadrillage (5 km²) de densité nette de bocage au sein du territoire d'étude du Parc Naturel Régional du Perche



Annexe 18. Carte représentant les zones d’inventaire homogènes définies au sein du territoire d’étude du Parc Naturel Régional du Perche


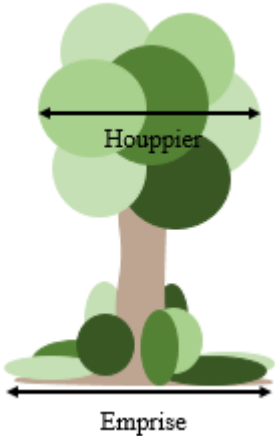


Annexe 19. Fiche terrain contenant les données relevées



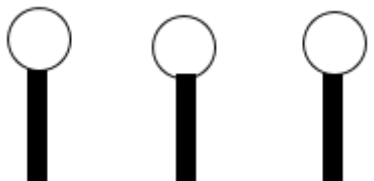
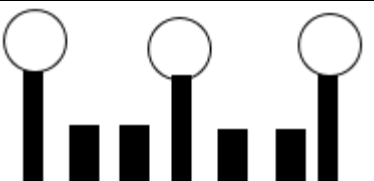



Id haie	
Nom(s) observateur(s)/participant(s) <i>(si l'inventaire est réalisé par un groupe de personnes)</i>	
Date	
Commune/Localisation	

Forme	
Longueur (en mètre)	Peut être calculée automatiquement par le SIG
Typologie (Annexe 21)	<ul style="list-style-type: none"> - Haie trois strates - Hauts jets avec taillis - Hauts jets avec sous étage arbustif - Hauts jets seuls - Taillis simple - Taillis avec sous étage arbustif - Haie en devenir - Haie arbustive
Présence arbres têtards/trognes (Annexe 20)	Oui ou Non
Nombre de strates	1, 2 ou 3
Strate(s) (Annexe 20)	<ul style="list-style-type: none"> - Arborée - Arbustive - Herbacée
Continuité de la haie (Annexe 20)	<ul style="list-style-type: none"> - Continue - Discontinue - Relictuelle
Largeur du houppier (en mètre) (Annexe 20)	<ul style="list-style-type: none"> - 0-5 - 6-15 - > 15
Largeur de l'emprise (en mètre) (Annexe 20)	<ul style="list-style-type: none"> - 0.5 - 1 - >1.5
Largeur de la bande enherbée (en mètre) (Annexe 20)	<ul style="list-style-type: none"> - 0-2 - > 2
Description générale	
Classe d'âge (en années) (Annexe 20)	<ul style="list-style-type: none"> - 0-10 - 10-80 - > 80
Essences dominantes strate arborée	NA
Essences dominantes strate arbustive	NA
Remarque(s) état	<ul style="list-style-type: none"> - Présence arbre(s) mort(s) - Présence de dépérissement(s) - Arbre(s) blessé(s)
Remarque(s) gestion/entretien	<ul style="list-style-type: none"> - Taille sommitale - Taille latérale - Fauche
Autre(s) remarque(s) (OCS, micro-habitats...)	<ul style="list-style-type: none"> - Présence d'un talus - Présence d'un fossé - Présence de cavité(s)

Annexe 20. Fiche explicative de la fiche terrain (inspirée du *Guide pratique des haies dans le Perche, PnrP, 2001* et de la méthode de cubage simplifiée des haies de type taillis et têtards, Moret, C., Betolaud, S, 2023)

Différence Taillis/Arbustes	<p>Les taillis et les arbustes diffèrent principalement par leur hauteur et leurs essences dominantes. Les taillis sont généralement plus hauts (2-10m) et composés d'essences à croissance rapide coupées régulièrement pour favoriser la repousse, tandis que les arbustes sont plus bas (2-7m) et utilisés principalement pour la protection contre le vent, la biodiversité et l'aménagement paysager.</p>
Arbre têtard/trogne	<p>Se dit d'un arbre étêté et taillé de façon à favoriser les rejets supérieurs</p> 
Strate(s)	<ul style="list-style-type: none"> - Arborée (> 7m de hauteur) - Arbustive (2m-7m de hauteur) - Herbacée (< 2m de hauteur)
Continuité de la haie	<ul style="list-style-type: none"> - Continue : pas d'interruption de + de 10m sur + de 25m de haie (60% de la haie minimum sans trouées) - Discontinue : interruption de + de 10m - Relictuelle : longueur inférieure à 25m sans connectivité
Houppier, emprise et bande enherbée	<p>Houppier : partie supérieure et ramifiée de l'arbre, constituée de ses branches et de son feuillage</p> <p>Emprise : espace occupé ou la surface couverte par la haie ligneuse</p>  <p>Bande enherbée : zone végétalisée située au pied de la haie, souvent constituée de graminées et d'autres plantes herbacées</p>
Classe d'âge (en années)	<ul style="list-style-type: none"> - 0-10 : selon les espèces, forte présence d'individus n'ayant pas atteint leur taille adulte - 10-80 : selon les espèces, forte présence d'individus ayant atteint leur taille adulte mais diamètres de branches faibles - > 80 : selon les espèces, forte présence d'individus ayant atteint leur taille adulte avec diamètres de branches importants

Annexe 21. Typologie simplifiée des haies définie dans la méthode proposée et productivité par cycle de coupe (10-15 ans)

Type de haie	Référence de production en MAP vert ⁵ /100ml
 <p>Haie à 3 strates</p>	36 (44 maximum pour un retard de gestion)
 <p>Hauts jets avec sous étage arbustif</p>	26 (33 maximum pour un retard de gestion)
 <p>Hauts jets seuls</p>	Non productifs
 <p>Hauts jets avec taillis</p>	17 (21 maximum pour un retard de gestion)
 <p>Taillis avec sous étage arbustif</p>	52 (63 maximum pour un retard de gestion)
 <p>Taillis simple</p>	56
 <p>Haie arbustive</p>	37 (52 maximum pour un retard de gestion)
Haie en devenir : jeunes plantations	Non productive
Têtards seuls	15

⁵ Bois mesuré à l'état frais sans être séché après abattage, contient encore toute son humidité naturelle.

Annexe 22. Chaîne de traitement QGIS pour la création de la carte représentant les zones d'inventaire définies au sein du périmètre d'étude du Parc Naturel Régional du Perche inspirée de l'observatoire du territoire (PNR Normands, 2015)

1. Prétraitement des données :

- Importation des données .shp pour les linéaires de haies et d'occupation du sol (les milieux aquatiques, urbains et les zones forestières), des données sur la limite du périmètre d'étude et des données sur les entités paysagères du territoire dans QGIS en tant que couches vectorielles.
- Conversion en projection LAMB93 si ce n'est pas déjà fait.
- Création d'une grille régulière de 2.236 km * 2.336 km pour obtenir des carrés de 5 km² environ.
- Découpe de la grille obtenue en fonction du territoire d'étude, pour cela, ouvrir l'outil de découpage dans QGIS dans le menu vecteur > géotraitement > découper. Il faut sélectionner la couche des carrés comme couche de découpage ou de superposition et la couche des linéaires en couche de source, définir et spécifier un emplacement et nom de fichier de sortie et exécuter ensuite
- Découpe du linéaire de haies en fonction du territoire d'étude

2. Calcul des statistiques :

- Utilisation de l'outil de géotraitement vectoriel intersect pour attribuer un identifiant de carré aux segments de haies. Faire attention à attribuer un identifiant unique à chaque segment de haie.
- Calcul des statistiques par catégorie pour obtenir la somme des linéaires de haies en mètres par carré sur le périmètre d'étude.
- Ajout des statistiques à la couche vectorielle de la grille en utilisant l'outil de jointure dans les propriétés de la couche.
- Calcul de la surface des carrés en ajoutant un champ pour cela, avec l'outil calculatrice de champs dans la table attributaire de la grille.
- Découpe de chaque couche d'occupation du sol (forêts, milieux aquatiques et milieux urbanisés) en fonction du territoire d'étude
- Intersection avec l'outil de géo traitement en superposant les occupations du sol en question et la grille pour associer un carré à chaque entité et modification des identifiants des entités de sorte à ce qu'ils soient uniques.
- Suppression des doublons dans la table attributaire avec l'outil supprimer les doublons par attributs qui ont pu être générés par fusion de deux entités proches lors de l'intersection.
- Création d'un champ de surface dans les tables attributaires résultantes pour avoir l'aire de chaque entité en m².
- Calcul des statistiques par catégorie pour obtenir la somme des surfaces des entités par carré.

3. Calcul de la densité :

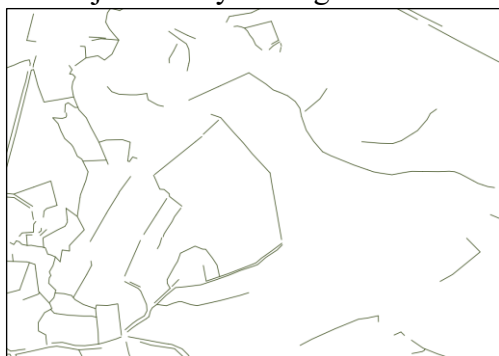
- Ajout des 3 tables de statistiques obtenues format CSV dans la table attributaire de la grille avec l'outil de jointure en conservant les identifiants des carrés et des entités découpées.
- Calcul de la surface restante en m² dans la table où tout est rassemblé, en utilisant la formule : aire_carre - (coalesce("aire_urbain", 0) + coalesce("aire_aqua", 0) + coalesce("aire_foret", 0)). On retire ici les occupations du sol non pertinentes. La fonction coalesce est utilisée pour remplacer les valeurs *NULL* par une valeur par défaut (dans ce cas, 0). Cela permet d'éviter les erreurs lors de la soustraction si l'une des colonnes contient une valeur *NULL*
- Calcul de la densité en m/ha avec la formule suivante : (long_haies / reste_aire) * 10,000 afin de convertir les m/m² en mètre linéaire par hectare (ml/ha).

4. Finalisation de la carte :

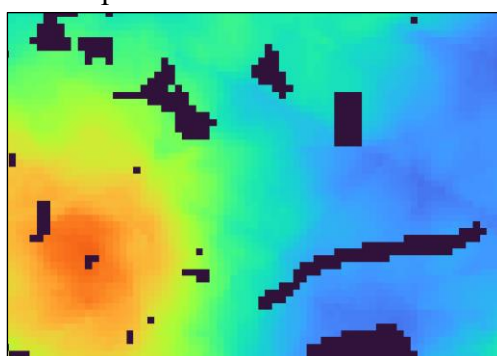
- Utilisation de l'outil de symbologie dans les propriétés de la couche de la grille à l'aide de "gradués" dans le menu déroulant pour représenter la densité de haies par carré en quatre classes par quantiles avec une palette de couleur adaptée.

Annexe 23. Chaîne de traitement QGIS pour la création de la couche de densité bocagère nette au voisinage en raster, permettant un traitement plus fin, avec l'élimination des milieux aquatiques, forêts et zones urbaines (PNR Normands, 2015)

1. Prétraitement des données :
 - Importation des données .shp pour les linéaires de haies et d'occupation du sol (les milieux aquatiques, urbains et les zones forestières), du territoire dans QGIS en tant que couches vectorielles.
 - Conversion en projection LAMB93 si ce n'est pas déjà fait.
2. Sur chacune des cellules (taille par défaut de 25 mètres) du territoire d'étude transformé en matrice (raster), calcul de la densité de linéaires (en longueur / surface) avec l'outil densité de lignes (Boîte à outils>Interpolation>Densité de ligne) dans un cercle d'un rayon donné de 500 mètres, appelé "Rayon de recherche", l'unité de surface par défaut est en hectare.
3. Création d'une zone tampon (facultatif) autour de la zone d'étude pour atténuer l'effet de bordure. Rayon par défaut : 500 m
4. Ajustement des effets de lisières avec l'occupation du sol globale OCCSOL_2018 (eaux, zones urbanisées et forêts) pour garder une délimitation nette :
 - Sélection des valeurs EAU, BATI et FORET dans la table d'attribut avec "TYPE_12" IN ('FORET', 'EAU', 'BATI') dans la calculatrice vectorielle
 - Rastérisation de la couche vecteur OCCSOL_2018 obtenue en conservant l'emprise de digitalisation des haies sur les 2 PETR et la taille des pixels de 25 m x 25 m avec l'unité géoréférencé comme unité du raster résultat
 - Attribution de la valeur fixe 0 à tous les pixels
 - Attribution de la valeur de 1 pour les pixels en dehors des polygones d'OCS, c'est-à-dire dans l'option « Affecter une valeur nulle spécifiée aux bandes de sortie »
 - Enregistrement du raster
 - Sélection des valeurs PRAIRIE et CULTURE dans la table d'attribut avec "TYPE_12" IN ('CULTURE', 'PRAIRIE') dans la calculatrice vectorielle
 - Rastérisation de la couche vecteur OCCSOL_2018_v2 obtenus en conservant l'emprise de digitalisation des haies sur les 2 PETR et la taille des pixels de 25 m x 25 m avec l'unité géoréférencé comme unité du raster résultat
 - Attribution de la valeur fixe 1 à tous les pixels
 - Attribution de la valeur de 0 pour les pixels en dehors des polygones d'OCS, c'est-à-dire dans l'option « Affecter une valeur nulle spécifiée aux bandes de sortie »
 - Enregistrement du raster
 - Fusion des deux rasters obtenus raster_occsol_2018 et raster_occsol_2018_v2 avec l'outil « Fusion » dans « Raster », on obtient un raster final avec une valeur de 0 ou de 1 pour les pixels
 - Utilisation de la calculatrice raster pour multiplier le raster de densité créé dans les premières étapes avec le raster d'occupation du sol (cela va « reclasser » le raster). Entrer la formule suivante : "raster_occsol_2018@1" * "raster_densite@1"
 - Ajuster la symbologie de la couche raster pour retirer les valeurs nulles de densité



Linéaires en entrée



Densité au voisinage nette en sortie

Annexe 24. Chaîne de traitement QGIS pour la définition des zones homogènes et la répartition des points sur le territoire d'étude

1. Prétraitement des données :

- Importation du raster final découpé préalablement avec le territoire d'étude avec l'outil « Découper le raster avec une couche de masquage en décochant la case « Faire coïncider l'emprise du raster découpé avec l'emprise de la couche de masque »
- Importation du vecteur représentant les entités paysagères

2. Reclassification :

- Détermination de la moyenne et de l'écart type de la densité sur le territoire d'étude avec l'outil statistiques de zone.
- Création des classes basées sur la moyenne et l'écart type dans la symbologie de la couche raster : La moyenne (m) obtenue était d'environ 53 ml/ha et l'écart type (s) autour de la moyenne de 28 ml/ha. Les classes ont donc été définies comme suit :
 - Classe 1 : Valeurs ≤ 25 (m - s)
 - Classe 2 : $25 < \text{Valeurs} \leq 53$
 - Classe 3 : $53 < \text{Valeurs} \leq 81$ (m + s)
 - Classe 4 : $81 < \text{Valeurs} \leq 109$ (m + 2s)
 - Classe 5 : Valeurs > 109

3. Définition des zones homogènes/Choix des regroupements :

- Pour aider à la définition des zones homogènes et au choix de regroupements des unités paysagères, utilisation des statistiques de zone pour calculer la moyenne de densité bocagère par entité.
- Création d'une couche shapefile pour chaque zone nommée "zone-homogène" pour enregistrer les polygones à contour irrégulier dessus dans une table attributaire
- Création des polygones : activer le mode édition et ajouter une entité polygonale puis tracer avec l'outil de numérisation avec segments
- Ajustement des coins à la forme des zones avec l'outil de sommet
- Réparation de la géométrie
- Découpe de la couche vectorielle correspondant à la zone homogène avec le territoire d'étude pour ajuster les bordures
- Simplification des géométries
- Calcul de l'aire des entités de la zone dans la table attributaire de sa couche avec la calculatrice de champs (\$area)
- Découpe du raster de présence/absence de haies selon une couche de masquage, c'est-à-dire la zone homogène correspondante
- Calcul de l'aire occupée par les haies avec l'outil « statistiques par catégories »
- Calcul du nombre de points à mettre dans chaque zone (*Tab. II*)








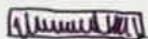

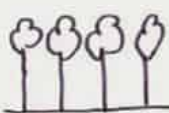









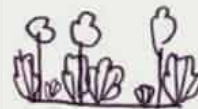




4. Placement des points

- Sélection dans chacune des couches mises sous forme vectorielle des zones avec la présence de haies et enregistrement des nouvelles couches
- Découpe des zones homogènes selon les polygones de présence de haies avec l'outil de découpage vectorielle afin de former une seule entité polygonale
- Utilisation de l'outil « Points aléatoires dans des polygones » en entrant le nombre de points nécessaires ou « Points aléatoires dans une emprise » lorsque plusieurs polygones sont présents.

5. Vérification de l'accès par les routes et chemins

- Déplacement manuel des points si nécessaire avec l'outil de numérisation
- Création des dalles d'1 km² autour des points

Annexe 25. Typologie du référentiel national sur la typologie des haies de l'Afac-Agroforesterie (AFAC-C, 2017)

	Typologie des haies en France suivant les modalités de gestion pour un renouvellement des haies			 haut jet cépée	
Haie en devenir	1. ● haie résiduelle  p.14	2. ● haie de colonisation  p.14	3. ● jeune haie plantée (-10 ans)  p.14		
Taillis simple	3. ● cépée d'arbustes  p.16	4. ● cépée d'arbres  p.22	5. ● taillis fureté de hêtres  p.28		
Taillis mixte	6. ● cépée d'arbres et d'arbustes taillés sur les trois faces  p.30	7. ● cépée d'arbres et d'arbustes  p.36			
Futaie régulière	8. ● hauts jets du même âge  p.40	9. ● alignement d'arbres émondés  p.46	10. ● alignement de têtards  p.50		
Futaie irrégulière	11. ● hauts jets d'âges différents  p.56	12. ● hauts jets avec têtards  p.60	13. ● hauts jets avec arbres émondés  p.-	22. ● hauts jets avec arbres émondés et cépée d'arbres et d'arbustes 	
Taillis sous futaie	14. ● hauts jets avec cépée d'arbustes taillés sur les trois faces  p.62	15. ● hauts jets avec cépée d'arbustes  p.66	16. ● hauts jets avec cépée d'arbres  p.70	17. ● hauts jets avec cépée d'arbres et d'arbustes  p.72	
	18. ● têtards avec cépée d'arbustes taillés sur les trois faces  	19. ● cépée d'arbustes et têtards  	20. ● cépée d'arbres et têtards  	21. ● hauts jets avec têtards et cépée d'arbres et d'arbustes  	

Annexe 26. Référence de production utilisée par la SCIC

&Typologie nationale	Production (MAP /100m)	Retard de gestion : valeur max (MAP /100m)	Equivalence typologie Normandie
1. Haie résiduelle	0		
2. Haie de colonisation	0		
3. Haie jeune plantée	0		
4. Cépées d'arbustes	37	52	7. Haie arbustive
5. Cépées d'arbres	42	56	6. Taillis
6. Taillis fureté de hêtres	42	56	6. Taillis
7. Cépées d'arbres et d'arbustes taillés sur les trois faces	0		8. Buissonnante non productive
8. Cépées d'arbres et d'arbustes	52	63	5. Taillis avec sous étage arbustif
9. Hauts jets du même âge	0		3. Haut jets seuls
10. Alignement d'arbres émondés	0		3. Haut jets seuls
11. Alignement de têtards	56	56	6. Taillis
12. Hauts jets d'âges différents	0		3. Haut jets seuls
13. Hauts jets avec têtards	?		3. Haut jets seuls
14. Hauts jets avec arbres émondés	0		3. Haut jets seuls
15. Hauts jets avec cépées d'arbustes taillés sur les trois faces	0		
16. Hauts jets avec cépées d'arbustes	26	33	2. Haut jets avec sous étage arbustif
17. Hauts jets avec cépées d'arbres	17	21	4. Haut jets avec taillis
18. Hauts jets avec cépées d'arbres et d'arbustes	36	44	1. Trois strates
19. Têtards avec cépées d'arbustes taillés sur les trois faces	?		
20. Têtards et cépées d'arbustes	37	52	7. Haie arbustive
21. Têtards et cépées d'arbres	42	56	6. Taillis
22. Hauts jets avec têtards et cépées d'arbres et arbustes	36	44	1. Trois strates
23. Hauts jets avec arbres émondés et cépées d'arbres et arbustes	36	44	1. Trois strates

Annexe 27. Tableau de conversion d'unités de volume validé par les professionnels normands (Simon *et al.*, 2019)

Unité	Équivalent bois humide		Équivalent bois sec	
	MAP humide	Tonne humide	MAP sec	Tonne sèche
1m3 de bois plein	3	1,06	2,7	0,645
1 MAP humide	1	0,35	0,89	
1 MAP bois sec	1,12	0,39	1	0,25
1 tonne humide	2,86		2,55	
1 tonne sèche			4	

Annexe 28. Présentation de la structure d'accueil

La Maison du Parc du Perche se situe dans la commune de Nocé, au cœur du Parc naturel régional du Perche, dans le département de l'Orne. Le Manoir de Courboyer, qui abrite la Maison du Parc, est un édifice du XVe siècle classé monument historique. Il a été construit à la fin de la guerre de Cent Ans et a connu plusieurs propriétaires au cours des siècles. En 1976, le Parc naturel régional du Perche l'a acquis et l'a transformé en Maison du Parc qui en est devenu le siège.

Aujourd'hui, la Maison du Parc accueille des expositions (notamment sur les actions du parc pour son territoire...). Les dépendances ont été aménagées pour accueillir les bureaux du parc, un centre d'information touristique, une boutique et un espace restauration. La Maison du Parc du Perche est un lieu d'information, de sensibilisation et d'animation ouvert à tous. Elle a pour missions de :

- Promouvoir la connaissance et la compréhension du Parc naturel régional du Perche
- Favoriser la préservation et la valorisation du patrimoine naturel et culturel du Perche
- Développer un tourisme durable sur le territoire du Parc
- Accueillir et renseigner les visiteurs

La Maison du Parc du Perche propose un large éventail d'activités pour tous les publics :

- Expositions permanentes et temporaires sur le patrimoine naturel et culturel du Perche
- Conférences, ateliers, animations sur divers thèmes liés au Parc
- Randonnées guidées à la découverte des paysages du Perche
- Espace boutique pour acheter des produits locaux, des livres et des souvenirs
- Espace documentation pour se renseigner sur le Parc et ses environs

Organisée en pôles thématiques (environnement, aménagement durable, valorisation des ressources, tourisme, sensibilisation...), l'équipe du Parc naturel régional du Perche œuvre au quotidien pour mener à bien les missions que lui confie le comité syndical.

Mon stage s'est déroulé dans le pôle Aménagement durable au service Etude Bocage/forêt sous la responsabilité de Lisa GARRIGUENC. Ce pôle est composé de la façon suivante :

- Urbanisme / responsable de pôle : Florence Sbile
- SIG, Evaluation : Jonathan Allain
- Inventaire du patrimoine bâti : Florent Maillard
- Etude bocage / forêt : Lisa Garriguenc
- Adjoint bocage / haies : Stéphane Liberge
- Assistante de pôle : Angeline Chevalier

Ce service œuvre pour la préservation des haies bocagères, de leur gestion durable et de leur valorisation en bois énergie ou autres formes auprès de tous les publics. Il assure également une mission de suivi de l'évolution du maillage bocager du territoire à partir de données de terrain et grâce au système d'information géographique (SIG).



Plan du domaine de Courboyer du Parc Naturel Régional du Perche (2010)