



Haies et bocages face au changement climatique



Rédacteurs :

Daniel Delahaye
Université de Caen Normandie
UMR 6266 CNRS IDEES

Romain Debray
Agence Normande de la Biodiversité
et du Développement Durable



Tables des matières

Table des matières

Introduction	3
1. L'état du bocage en Normandie	4
1.1 Bilan quantitatif sur 50 ans (1970 à 2023)	5
1.2 État des connectivités	8
1.3. Un bocage vieillissant et dégradé	10
2. Les pratiques de gestion actuelle.....	15
2.1 Les constats partagés	15
2.2 Des pratiques multiples	16
2.3 De nouveaux enjeux identifiés en lien avec le changement climatique.....	16
3. De la haie au terroir bocager : pour une stratégie de restauration qui soit localement adaptée	17
3.1 Typologie des terroirs bocagers normands.....	17
3.2 Une gestion articulée en fonction de trois échelles.....	18
4. Quelle stratégie pour l'adaptation au changement climatique (horizon 2050) ?.....	20
4.1. La haie, un outil moderne d'adaptation au changement climatique.....	20
4.2. Le bocage, un atout pour l'atténuation du changement climatique.....	23
4.3 Le bocage, victime du changement climatique ?	26
4.4 Catalogue des essences adaptées ou adaptables	35
Conclusion	40
Tables	41
Bibliographie	42
ANNEXE N°1	43
ANNEXE N°2.....	45

Introduction

Divers travaux ont présenté les services écosystémiques rendus par les linéaires de haies (régulation hydrologique, réduction de l'érosion, effet microclimatique, biodiversité, stockage du carbone, amélioration de la teneur en matière organique des sols, etc.) mais également économiques avec la production de bois ou encore sociétaux *via* le cadre de vie et les aménités associés au bocage. En contrôlant l'érosion, en réduisant l'assèchement des sols par le vent, en favorisant l'infiltration, en participant à l'épuration de l'eau (Mérot *et al.* 1999, Reulier *et al.*, 2017)), **le bocage est un « outil moderne » d'aménagement des espaces agricoles face aux enjeux climatiques à venir**. Ce retour en grâce et cette reconnaissance des fonctionnalités du bocage se font dans un **contexte actuel paradoxal de réduction drastique des linéaires de haies, et cela depuis de nombreuses années. Le rapport du Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Espaces Ruraux (De Menthière *et al.*, 2023) estime que 70% des haies ont disparu en France depuis le début du 20^{ème} siècle (\pm 1,4 million de km)** et le rythme actuel de disparition est très soutenu (21 000 km/an). Le paysage de bocage est principalement représenté dans le nord-ouest de la France, les régions de la Bretagne, des Pays de Loire et de la Normandie présentent des densités de haies qui dépassent 57 m/ha, bien supérieures à la moyenne française (28 m/ha). **Le bocage est un élément fortement identifiant des paysages normands**, notamment de l'ex Basse Normandie, toutefois il est en recul rapide. Le département de la Manche, le plus bocager de France, présentait une densité égale à 175 m/ha en 1972 contre 87 m/ha en 2015. La perte représente donc 50% du linéaire en 45 ans soit en moyenne plus de 1200 km par an. À ce rythme, le bocage aura totalement disparu de ce département en 2050. Les taux d'arrachages sont très proches pour les autres départements limitrophes (ANBDD, 2022). Les grandes opérations de remembrement sont achevées depuis longtemps et pourtant l'arrachage perdure sous l'effet d'une recomposition foncière qui s'opère à bas bruit mais qui est pourtant redoutable. T. Preux en 2019 a montré que dans le bocage virois entre 2003 et 2011, 51% des surfaces agricoles avaient été restructurées par les regroupements de parcelles (dont 20% au sein de regroupements de 4 parcelles et plus). Cette évolution de la taille du parcellaire s'accompagne de l'arrachage des haies et du retournement de prairies.

Parallèlement, il n'y a jamais eu autant de programmes de replantation (\pm 3000 km par an sur le territoire métropolitain) soutenus par une myriade d'outils de financement mais il s'agit d'opérations le plus souvent ponctuelles. Si l'on peut porter un regard critique sur l'efficacité réelle de ces initiatives, c'est aussi pour mieux les considérer comme une "écologisation" par les marges (Magnin, 2023). Les haies et leur paysage constituent un socio-écosystème et sont le reflet, avec un certain temps de latence, des perceptions et pratiques des individus composant ce dernier (Bertrand, 1978; Burel, 1996). Il convient alors de les appréhender à travers le prisme du paysage et de ses aménageurs principaux : les agriculteur.ice.s (Gascuel-Odoux, 2015; Preux, 2019). La haie et le bocage sont devenus un véritable enjeu de la transition agroécologique. **Des certitudes sont acquises sur les services écosystémiques rendus par les bocages et le renforcement de ces services avec la nouvelle donne climatique, mais il existe encore des angles morts. Il y a assez peu de projets de recherche dédiés spécifiquement à ces questions.** La mise en œuvre de programmes ambitieux de replantation se heurte à des difficultés qui sont identifiées. Constitués d'arbres champêtres aux ports variés (Baudry et Jouin, 2003), les haies requièrent une gestion particulièrement coûteuse en temps et en énergie (De Menthière *et al.*, 2023 ; Delahaye *et al.*, 2023), elles sont le plus souvent vécues comme une charge peu compatible avec les contraintes de l'agriculture actuelle. Toutefois ces perceptions évoluent, les travaux récents (programme Resp'haies) montrent que de nouvelles perspectives sont ouvertes. On peut citer à ce titre une possible reterritorialisation de la haie et une réappropriation par l'ensemble des acteurs bénéficiant de ces services (De Menthière *et al.*, 2023) pour en faire un bien privé mais associé à une gestion commune. La haie redevient un outil « moderne » d'aménagement des espaces ruraux mais aussi urbains et périurbains.

C'est dans ce contexte que nous proposons ici une analyse prospective de l'intérêt des haies et plus largement du bocage comme « outil » d'atténuation du changement climatique et/ou d'adaptation des milieux aux évolutions du climat en cours et à venir.

Cette analyse a été réalisée en mobilisant les connaissances existantes (bibliographie, travaux de recherche) mais surtout à partir d'entretiens permettant d'interroger les différentes pratiques et les

perceptions des acteurs régionaux en charge de la gestion des réseaux de haies. Ces acteurs ont été ciblés car ce sont eux qui ont la charge de porter la stratégie de restauration du bocage normand notamment dans sa dimension temps long.

Au total 10 entretiens ont été réalisés à partir d'un guide commun (annexe n°1) et d'un échange d'une heure trente en moyenne (Figure 1). Cela permettait d'épuiser les questions du guide mais aussi aux acteurs d'aborder toutes les autres questions qui leur semblaient importantes.

L'objectif a été de poser un diagnostic sur différents enjeux :

- Dans quel état est le réseau bocager normand ?
- Quels sont les pratiques de gestion actuelles des réseaux de haies (entretien, restauration, replantation) ?
- Quelle est la stratégie à court, moyen et long terme pour la gestion des bocages (notamment face au changement climatique) ?
- Quelle haie pour demain ?

Organisme	Personnes rencontrées		Questions prioritaires
CBN	Diquelou	Sylvain	Quelle haie pour demain ? Les essences en péril vs résistantes ? Les essences de remplacement "naturel" ? Migration assistée ?
AFAC	Levrard	Marine	Comment faire évoluer les réseaux existants ? Quelle haie pour quel usage ? Quels usages à renforcer demain pour contribuer à l'atténuation du CC ? Stockage carbone d'1km planté (3 à 5 TeqCO ₂). Stockage carbone d'1km géré durablement (1 à 3 TeqCO ₂).
URCPIE	Barrioz	Mickaël	Quelles espèces souffrent le plus de la disparition du bocage (notamment parmi les espèces d'affinités boréales) ? Quid de l'aggration du CC sur ces espèces ? Un bocage en bon état améliore la résilience de quelles espèces ?
OFB	Chevallier	Nathalie	La haie outil d'atténuation et d'adaptation au CC. Le rôle de la planification territoriale dans la création de ceinture verte.
OFB	Michaud	Hélène	
PNR NM	Petitjean	Mariette	La haie outil d'atténuation et d'adaptation au CC. Quelle haie pour demain ? Quelles essences dans les programmes de plantation actuels ? Bilan de la reprise par espèce ? Les essences en péril vs résistantes ? Les essences de remplacement "naturel" ? Migration assistée ?
PNR NM	Marie	Gwladys	
PNR MBC	Gosselin	Martin	
PNRBSN	Chesnel	Julien	
PNR P	Garriguenc	Lisa	
CU Caen la Mer	Wisniewski	Aude	Trame verte urbaine, évaluation des gisements
CRAN	Pivain	Yann	Expérience en zone de grande culture, agroforesterie, la haie pour le monde agricole

Figure 1. Les différents acteurs mobilisés pour les entretiens

1. L'état du bocage en Normandie

Des haies denses et cohérentes (c'est-à-dire avec de nombreuses intersections) sont une composante essentielle de ce que l'on nomme la Trame Verte et Bleue (TVB). En effet, les haies sont à la fois des corridors écologiques permettant à la faune et la flore de se déplacer entre les différents milieux qui les entourent (forêts, prairies, cours d'eau, mares, parcs urbains, etc.), et des réservoirs de biodiversité où elles peuvent s'abriter et trouver de nombreuses ressources alimentaires. Les haies abritent une faune et une flore non spécifiques au bocage et bénéficient à la fois d'espèces forestières, prairiales et parfois d'espèces aquatiques ou de milieux humides s'il y a une mare à proximité par exemple. Les haies peuvent être caractérisées à la fois d'un point de vue qualitatif et d'un point de vue quantitatif.

- D'un point de vue qualitatif en étudiant la structure, la composition et l'âge des haies, ainsi que leur biodiversité. En effet, la qualité d'une haie est liée à la diversité des essences floristiques, à leur autochtonie, au nombre de strates (herbacée, arbustive, arborée) qui composent les haies et enfin à leur santé et leur capacité à résister aux perturbations. La qualité des haies est aussi liée aux services écosystémiques rendus, en particulier à ses fonctions de corridor écologique et d'abri pour de nombreuses espèces.
- D'un point de vue quantitatif par des indices tels que la densité et la cohérence, que nous allons étudier dans ce document.

1.1 Bilan quantitatif sur 50 ans (1970 à 2023)

L'indice de densité des haies est la somme de la longueur totale des haies d'un territoire considéré, divisé par la surface de ce territoire. La densité s'exprime en mètres par hectare. Cet indice permet de comparer deux territoires de superficies différentes.

Sur la période 2004-2015 pour l'ensemble de la France métropolitaine, et 2009-2013 pour la Normandie, **la densité des haies normandes (57 m/ha) se trouve bien au-dessus de la moyenne nationale (28 m/ha)**. Cependant, la Normandie est surclassée par la Bretagne (1^{ère}) et les Pays de la Loire (2^e), qui ont eux aussi des paysages bocagers très riches avec respectivement des densités de 64 m/ha et 61 m/ha. **Ce chiffre confirme que la Normandie, avec ses 171 000 km de haies, est une des régions les plus bocagères de France.** Les enjeux régionaux en matière d'aménagement du territoire, de conservation et protection de ces paysages bocagers sont donc très forts. (Figure 2)

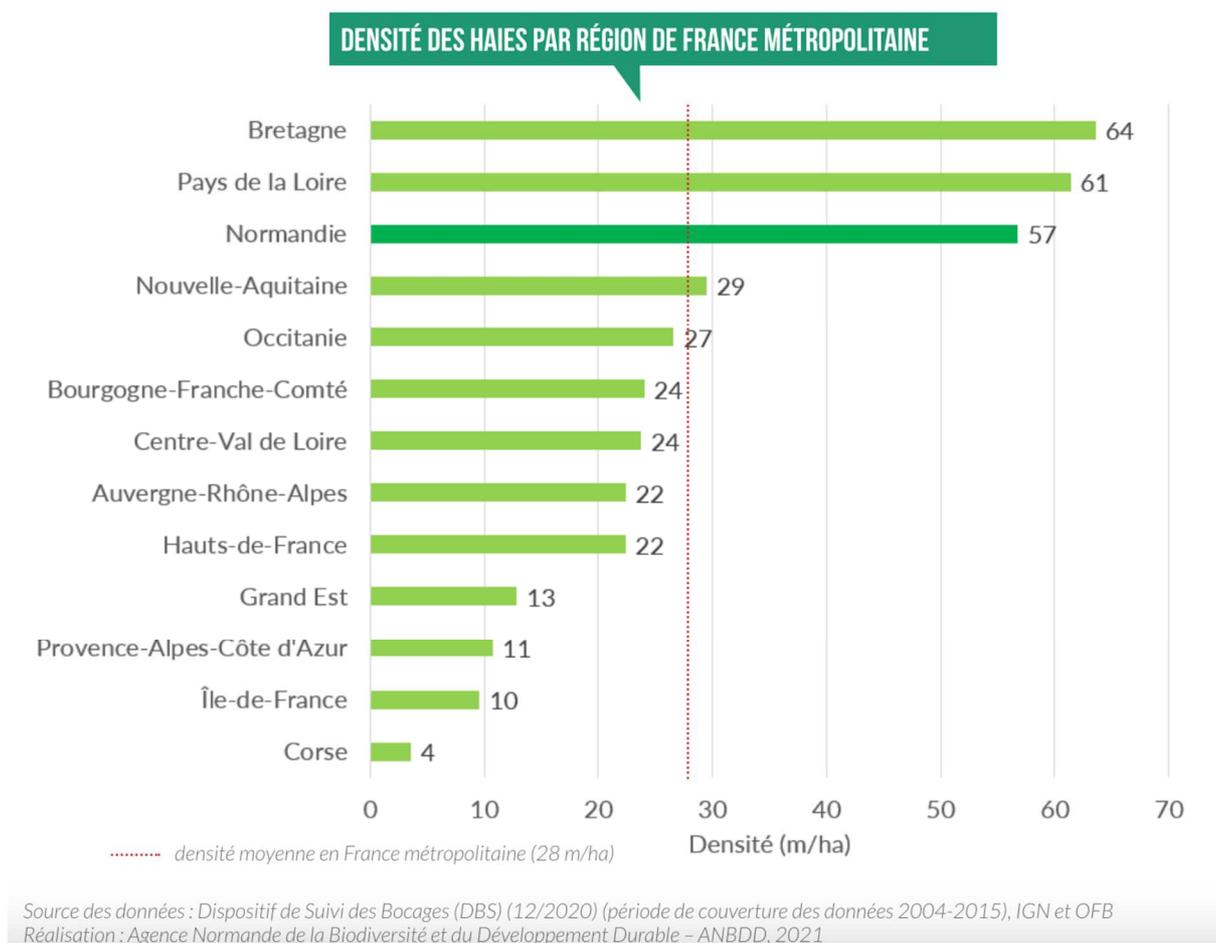
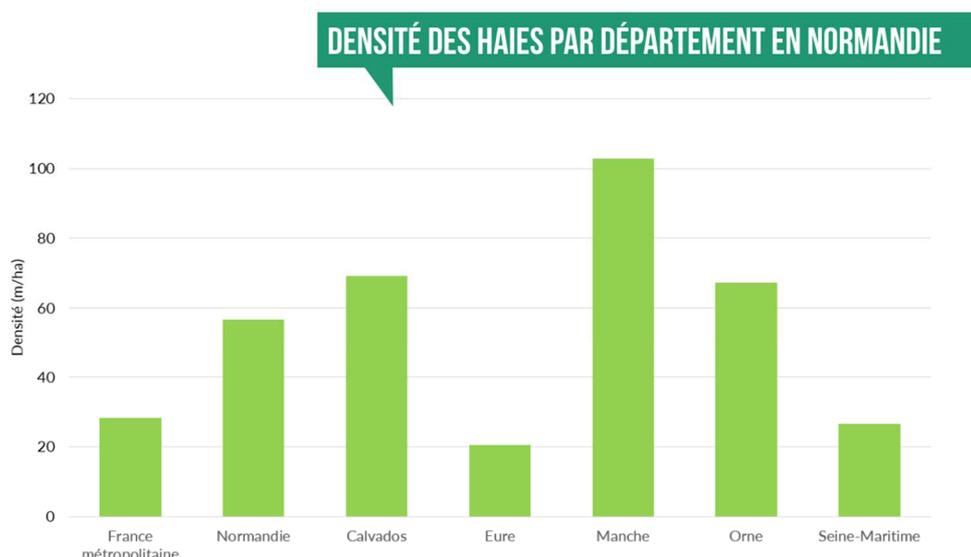


Figure 2. Densité des haies par région en France métropolitaine

Parmi les 96 départements métropolitains, la Manche est le département français ayant la plus forte densité de haies. Le Calvados se place 6^e, l'Orne 7^e, la Seine Maritime 34^e et l'Eure 47^e.

La cartographie de la densité des haies en Normandie (données 2009-2013) montre une inégale répartition sur le territoire régional. En effet, les haies constituent un élément du paysage plus marqué dans l'ouest de la région. Cette répartition est intimement liée à l'activité agricole et à l'histoire de la Normandie. L'apogée des haies, au XIX^e siècle et à la première moitié du XX^e siècle, est liée au développement des prairies temporaires et des prairies permanentes et donc de l'élevage bovin laitier. Cependant, certains secteurs n'ont jamais été embocagés et ont donc de faibles densités (plaine de Caen, plateaux Est de l'Eure, Pays de Caux).



Source des données : Dispositif de Suivi des Bocages (DBS) (12/2020) (période de couverture des données 2009-2013), IGN et OFB
 Réalisation : Agence Normande de la Biodiversité et du Développement Durable - ANBDD, 2021 ; calculé par zone géographique (départements normands, Normandie et France métropolitaine)

Figure 3. Densité des haies par département en Normandie

Selon le Dispositif de Suivi des Bocages (données 2009 – 2013), la densité de haies en Normandie est de **57 mètres par hectare**. Cependant, il existe des différences entre les départements, particulièrement entre le nord-ouest et l'est de la région. **En effet, la Manche reste de loin le département normand le plus dense en haies avec une densité de 103 m/ha, tandis que l'Eure et la Seine-Maritime présentent des densités (respectivement 20 et 27 m/ha) nettement inférieures aux moyennes régionale (57 m/h) et nationale (28 m/ha). Les densités de l'Orne (67 m/ha) et du Calvados (69 m/ha) se rapprochent quant à elles de la moyenne régionale (57 m/h).** En s'intéressant de plus près à la répartition des haies par type d'occupation des sols, on constate que les haies sont particulièrement denses dans les territoires agricoles en Normandie (67 m/ha), et plus particulièrement dans les prairies (99 m/ha) et dans les zones agricoles hétérogènes (93 m/ha). Le deuxième type d'occupation des sols où les haies sont les plus denses sont les territoires artificialisés (30 m/ha), et plus particulièrement les espaces verts artificialisés, non agricoles (36 m/ha) et les zones urbanisées (grâce aux jardins) (33 m/ ha) (figure 3 et 4).

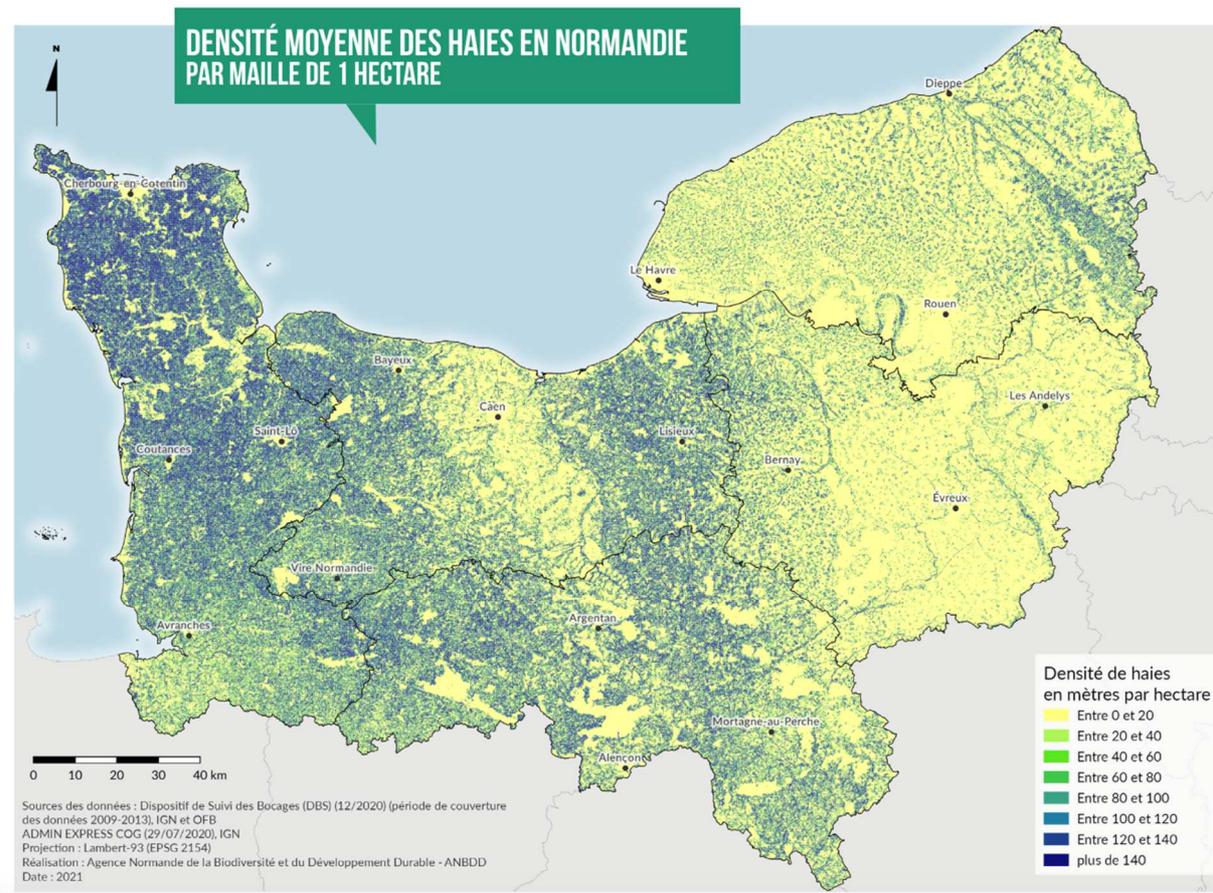
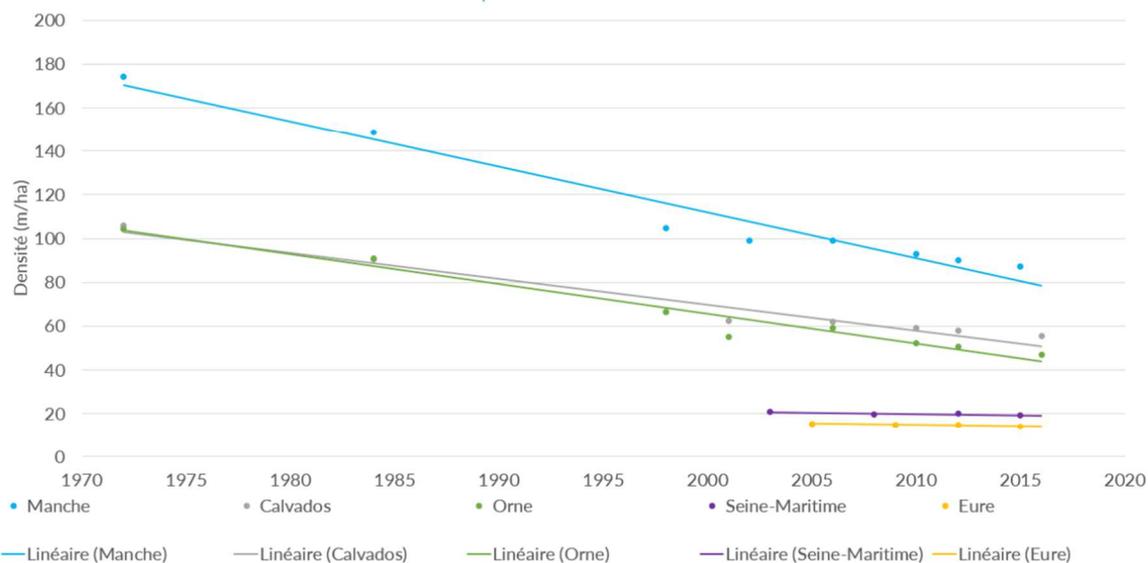


Figure 4. Densité moyenne des haies en Normandie par maille de 1 hectare

On ne dispose des données pour l'Eure et la Seine-Maritime que depuis respectivement 2003 et 2005, contre 1972 pour les trois autres départements normands. Cela ne permet pas d'avoir une vision aussi claire de l'historique des haies de l'Eure et de la Seine-Maritime que de celui des trois autres départements normands. D'après les données de la Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Normandie, la densité des haies en Normandie n'a cessé de chuter depuis 1972. Cette chute est très marquée dans les départements de la Manche, du Calvados et de l'Orne. **Entre 1972 et 2015, selon la droite de régression, la densité des haies de la Manche est celle qui a le plus diminué et correspond à une perte de 1208 km de haies par an (soit la distance Rouen-Rome à vol d'oiseau). De la même façon, la densité des haies de l'Orne accuse une perte de 829 km par an entre 1972 et 2016 (Caen-Toulon à vol d'oiseau) et une perte de 654 km par an dans le Calvados entre 1972 et 2016 (Rouen-Toulouse à vol d'oiseau).** Toujours d'après la droite de régression, la Seine-Maritime subit une diminution correspondant à la perte de 73 km de haies par an entre 2003 et 2015 et le département de l'Eure une perte de 70 km de haies par an entre 2005 et 2015. D'ici 2053, le département de la Manche, qui est le département de France métropolitaine le plus dense en haies, pourrait ne plus du tout avoir de haies si la diminution de la densité continue au même rythme que celle observée pour ce département entre 1972 et 2015 (figure 5).

La densité est un critère déterminant dans la richesse biologique d'une haie au même titre que la présence d'un ourlet herbeux, la multitude de strates végétales ou encore la présence d'infrastructures annexes (mares, fossés...). **Des travaux menés par l'URCPIE Normandie dans le cadre du projet Sentinelles du Climat ont montré que l'occurrence des espèces est corrélée à la densité de haies** : plus la densité est forte et plus le taux de probabilité de présence de la Salamandre tachetée et du Lézard vivipare est élevé (Barrioz M. & Lesouef Q. 2024 / URCPIE Normandie-OBHeN « Les Sentinelles du Climat »). Ces deux espèces sont classées « vulnérables » dans la liste rouge régionale des amphibiens de Normandie.

DROITES DE RÉGRESSION LINÉAIRE DE L'ÉVOLUTION DE LA DENSITÉ DES HAIES PAR DÉPARTEMENTS NORMANDS ENTRE 1972 ET 2016



Source des données : W. Latizeau, « Analyse statistique de la dynamique bocagère de 1947 à 2016 en Normandie », Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement NORMANDIE, Rapport de stage Licence professionnelle Géomatique et Environnement, sept. 2020. Consulté le : déc. 07, 2021. [En ligne]. Disponible sur : http://www.donnees.normandie.developpement-durable.gouv.fr/pdf/RAP-PORT/Rapport_LPRO_WendyLatizeau_2020.pdf

Réalisation : Agence Normande de la Biodiversité et du Développement Durable – ANBDD, 2021

Figure 5. Évolution de la densité des haies par départements normands entre 1972 et 2016

1.2 État des connectivités

L'indice de cohérence, exprimé en pourcentage, est un indicateur de connectivité, complémentaire à la densité, qui se base sur le nombre de nœuds (points d'intersection entre plusieurs haies) et le nombre d'extrémités libres (extrémité d'une haie aboutissant dans le vide) entre les haies. À chaque nœud est associé un poids « P » qui dépend du nombre de branches constituant l'intersection, c'est-à-dire du type de connexion. Cet indice permet de caractériser l'organisation spatiale des haies. Plus le maillage est composé d'intersections, plus il sera jugé structuré et intéressant d'un point de vue écologique, le maximum étant 100 %. À l'inverse, plus il sera composé d'extrémités libres, plus il sera jugé désorganisé, le minimum étant de 0 %.

Ces zones de connexions entre deux haies ou plus sont des sites qui peuvent présenter une richesse spécifique supérieure à celle trouvée dans les linéaires eux-mêmes (par exemple, on trouve en moyenne 3,7 espèces d'oiseaux de bord de haie dans ces zones de connexions contre seulement 2,2 espèces dans les zones de linéaire). La plupart des espèces composant les haies sont des espèces prairiales ou de bordure de forêt, et il semble qu'aucune espèce ne soit spécifique aux haies. Les haies larges et multi-strates fonctionnent comme des corridors pour la circulation de nombreuses plantes et animaux à travers un paysage. Des haies isolées les unes des autres offrent moins de possibilités aux espèces de se disséminer, alors que des haies ayant de nombreuses connexions entre elles favorisent ces mouvements. Ainsi, à densité égale, les zones à forte cohérence ont potentiellement une plus forte richesse spécifique, et assurent également une meilleure circulation des espèces.

Selon le Dispositif de Suivi des Bocages (données 2009 – 2013), la cohérence des haies de Normandie est de 40 %. Cependant, comme pour la densité, il existe des différences entre les départements, particulièrement entre le nord-ouest et l'est de la région. En effet, la Manche remporte la palme du département le plus cohérent avec une cohérence de 48 %, tandis que l'Eure et la Seine-Maritime

présentent des cohérences (respectivement 31 % et 28 %) nettement inférieures à la moyenne régionale (40 %). Les cohérences du Calvados (38 %) et de l'Orne (40 %) se rapprochent quant à elles de la moyenne régionale (40 %) (figure 6 et 7).

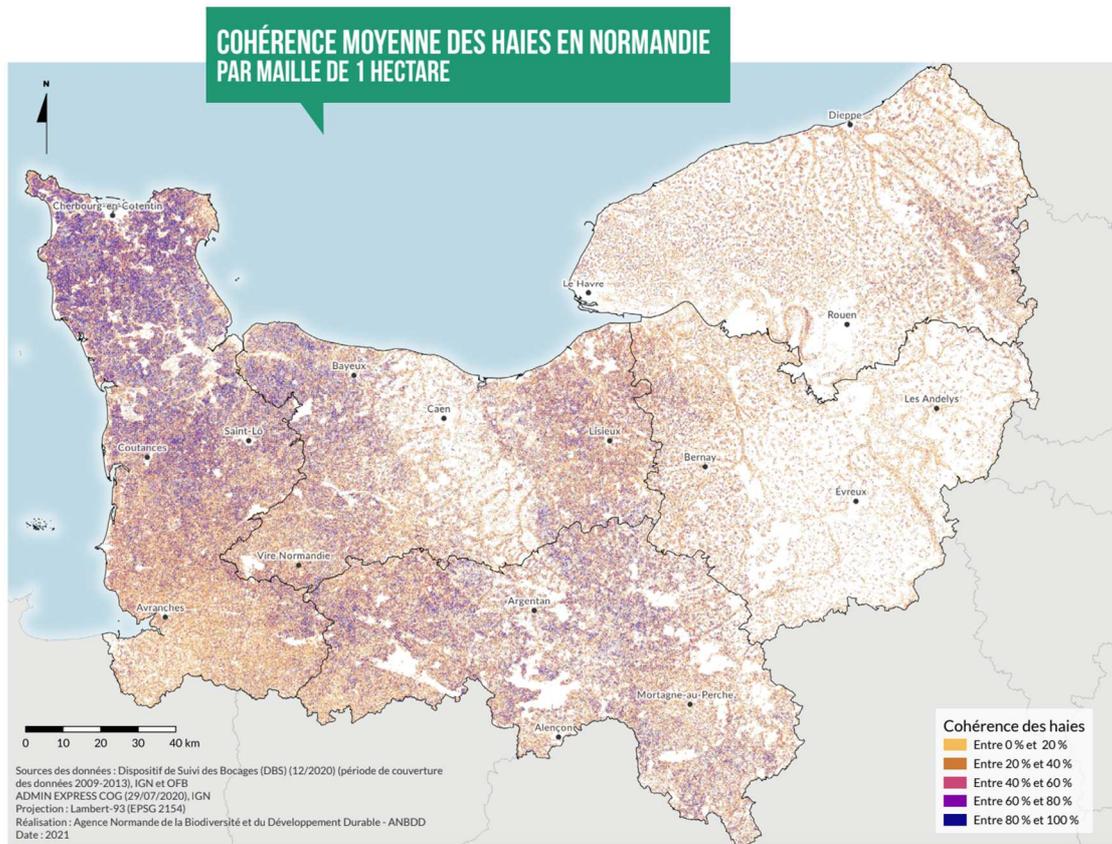
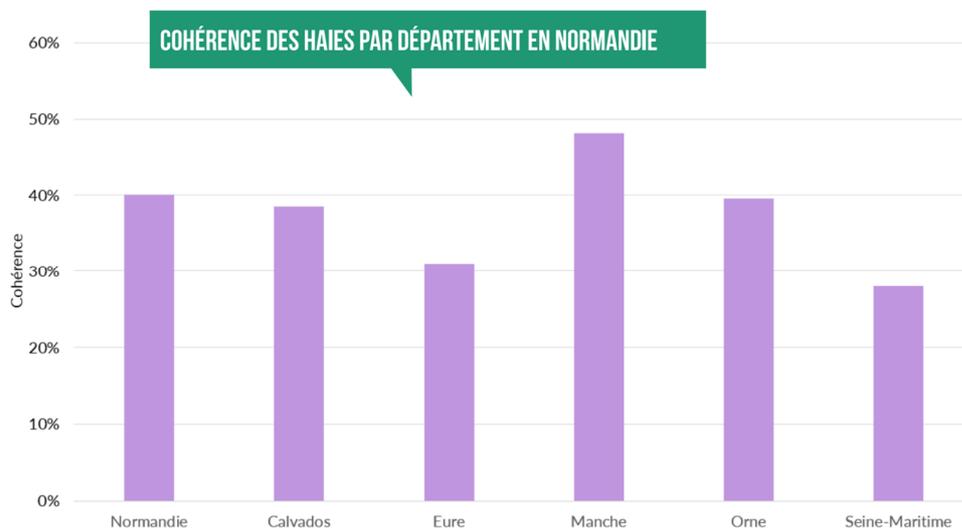


Figure 6. Cohérence moyenne des haies en Normandie par maille de 1 hectare



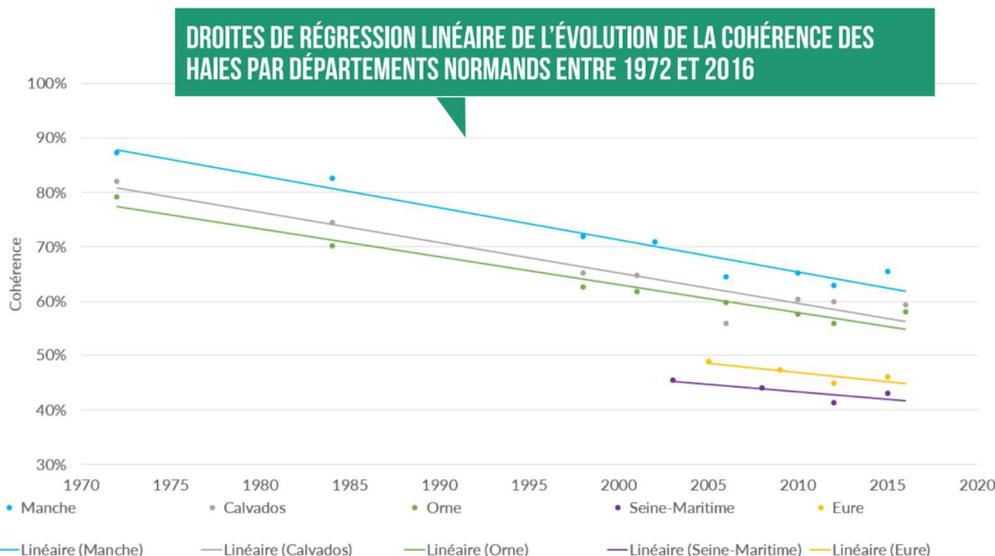
Source des données : Dispositif de Suivi des Bocages (DBS) (12/2020) (période de couverture des données 2009-2013), IGN et OFB

Réalisation : Agence Normande de la Biodiversité et du Développement Durable – ANBDD, 2021 ; calculé par zone géographique (départements normands et région Normandie)

Figure 7. Cohérence des haies par département en Normandie

De la même façon que pour la densité, on ne dispose des données pour l'Eure et la Seine-Maritime que depuis respectivement 2003 et 2005, contre 1972 pour les trois autres départements normands. Cela ne permet pas d'avoir une vision aussi claire de l'historique des haies de l'Eure et de Seine-Maritime que de celui des trois autres départements normands.

D'après les données de la Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) de Normandie, **la cohérence des haies en Normandie n'a cessé de chuter depuis 1972. Cette chute est très marquée dans les départements de la Manche, du Calvados et de l'Orne. En 44 ans, la cohérence des haies du Calvados a diminué de 23 %, contre 22 % en 43 ans pour la Manche et 21 % en 44 ans pour l'Orne.** De son côté, la cohérence des haies dans l'Eure a baissé de 3 % en 10 ans, contre une diminution de la cohérence des haies de Seine-Maritime de 2 % en 12 ans (figure 8).



Source des données : W. Latizeau, « Analyse statistique de la dynamique bocagère de 1947 à 2016 en Normandie », Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement NORMANDIE, Rapport de stage Licence professionnelle Géomatique et Environnement, sept. 2020. Consulté le : déc. 07, 2021. [En ligne]. Disponible sur : http://www.donnees.normandie.developpement-durable.gouv.fr/pdf/RAPPORT/Rapport_LPRO_WendyLatizeau_2020.pdf
Réalisation : Agence Normande de la Biodiversité et du Développement Durable – ANBDD, 2021

Figure 8. Évolution de la cohérence des haies par départements normands entre 1972 et 2016

1.3. Un bocage vieillissant et dégradé

Le bilan disparition/replantation est largement déficitaire mais au-delà de ce solde négatif, le bocage existant est vieillissant et en mauvais état. Les arrachages et arasements de haies sont toujours d'actualité mais leur disparition est aussi largement liée à leur mauvais entretien. Il n'y a pas d'étude exhaustive sur l'état du bocage normand, toutefois il est possible de s'appuyer sur les études des régions voisines. En Bretagne on estime que 80 % du bocage existant est pas ou mal entretenu (Programme Breizh Bocage 2, 2022)

De nombreuses haies en zone d'élevage sont traversées par le bétail qui broute l'ourlet herbacé, piétine le talus, fait disparaître les strates buissonnantes et petit à petit les arbres s'individualisent et un à un disparaissent sous l'effet des tempêtes, d'une maladie, ou simplement du vieillissement (photos 1 et 2)



Photographies 1 et 2. Haies traversées par le bétail, individualisation des hauts jets et disparition des strates basses et de l'ourlet. Réduction drastique des services écosystémiques rendus par les linéaires (Orne). (Delahaye 2024)

L'absence d'entretien est aussi un facteur de disparition des haies. Les tempêtes de l'hiver et du printemps 2024 ont montré la fragilité de bon nombre de haies (photos 3 et 4). Elles doivent être recépées, regarnies de manière à conforter, sur le long terme, l'ensemble de leurs fonctions.



Photographies 3 et 4. Haies vieillissantes peu entretenues touchées par les tempêtes récentes. Elles remplissent de nombreuses fonctions notamment en matière de biodiversité mais à terme, en l'absence de regarnissage, elles vont disparaître (tempête, maladie, mortalité). (Delahaye 2024)

À l'inverse, les linéaires le long des champs cultivés souffrent plutôt d'un sur-entretien. Pour réduire leur emprise sur le terrain, elles sont très régulièrement taillées mécaniquement (épareuse, lamier) tous les ans ou les deux ans. Ces haies minces ne peuvent pas se développer, petit à petit elles deviennent discontinues, ne remplissent plus leurs fonctions écosystémiques et disparaissent (photos 5 et 6).



Photographies 5 et 6. Évolution classique des haies des bords de champs cultivés. La réduction de l'emprise des haies par le sur-entretien aboutit à une fragmentation du linéaire. Les fonctions écosystémiques sont très réduites (Bessin). (Delahaye 2024)

L'autre méthode pour réduire l'emprise de la haie et simplifier son entretien consiste à supprimer toutes les strates inférieures en ne laissant que les hauts jets ou en taillant les strates basses en haies trois faces à 1.5 m de hauteur (photos 7 et 8). C'est un moyen pour mécaniser totalement l'entretien, limiter l'ombre portée et réduire la gêne pour le passage des engins.



Photographie 7. Sur la photo de gauche seuls les hauts jets sont conservés, la végétation sur le talus est régulièrement broyée. (Delahaye 2024)

Photographie 8 Le principe est le même sur la photo de droite mais la haie étant à plat, la strate basse est taillée trois faces à 1.5 m (Bessin). (Delahaye 2024)

À terme, ces modes d'entretien aboutissent à une disparition progressive de la haie fonctionnelle pour ne conserver qu'une haie basse taillée sur les trois faces. Cette forme réservée aux bords de route en Normandie tend à se développer autour des parcelles selon un modèle déjà très répandu en Angleterre. Évidemment cette forme de bocage, qui peut avoir une densité assez forte, ne présente évidemment que peu d'intérêt écologique (photos 9 et 10). **Cet exemple illustre toute la relativité de la notion de densité bocagère. C'est bien la nature et la qualité des haies qui permettent de définir l'amplitude des services rendus à la fois pour le présent mais surtout pour le futur.**



Photographies 9 et 10. Bocage à base de haies basses taillées sur les trois faces dans le Berkshire en Angleterre. Un réseau qui reste dense mais aux fonctions dégradées (biodiversité, effet microclimatique, stockage du carbone...).(Delahaye 2023)

Le réseau de haies est également dégradé par l'altération de sa continuité. Au-delà de la fragmentation intra-haies présentée plus haut, le réseau lui-même devient discontinu. Il reste bien souvent une variable d'ajustement dans le paysage et au gré des besoins, de la volonté de simplifier le parcours des engins, d'obtenir des parcelles de plus en plus grandes, le linéaire de haies est découpé en tronçons qui ne sont plus connectés entre eux (photos 11,12 et 13).



Photographies 11 et 12. Par petites touches le bocage devient discontinu sous l'effet des pratiques agraires. À l'échelle du versant les fonctionnalités du réseau sont dégradées notamment les fonctions de régulation hydrologiques (vallée de l'Orne). (Delahaye 2024)



Photographie 13. Effet de l'agrandissement des blocs culturaux sur le bocage. Ruptures des continuités du réseau de haies pour permettre le passage aisé d'une parcelle à l'autre et le travail facile de la fourrière sur l'ensemble de la longueur du bloc cultural. (Guillemois 2024)

Enfin, il faut également signaler le cas particulier des haies de bords de route qui sont le plus souvent gérées par plusieurs acteurs (agriculteurs, collectivités, départements). Elles ont un statut particulier car elles bordent l'espace routier qui doit être sécurisé et entrent en conflit avec d'autres fonctions dévolues du bord de route notamment le passage des réseaux. Cela aboutit bien souvent à une disparition de la haie ou son rabattement (haie basse trois faces) pour éviter toute gêne pour les infrastructures. Les nombreux articles à propos de la conduite anarchique des chantiers d'installation de la fibre ont témoigné des effets catastrophiques sur les haies du déploiement de cette technologie. Cet exemple montre clairement que la haie, en dépit de son retour en grâce, reste un objet paysager bien mal protégé et corvéable à merci (photos 14 et 15).



Photographies 14 et 15. Haies de bords de routes régulièrement arrachées ou rabattues pour éviter tout risque pour la circulation sur la voirie ou pour faciliter le passage des réseaux. Cette gestion est totalement anarchique, sans méthodologie et sans concertation entre les acteurs qui ne sont pas toujours les mêmes de chaque côté de la haie. (Delahaye 2024)

Actuellement, il y a des données quantitatives exhaustives sur les réseaux de haies (BD HAIES) mais les études qualitatives restent très ponctuelles à propos des fonctionnalités des réseaux, leur viabilité à long terme et leur potentielle résilience face au changement climatique. Tout ce travail reste à faire et cela passe par la mise en place d'une méthodologie d'inventaire qui pourra s'appuyer sur les outils existants (PGDH, label haie) mais pas seulement. Il faut mobiliser les nouveaux outils disponibles (photogrammétrie, télédétection, lidar...) pour qualifier l'état des haies et des bocages normands de manière homogène et répliquable dans l'espace et dans le temps.

2. Les pratiques de gestion actuelle

Les échanges avec les acteurs avaient pour objectif de faire un état des pratiques actuelles de la gestion du bocage, de saisir les orientations à moyen et long terme de cette gestion dans un contexte de changement climatique, de cerner les attentes de ces acteurs de l'aménagement pour donner plus de cohérence à leur action et d'identifier les verrous méthodologiques, scientifiques ou autres permettant une action cohérente sur le territoire.

La rapide synthèse qui est proposée ici ne peut rendre totalement compte de la richesse des échanges lors de 10 entretiens de plus 1h30 chacun mais elle permet de dégager les grands enjeux et les verrous à lever pour mettre en place une stratégie cohérente de restauration des bocages.

2.1 Les constats partagés

Tous les interlocuteurs font le même constat : les **bocages sont en mauvais état**, soit sur entretenus, soit sous entretenus. Les réseaux les plus en souffrance sont ceux qui bordent les champs cultivés et les bords de route. En revanche ce mauvais état n'est pas homogène, il y a une grande variété de bocages et certains sont mieux conservés que d'autres et surtout les formes de dégradation ne sont pas uniformes sur le territoire. Toute cela montre la **nécessité de proposer une géographie régionale des bocages** en croisant les contextes pédo-climatiques variés en Normandie avec les trajectoires paysagères associées aux pratiques. Cette géographie des terroirs bocagers permettrait d'orienter la stratégie de gestion et la définition des territoires prioritaires d'intervention.

L'arrachage n'est peut-être pas le principal moteur aujourd'hui de la disparition du bocage mais il est toujours à l'œuvre dans certains territoires notamment sous l'effet du développement de la méthanisation qui conduit au retournement des prairies et à la disparition de haies.

Tous les acteurs privilégient **une vision multi-services des haies** (biodiversité, hydrologiques, climatiques, énergie...). Ils attirent d'ailleurs l'attention sur les effets, parfois, contre productifs des financements qui orientent la plantation de haies vers un seul service. À terme, cette pratique conduit à transformer le bocage et à l'uniformiser. Il est important de **promouvoir une approche systémique du paysage de bocage** qui ne se limite pas au réseau de haies mais à l'ensemble des objets paysagers qui interagissent (haies, mares, bandes enherbées, prairies, bosquets...). La haie « rêvée » est une haie multi-strates sur talus avec des arbres conduits en hauts-jets et d'autres en cépée d'arbre, une strate arbustive associée à des petites essences et un ourlet de pied de haie largement développé. Toutefois la multiplicité des formes de haies est aussi intéressante car elle permet de faire varier les habitats, les fonctions et c'est les fonctionnalités de la mosaïque paysagère qu'il faut estimer. Tous les acteurs sont convaincus qu'il n'existe pas de « haie générique » transposable de territoire en territoire. Ils sont également inquiets du développement des plantations intégrant des espèces exotiques, comme l'eucalyptus ou le paulownia, sous couvert d'adaptation climatique.

Le rapport à l'eau est un enjeu important car les **haies peuvent venir concurrencer les cultures en puisant dans la réserve utile du sol. Cette concurrence existe mais elle semble limitée et surtout très contrôlable** avec des techniques favorisant l'exploration profonde des racines. Evidemment ces pratiques sont surtout nécessaires sur les sols minces où les réserves utiles sont faibles.

L'ensemble des acteurs s'accorde également pour estimer que la **faiblesse de l'appropriation sociale** constitue le verrou principal pour développer une politique cohérente sur le terrain. La majorité des chantiers de plantation se fait chez des volontaires et non pas selon la logique d'un diagnostic de territoire. Sans un accompagnement au changement adapté auprès des agriculteurs et même des élus il sera difficile d'inverser le processus qui conduit aujourd'hui au recul continu du bocage. Parmi les verrous à lever, citons celui du **rapport au temps**, l'agriculture actuelle étant une agriculture du temps court (de la saison à l'année) incompatible avec la gestion des réseaux de haies.

2.2 Des pratiques multiples

Les constats partagés ne conduisent pas à des pratiques communes sur le terrain. **En matière de plantation de haies les pratiques sont assez diverses** qu'il s'agisse de la densité de plants, des espèces choisies, de la distribution (part des hauts-jets), du nombre d'essences, de la préparation du sol, du type de paillage ou de la protection des plans contre la faune...

Le nombre de chantiers réalisés depuis plusieurs décennies permettent de construire un référentiel des bonnes pratiques à partir des retours d'expériences. La haie plantée doit être en équilibre avec le contexte pédoclimatique, avec cette idée de planter la **bonne essence au bon endroit**. Le recul est suffisant aujourd'hui pour trouver un consensus sur des méthodes de préparation du sol, sur le choix du paillage, sur les modalités d'entretien et de suivi des plantations. Plus que jamais, il apparaît comme étant nécessaire de **massifier les expérimentations qui fonctionnent**.

Cette variabilité des pratiques vaut également pour la restauration des haies existantes mais là encore il existe des pratiques qui fonctionnent et qui doivent être mutualisées.

Le positionnement est contrasté à propos de l'adaptation du bocage au changement climatique et, en conséquence, toutes les pratiques sont à l'œuvre sur le terrain. Tout le monde s'accorde sur la grande vigilance à avoir pour ne pas introduire d'espèces invasives, mais au-delà de cette vision commune, les pratiques divergent, entre confiance en la capacité d'adaptation des espèces déjà présentes, promotion du végétal local, migration assistée, voire import d'espèces venant d'autres continents toutes les méthodes sont à l'œuvre sur les terrains normands. **Il est urgent de trouver un consensus et de proposer une liste d'espèces mutualisées pour faire face aux enjeux du changement climatique. Ce sera l'objet de la dernière partie de ce rapport.**

2.3 De nouveaux enjeux identifiés en lien avec le changement climatique

La haie fourragère est une question importante pour la majorité des acteurs. Les premières expériences menées dans les autres régions montrent que la ressource en biomasse offerte par les haies au moment du creux prairial est une piste très crédible pour permettre aux troupeaux de passer les périodes de sécheresse. Toutefois les questions restent nombreuses, quelles espèces choisir ? Faut-il laisser le troupeau brouter directement la haie ou récolter les jeunes pousses et les distribuer au troupeau ? Quel volume de biomasse peut être prélevé sur un linéaire de haie sans altérer durablement ses fonctions ? Le sujet est d'ampleur, tout ou presque reste à écrire et la dernière partie du rapport va apporter les premières réponses.

Aujourd'hui la **principale motivation exprimée par les agriculteurs pour planter une haie est climatique (protection du vent, ombrage)** et il est évident que ce rôle va se renforcer dans le futur sous l'effet du changement climatique. Paradoxalement, c'est le service écosystémique le plus recherché et c'est le moins bien connu. Il y a quelques données sur l'effet bénéfique des haies sur les

rendements, quelques données également sur la protection de la réserve utile des sols (enrichissement des sols en matière organique et protection des vents séchants), d'autres sur le rafraîchissement des bâtiments d'élevage...mais il n'y a **pas à ce jour d'étude régionale d'ampleur sur les effets micro-climatiques des haies**. Il est possible d'associer à cette réflexion la question des ripisylves qui vont jouer un rôle de plus en plus crucial pour limiter le réchauffement des cours d'eau.

Enfin **il semble important de travailler les continuités entre espaces ruraux et espaces urbains** (trames vertes). Aujourd'hui il y a une rupture nette (espèce, implantation, gestion, réglementation) entre la ville et la campagne et il faut intégrer l'ensemble dans une vision systémique commune pour rendre plus résilients les paysages au changement climatique (corridor, îlot de fraîcheur, espèces adaptées.).

En conclusion, il n'y a donc pas de stratégie globale de restauration du bocage à l'échelle de la Normandie et la stratégie d'adaptation au changement climatique reste très embryonnaire. Toutefois, il y a dans le réseau d'acteurs régionaux toutes les compétences pour développer cette stratégie partagée et développer des démonstrateurs territoriaux pour promouvoir des terroirs bocagers durables.

L'enjeu final est complexe car il faut trouver l'équilibre entre une stratégie partagée avec la mise en commun de pratiques de gestion et de rénovation des bocages sans provoquer à terme une uniformisation des paysages et en respectant la diversité des milieux et des pratiques. Tout cela doit s'inscrire dans une démarche favorisant l'appropriation sociale par les agriculteurs.

3. De la haie au terroir bocager : pour une stratégie de restauration qui soit localement adaptée

3.1 Typologie des terroirs bocagers normands

Trop souvent la gestion est pensée à l'échelle de la haie et non du réseau ou du paysage. Et pourtant il n'y a pas un bocage mais des bocages en Normandie. Certains linéaires sont multistrates avec des arbres de haut jet, une strate arbustive haute, une strate arbustive moyenne et basse et une strate herbacée, d'autres ne sont composés que d'une simple strate arbustive ou encore d'un alignement de hauts jets. Les différents bocages normands sont généralement marqués par une ou des espèces dominantes pour la haute strate arborée (frêne, chêne, hêtre...) pour chaque petite région naturelle. Les pratiques et perceptions à travers le temps ont facilité pour certains paysages bocagers le maintien de leurs fonctions et services écosystémiques au sein d'espaces agricoles ayant connu une évolution paysagère différente des trajectoires typiques. Cette variété de trajectoires paysagères sur le temps long a déjà été étudiée sur des petits bassins versants expérimentaux (Guillemois *et al*, 2023). Il faut maintenant déterminer comment et pourquoi, à l'échelle de l'ensemble des bocages normands, ces trajectoires se sont mises en place. Traiter cette question est urgent car des plans ambitieux de replantation voient le jour à l'échelle de la France (annonce dans le cadre du « pacte en faveur de la haie » de la plantation de 50 000 km de haies d'ici 2030) mais également à l'échelle des régions (Normandie haies, Liger Bocage Agroforesterie, entre autres), des PNR, des départements, des EPCI. Il est évident qu'il n'y a pas de méthode générique pour restaurer un bocage ou maintenir l'existant, une stratégie cohérente doit intégrer cette variété des trajectoires pour adapter la conservation et la restauration du bocage et la rendre opérationnelle localement.

À titre d'exemple l'annexe n°2 présente l'analyse diachronique de différents bassins versants bocagers et montre clairement comment on passe d'une situation assez semblable jusqu'à la veille de la Seconde Guerre mondiale à des paysages totalement différents aujourd'hui.

3.2 Une gestion articulée en fonction de trois échelles

- Echelle des terroirs (paysage)

Cette première échelle vient d'être définie dans les paragraphes précédents. Il s'agit d'espaces qui présentent des caractéristiques communes en matière de réseau bocager (état, densité, gestion...). Cette échelle se rapproche de celle des petites régions agricoles et elle permet de définir les enjeux prioritaires régionaux. À partir des exemples présentés plus haut, il est évident que le bocage virois doit faire l'objet d'une restauration prioritaire avec de nouvelles plantations, des regarnissages en se fixant des objectifs à moyen et long terme pour retrouver un linéaire fonctionnel. Dans le Cotentin, les objectifs sont autres, la densité reste forte et il faut veiller à la conserver et travaillant prioritairement sur la régénération des linéaires vieillissants. Toute cette stratégie régionale doit s'appuyer sur une typologie pertinente qu'il faut produire rapidement.

- Echelle du réseau (versant/exploitation agricole)

L'évolution d'un réseau n'est pas homogène. Il y a deux grands types d'évolution spatiale. L'évolution par front qui correspond à la conquête d'un système cultural sur un autre. Ce phénomène est rencontré classiquement à la marge des openfields de grandes cultures : le système plaine de Caen qui empiète sur le Bessin, le système de plateau du Neubourg qui se diffuse à l'est du Pays d'Auge...

La seconde forme s'apparente à du mitage avec le développement d'îlots cultivés au milieu du bocage (Photo 16 et 17). La recomposition foncière est le principal moteur de ce processus, les nombreux départs en retraite impliquent un changement de main rapide des terres et une recomposition locale du parcellaire et de l'occupation du sol. Ce développement des cultures s'accompagne toujours de disparitions de haies pour permettre l'agrandissement du parcellaire.



Photographies 15 et 17. Émergence de grands îlots cultivés dans les paysages de bocages. Bocage Ornaïs à l'ouest d'Alençon comparaison des photographies de 1982 et 2023 (Géoportail, remonter le temps)

La figure 9 illustre parfaitement le double phénomène. Une analyse diachronique (1971-2020) de la zone de contact entre la plaine de Trun et le bocage du Pays d'Auge montre que le modèle « grande culture » se substitue aux prairies et progresse sous forme d'un front qui remonte sur le rebord de la cuesta. Il faut noter la disparition presque totale des vergers. Parallèlement de grands îlots cultivés apparaissent enclavés dans le bocage. Ce mitage est de plus en plus visible car les exploitations étant de plus en plus grandes, les choix réalisés par un seul exploitant ont un plus fort impact paysager qu'il y a 30 ou 40 ans. L'agrandissement des parcelles et l'arrachage de haies accompagnent ces évolutions. Le linéaire sur l'ensemble de la zone est passé de 162 m/ha en 1947 à 75 m/ha en 1996 et continue de régresser doucement. Ces valeurs sont encore plus faibles dans les îlots et sur le front (30 à 50 m/ha).

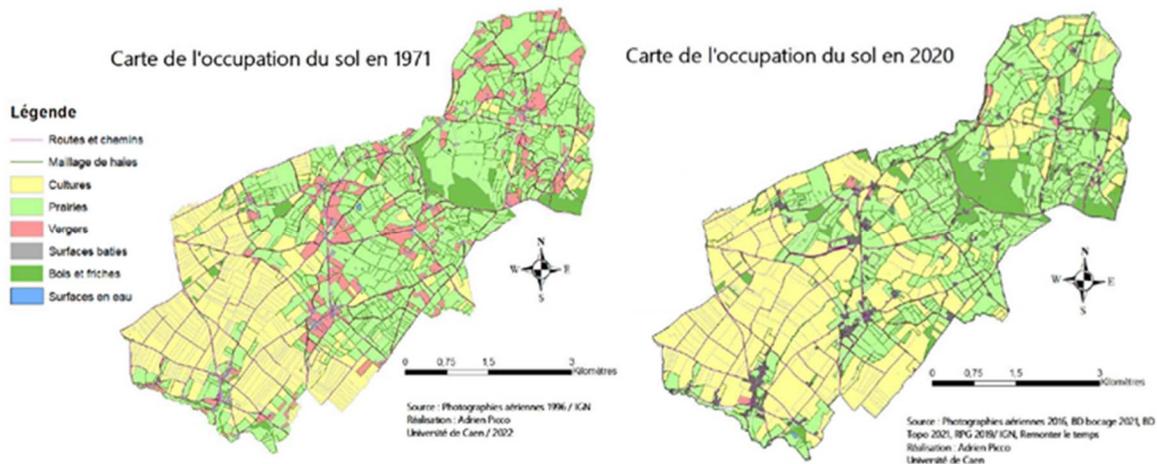


Figure 9. Évolution de l'occupation du sol et du maillage bocager au contact (cuesta) entre la plaine de Trun (grande culture) et le bocage du Pays d'Auge (Saint-Germain-des-Sablons), Adrien Pico (2022)

À cette échelle, ce sont ces zones de fronts et mitages qu'il faut surveiller notamment en mesurant quelles conséquences elles ont sur les connectivités hydrologiques ? sur la biodiversité ? sur les effets micro-climatiques ?...

Il faut restaurer la connectivité des réseaux à l'échelle des versants de manière à favoriser la biodiversité, à retenir l'eau dans les parcelles, éviter les effets séchant du vent...

Tous les outils sont disponibles pour poser un diagnostic sur la perte de fonctionnalités dans ces zones et il faut associer les exploitants agricoles concernés pour envisager une restauration adaptée de ces bocages. En aval de la typologie, ce diagnostic versants et exploitations repose sur des méthodes d'analyse spatiale qui sont maîtrisées aujourd'hui.

- Echelle de l'occupation du sol (bordure prairie/bordure culture/bordure route, bordure de cours d'eau)

C'est l'échelle la plus fine d'intervention : celle de la haie. La plantation ou la restauration de la haie doit respecter les spécificités de chaque linéaire. Les haies intra parcellaire n'ont pas les mêmes fonctionnalités que les haies de bords de route ou que les ceintures de bas fond. Cette échelle est aussi adaptée pour planter des haies ponctuelles dans les espaces où il n'y a jamais eu de bocage. Couvrir de haies les openfiels n'est pas un objectif à court terme, en revanche l'implantation d'une haie ponctuelle pour répondre à une fonction (hydrologie, ombrage...) dans un espace de grande culture est tout à fait adaptée.

C'est à ce niveau qu'il faut intégrer les préconisations pour garantir des haies adaptées aux terroirs locaux et résilientes face au changement climatique. Les paragraphes suivants vont définir ce cahier des charges.

4. Quelle stratégie pour l'adaptation au changement climatique (horizon 2050) ?

4.1. La haie, un outil moderne d'adaptation au changement climatique

Régulation hydrologique

En Normandie, 47 % de la population est exposée aux catastrophes naturelles. Le phénomène d'inondations par ruissellement concerne 740 000 habitants dont 340 000 exposés directement. Le coût des dommages assurés dû aux catastrophes naturelles sur la période 1995-2019 s'élève à 730 M€ en Normandie. Ce montant ne concerne que les biens assurés dans le cadre du régime Cat Nat, excluant les biens publics, les réseaux, les pertes de récoltes, les dommages de perte d'exploitation indirecte causée par une coupure de réseau routier ou électrique. Les inondations ont été à l'origine de près de 90 % des dommages assurés que la région a connus. Au regard de l'exposition des biens assurés, les inondations constituent la première source d'inquiétude. Les travaux menés par la CCR et météo france ont permis d'estimer que, dans le scénario 8.5, le coût global des catastrophes, au niveau national, devrait augmenter de 50 %. Au niveau régional, le coût des catastrophes naturelles liées aux aléas inondations, submersion marine et sécheresse devrait augmenter de 39 % à l'horizon 2050. Sans tenir compte de l'évolution des valeurs assurées, la sinistralité augmenterait de 124 % pour les sécheresses et 34 % pour les inondations et submersions marines. Les inondations de tous types resteraient ainsi le phénomène le plus impactant à l'horizon 2050, représentant 90 % de la sinistralité modélisée annuelle moyenne (Caisse Centrale de Réassurance, *La prévention des catastrophes naturelles par le Fonds de prévention des risques naturels majeurs en Normandie | Édition 2023*). Plus que jamais, la préservation des linéaires de haies existants et la consolidation du maillage bocager permettront de maîtriser le risque ruissellement et de favoriser l'infiltration des eaux de surface. Les actions de prévention (plantation de haie, regarnissage, gestion etc.) sont moins coûteuses que les actions curatives et les coûts des dommages.

La moyenne des coûts des sinistres climatiques a presque doublé en France ces dernières années, selon France assureurs. L'organisation professionnelle chiffre à 6,5 milliards d'euros le coût des catastrophes naturelles en 2023, contre 3,7 milliards d'euros en moyenne sur la période 2010-2019 et 2,7 milliards d'euros en moyenne sur la période 2000-2008. Cette tendance au changement d'échelle se retrouve au niveau mondial et devrait s'amplifier en raison de la crise climatique.

Plus que jamais, la haie sera un atout indéniable pour réduire ces dommages et coûts associés.

La haie fourragère

Le changement climatique devrait en effet accentuer les périodes de sécheresse et une variabilité interannuelle de la production des prairies. Les projections climatiques pour la Normandie indiquent qu'en période estivale, les éleveurs normands devront de plus en plus composer avec un creux prairial. L'absence ou la rareté de l'herbe à une période où les bêtes pâturent habituellement va poser la question des alternatives à trouver et/ou va obliger les éleveurs à faire du stock de foin pour cette période creuse. C'est peut-être dans les linéaires de haie de leurs exploitations qu'une partie de la réponse se trouve. De nombreuses essences bocagères représentent un potentiel de fourrage

complémentaire loin d'être négligeable. Les espèces ligneuses (arbres, arbustes, lianes) vont représenter une ressource fourragère valorisant l'eau et les minéraux des horizons profonds du sol.

Plusieurs éleveurs de Normandie connaissent bien cela, observent leurs troupeaux se servir directement sur la haie ou mettent à disposition des branches au sol. Encore ponctuelle, cette pratique pourrait guider les choix de plantation des techniciens bocage dans leurs chantiers de plantation chez des éleveurs notamment en intra parcellaire lors de la (re) composition de paddocks dans le cadre d'un pâturage tournant / tournant dynamique. De nombreuses expériences sont également menées au niveau national sur ce sujet, notamment par l'Inra de Lusignan, pour évaluer la valeur fourragère (valeur énergétique et azotée, teneur en fibres et en tanins condensés, digestibilité, dégradabilité théorique de l'azote) de plusieurs espèces ligneuses.

Un linéaire de 700 m de haie (essences fourragères en mélange) permet de nourrir 50 vaches allaitantes pendant 4 jours ou compléter la ration estivale à hauteur de 20% pendant 20 jours en moyenne.

La haie fourragère devra pousser les éleveurs à penser la ressource fourragère de leur exploitation en 3D. Elle permettra de faire face au creux estival en complétant les rations mais ne remplacera pas l'herbe. Il s'agit d'un élément supplémentaire à avoir en tête dans les techniques de pâturage tournant. En sélectionnant des espèces avec une bonne repousse, deux pâturages peuvent même être envisagés l'été, augmentant d'autant la contribution des haies à la ration estivale. Plusieurs espèces sont pertinentes (liste non exhaustive) :

- Arbres à vocation fourragère : le charme, le frêne (risqué vu l'épidémie de chalarose), le poirier commun, le pommier sauvage, le saule cendré, le saule marsault (dans des secteurs avec une bonne humidité du sol), le noisetier, le châtaignier, l'aulne blanc, l'érable champêtre et le hêtre.
- Les espèces à mener en cépée à vocation fourragère : les noisetiers (qualité du feuillage et haute teneur en tannins dès le printemps qui peut répondre à un besoin naturel des animaux (antiparasitaire, troubles digestifs...)), le charme, l'orme, le sorbier et l'aulne.
- Les arbustes de « bourrage » à vocation fourragère : l'aubépine, le prunellier et l'églantier voire le cornouiller et le sureau, le genêt, l'ajonc, la bourdaine, le nerprun, le fusain, le sorbier des oiseleurs.

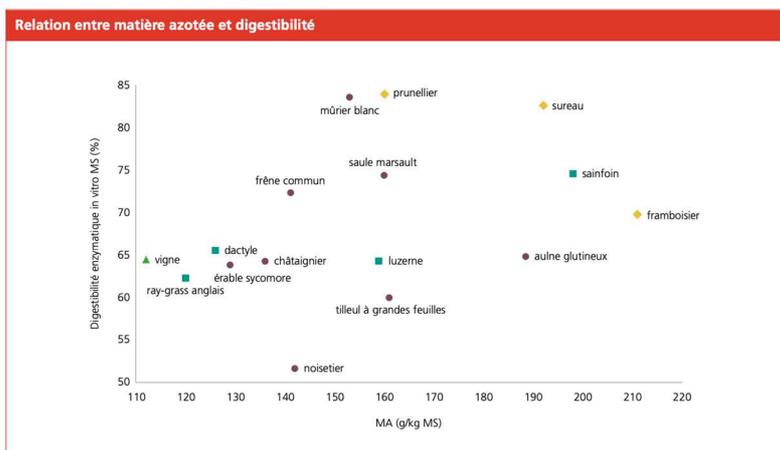
Les travaux menés par l'INRA à Lusignan consistent à caractériser la valeur nutritive des feuilles d'arbres. Plusieurs paramètres sont étudiés comme la teneur en tanins, la teneur en matière sèche, la teneur en minéraux, la teneur en matière azotée totale ou encore la digestibilité enzymatique (c'est-à-dire la relation entre la valeur azotée et la valeur énergétique). Les premiers enseignements à tirer de cette expérimentation, toujours en cours, laissent entrevoir de bons résultats pour la valeur fourragère de nombreuses espèces d'arbres et arbustes. La teneur moyenne en matière sèche des arbres étudiés est de 429g/kg et de 414g/kg pour les arbustes contre 355g/kg pour la luzerne (témoin herbacé) par exemple. Plusieurs espèces ont des profils très intéressants pour le fourrage, c'est le cas du frêne commun, l'aulne glutineux, le tilleul ou encore de nombreux épineux.

La haie semble donc être un parfait outil d'adaptation au changement climatique, protégeant le bétail des conditions climatiques extrêmes et apportant une ressource alimentaire complémentaire, le gîte et le couvert !

Comment mettre concrètement cette ressource à disposition des animaux ? Pour cela, deux solutions s'offrent aux éleveurs : tailler les haies (dans le respect de la réglementation en vigueur, ce qui peut poser un problème de disponibilité sur une fenêtre très courte) et déposer la ressource au sol ou laisser

les animaux se servir directement. Dans le second cas, cela nécessite de protéger la base des haies et le tronc mais aussi d'éduquer le troupeau. Pour un cheptel non habitué à l'exercice, il est nécessaire de voir quelques femelles dominantes se servir pour guider le troupeau (Figure 10).

Tableau 1: composition chimique (g/kg MS) et digestibilité enzymatique in vitro des feuilles de ligneux									
Espèce	n	MS	MM	MA	NDF	ADF	ADL	TANc	DIGz
		g/kg MF	g/kg MS						
Mûrier blanc	17	365	144	153	274	132	37	2	83,6
Erable sycomore / champêtre	12	398	75	129	387	213	93	21	63,8
	4	494	68	133	412	200	80	19	60,0
Châtaignier	9	413	48	136	405	240	78	3	64,3
Frêne commun	31	396	90	141	361	231	98	2	72,2
Saule Marsault	5	407	79	160	319	165	77	39	74,4
Tilleul à grandes feuilles	11	335	119	161	406	190	76	26	59,8
Noisetier	9	443	69	142	458	239	120	72	51,7
Orme champêtre	12	386	125	124	393	139	45	39	59,2
Aulne glutineux / de Corse	7	349	56	189	446	286	158	13	64,9
	14	387	63	171	423	292	195	13	62,8
Prunellier	3	456	85	160	298	147	79	24	84,0
Sureau	2	257	129	192	253	157	58	5	82,6
Framboisier	2	301	101	211	476	243	46	4	69,7
Vigne	25	296	63	112	343	269	185	69	64,5



Source: d'après Novak et al., 2020

Figure 10. Valeur fourragère d'espèces ligneuses d'après Novak et al., 2020

L'effet brise-vent

L'effet brise-vent est ressenti sur une distance équivalente à 10 à 15 fois la hauteur de la haie. (Dominique Soltner, *l'arbre et la haie*, 1995). L'effet brise-vent des haies a un impact positif sur les cultures et l'élevage. En 1970 déjà, l'INRA démontrait que les haies bocagères améliorent le rendement des cultures, qui bénéficient de l'effet brise-vent, sur une distance d'environ 15 fois la hauteur de la haie. Cette augmentation de rendement variant de 6% à 20%. Au-delà de cette distance, les effets du vent se font ressentir et les cultures sont sujettes à une forte évapotranspiration. Le rendement agricole est donc optimisé pour les petites parcelles agricoles entourées de haies.

En parallèle, la concurrence arbres/cultures pour la lumière, l'eau, les minéraux et les nutriments, occasionne une baisse de rendement évaluée à 75% sur une distance égale à la hauteur de la haie. Cette perte sur une bande étroite est largement compensée par l'augmentation des rendements sur le reste de la parcelle.

Dans le cadre du projet RESP'HAIES, une étude a eu pour but de produire une méthode d'étude de l'effet des haies sur les grandes cultures, notamment à travers l'usage de technologies d'imageries

aériennes. Plusieurs sites ont été étudiés. En Mayenne, la haie étudiée a diminué le rendement sur une distance équivalente à 1 à 2 fois la hauteur de la haie sur son versant ouest, et uniquement à une fois sur son versant est. Les rendements étaient les plus forts à une distance équivalente à 6 fois la hauteur de la haie sur la partie ouest et à 2 à 6 fois la hauteur de la haie sur la partie est. Les cartes de rendements analysées pour ce département montrent une diminution des rendements à proximité des haies étudiées, qui disparaît après des distances comprises entre 2 et 3 fois la hauteur maximale de la haie. Les rendements les plus forts sont observés à des distances comprises entre 5 à 10 fois la hauteur maximale des haies, sans que ces effets puissent être attribués à ces dernières en absence de caractérisation du sol notamment. Il serait nécessaire de poursuivre ces études sur un plan d'échantillonnage plus important afin d'obtenir une information robuste même si à chaque fois, la tendance se confirme avec une baisse de rendement à proximité immédiate de la haie et une augmentation des rendements sur le reste de la parcelle (Martin-Chave Ambroise ; Béral, Camille. *Mise au point d'une méthodologie d'étude de l'effet brise vent des haies sur les grandes cultures*, Rapport du projet RESP'HAIES, 2023, 39 pages).

La haie refuge pour la biodiversité et élément structurant de la trame verte régionale

Le bocage normand est une composante essentielle de la trame verte régionale, essentielle au bon déroulement du cycle de vie des espèces. À la fois réservoir de biodiversité et corridor écologique linéaire, les haies fournissent de nombreux services à la faune : abris, lieux de nidification, zones nourricières pour de nombreux mammifères et oiseaux, repères de déplacement pour les chiroptères, postes d'observation ou de chant pour les oiseaux, axes de circulation pour de nombreux amphibiens, etc. Les haies et notamment les pieds de haies avec leur ourlets herbeux abritent de nombreux invertébrés dont de nombreux auxiliaires de culture comme les syrphes. À l'état larvaire, les syrphes sont de redoutables prédateurs naturels de pucerons. En une dizaine de jours de développement, chaque larve consomme entre 400 et 700 pucerons. Une fois adulte, elles se nourrissent de pollen et de nectar. Les carabes, quant à eux, sont d'importants prédateurs naturels aussi bien à l'état de larve qu'à l'état adulte. Leur régime alimentaire varie selon les espèces, le sexe, le stade de développement ou encore la disponibilité des proies. Cependant, c'est à l'état larvaire que cet auxiliaire de culture est le plus redoutable puisque 90% des larves de carabes sont carnivores. Ils s'attaquent ainsi aux limaces et aux escargots (aussi bien les œufs que les adultes) et aux insectes que sont les pucerons, les cicadelles ou diverses chenilles (larves et adultes). Les haies de bords de champs avec un ourlet herbeux sont des habitats favorables aux carabes. On compte 5 à 10 fois plus de carabes au pieds de la haie qu'en plein champs (arvalis - CASDAR).

4.2. Le bocage, un atout pour l'atténuation du changement climatique

La région Normandie a encore la chance de bénéficier d'un bocage conséquent et marquant dans le paysage. Il pourrait être considéré comme une solution d'adaptation fondée sur la nature, construite siècle après siècle avant même que ce concept soit créé. Ce bocage a une valeur écologique, paysagère, agricole entre autres mais également une valeur financière. Avec un coût moyen de 14€ le mètre linéaire de plantation (plant, travail du sol, protection, paillage...), il faudrait compter 1,71 milliards d'euros pour bâtir le bocage que nous connaissons aujourd'hui !

4.2.1 Stockage du carbone

Le bocage est un capteur de CO₂ d'une très grande efficacité. Il y a différentes méthodes pour calculer ce stockage. On peut considérer en simplifiant que 100 mètres de linéaire de haie équivalent à un stockage de carbone de 125 kg C/an (Gac *et al* 2010 d'après Arrouays *et al* 2002, Soussana *et al* 2010 cité dans le rapport ORACLE 2022).

En appliquant cette valeur au linéaire de bocage actuel (177 000 km X 1.25tC/km/an) le stockage peut être estimé à **221 250 tC/an**.

Selon la méthode ADEME (2011) présentée dans le rapport de l'Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement Climatique (2022), il est possible de calculer le stockage en équivalent CO₂.

Calcul du stockage en équivalent CO₂ = Tonnage de carbone stocké x masse molaire du dioxyde de carbone / masse molaire du carbone 221 250 x 44/12 = 811 250 teqCO₂/an

Ce stockage représenterait 9% des émissions de GES de l'agriculture normande. À cela vient s'ajouter l'autre grand puits de carbone à savoir les prairies. L'Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement Climatique (ORECAN) estimait que la Normandie comptait, en 2017, 635 500 ha de prairies permanentes et 151 890 ha de prairies temporaires. Ces surfaces permettaient de stocker **638 240 teqCO₂/an**, soit 7% des émissions de GES de l'agriculture normande.

Le Programme CARBOCAGE a permis d'affiner le modèle en découplant le stockage dans la biomasse et celui dans les autres compartiments. Le référentiel définit, à partir de l'évaluation du carbone piégé dans le sol, dans les racines et dans la partie aérienne de la haie, une fourchette de stockage entre 3 et 5 teqCO₂/km/an en fonction de la forme de la haie et de la qualité de son entretien. Pour la Normandie le bilan serait compris **entre 531 000 teqCO₂/an et 885 000 teqCO₂/an (revoir)**.

Quel que soit le mode de calcul, le bocage normand a perdu 50% de sa capacité de stockage depuis le début des années 1970. Dans la Manche c'est un potentiel de stockage de **3600 à 6000 teqCO₂/an qui disparaît chaque année**.

4.2.2 Le bocage pavillonnaire, contribution à la résilience du milieu urbain aux effets du CC

La Normandie compte environ 9% de territoires artificialisés dans lesquels on retrouve un linéaire de haie moyen de 30 ml/ha. Non comparable aux linéaires de haies agricoles (variétés locales essentiellement, multistrates souvent, etc.), les linéaires de haies en milieux urbanisés sont trop souvent mono espèce, composées d'essences non locales, horticoles, etc. Cependant, le "gisement" est bien là (Figure 11).

Cette armature verte urbaine, bien qu'améliorable, est essentielle pour rendre les espaces urbains plus perméables pour la faune sauvage, plus accueillants pour la faune et la flore sauvage, assurer la connexion des espaces urbains avec les milieux agricoles et naturels mais également pour contribuer au rafraîchissement des villes et villages. Ce bocage pavillonnaire (Pauline FRILEUX) mérite une attention particulière car il a tendance à s'effriter au fil du temps, se voyant progressivement remplacé par des murs maçonnés de haute taille, des palissades béton ou en aluminium, des grillages soudées à maille fine avec soubassement béton, etc. Tout un panel d'ouvrages en dur totalement imperméables pour la faune, très hétérogène et donc impactant sur le paysage urbain, etc.

Territoire	Densité moyenne en ml/ha	Densité moyenne en ml/ha en zones artificialisées
Normandie	57	30
CU Caen la Mer	23,5	17
CU Le Havre Seine Métropole	18,6	14
CA Flers Agglo	87,3	37
CC Côte d'Albâtre	22,4	54
CC Interco Normandie Sud Eure	17	32

Figure 11. Quelques exemples de densité du maillage bocager en zones artificialisées comparé à la densité moyenne des territoires donnés. ANBDD 2024

Le bocage pavillonnaire apporte pourtant un service précieux de rafraîchissement des villes et villages en limitant l'effet d'îlot de chaleur de ces espaces très minéralisés. Cet élément sera de plus en plus important compte tenu du réchauffement en cours. À l'inverse, les palissades béton ou aluminium vont avoir l'effet inverse en emmagasinant la chaleur du soleil en journée et en la restituant la nuit, contribuant ainsi au phénomène d'îlot de chaleur et de nuit tropicale.

Au regard de ce constat, il est essentiel que les PLUI en cours d'instruction puis ceux en révision prennent en compte ce sujet de la haie en milieu urbain notamment *via* une OAP (Orientations d'Aménagement et de Programmation) « Trame verte » ou « Clôture », faisant la part belle aux essences locales.

Cette notion de bocage pavillonnaire s'applique au milieu rural, péri-urbain et urbain dans les zones résidentielles, fortement marquées par un habitat individuel. Il s'agit bien d'un potentiel plus qu'une réalité aujourd'hui mais les outils réglementaires et opérationnels (prime à l'arrachage de thuya et aide à la plantation d'essences locales, achats groupés, etc.) existent.



Légende : schéma illustrant du linéaire de haies d'une zone pavillonnaire de Seine-Maritime

— : linéaire de haie

4.3 Le bocage, victime du changement climatique ?

4.3.1 Impacts du changement climatique sur les essences bocagères

Les essences bocagères ont été sélectionnées pour leur rusticité et utilisées depuis des siècles parce qu'elles poussent relativement vite, ne sont pas exigeantes et globalement présentent dans toute l'Europe tempérée. Historiquement, les paysans composaient le bocage en utilisant des jeunes pousses collectées localement dans le paysage proche. C'est bien cette proximité de la ressource qui a caractérisé la construction du bocage normand, du *Végétal Local* avant l'heure.

Il est à noter qu'aucun dépérissement massif n'est constaté aujourd'hui et, en l'état des connaissances actuelles, seuls le hêtre, le chêne pédonculé et dans une autre mesure l'aulne glutineux sembleront fortement subir les effets du changement climatique. La très grande majorité des essences bocagères normandes résisteront à un climat supérieur à 2°C. Il est difficile de présager ce qu'il adviendra à +3,7°C. Plusieurs éléments sont donc à prendre en compte :

- Il convient de ne pas anticiper à outrance et sans connaissance une adaptation du bocage à un scénario pessimiste RCP 8.5 à horizon 2100 contre lequel tous les acteurs sont censés lutter contre. Cette précipitation ne peut que conduire à de la mal-adaptation. Il semble nécessaire de définir des paliers et de planter aujourd'hui avec les connaissances qui sont les nôtres et pour un horizon à 2050. Les techniciens bocages et agriculteurs de 2050 planteront à leur tour avec les connaissances qui seront les leurs et pour un horizon à 2100.
- Il est nécessaire d'intégrer que la très grande majorité des essences bocagères présentes en Normandie, est également présente sur une très grande partie du territoire français et est donc adaptée à des climats plus chauds, plus secs, etc. La liste des essences bocagères de Normandie proposées en annexe de ce rapport est composée à 97% d'espèces que l'on retrouve également dans la liste « Plantons Local » de la Région Occitanie.
- L'écogramme (Diagramme illustrant les intervalles de tolérance d'une plante aux variations d'acidité et d'humidité du sol) des espèces ligneuses que l'on retrouve dans Les Flores Forestières Françaises éditées par l'Institut pour le Développement Forestier du CNPF est dicté par une logique de production sylvicole que l'on ne doit pas nécessairement retrouver dans le milieu professionnel de la haie et du bocage. Pourtant de nombreux techniciens bocagers s'appuient sur ces référentiels. Un arbre qui ne se situerait pas dans sa situation optimale mais dans une situation tolérée poussera tout de même, il remplira de nombreuses fonctions (refuge de biodiversité, brise-vent, régulation des eaux, ombrage, bois de chauffage...) mais ne permettra pas de produire un bois de qualité suffisante pour des charpentes, des parquets ou autres meubles. Rappelons que la production de bois d'œuvre n'est pas un usage courant de la biomasse issue des haies. La protection du bétail, la maîtrise du ruissellement ou encore la production de plaquettes bocagères sont les principaux usages de la haie.

Le hêtre, espèce forestière emblématique de la Normandie, souffre des modifications du climat de notre région. La modification des températures saisonnières et le bilan hydrique annuel de plus en plus

défavorable représentent un combo mortel pour cette espèce. En effet, les fortes chaleurs en été et l'absence de froid pendant l'hiver vont fortement impacter le hêtre. Pour rappel, la Normandie devrait connaître une augmentation de ses températures moyennes de +3,6°C d'ici 2100 selon le scénario RCP 8.5 (Cantat, Laignel, Costa, 2024). Cela se traduit concrètement par 42 jours de chaleur en plus et 23 jours de gel en moins. La quasi absence de gel et la fréquence de plus en plus élevée d'épisodes de sécheresse et de canicule vont défavorablement agir sur le hêtre. C'est bien la répétition des épisodes de sécheresse et/ou canicule sur quelques années, plutôt que l'événement extrême ponctuel, qui risque d'engendrer des dépérissements importants au fil des années. Le hêtre devrait donc progressivement disparaître du paysage normand et à fortiori des linéaires de haie. L'avenir est particulièrement inquiétant pour les clos-masures du Pays de Caux. Cette spécificité paysagère devra se réinventer. La classe d'âge avancée des hêtres présents dans les clos-masures existants et la très bonne rétention en eau des sols sur lesquels ils sont implantés les préservent jusqu'à maintenant.

Cependant, le hêtre restera présent dans les secteurs où les micro-climats lui seront encore favorables à savoir les secteurs les plus humides, les fonds de vallée, les ubacs et la moitié nord de la Seine-Maritime et il pourra encore faire partie des schémas de plantation dans ces secteurs.

Trois variétés de chênes peuplent principalement la Normandie : le chêne pédonculé, le chêne sessile et le chêne pubescent.

Très présent en Normandie, **le chêne pédonculé** supporte très mal les déficits hydriques estivaux mais tolère les sols saturés en eau. Selon les projections à l'échelle européenne, il verra sa surface se réduire fortement sur le continent. Très sensible à la sécheresse et aux canicules, le constat pour le chêne pédonculé est dans une certaine mesure similaire à celui du hêtre. La modification des températures saisonnières et le bilan hydrique annuel de plus en plus défavorable rendent notamment le sud de la Normandie de moins en moins favorable à la présence de l'espèce. Au même titre que pour le hêtre, la succession d'épisodes de sécheresse et de canicule risque d'entraîner des dépérissements de chênes pédonculés à l'avenir. D'autant plus que les dépérissements en question peuvent intervenir plusieurs années après l'épisode de sécheresse. La Normandie pourrait représenter la limite sud de la répartition de l'espèce à l'échelle européenne.

Le chêne sessile semblerait plus adapté au climat normand de demain car plus résistant à la sécheresse par exemple. Cependant, cette espèce est sensible aux gels tardifs, qui perdureront malgré tout, aux canicules, qui s'annoncent plus fréquentes et elle ne tolère pas les sols engorgés alors que les précipitations devraient augmenter de 20% en période hivernale selon le scénario RCP8,5 (*Évolution entre la période de référence 1976-2005 et la projection 2071-2100*, O. Cantat)

Le chêne pubescent est une espèce sub-méditerranéenne qui couvre une grande partie du sud de l'Europe. Il est aujourd'hui présent dans le sud de l'Eure. Il s'agit d'une espèce thermophile, qui requiert des conditions plus chaudes que le pédonculé et le sessile, et qui résiste plutôt bien au froid. Le changement climatique actuel provoquant une migration naturelle des espèces végétales du sud vers le nord, il est vraisemblable que le chêne pubescent trouvera de plus en plus sa place en Normandie. La région présente déjà des conditions d'accueil favorables. La faible présence du chêne pubescent est aussi liée à sa plus faible croissance que le pédonculé et le sessile, occasionnant des choix des forestiers de moins le planter que les autres. Le chêne pubescent tolère un déficit hydrique estival (différence entre la quantité d'eau reçue par l'arbre et l'évapotranspiration) supérieur à -290mm contre -240mm pour le chêne sessile et -200mm pour le chêne pédonculé. Il se prête donc plus à des secteurs secs contrairement aux deux autres. Le changement climatique en cours et les déficits hydriques en période estivale favoriseront la progression du chêne pubescent en Normandie.

Il est à noter qu'à qualité égale, il ne semble pas y avoir de différences entre les bois des trois espèces de chêne et donc aucune conséquence notable sur leurs utilisations (Figure 12).

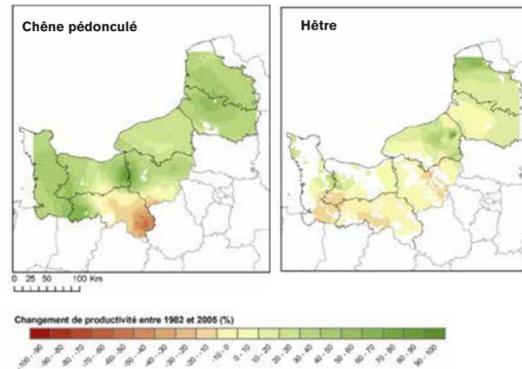


Figure 12. Variations de la productivité du chêne pédonculé et du hêtre dans le Nord-Ouest de la France entre 1982 et 2005 – Source : Charru, 2012

L'aulne glutineux est un arbre qui se développe dans les zones humides et notamment sur les rives de cours d'eau. Il remplit un rôle important dans les ripisylves. Depuis plusieurs années, les aulnes souffrent d'une maladie létale provoquant des dépérissements importants causés par un parasite : *Phytophthora alni*. Il s'agit d'un micro-organisme pluricellulaire filamenteux faisant partie des algues brunes et dont les zoospores (nageuses) se disséminent par l'eau. Transporté par les engins de travaux forestiers ou agricoles, par la faune ou l'homme (chaussures), par le bois contaminé (résidus d'abattage, chablis) et surtout par l'eau de rivière vers l'aval, *Phytophthora* se dissémine dans les milieux naturels et infecte les plants par pénétration *via* l'ensemble des racines, les lenticelles à la base des troncs ou encore les blessures au niveau de l'écorce. L'infection conduit à la mort des individus, en une année pour les jeunes plants et jusqu'à plusieurs années pour des arbres adultes. Les eaux chaudes favorisent la survie et la dissémination des zoospores. Il est donc à craindre que l'augmentation de la température moyenne des cours d'eau créera les conditions favorables au développement de *Phytophthora* dans nos cours d'eau et accélérera le risque d'un dépérissement des aulnaies.

Ce phénomène serait particulièrement préjudiciable pour l'écologie des ripisylves, l'aulne glutineux étant très représenté dans les cours d'eau de Normandie. Différentes fonctionnalités écologiques des ripisylves s'en trouveront affectées telles que la gestion des crues, la stabilisation des berges, l'auto-épuration des eaux, la biodiversité des cours d'eau et des rives ou encore le refroidissement des cours d'eau. En effet, la présence d'une ripisylve en bon état écologique contribue à rafraîchir les cours d'eau et ainsi limiter le réchauffement annoncé.

Pour contenir l'épidémie et limiter le dépérissement à l'échelle d'un bassin versant, tout laisse à penser que la lutte préventive est aujourd'hui la seule à pouvoir apporter des résultats. Cela consiste dans un premier temps à élargir la diversité des espèces ripicoles (saule, trembles, peuplier noir, chêne, viorne, fusain, bouleau, etc.) et en parallèle à réduire les risques d'introduction de *Phytophthora alni* dans les zones saines *via* des contrôles sanitaires des flux de végétaux et sols vers les berges de rivières.

4.3.2 La migration assistée au secours du bocage normand ?

Au-delà de l'intensité du phénomène du changement climatique, c'est bien sa rapidité qui met à mal la capacité d'adaptation et de migration de nombreuses espèces animales et végétales. Lors de précédents changements climatiques, de nombreuses espèces ont fait évoluer leur aire de répartition

sur des périodes longues pour rejoindre des latitudes plus adaptées à leur cycle de vie. Ainsi, une forêt peut se “déplacer” de plusieurs kilomètres par siècle. La grande difficulté pour de nombreuses espèces animales et végétales (dont les ligneux) est que cette vitesse de déplacement (globalement du sud vers le nord) est inférieure à la vitesse d'évolution des isothermes.

Le graphique ci-dessous montre que les arbres et plantes herbacées ont une vitesse maximale de migration bien inférieure à la vitesse moyenne de déplacement des climats dans un scénario RCP 8.5 sur des territoires plats (Figure 13).

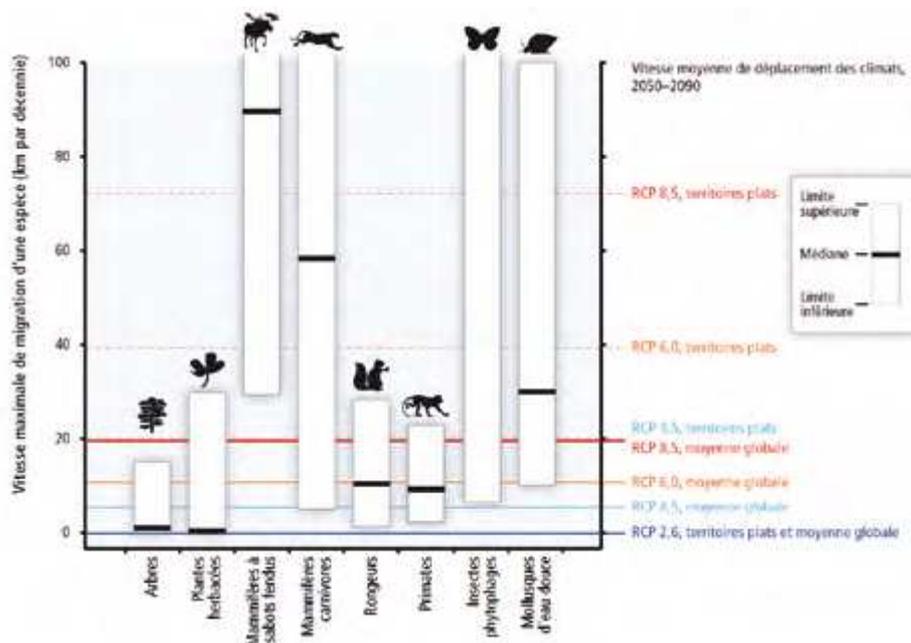


Figure 13. Comparaison de la vitesse maximale de migration des espèces à travers les paysages (axe vertical de gauche) et de vitesse d'évolution projetée des conditions de température, vitesse à laquelle on prévoit que les isothermes se déplaceront (axe vertical de droite)

Face à ce constat, la **migration assistée**, qui consiste à déplacer des espèces d'une région à une autre, semble être une bonne solution à la fois pour préserver certaines espèces de l'extinction et à la fois pour adapter nos haies normandes au climat de demain. Cependant, la migration assistée telle que nous l'observons aujourd'hui, consiste bien souvent à déplacer des espèces d'un continent à l'autre ou à leur faire franchir des barrières naturelles (mers, montagnes, etc.) qu'il aurait été impossible de franchir naturellement. Dans ces deux cas, il est plus logique de parler de **translocation**. Cependant, cette migration forcée risque de poser de nombreux problèmes et incertitudes sur la faune et la flore locale, la santé globale des linéaires de haies, les risques d'apparitions de nouvelles maladies ou nouveaux ravageurs, la vulnérabilité aux tempêtes et aux incendies, la capacité à supporter des sols saturés en eau en période hivernales, etc.

De récents travaux portant sur le milieu forestier ont montré que la migration assistée donne la part belle aux espèces résistantes à la chaleur et à la sécheresse. Il s'agit souvent d'arbres plus petits, au feuillage persistant et aux feuilles plus petites. Le fort développement de ces espèces dans les régions aux climats actuellement plus froids, dominées par les feuillus, devrait diminuer la capacité tampon du couvert forestier. Le feuillage moins épais réduirait l'effet rafraîchissant de la canopée, pourrait créer des microclimats plus chaud et plus sec du sous-bois mettant à mal les communautés végétales du sous-étage. Ces espèces importées du sud ont également tendance à perdre leur feuillage le moins efficace en début d'été, des feuilles plus sèches, plus épaisses, créant ainsi un tapis de sous-bois

particulièrement inflammables, augmentant d'autant les risques d'incendies de forêt, qui sont des phénomènes aggravant le réchauffement climatique. (*Global buffering of temperatures under forest canopies*, Pieter De Frenne, Florian Zellweger, Francisco Rodríguez-Sánchez, Brett R. Scheffers, Kristoffer Hylander, Miska Luoto, Mark Vellend, Kris Verheyen & Jonathan Lenoir, *Nature Ecology & Evolution*, 1er avril 2019). Cet exemple concernant le milieu forestier doit inciter à la prudence les acteurs de l'entretien et de la plantation de haies.

Une piste intéressante semble néanmoins se dessiner : la migration assistée de spécimens d'espèces déjà présentes en Normandie et provenant de régions limitrophes voire plus au sud. Cela consiste à aller chercher des spécimens de chêne pédonculé ou de hêtre par exemple dans des secteurs au sud de la Loire. Ces spécimens évoluent depuis des siècles dans un climat plus chaud et sec que la Normandie et sont amenés à disparaître dans le cadre du changement climatique en cours. L'objectif de cette migration génétique assistée est de préserver ce patrimoine et renouveler le patrimoine génétique normand en s'appuyant sur des spécimens plus résilients et adaptés au climat de demain. On parle alors d'une **migration de gène** plutôt que de migration assistée afin d'améliorer le brassage génétique des espèces et ainsi leur robustesse. Cette réflexion peut tout à fait se décliner à l'échelle au sein de notre région. La géographie de la Normandie n'est pas homogène et il existe déjà des secteurs plus ou moins secs, plus ou moins humides dans lesquelles des espèces similaires évoluent. Des hêtres poussent, par exemple, sur les coteaux calcaires de la vallée de Seine, espaces par définition très secs.

Un autre élément génétique est à prendre en compte, à savoir l'**épigénétique**. La génétique correspond à l'étude des gènes et l'épigénétique s'intéresse à l'étude des changements dans l'activité des gènes. Contrairement aux mutations qui affectent la séquence d'ADN, les modifications épigénétiques sont réversibles et peuvent être transmises lors des divisions cellulaires. Elles sont induites par l'environnement au sens large : la cellule reçoit en permanence toutes sortes d'informations sur son environnement, lui permettant de se spécialiser au cours du développement ou d'ajuster son activité à la situation (Figure 14).

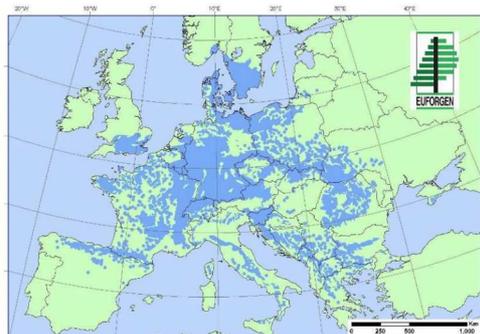


Figure 14. Carte de distribution naturelle du hêtre en Europe (EUFORGEN 2008)

Les modifications épigénétiques sont dynamiques, réversibles et elles pourraient améliorer la réponse physiologique des arbres aux évolutions du climat. Elles vont se retrouver dans les graines d'un arbre ou dans les bourgeons donnant naissance à de nouvelles branches. Ces graines et jeunes branches contiennent les informations liées au changement climatique de leur milieu permettant ainsi à l'espèce de s'adapter aux évolutions du climat. Compte tenu de la vitesse du changement climatique, ces modifications épigénétiques ne suffiront pas pour que les espèces en question s'adaptent à temps mais elles pourront contribuer à une réponse plus globale pour rendre notre bocage résilient.

4.3.3 Le *Végétal local* : miser sur la co-évolution des espèces

Les végétaux sauvages offrent des abris et de la nourriture pour la faune locale, agissent en interaction avec les autres plantes et champignons du sol par exemple. Cette co-évolution des espèces, dans un milieu naturel, est essentielle pour le rendre résilient face aux modifications du climat. Depuis plusieurs milliers d'années, cette flore locale produit des adaptations génétiques propres aux spécificités de son milieu (climat, géologie, pédologie...). Ce patrimoine génétique sans cesse renouvelé lui permet de se maintenir sur le long terme. La diversité génétique qui en est issue est essentielle pour l'adaptation aux changements environnementaux. Plus une espèce est diversifiée sur le plan génétique, plus elle a de chance de se maintenir à travers les âges.

Végétal Local est une marque de l'Office Français de la Biodiversité (OFB), créée à l'initiative de trois réseaux : les Conservatoires botaniques nationaux, l'Afac-Agroforesteries et Plante et Cité. La Marque *Végétal local* est un outil de traçabilité des végétaux sauvages et locaux. Ces végétaux sont issus de collectes en milieu naturel, n'ont pas subi de sélection par l'homme ou de croisement et sont naturellement présents dans la région d'origine considérée.

L'objectif est de garantir la traçabilité de ces végétaux et la conservation de leur diversité génétique afin d'avoir sur le marché des gammes adaptées pour la restauration des écosystèmes et des fonctionnalités écologiques.

Les semences et plants de la marque *Végétal local* sont issus d'un dispositif qui assure la conservation du patrimoine génétique local à chaque étape des processus de collecte, d'élevage et de production. Les collecteurs de graines, les pépiniéristes et les semenciers, qui adhèrent à la marque *Végétal local*, suivent un cahier des charges précis. Ils mettent en œuvre des pratiques de collecte sur une diversité de plantes et de sites et évitent la sélection volontaire des graines ou plants. Les graines ou plants *Végétal local* ont été collectés dans une aire biogéographique nommée "Région d'origine". Elles sont au nombre de 23 en France. Chaque végétal marqué *Végétal local* est identifié avec sa région d'origine où il est adapté pour être planté ou semé.

Planter des végétaux de la marque *Végétal local* dans les chantiers de plantation de haies reste la meilleure solution d'agir pour la résilience du bocage normand. Cependant, la région Normandie est couverte par deux "Région d'origine" à savoir le Bassin parisien nord et le Massif armoricain. Une grande partie de la région se trouve au sud de la zone de récolte/utilisation et cela peut poser quelques difficultés dans les choix de plantation à venir notamment avec l'évolution du climat. Compte tenu de l'évolution du climat et des projections du GIEC Normand, certains secteurs sont et seront plus proches de l'aire biogéographique Bassin parisien sud. Il est donc nécessaire d'être prudent et conseillé par le conservatoire botanique de Normandie pour toutes questions sur le choix des essences.

L'origine génétique des plants jouant une grande importance sur l'efficacité de développement d'une plantation de haies, il est évident qu'une graine locale sera mieux adaptée qu'une graine dont l'origine génétique provient d'un milieu avec des conditions différentes en termes de sol et de climat. Dans certains cas, il ne faudra pas s'interdire de privilégier **les haies spontanées**.

La régénération naturelle assistée d'un linéaire de haies consiste à laisser la haie se développer naturellement en intervenant très peu. Au-delà du gain de temps et d'argent, cette méthode assure le développement spontané d'essences locales adaptées aux conditions du milieu (climat, sol) sans

passer par de la plantation. L'installation d'une haie par régénération naturelle assistée prend du temps (20 années environ) et passe par plusieurs stades. Chacune de ces étapes est importante (Figure 15):

- stade 1 : après avoir mis en défend le linéaire contre les cervidés et le bétail (une clôture et un espace de 4m de large environ), la strate herbacée se développe, va enrichir la diversité floristique et servir de refuge à tout un cortège d'invertébrés.
- stade 2 et 3 : les espèces pionnières que sont la ronce ou le prunellier par exemple vont coloniser le milieu ouvert. Cette phase d'embroussaillage est cruciale car elle permet de créer les conditions favorables à l'accueil d'arbustes et d'arbres de hauts jets. Les plantes pionnières vont améliorer progressivement le milieu notamment en protégeant les jeunes plants des cervidés, en décompactant le sol et en l'enrichissant. Les essences épineuses comme l'églantier, le prunellier ou encore l'aubépine vont renforcer cet effet protecteur. En matière paysager, le linéaire de stade 3 commence déjà à prendre la forme d'une haie et à fournir des services éco-systémiques associés (brise-vent, ombrage, barrière anti-érosive, maîtrise du ruissellement, etc.)
- stade 4 et 5 : la haie s'est progressivement composée d'arbustes et d'arbres. Le développement de ces arbres peut être accéléré en déposant dans le linéaire de haie des graines d'arbres prélevées à proximité immédiate (gland, châtaigne, samare, faine,...).



Figure 15. Les stades d'une haie en régénération naturelle, association française d'agroforesterie

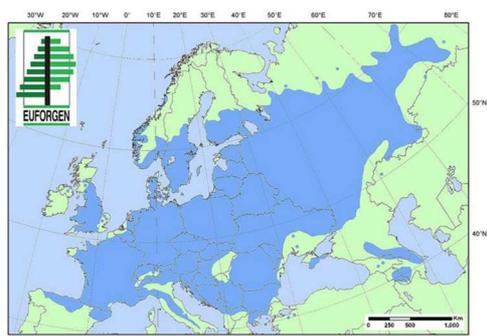
Le passage de la faune sauvage va participer à l'apport naturel de graines locales. Il est donc essentiel de préserver les quelques arbres adultes déjà présents sur le linéaire planté ou regarni ou alors d'installer des piquets à intervalles réguliers afin de proposer des reposoirs à l'avifaune.

Cette technique de haies spontanées est particulièrement adaptée pour du regarnissage d'un linéaire dégradé dans lequel seuls les arbres de hauts jets seraient encore présents ou encore pour la mise en place d'une haie fourragère, car les essences qui apparaîtront spontanément ont une bonne valeur fourragère (ronce, prunellier, aubépine, églantier...).

4.3.4 Redécouvrir les essences oubliées du bocage

De nombreuses essences bocagères sont présentes ou ont été présentes dans les linéaires de haies en Normandie sans trouver une place de premier plan. Ces oubliées du bocage sont à redécouvrir aujourd’hui car souvent adaptées à un réchauffement du climat.

Le tilleul : présent partout en France, le tilleul à petites feuilles (et le tilleul à grandes feuilles) a une bonne valeur fourragère, il tolère les fortes chaleurs et ne craint pas le froid hivernal. Le tilleul à grandes feuilles tolère davantage la sécheresse que celui à petites feuilles. C’est une essence productive, à croissance assez rapide produisant des grumes de grande qualité. Mais ses caractéristiques mécaniques peu intéressantes limiteront son usage à de la menuiserie intérieure, le bois d’allumage, la lutherie ou la production de petits objets et jouets.



Carte de distribution naturelle du tilleul à petites feuilles (EUFORGEN 2009)

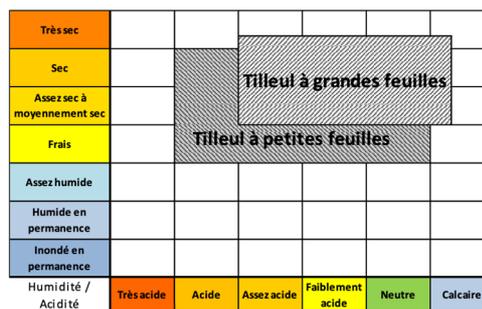
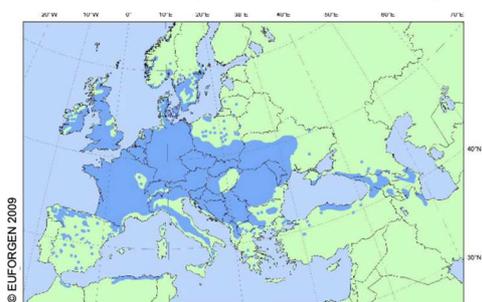


Diagramme de répartition de l'espèce selon les gradients trophiques et hydriques Adapté de la Flore forestière française, tome 1. Dumé et al. 2018

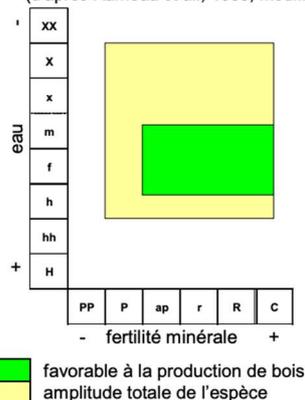
Le merisier : le merisier est présent dans toute l'Europe à l'exception du nord de la Scandinavie. Le merisier est peu sensible au froid, mais les gelées printanières peuvent occasionner des dégâts sur la floraison. Il ne craint pas les sécheresses de courte durée s’il évolue dans un sol avec une bonne réserve en eau. Il produit un bois de haute valeur, utilisé principalement en ébénisterie et aménagements intérieurs (escaliers, parquets, portes, etc.). Il sera adapté dans les secteurs les mieux drainés afin d’éviter les engorgements hivernaux. Les merises sont consommées par l’avifaune et les fleurs attirent de nombreux insectes pollinisateurs.

Aire naturelle de répartition du Merisier en Europe



© EUFORGEN 2009

Ecogramme du Merisier (d'après Rameau et al., 1989, modifié)



Le châtaignier : essence méridionale, le châtaignier (comme le noyer) a été disséminé par les légions romaines au fur et à mesure de leur conquête de l'Europe centrale et occidentale. Cet arbre pousse vite, peut atteindre 35m de haut et son bois est utilisé pour des charpentes, parquets, bardages, piquets

ou encore en menuiserie. Il peut pousser sur des sols pauvres pourvu qu'ils soient acides. Le châtaignier apprécie plus particulièrement les textures limono-sableuses, sablo-limoneuses. Sensible aux grands froids, le châtaignier trouvera de bonnes conditions de croissance en Normandie à partir du moment où il est implanté sur un sol acide avec une bonne réserve utile en eau. Tolérant à la sécheresse, le risque de dépérissement est très élevé lorsque le déficit hydrique entre les mois de juin et août dépasse 220 mm.



Aire de distribution naturelle du châtaignier (EUFORGEN, 2008)

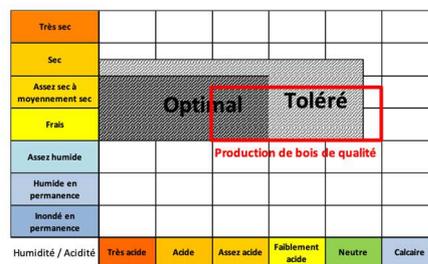
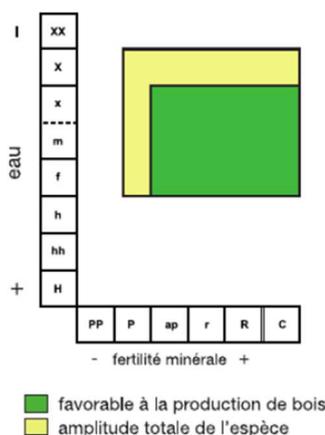


Diagramme de répartition de l'espèce selon les gradients trophiques et hydriques définis dans la Flore forestière française, tome 1. Rameau et al. 1989

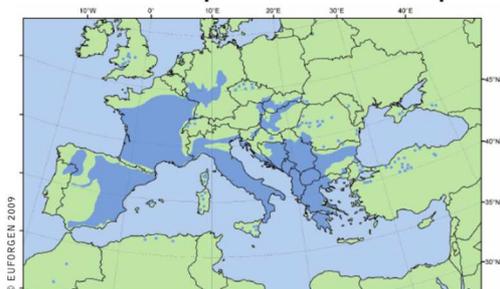
Le cormier : le cormier ou sorbier domestique est un arbre de la famille des Rosacées. Ces fruits, les cornes, ressemblent à des petites pommes ou poires et sont surnommés les « poirillons ». Cet arbre à pousse lente a une grande longévité, un beau feuillage, un port droit et des fleurs très mellifères. Il produit un bois dur à forte résistance et résistant aux frottements. C'est pour cette raison qu'il était essentiellement utilisé pour fabriquer des engrenages en bois utilisés dans les moulins, meules et pressoirs. Il est toujours très apprécié en ébénisterie. Le cormier supporte les sécheresses et pousse sur tous types de sol. Il est particulièrement adapté dans les linéaires de haies intra-parcellaires en agroforesterie. Historiquement, de la corne cidrée était produit dans les vergers, du sud de l'Eure et de l'Orne principalement. Très présent aux franges de la Normandie, cette espèce trouverait toute sa place dans les schémas de plantation à venir.

Écogramme du Cormier

(d'après Rameau et al., 1989, modifié)



Aire naturelle de répartition du Cormier en Europe



4.4 Catalogue des essences adaptées ou adaptables

En l'absence de coordination régionale, chaque territoire doté d'une politique en faveur de la haie se questionne sur l'adaptation des essences bocagères au changement climatique et expérimente, pour certains, des plantations d'essences exogènes sans réel suivi post travaux. Il convient donc de définir des grands principes communs et partagés entre les acteurs de la haie en Normandie, parmi lesquels le recours à une liste commune d'espèces pour les haies champêtres de Normandie. Voici les principes de sélection des espèces :

- Les espèces sélectionnées sont principalement des espèces ligneuses, indigènes de la région Normandie (= issue du cortège originel du territoire, issues d'une coévolution avec le sol, le climat, les usages, et les autres espèces de la faune et de la flore régionale). Par convention, il s'agit des espèces dont la présence est attestée ou présumée comme telle avant les années 1 500 (Cette période marque le début des grands flux intercontinentaux des espèces). Quelques exceptions ont été faites pour des espèces, non indigènes de Normandie mais largement répandues et bien implantées dans la région, faisant partie du patrimoine des haies dans certains secteurs de la région (ex : If, Noyer commun).
- Afin de s'adapter aux évolutions climatiques actuelles et futures, quelques espèces indigènes de régions adjacentes, adaptées aux futures conditions climatiques, et en expansion de leur aire de répartition ont également été intégrées à la liste (ex : le Chêne Tauzin, le Cormier).
- Les espèces exotiques envahissantes de Normandie, des régions adjacentes, ou du reste du territoire français n'ont pas été retenues.
- La restriction de la liste aux espèces indigènes a pour objectif d'éviter toute introduction d'espèce pouvant s'avérer exotique envahissante ou porteuse de pathogènes et de conserver une forte naturalité au bocage normand, en cohérence écologique avec le reste de la faune et de la flore régionale. L'introduction d'espèces thermophiles méditerranéennes à subméditerranéennes trop précocement, permettrait vraisemblablement la « culture de nouveaux arbres », mais risquerait de provoquer des chocs pour les écosystèmes normands dans leur globalité, d'accélérer la perte de biodiversité et de limiter l'adaptation des espèces indigènes. Par ailleurs, les espèces des haies normandes sont déjà diversifiées et comptent des espèces déjà bien présentes sur les climats les plus thermophiles français (ex : le prunelier, l'érable champêtre, le cornouiller sanguin, le noisetier, etc.). Une large proportion des espèces de haies de Normandie peut déjà répondre à un scénario climatique de + 3° C. (Pour une élévation supérieure de la température, l'adaptation de toutes les espèces - y compris exotiques – reste soumise à caution).
- Certaines espèces typiques des haies et bien représentées dans les haies normandes n'ont pas été intégrées, considérant qu'elles pourraient s'installer spontanément, il s'agit des lianes (clématite, lierre, etc.) et des ronces. Pour éviter l'implantation de cultivars horticoles, les « petits fruitiers » (framboisiers, groseilliers, etc.) n'ont pas non plus été intégrés.
- Certaines espèces présentent des problèmes sanitaires en Normandie (maladie ou pathogènes). Le choix n'a pas été fait de les éliminer de la liste, mais de les conserver en strate arbustive ou dans certaines conditions (Orme champêtre, Frêne, Aulne).
- Certaines espèces risquant d'être moins adaptées au climat à venir ont été conservées dans la liste, en les préconisant pour les stations les plus fraîches de la Région, (ex : le Hêtre). Éviter de les planter risquerait d'accélérer leur disparition et de limiter leur adaptation.
- Les espèces très rares et bénéficiant d'un statut de protection n'ont pas été sélectionnées (à l'exception d'une proposition : *Sorbus aria*, espèce très bien adaptée aux évolutions climatiques sur les stations les plus thermophiles de la Région).

Cette liste d'espèces pour les haies champêtres en Normandie dans un contexte de changement climatique a été réalisée par l'ANBDD en partenariat avec le Conservatoire Botanique de Normandie et avec l'appui de nombreux partenaires régionaux (PNR, départements, Chambre d'Agriculture régionale, CAUE...). Elle fait encore l'objet de discussions au sein d'un groupe de travail en 2024 et cette liste finale des essences bocagères a été validée par le CSRPN.

La liste proposée est composée de 68 espèces.

Nom scientifique	Nom vernaculaire
<i>Acer campestre</i> L.	Érable champêtre
<i>Acer platanoides</i> L.	Érable plane
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	Érable sycomore ; Sycomore
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	Aulne glutineux
<i>Amelanchier ovalis</i> Medik.	Amélanchier commun
<i>Berberis vulgaris</i> L.	Épine-vinette
<i>Betula pendula</i> Roth	Bouleau verruqueux
<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	Bouleau pubescent
<i>Buxus sempervirens</i> L.	Buis
<i>Carpinus betulus</i> L.	Charme commun
<i>Castanea sativa</i> Mill.	Châtaignier
<i>Cornus mas</i> L.	Cornouiller mâle
<i>Cornus sanguinea</i> L.	Cornouiller sanguin (s.l.)
<i>Corylus avellana</i> L.	Noisetier commun
<i>Crataegus germanica</i> (L.) Kuntze	Néflier
<i>Crataegus laevigata</i> (Poir.) DC.	Aubépine à deux styles (s.l.)
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	Aubépine à un style
<i>Cytisus scoparius</i> (L.) Link	Genêt à balais
<i>Euonymus europaeus</i> L.	Fusain d'Europe
<i>Fagus sylvatica</i> L.	Hêtre
<i>Frangula alnus</i> Mill.	Bourdaie
<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl	Frêne à folioles étroites (s.l.)

Nom scientifique	Nom vernaculaire
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Frêne commun
<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	Argousier
<i>Ilex aquifolium</i> L.	Houx
<i>Juglans regia</i> L.	Noyer commun
<i>Juniperus communis</i> L.	Genévrier commun
<i>Ligustrum vulgare</i> L.	Troène commun
<i>Lonicera xylosteum</i> L.	Camérisier
<i>Malus sylvestris</i> Mill.	Pommier
<i>Populus nigra</i> L.	Peuplier noir
<i>Populus tremula</i> L.	Peuplier tremble ; Tremble
<i>Prunus avium</i> (L.) L.	Merisier
<i>Prunus cerasus</i> L.	Griottier
<i>Prunus mahaleb</i> L.	Bois de Sainte-Lucie
<i>Prunus spinosa</i> L.	Prunellier
<i>Pyrus communis</i> L.	Poirier
<i>Pyrus cordata</i> Desv.	Poirier à feuilles en cœur
<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl.	Chêne sessile ; Rouvre
<i>Quercus pubescens</i> Willd.	Chêne pubescent
<i>Quercus pyrenaica</i> Willd.	Chêne tauzin ; Chêne noir
<i>Quercus robur</i> L.	Chêne pédonculé
<i>Rhamnus cathartica</i> L.	Nerprun purgatif
<i>Rosa arvensis</i> Huds.	Rosier des champs
<i>Rosa canina</i> L.	Rosier des chiens (s.str.)

Nom scientifique	Nom vernaculaire
<i>Rosa micrantha</i> Borrer ex Sm.	Rosier à petites fleurs
<i>Salix alba</i> L.	Saule blanc
<i>Salix atrocinerea</i> Brot.	Saule roux
<i>Salix caprea</i> L.	Saule marsault
<i>Salix cinerea</i> L.	Saule cendré
<i>Salix fragilis</i> L.	Saule fragile
<i>Salix purpurea</i> L.	Saule pourpre
<i>Salix triandra</i> L.	Saule à trois étamines ; Saule amandier
<i>Salix viminalis</i> L.	Saule des vanniers ; Osier blanc
<i>Sambucus nigra</i> L.	Sureau noir
<i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz	Alouchier
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	Sorbier des oiseleurs
<i>Sorbus domestica</i> L.	Cormier
<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz	Alisier
<i>Tamarix gallica</i> L.	Tamaris de France
<i>Taxus baccata</i> L.	If commun ; If
<i>Tilia cordata</i> Mill.	Tilleul à petites feuilles
<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	Tilleul à larges feuilles (s.l.)
<i>Ulex europaeus</i> L.	Ajonc d'Europe (s.l.)
<i>Ulmus glabra</i> Huds.	Orme des montagnes
<i>Ulmus minor</i> Mill.	Orme champêtre
<i>Viburnum lantana</i> L.	Viorne mancienne
<i>Viburnum opulus</i> L.	Viorne obier

Sources bibliographiques pour l'élaboration de la liste des essences :

Catalogue de la flore vasculaire de l'ouest de la France. Données du CBN de Brest, de son réseau de correspondants et de ses partenaires, extraites des bases de données du CBN de Brest le 17/06/2024.

BUCHET, J., HOUSSET, P., et TOUSSAINT, B. (coord.), 2015 – Inventaire de la flore vasculaire de Haute-Normandie (Ptéridophytes et Spermatophytes) : raretés, protections, menaces et statuts. Centre régional de phytosociologie agréé Conservatoire botanique national de Bailleul, avec la collaboration du Collectif botanique de Haute- Normandie. I-XXI ; 1-79.

Catalogue de la flore vasculaire de Normandie, en cours, version intermédiaire 2023

Catalogue de la flore vasculaire du Centre Val de Loire, Conservatoire botanique national du Bassin parisien, délégation Centre-Val de Loire, mai 2016

VALLET J. ET DAHIREL M.. - 2024. Catalogue de la flore vasculaire d'Île-de-France, version 21 juin 2024.

TOUSSAINT, B. & HAUGUEL J.-C. (coord.), 2019. - Inventaire de la flore vasculaire des Hauts-de-France (Ptéridophytes et Spermatophytes) : raretés, protections, menaces et statuts. Version n°1c / mai 2019. Conservatoire botanique national de Bailleul, avec la collaboration du Collectif botanique des Hauts-de-France. 42 p.

DOUVILLE C., WAYMEL J., 2019 – Observatoire des plantes vasculaires exotiques envahissantes de Normandie. Liste des plantes vasculaires exotiques envahissantes de Normandie pour la priorisation des actions de contrôle, de connaissance et d'information/sensibilisation & bilan des actions 2018. DREAL Normandie / Région Normandie. Conservatoire botanique national de Bailleul / Conservatoire botanique national de Brest, 20p + annexes.

BUCHET J., HOUSSET P. & al. 2015 – Atlas de la flore sauvage de Haute-Normandie, Centre régional de phytosociologie, agréé Conservatoire botanique national de Bailleul, 696 p. Bailleul

Conclusion

Divers travaux ont montré les services écosystémiques rendus par les linéaires de haies (régulation hydrologique, réduction de l'érosion, effet microclimatique, biodiversité, stockage du carbone, amélioration de la teneur en matière organique des sols, etc.) mais également économiques avec la production de bois. En contrôlant l'érosion, en réduisant l'assèchement des sols par le vent, en soutenant la réserve utile des sols, en augmentant l'infiltration, en participant à l'épuration de l'eau, le bocage est un « outil moderne » d'aménagement des espaces agricoles face aux enjeux climatiques à venir. Ce retour en grâce et cette reconnaissance des fonctionnalités du bocage se font dans un contexte actuel paradoxal de réduction drastique des linéaires de haies, et cela depuis de nombreuses années. Parallèlement, il n'y a jamais eu autant de programmes de replantation (± 3000 km par an) mais il s'agit d'opérations souvent ponctuelles, sans méthodologie globale et qui n'intègrent que rarement les contraintes liées au changement climatique. Des plans ambitieux voient le jour à l'échelle de la France (annonce dans le cadre du « pacte en faveur de la haie » de la plantation de 50 000 km de haies d'ici 2030) mais également à l'échelle des régions (Normandie haies, Liger Bocage Agroforesterie, entre autres), des PNR, des départements, des EPCI.

Des certitudes sont acquises sur les services écosystémiques rendus par les bocages et le renforcement de ces services avec la nouvelle donne climatique, mais il existe encore des angles morts. Les échanges avec les acteurs normands ont clairement montré qu'une **stratégie globale à l'échelle de la région restait à écrire**. Elle doit se baser sur une déclinaison d'échelles allant de la petite région bocagère homogène à la haie en passant par les échelons intermédiaires permettant d'englober des unités fonctionnelles (versant, bassin versant) ou de favoriser des continuités entre le rural et l'urbain. Il faut construire ce modèle emboîté pour donner de la cohérence aux plans d'aménagement et aux opérations de restauration du bocage. Parallèlement il faut **effectuer un bilan qualitatif du réseau bocager existant**. Il est vieux, fragile, sous ou sur-entretenu et cette analyse est un préalable aux opérations de restauration.

La stratégie d'adaptation au changement climatique reste très embryonnaire et une grande variété de pratiques, parfois orthogonales, sont à l'œuvre sur le territoire normand. Un travail de réflexion important a été mené durant cette étude pour bien discerner tous les effets sur les écosystèmes de la **migration assistée** voire de la translocation ou les pistes intéressantes de la **migration de gène ou de l'épigénétique**. Ce travail promeut également le **végétal local** car il permet de miser sur la **co-évolution des espèces** c'est-à-dire la faculté qu'ont les milieux à s'adapter aux forçages climatiques ou autres. Il faut faire confiance aux potentiels adaptations génétiques des essences locales pour assurer la résilience des bocages face au changement climatique. Ce travail a permis de produire un catalogue des essences adaptées qui doit encore être affiné et surtout être intégrer dans la stratégie régionale spatialisée. **L'enjeu final est complexe car il faut trouver l'équilibre entre une stratégie commune de gestion et de rénovation des bocages sans provoquer à terme une uniformisation des paysages et en respectant la diversité des milieux et des pratiques.**

Enfin tout cela doit s'inscrire dans une démarche favorisant **l'appropriation sociale par les agriculteurs**. Pour mener à bien une restauration efficace du bocage il faut une adhésion importante de la profession agricole à la démarche et c'est **aujourd'hui le principal verrou méthodologique à lever. Comment passer d'un volontariat éparé à une massification permettant de mettre en place des démonstrateurs territoriaux d'ampleur ?**

Voici rappelées rapidement les quelques pistes proposées pour mettre en place une stratégie cohérente de restauration durable du bocage mais il faut garder à l'esprit, et c'est le plus important, qu'il existe en Normandie **un réseau d'acteurs qui maille le territoire et possède toutes les compétences** pour mener à bien ce travail.

Tables

Table des Figures

Figure 1. Les différents acteurs mobilisés pour les entretiens.....	4
Figure 2. Densité des haies par région en France métropolitaine	5
Figure 3. Densité des haies par département en Normandie	6
Figure 4. Densité moyenne des haies en Normandie par maille de 1 hectare.....	7
Figure 5. Évolution de la densité des haies par départements normands entre 1972 et 2016	8
Figure 6. Cohérence moyenne des haies en Normandie par maille de 1 hectare	9
Figure 7. Cohérence des haies par département en Normandie.....	9
Figure 8. Évolution de la cohérence des haies par départements normands entre 1972 et 2016	10
Figure 9. Évolution de l'occupation du sol et du maillage bocager au contact (cuesta) entre la plaine de Trun (grande culture) et le bocage du Pays d'Auge (Saint-Germain-des- Sablons), Adrien Pico (2022).....	19
Figure 10. Valeur fourragère d'espèces ligneuses d'après Novak et al., 2020.....	22
Figure 11. Quelques exemples de densité du maillage bocager en zones artificialisées comparé à la densité moyenne des territoires donnés. ANBDD 2024.....	25
Figure 12. Variations de la productivité du chêne pédonculé et du hêtre dans le Nord-Ouest de la France entre 1982 et 2005 – Source : Charru, 2012	28
Figure 13. Comparaison de la vitesse maximale de migration des espèces à travers les paysages Comparaison fondée sur des données d'observation et de modélisation (axe vertical de gauche) et de vitesse d'évolution projetée des conditions de température, vitesse à laquelle on prévoit que les isothermes se déplaceront (axe vertical de droite)	29
Figure 14. Carte de distribution naturelle du hêtre en Europe (EUFORGEN 2008).....	30
Figure 15. Les stades d'une haie en régénération naturelle, association française d'agroforesterie.....	32

Table des Photographies

Photographies 1 et 2. Haies traversées par le bétail, individualisation des hauts jets et disparition des strates basses et de l'ourlet. Réduction drastique des services écosystémiques rendus par les linéaires (Orne). (Delahaye 2024)	11
Photographies 3 et 4. Haies vieillissantes peu entretenues touchées par les tempêtes récentes. Elles remplissent de nombreuses fonctions notamment en matière de biodiversité mais à terme, en l'absence de regarnissage, elles vont disparaître (tempête, maladie, mortalité). (Delahaye 2024).....	11
Photographies 5 et 6. Évolution classique des haies des bords de champs cultivés. La réduction de l'emprise des haies par le sur-entretien aboutit à une fragmentation du linéaire. Les fonctions écosystémiques sont très réduites (Bessin). (Delahaye 2024).....	12
Photographie 7. Sur la photo de gauche seuls les hauts jets sont conservés, la végétation sur le talus est régulièrement broyée. (Delahaye 2024)	12
Photographie 8 Le principe est le même sur la photo de droite mais la haie étant à plat, la strate basse est taillée trois faces à 1.5 m (Bessin). (Delahaye 2024).....	12
Photographies 9 et 10. Bocage à base de haies basses taillées sur les trois faces dans le Berkshire en Angleterre. Un réseau qui reste dense mais aux fonctions dégradées (biodiversité, effet microclimatique, stockage du carbone...).(Delahaye 2023)	13
Photographies 11 et 12. Par petites touches le bocage devient discontinu sous l'effet des pratiques agraires. À l'échelle du versant les fonctionnalités du réseau sont dégradées notamment les fonctions de régulation hydrologiques (vallée de l'Orne). (Delahaye 2024).....	13
Photographie 13. Effet de l'agrandissement des blocs culturaux sur le bocage. Ruptures des continuités du réseau de haies pour permettre le passage aisé d'une parcelle à l'autre et le travail facile de la fourrière sur l'ensemble de la longueur du bloc cultural. (Guillemois 2024).....	14
Photographies 14 et 15. Haies de bords de routes régulièrement arrachées ou rabattues pour éviter tout risque pour la circulation sur la voirie ou pour faciliter le passage des réseaux. Cette gestion est totalement anarchique, sans méthodologie et sans concertation entre les acteurs qui ne sont pas toujours les mêmes de chaque côté de la haie. (Delahaye 2024).....	14
Photographies 16 et 17. Émergence de grands îlots cultivés dans les paysages de bocages. Bocage Ornaïs à l'ouest d'Alençon comparaison des photographies de 1982 et 2023 (Géoportail, remonter le temps)	18

Bibliographie

- [ANBDD] Agence Normande de la Biodiversité et du Développement Durable, 2022, Etat et évolution de la densité et de la connectivité des haies en Normandie. Les indicateurs de la biodiversité de Normandie, 19 p
- Baudry J., Jouin A., 2003, De la haie aux bocages. Organisation, dynamique et gestion. Paris, Éditions de l'INRA (Coll. « Espaces ruraux »), 435 p., ISBN 2-7380- 1050-4
- Bertrand G., 1978, Le paysage entre la Nature et la Société. Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, tome 49, fascicule 2. Géosystème et aménagement. pp. 239-258. <https://doi.org/10.3406/rgpso.1978.3552>
- Burel F., 1996, Hedgerows and Their Role in Agricultural Landscapes. Critical Reviews in Plant Sciences 15, n° 2 (janvier 1996): 169-90. <https://doi.org/10.1080/07352689.1996.10393185>
- [Breizh Bocage 2] Webinaire AFAC Agroforesterie Bilan de Breizh Bocage 2, 2022, <https://splann.org/wp-content/uploads/2024/02/20240220-Splann-Enquete-bocage-Chiffres-bocage-2008-2020-BZH-source-Afac.pdf>
- Caisse Centrale de Réassurance, *La prévention des catastrophes naturelles par le Fonds de prévention des risques naturels majeurs en Normandie*, Édition 2023
- Charru, M., 2012. La productivité forestière dans un environnement changeant: caractérisation multi-échelle de ses variations récentes à partir des données de l'Inventaire Forestier National (IFN) et interprétation environnementale (Doctoral dissertation). 5 avril 2012, 417p.
- Delahaye D., Guillemois M., Preux Th., 2023, Les trajectoires d'évolution des réseaux de haies : du diagnostic territorial aux outils de simulation, Rapport du projet RESP'HAIES, 2023, 68p. https://afac-agroforesteries.fr/wp-content/uploads/2023/05/-_rapport_5_Resphaies_sous-action-1.2.pdf
- De Menthère C., Falcone P., Piveteau V., Ory X., 2023, La haie, levier de la planification écologique, rapport du Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Espaces Ruraux (CGAAERR) n° 22114, 116 p.
- Frileux P., Le bocage pavillonnaire, une ethnologie de la haie, Décembre 2013, 288p.
- Guillemois M., Delahaye D., Reulier R., 2023, La trajectoire paysagère d'un bassin versant bocager normand depuis deux siècles : enjeux méthodologiques pour une étude géohistorique », *Cybergeo: European Journal of Geography* [En ligne], Environnement, Nature, Paysage, document 1055. DOI : <https://doi.org/10.4000/cybergeo.40656>
- Magnin L., 2023, The Hedgerow: Industrial Farming's "Useful Idiot"?: The Contributions and Limitations of Radical Criticism in Sociological Analysis. *Review of Agricultural, Food and Environmental Studies*, 104, n° 1 (mars 2023), 77-86. <https://doi.org/10.1007/s41130-022-00186-y>.
- Mérot P., Gascuel-Oudou C., Walter C., Zhang X., Molenat J., 1999, "Influence du réseau de haies des paysages bocagers sur le cheminement de l'eau de surface", *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, Vol.12, N°1, 23-44.
- Novak S, Barre P, Delagarde R, Mahieu S, Niderkorn V, Emile JC, 2014, Composition chimique et digestibilité in vitro des feuilles d'arbre, d'arbuste et de liane des milieux tempérés en été, Association Française pour la Production Fourragère, 11 Jan 2024, 15p.
- Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique, 2022, Oracle Normandie, Etat des lieux sur le changement climatique et ses incidences agricoles en région Normandie 156 p. www.normandie.chambres-agriculture.fr
- Preux Th., 2019, De l'agrandissement des exploitations agricoles à la transformation des paysages de bocage : analyse comparative des recompositions foncières et paysagères en Normandie. Normandie Université. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02460556>
- Reulier R., Delahaye D., Viel V., Davidson R., 2017, Connectivité hydro-sédimentaire dans un petit bassin versant agricole du nord-ouest de la France : de l'expertise de terrain à la modélisation par Système Multi-Agent , *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, Vol.23, N°vol. 23-n° 4, 327-340, <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.11857>
- Saultner D., L'arbre et la haie, 1er avril 1995, 207p.

ANNEXE N°1



Grille d'entretien sur le thème haie/bocage et changement climatique

Diagnostic

Les haies et réseaux bocagers normands sont dans quel état ?

- Qualité
- Quantité
- Efficacité des services
- Géographie (variabilité régionale)

La Normandie est très peu boisée (forêt et bois), le bocage compense-t-il pour partie cette faiblesse (biodiversité, stockage carbone, bois..).

La haie

Plantations : Les variétés

Quelles variétés choisir pour s'adapter au CC ?

Nombre d'espèces à privilégier (lors de la plantation) ? Quelles sont aujourd'hui les essences locales les plus / moins gourmandes en eau ? Quelles sont les espèces les plus vulnérables aux fortes températures ?

Méthodologie de la replantation (technique de plantation, entretien, suivi...) ?

Faut-il faire varier les espèces pour faire varier les services ? Existe-t-il un schéma type de haie multifonctionnel ?

Quelle haie pour optimiser les services croisés : protection microclimatique, séquestration du carbone, auxiliaire de culture, biodiversité, régulation hydrologique... quel est le meilleur compromis ?

Certaines variétés sont-elles plus résistantes les premières années de pousse ?

La haie peut-elle constituer une réelle ressource fourragère (en été) ?

Piste de recommandations ? charme, frêne, murier blanc, poirier commun, pommier sauvage, saule, noisetier, châtaignier, aulne blanc, aubépine, églantier et hêtre.

Les espèces à mener en cépée à vocation fourragère = les noisetiers (qualité du feuillage et haute teneur en tannins dès le printemps qui peut répondre à un besoin naturel des animaux (antiparasitaire, troubles digestifs...)), le charme, l'orme, le sorbier et l'aulne.

Les arbustes de « bourrage » à vocation fourragère = l'aubépine, le prunellier et l'églantier voire cornouillers et sureaux.

La plus-value thérapeutique des haies fourragères sur le bétail est-elle documentée, connue, sous valorisée ? Ex de la filière équine.

Relation à l'eau

La haie est-elle concurrente des cultures sur la réserve utile (RU) ? La conduite en têtard (le frêne, le chêne, l'orme, l'aulne) permet-elle de concilier service de la haie, faible concurrence avec l'herbe, production de bois litière/plaquette et biodiversité ?

Les arbres intra-parcellaire sont-ils concurrents de la prairie/culture sur la RU ?

Quelles espèces privilégier pour économiser l'eau ou ne pas concurrencer les cultures et les prairies ?

Les ripisylves ont-elles un rôle mineur ou majeur pour éviter le réchauffement des masses d'eau (et effets collatéraux) ?

Sait-on mesurer l'effet micro-climatique ?

Le réseau de haies

Restauration du réseau existant

Quelle méthode (espèce, technique) pour restaurer un réseau vieillissant ou incomplet ? Des expériences dans la régénération naturelle ont-elles eu lieu ?

Quid de la densité/connectivité ? Comment évaluer l'efficacité du bocage ?

Est-ce important de penser la continuité de la trame verte et la jonction rural-urbain ?

Quelle stratégie pour convaincre

Les agriculteurs

Comment passer de chantiers ponctuels chez des agriculteurs volontaires à une réelle stratégie globale de replantation (planification) ?

Quelle haie type en intra parcellaire conciliant long terme (bois d'œuvre avec chêne, noyer, merisier, érable...) et court terme (plaquette de bois : aulne, charme, bouleaux,...) ?

Quelles méthodes pour convaincre les agriculteurs (quels arguments) ? Bois énergie ? Auxiliaire de culture (carabes, rapaces et régulation des micro-mammifères ?)

Les élus et les décideurs

Quels besoins ont les acteurs de l'aménagement aujourd'hui ?

Quel avenir pour l'agroforesterie (intra parcellaire) ? Expérience plutôt ponctuelle ou généralisation possible ?

Comment consolider la filière bois énergie ? Quels sont les leviers financiers disponibles les plus efficaces (contrat d'approvisionnement, ...) ?

Quel avenir pour les pré-vergers ?

ANNEXE N°2

L'analyse de trois bassins versant normands menée par Mathilde Guillemois dans le cadre de sa thèse (Université de Caen Normandie) permet de mieux cerner la variabilité des trajectoires paysagères :

- Le bassin du Tortillon (bocage virois, 10 km²)
- Le bassin de Castillon (Bessin, 8 km²)
- Le bassin de la Divette amont (Nord cotentin, 12 km²)

Au début du 19^{ème} siècle les trois bassins sont intensément cultivés, les parcelles sont petites et entourées de haies. On voit déjà s'individualiser différents bocages. Celui du Bessin est dit à grande maille contrairement au bocage du nord Cotentin constitué de très petites parcelles. Au cours du temps les mailles vont s'agrandir (et donc le linéaire de haie se réduire) mais les caractéristiques de départ vont être conservées pour Castillon et la Divette amont. En revanche pour le Tortillon la transformation est importante car il passe d'un bocage dense à petites parcelles en 1830 à un bocage très ouvert à grandes mailles. Cette comparaison montre clairement la variété des différentes trajectoires des paysages bocagers. Cette variété est présente dès leur construction en fonction du morcellement plus ou moins grand des propriétés. Ce capital de départ évolue ensuite en fonction de l'histoire foncière, de la mise en valeur par les systèmes agricoles, des choix technico-économiques opérés à travers le temps.

Les trois bassins passent par les mêmes grandes étapes, l'espace agricole largement cultivé au 19^{ème} siècle est ensuite conquis par une vague herbagère entre les deux guerres. À partir des années 1970-1980 les cultures de nouveau s'imposent au détriment des prairies avec une refonte importante du paysage avec un agrandissement des parcelles et l'arrachage des haies. Toutefois ce schéma général ne s'applique pas avec la même intensité d'un territoire à l'autre.

Le bocage virois est de loin celui qui va connaître la plus grande évolution. Au départ, il se situe en position intermédiaire entre le Bessin et le Nord Cotentin (taille du maillage, densité de haie...). Tout en suivant le cycle des grandes évolutions présenté plus haut, le bocage virois s'est totalement transformé, il a rapidement convergé vers le modèle « Bessin » pour aujourd'hui le dépasser avec un parcellaire grande taille et une occupation du sol largement dominée par les cultures. 50% des prairies ont disparu depuis les années 1960. Tous les bassins ont vu leur parcellaire s'agrandir mais c'est particulièrement vrai pour le bassin du Tortillon où les parcelles supérieures à 3 ha couvraient 17% de la SAU en 1944 contre 63% en 2020. Pendant ce temps, le bassin amont de la Divette est passé modestement de 8 à 22%.

Evolution du bassin versant de Castillon de 1830 à 2020

Reconstructions cadastrales

1830



1914



Reconstructions par images aériennes

1944



1965



1984



2003



2020



0250 m

- Cours d'eau
- Linéaires de haies pérennes pour 1830 et 1914
- Linéaire de haies
- Routes et chemins
- Culture planté
- Etang
- Jardin
- Lande
- Pépinière
- Prairie
- Pré planté
- Verger
- Batiment
- Bois
- Culture

Sources : Archives départementales du Calvados (cadastrés Napoléoniens, états des sections, matrices cadastrales, cadastres rénovés : plans minutes de conservation) ; Images aériennes militaires de 1944 britannique (NCAP) et américaines (NARA). Images aériennes de 1964 à 2020 provenant de l'IGN France et des BD Topo, Ortho, Parcellaire et RPG.

Evolution du bassin versant du Tortillon de 1830 à 2020

Reconstructions cadastrales

1830

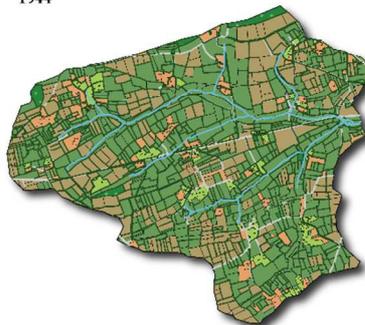


1914



Reconstructions par images aériennes

1944



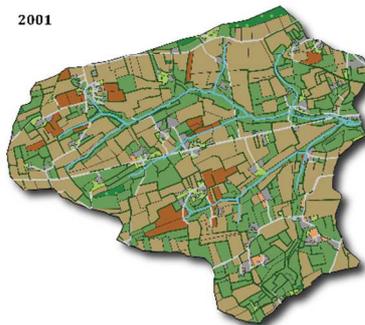
1964



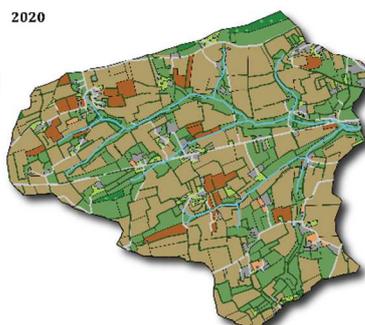
1984



2001



2020



0250 m



-  Cours d'eau
-  Linéaires de haies pérennes pour 1830 et 1914
-  Linéaire de haies
-  Routes et chemins
-  Occupation du sol
-  Batiment
-  Bois
-  Culture
-  Jardin
-  Mare
-  Pépinière
-  Prairie
-  Verger

Sources : Archives départementales du Calvados et de l'Orne (cadastrés Napoléoniens, états des sections, matrices cadastrales, cadastrés rénovés : plans minutes de conservation) . Images aériennes militaires de 1944 britannique (NCAP) et américaines (NARA). Images aériennes de 1964 à 2020 provenant de l'IGN France et des BD Topo. Ortho. Parcellaire et RPG.

Evolution du bassin versant de la Divette amont de 1830 à 2020

Reconstructions cadastrales

1830



1914



Reconstructions par images aériennes

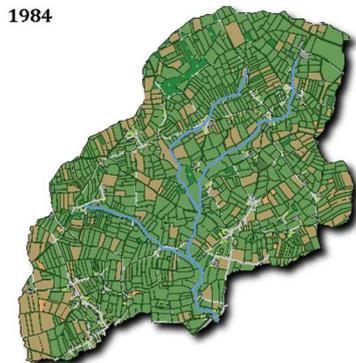
1944



1965



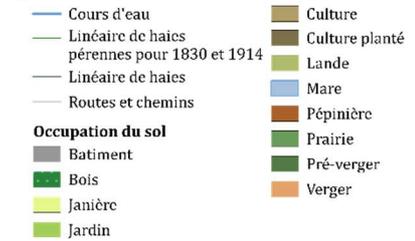
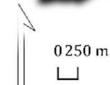
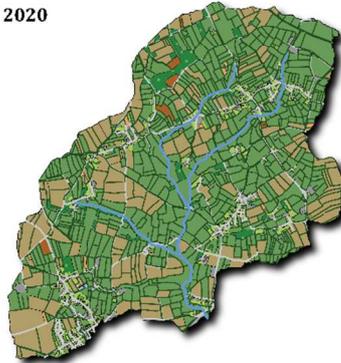
1984



2002

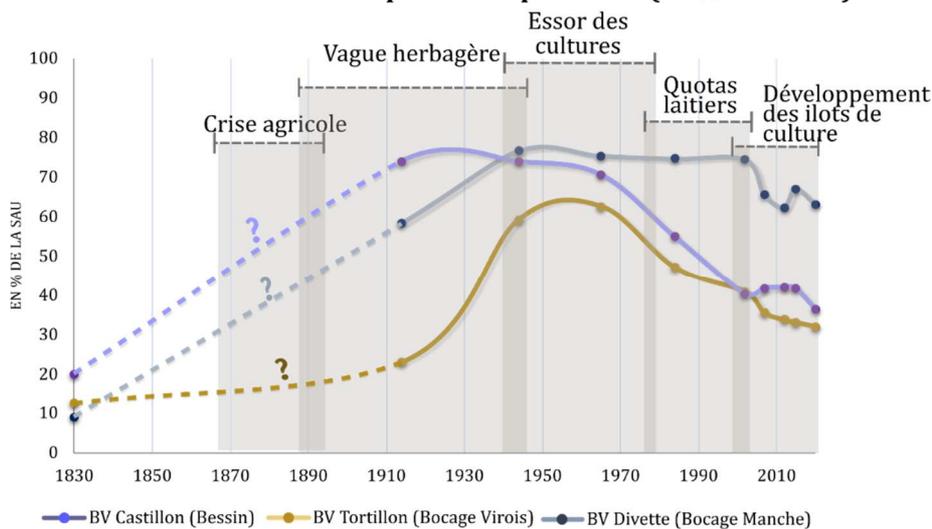


2020



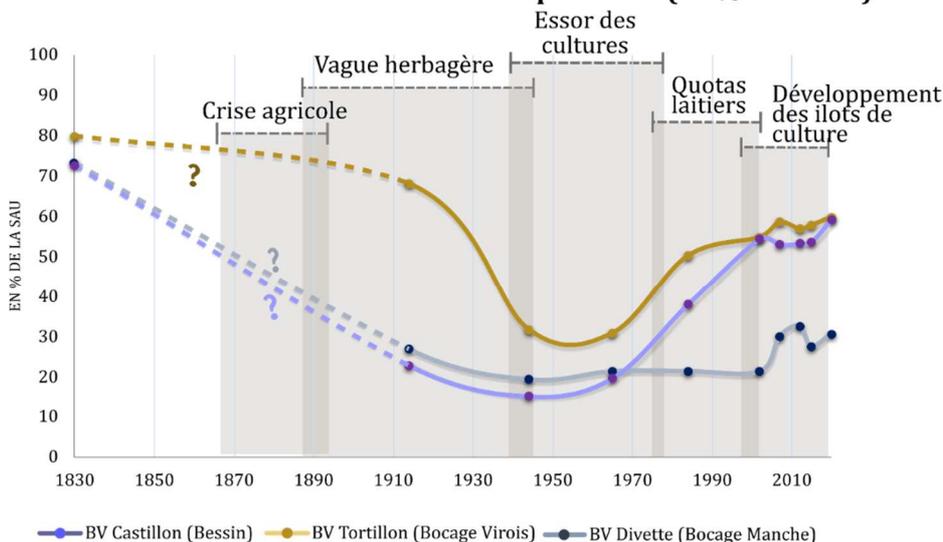
Sources : Archives départementales de la Manche (cadastres Napoléoniens, états des sections, matrices cadastrales). Images aériennes militaires de 1944 NCAP et NARA. Images aériennes de 1965 à 2020 provenant de l'IGN et des BD Topo et Ortho.
Réal : M.Guillemois, 2023

Evolution des surfaces de prairies depuis 1830 (en % de la SAU)



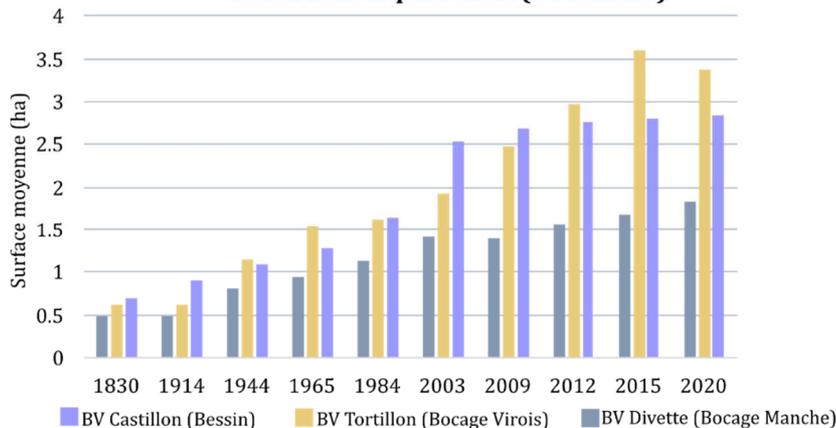
D'après les reconstructions du BV Tortillon, Castellon, Divette; IGN et Archives départementales du Calvados et de la Manche. M. Guillemois, 2024.

Evolution des surfaces de cultures depuis 1830 (en % de la SAU)

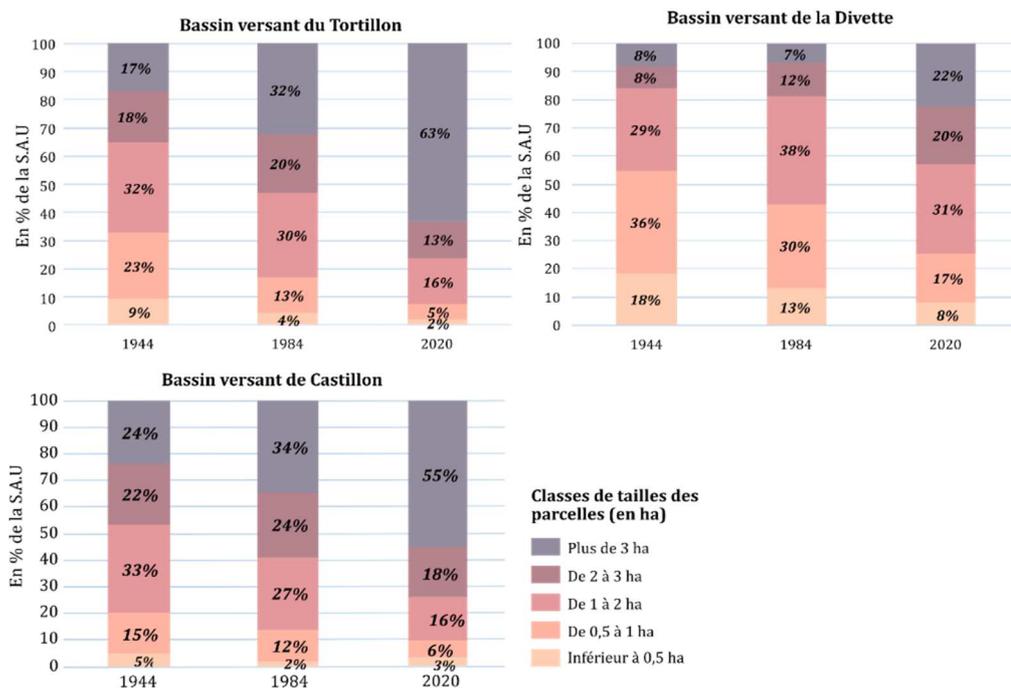


D'après les reconstructions du BV Tortillon, Castellon, Divette; IGN et Archives départementales du Calvados et de la Manche. M. Guillemois, 2024.

Evolution de la taille moyenne des cultures dans les bassins versants Normands depuis 1830 (en hectare)



D'après les reconstructions du BV Tortillon, Castellon, Divette; IGN et Archives départementales du Calvados et de la Manche. Réal: M. Guillemois, 2024.

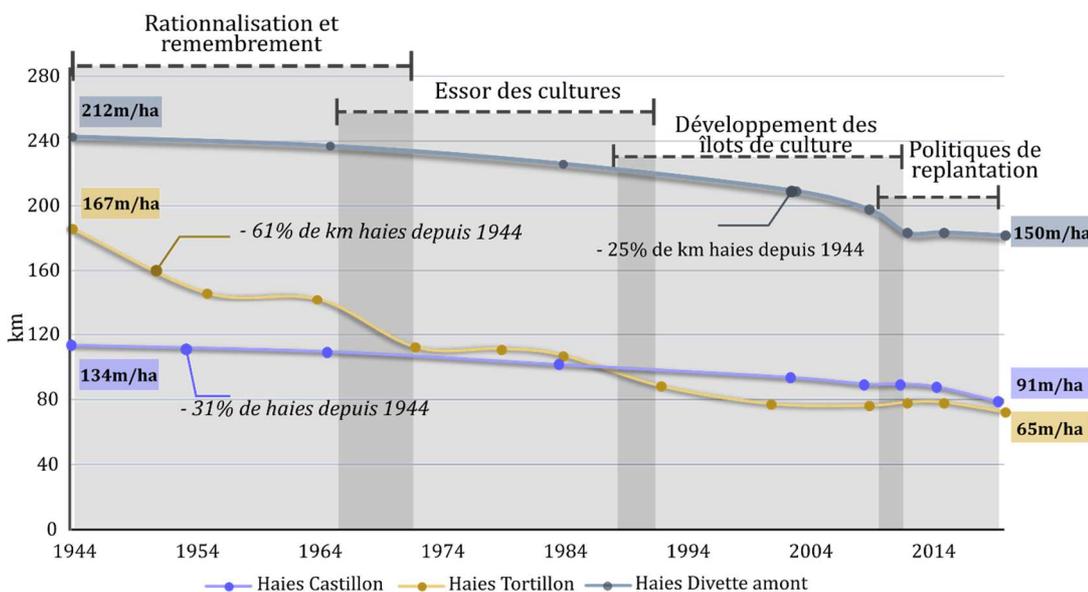


D'après les reconstructions du BV Tortillon, Divette; IGN et Archives départementales du Calvados et de la Manche.

Évolution de la taille des parcelles entre 1944 et 2020 dans les bassins du Tortillon, de la Divette et du Castillon

Cette mutation des paysages se concrétise évidemment dans l'évolution du linéaire de haie. La figure ci-dessous montre clairement que le réseau du Castillon est assez stable et passe de 134m/ha à 90 ha. Bocage à grande maille dès le départ il était mieux adapté aux nouvelles contraintes de l'agriculture moderne. Le bocage du Nord Cotentin a perdu 25% de son linéaire mais la densité reste élevée avec 150 m/ha ce qui est exceptionnel. En revanche, le linéaire du bassin du Tortillon s'effondre en passant de 167 m/ha à 63 m/ha entre 1944 et 2020. Les interfluves de ce bassin se dénudent et se transforment petit à petit en openfield.

Evolution des linéaires de haies depuis 1944



D'après les reconstructions du BV Tortillon, Castillon et Divette. M. Guillemois, 2023