Un cas de forêt linéaire ancienne dans les paysages ruraux : de la difficile reconnaissance des haies anciennes à l'étude de leur diversité végétale

Déborah Closset-Kopp[a] **– Émilie Gallet-Moron**[a] **– Jérôme Buridant**[a] **– Jonathan Lenoir**[a] **– Guillaume Decocq**[a]

La haie est incontestablement un élément des paysages ruraux, qui atteint son plus fort développement dans les systèmes bocagers, où elle revêt souvent une valeur de marqueur identitaire pour les habitants. En de maints lieux pourtant, la révolution « verte » des années 1960 et les opérations de remembrement qui ont suivi, ont éliminé la haie du paysage et celle-ci est souvent perçue comme une relique d'un système économique paysan désuet. Pourtant, l'émergence de préoccupations environnementales et, récemment, la politique des « trames vertes » (loi Grenelle 2) amènent à un nouveau regard sur ces linéaires boisés, qui acquièrent le statut de possible « corridor écologique » pour la flore et la faune forestières dans des paysages fortement anthropisés où la surface forestière est généralement très fragmentée, corridors susceptibles d'aider nombre d'espèces forestières à faire face aux migrations induites par le réchauffement climatique, mais aussi de délivrer aux sociétés un grand nombre de « services écosystémiques ». Ainsi, les haies sont de plus en plus perçues comme des habitats « naturels », alors qu'elles sont, dans la plupart des cas, des plantations artificielles, des créations humaines qui trouvent leur apogée dans les paysages bocagers, archétypes d'une nature anthropisée. Certes, les traces de l'artificialisation sont parfois devenues indiscernables quand les haies sont laissées en évolution libre et se sont ensauvagées : plus une haie est vieille, plus elle accumule d'espèces, conformément à la relation temps-espèces bien connue des écologues (Rosenzweig, 1995). Les haies peuvent ainsi être considérées comme des « objets hybrides », à la fois naturels et culturels, des objets fabriqués au devenir naturel que l'on ne maîtrise pas complètement, manifestation à part entière de la « technonature » (Larrère et Larrère, 2009).

Étonnamment, si la fonction de corridor forestier des haies est fréquemment mentionnée dans différents documents destinés au public, au point de parfois qualifier la haie de « forêt linéaire », la réalité de cette fonction a été relativement peu étudiée et les données scientifiques restent rares et contradictoires. Un certain nombre de travaux a montré que les espèces spécialistes de l'habitat forestier étaient relativement rares dans les haies (Fritz et Merriam, 1993 ; French et Cummins, 2001 ; Wehling et Diekmann, 2008), tandis que d'autres semblent confirmer que la flore forestière peut effectivement trouver refuge dans les haies (Peterken et Game, 1984 ; McCollin *et al.*, 2000 ; Roy et de Blois, 2006). Une récente étude a apporté un éclairage nouveau à cette controverse (Closset-Kopp *et al.*, 2016), en montrant le rôle clé de la qualité de l'habitat « haie », lui-même déterminé par un ensemble de paramètres, dont le plus important est peut-être celui qui a été ignoré par la plupart des travaux portant sur la biodiversité des haies : l'ancienneté de

a EDYSAN, UMR 7058 CNRS-UPJV, Université de Picardie Jules Verne, F-80037 Amiens, France.

la haie. Ce n'est pas l'âge des ligneux qui la composent qui fait l'ancienneté d'une haie, mais bien la continuité historique de celle-ci. On montre ainsi que les concepts de forêt ancienne et de forêt récente désormais acceptés en écologie forestière, qui induisent la présence de cortèges floristiques qui diffèrent en fonction de la continuité de l'état boisé (Flinn et Vellend, 2005 ; Hermy et Verheyen, 2007), s'appliquent également aux haies. Mais, à la différence des bois et forêts, l'ancienneté d'une haie est beaucoup plus difficile à déterminer et sa traduction sur la composition floristique est influencée par un nombre de facteurs confondants bien plus important et souvent liés aux usages adjacents du sol. C'est ce que nous proposons d'analyser dans cette contribution, après avoir brièvement exposé l'ontogénie des haies dans les paysages ruraux. Nous nous appuierons essentiellement sur des exemples empruntés au nord de la France et les résultats du projet FORHAIE.

ORIGINE ET HISTOIRE DES HAIES

Les zones étudiées appartiennent à la Thiérache, au Pays de Bray et au sud du Plateau picard (Oise normande). Dans ces secteurs, le réseau bocager n'est pas particulièrement ancien. Jusqu'au XVIIIe siècle, ce sont des régions d'*openfield*, marquées par la culture des céréales d'hiver (froment, seigle et méteil) et de printemps (orge et avoine), ainsi que par l'élevage ovin. Comme dans une grande partie de la France septentrionale, y domine l'assolement triennal. Cet assolement induit des pratiques collectives fortes et contraignantes, notamment le maintien des rotations des cultures et la vaine pâture sur les terres en jachère et les chaumes, le plus souvent avec des troupeaux mis en commun(1). Dans ce système, les seules haies présentes sur l'*infield* séparent les trois soles (blé d'hiver, blé de printemps, jachère) entre elles, pour empêcher la divagation des troupeaux. Dans cette région aux sols limoneux, sensibles au ruissellement, l'érosion des terres est parfois combattue par des fascines, dont l'entretien peut parfois apparaître dans les baux ruraux. Mais elle est aussi limitée par des haies développées — de manière spontanée ou par plantation — sur les rideaux de culture, c'est-à-dire sur les talus séparant naturellement les parcelles le long des pentes.

Ces systèmes agraires n'excluent cependant pas l'existence de haies vives destinées à la contention du bétail. Au moins depuis le bas Moyen Âge, on observe autour des villages un premier réseau de haies, qui peut souvent clôturer des surfaces toujours en herbe. Il s'agit ici d'un maillage dense, étroit, en relation directe avec le parcellaire villageois. En Thiérache, ce bocage est dénommé *enclos*. Il correspond aux *courtils* (jardins) de la Picardie occidentale (Ponthieu, Vimeu, Plateau picard). On peut aussi parler de terres *emboschées* ou *embouchées*, c'est-à-dire fermées de haies vives(2). Ce protobocage permet d'exclure une partie des surfaces des contraintes collectives, en autorisant une intensification de la production agropastorale à proximité des communautés, par le jardinage ou l'élevage. Ils permettent notamment de développer un élevage bovin qui apporte des compléments de revenus appréciables. D'autres terres peuvent aussi être fermées de haies. C'est le cas par exemple des lits majeurs des cours d'eau, frais et sensibles aux inondations, qui peuvent être exclus des surfaces cultivées pour être voués à l'élevage. Dans les sources, le terme de *haie*, *haye*, *hayett*e, peut aussi très souvent être appliqué à de véritables bois, de plusieurs dizaines d'hectares, notamment en Thiérache. Il s'agit ici de grands cordons forestiers, comme ceux de la Haie d'Aubenton, la Haie d'Effry, la Haie de Harcigny, qui ont présenté longtemps des fonctions défensives (forêts frontières) et cynégétiques. Ce type de haie, naturellement, a été exclu de la présente recherche.

(1) Arch. dép. Aisne 181 E 2, 182 E 1, B 39, B 277, B 249, B 279, B 2088, B 3816 ; *Recueil des usages locaux dans le département de l'Aisne*. Laon : Ed. Fleury, 1863.
(2) Arch. dép. Aisne B 107, B 2501.

C'est à partir de ces maillages protobocagers que s'étend le réseau de haies contemporain. Le droit d'enclôture, accordé avant la Révolution, puis la fin de la vaine pâture, acquise dans la plupart des communautés dans la première moitié du XIXe siècle, permettent le passage progressif de l'openfield au bocage(3). Le réseau bocager reprend alors le parcellaire agraire ancien, souvent laniéré. La politique des chemins pavés et, plus encore, l'arrivée du chemin de fer, vers 1850-1860, permettent désormais une spécialisation agricole tournée vers l'élevage bovin et les produits laitiers (lait, beurre, fromage tel que le Maroilles ou le Neufchâtel). Ce système de production connaît son apogée sous le Second Empire et la Troisième République (Malicorne, 1899 ; Jamart, 1928). Certains plans terriers, dressés pour recenser les terres seigneuriales aux XVIIe-XVIIIe siècle, le premier levé de la carte d'état-major (1826) puis les premières photographies aériennes (vers 1930-1945) permettent de constater cette progressive densification du bocage(4).

On peut distinguer deux types de haies, suivant leurs origines. Les haies les plus anciennes peuvent parfois correspondre à des fronts de défrichement. On les observe plus largement le long des villages-rue de Thiérache, mais parfois aussi en Pays de Bray. Il s'agit de lisières boisées, qui peuvent être conservées par les paysans pour matérialiser les limites de leurs terres, lorsqu'ils bénéficiaient de chartes de peuplement. On peut souvent y observer des espèces forestières et la prédominance du Charme. La grande majorité des haies a été plantée ultérieurement, aux époques moderne et contemporaine. Les essences préférées étaient alors l'Orme, puis le Prunellier et surtout l'Aubépine. À partir des années 1780, les baux de prés signés devant notaire, souvent pour une durée de trois ou neuf ans, précisent les conditions de plantation et d'entretien des haies, leur tonte annuelle, voire la plantation d'arbres fruitiers (pommiers, poiriers) au milieu des parcelles, ainsi que l'ouverture de fossés(5). Souvent récente, la haie ne présume pas de la limite de propriété. Elle demeure rarement mitoyenne. Sa fonction principale reste donc la contention du bétail, son abri des vents dominants, la fourniture ponctuelle de fourrage et de manière plus abondante de bois de chauffage (arbres têtards).

Au total, cette étude permet de mettre en évidence des haies d'âges variés. Si l'on exclut les haies anciennes à la datation incertaine, les premières haies rigoureusement localisées apparaissent à la fin du XVIIe et au début du XVIIIe siècle. Les haies apparues au XIXe et au début du XXe siècle sont les plus nombreuses.

COMMENT DÉTERMINER L'ANCIENNETÉ D'UNE HAIE ?

La haie est un objet cartographique linéaire qu'il est possible de dater (ou au moins situer dans le temps) grâce à l'utilisation de cartes anciennes (XVIIe-XIXe siècles) et de photographies aériennes entre 1940 et aujourd'hui. Dans le cadre du projet FORHAIE, nous nous sommes intéressés aux haies localisées en Picardie. La consultation de diverses sources cartographiques anciennes nous a montré que la représentation des haies n'est pas systématique, ce qui a restreint considérablement le nombre de sources cartographiques exploitables. Les sources utilisées sont ainsi très variées et non uniformes sur l'ensemble de la Picardie. Il s'agit de plans à grande échelle permettant la représentation la plus fiable et exhaustive possible des haies (ex : plan des terres, plan d'intendance, plan de cadastre napoléonien…). Les sources les plus anciennes utilisées sont, pour l'Aisne, des plans du début du XVIIIe siècle (archives départementales de l'Aisne), pour l'Oise, des plans des terres des XVIIe et XVIIIe siècles (archives départementales de l'Oise) et pour

(3) Arch. dép. Aisne 182 E 85.
(4) Arch. dép. Aisne B 307, B 309, H 615, H 658bis, C 464, E 189. Arch. dép. Oise Mp 3868-3871, Mp 4501, Mp 5427-5429. *Levé de la carte de l'état-major*, 1/40 000, 1833-1840, IGN.
(5) Arch. dép. Aisne E 8, 80 E 53, 182 E 85, 182 E 121.

la Somme, des plans par masse de cultures ou des plans cadastraux du XIXe siècle (archives départementales de la Somme). La seule source commune à l'ensemble du territoire d'étude est la carte d'état-major (1826) mais son échelle au 1/40 000 est trop petite pour avoir une représentation exhaustive des haies notamment dans les zones à forte densité de haies. Nous ne l'avons donc utilisée que dans le cas de zones vierges de haies en 1826 et couvertes de haies sur les photographies aériennes de 1940. Nous avions donc la certitude que la haie avait été plantée entre le XIXe siècle et 1940 (figure 1, ci-dessous).

Figure 1 **EXEMPLE SUR LA COMMUNE DE LA FLAMENGRIE (AISNE) D'UN ESPACE QUASIMENT VIERGE DE HAIES SUR LA CARTE D'ÉTAT-MAJOR ET QUI SE RETROUVE AVEC UNE DENSITÉ IMPORTANTE DE HAIES (bandes sombres) SUR LA PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE DE 1940**

La ligne bleue correspond à des routes communes entre les deux cartes.



Un autre obstacle à la datation des haies à partir de cartes anciennes a été des modifications du territoire entre le XVIIIe-XIXe siècle et aujourd'hui, ce qui ne nous permettait pas de dater les haies avec certitude. Ces territoires ont ainsi été soustraits à notre échantillon (figure 2, p. 445).

La datation des haies pour les XXe et XXIe siècles est grandement facilitée par les photographies aériennes (IGN) et les orthophotographies (à partir de 2000, IGN) sur lesquelles les haies sont directement visibles. Ainsi leur présence ou leur absence peut être affirmée avec certitude.

Une fois les sources cartographiques identifiées, nous avons pu réaliser la datation des haies dans le but de déterminer leur ancienneté. Notre démarche consiste en une analyse régressive, ce qui signifie que nous partons de l'état actuel et remontons dans le temps. Pour cela, nous avons travaillé sous SIG (ArcGis 10.5, ESRI) afin de créer une base de données spatiales permettant diverses analyses par la suite. Nous avons donc constitué le linéaire de haies sur les communes disposant de sources cartographiques anciennes en les digitalisant à partir des orthophotographies de 2013 (IGN), les plus récentes à notre disposition. Nous avons ensuite géo-

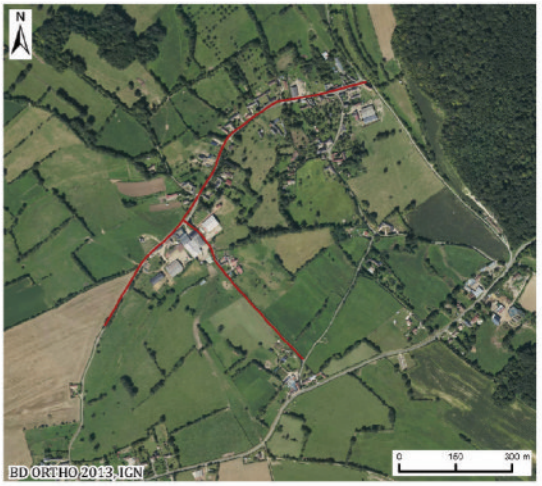
référencé dans le SIG des photographies aériennes des années 1940 et 1975 afin de pouvoir comparer la présence ou l'absence d'une haie à ces périodes, puis nous avons consulté les photographies intermédiaires pour affiner les datations. Pour les haies toujours présentes en 1940, nous avons utilisé les cartes anciennes décrites précédemment. Nous avons fait le choix de ne pas géoréférencer ces plans car, bien qu'ils semblent pour la plupart justes géométriquement, des décalages de quelques mètres sont inévitables et pourraient gêner la lecture, nous avons donc choisi de comparer la situation « à l'œil ». Lors de la datation des haies les plus anciennes, nous avons fait le choix de ne dater que celles pour lesquelles nous avions la certitude de leur existence, ce qui fait que toutes les haies d'une commune disposant de sources cartographiques sur l'ensemble de la période n'ont pas toujours été datées.

Figure 2 **EXEMPLE DE MODIFICATIONS ENTRE UN PLAN DU XVIIIe SIÈCLE ET L'ORTHOPHOTOGRAPHIE DE 2013 NE PERMETTANT PAS DE DATER LES HAIES VISIBLES EN 2013, PROBABLEMENT ISSUES DE DÉFRICHEMENTS DES BOIS REPRÉSENTÉS EN 1785**

La ligne rouge correspond à des routes communes entre les deux cartes.



extrait du plan d'intendance de Buicourt - 1785 (archives départementales de l'Oise, 1Cp23/1)



L'ancienneté de la haie a été saisie dans la table attributaire : deux colonnes ont été créées : « annee_inf » qui correspond à la date de la carte/photographie aérienne sur laquelle la haie n'existe pas (ou date de la plus vieille carte si elle a existé sur l'ensemble de la période) et « annee_sup », date de la carte/photographie aérienne la plus ancienne sur laquelle la haie apparaît (figure 3, p. 446). Cela a permis de calculer une année médiane d'âge supposé pour servir de variable historique dans des études de distribution spatiale de la flore (voir ci-après).

La consultation des sources historiques sur un territoire permet d'aller plus loin que la datation des haies. Nous avons par exemple pu déterminer les haies issues du défrichement d'un bois. En effet, certaines haies visibles sur les photographies aériennes de 1940 ne sont pas présentes sur les plans des XVIIe-XVIIIe siècles en tant que telles mais se retrouvent dans un ensemble boisé. Nous pouvons donc supposer que ces haies n'ont pas été plantées, mais correspondent à des bandes boisées conservées lors du défrichement, dans le but de constituer les haies (figure 4, p. 446). Celles-ci se repèrent assez bien sur le terrain, par l'absence d'alignement rectiligne des ligneux et l'irrégularité de la structure verticale. Nous ne pouvons exclure évidemment que ces haies de défrichement aient pu être « enrichies » par des plantations ponctuelles, par exemple d'arbres fruitiers.

Figure 3 **EXEMPLE DE LA DATATION DES HAIES SUR UN EXTRAIT DE LA COMMUNE DE LA FLAMENGRIE (AISNE)**

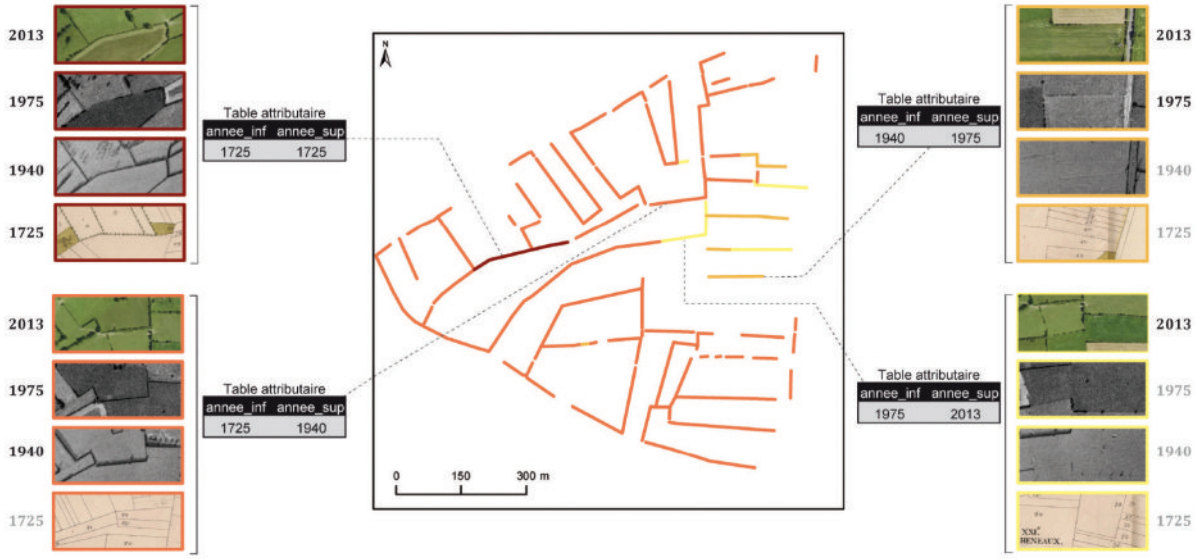


Figure 4 **EXEMPLE D'UNE HAIE ISSUE DE DÉFRICHEMENT**



DE LA COMPLEXITÉ DE L'OBJET « HAIE » SUR LE TERRAIN : FACTEURS INTERFÉRANT AVEC L'ANCIENNETÉ

Architecture de la haie et découplage des strates

À bien des égards, la haie représente un objet plus complexe à étudier que ne peut l'être un élément boisé surfacique, même si dans les deux cas on est le plus souvent en présence d'une

strate dominante ligneuse plantée par l'homme (totalement ou partiellement) et de strates subordonnées, herbacées et ligneuses, issues d'une colonisation spontanée. Cette ontologie rend nécessaire de considérer séparément les ligneux de la strate dominante (incluant les lianes) des espèces du tapis végétal herbacé lors d'une étude écologique des haies. La stratification détermine l'architecture de la haie, qui peut être décrite à l'aide de plusieurs caractères structurels qui ont chacun leur importance.

• *Hauteur, stratification*

Il existe une différence évidente entre les haies hautes composées d'une strate arborescente (ou arbustive haute) et d'une strate arbustive basse, et les haies basses, qui sont limitées à une seule strate arbustive basse (en général inférieure à 2 m). Ainsi, l'ombrage porté au sol et, donc, l'emprise microclimatique au sol liée aux caractéristiques biophysiques de la canopée (Lenoir *et al.*, 2017) sont beaucoup plus importants dans le premier cas et la quantité d'habitat sciaphile réellement disponible pour la flore herbacée forestière s'en trouve accrue (interaction entre la hauteur et la largeur). Cette ambiance plus ou moins forestière de la haie peut s'apprécier également par la mesure directe du microclimat au cœur de la haie, à l'aide de microcapteurs de température, d'hygrométrie et de lumière. À noter que, parfois, certaines haies basses sont issues de haies hautes, suite à la coupe des arbres de la strate dominante.

• *Largeur*

Les haies plantées sont souvent plus étroites (‹ 3 m de large) que les haies issues de défrichement (de 3 à 5 m), elles-mêmes plus étroites que les rideaux de culture boisés (5-10 m). De ce fait, la surface réellement échantillonnée, à longueur égale, est différente, tout comme la quantité d'habitat sciaphile disponible pour la flore forestière. Il est par conséquent nécessaire de prendre en compte la surface d'habitat réellement disponible (interactions entre la longueur et la largeur) dans l'analyse de la flore herbacée forestière.

• *Composition*

Lorsqu'elle est présente, la strate arbustive basse est presque toujours composée d'espèces épineuses (*Crataegus monogyna, Prunus spinosa, Ilex aquifolium*). C'est la strate arborescente qui joue un rôle *a priori* plus important car, en fonction de leur feuillage, il y a plus ou moins d'ombre au sol et, donc, un microclimat plus ou moins forestier. Par exemple, *Carpinus betulus* et *Fagus sylvatica* sont très pourvoyeurs d'ombre (et de litière pour le Hêtre), au contraire de *Fraxinus excelsior* et *Quercus robur*. La composition en arbres est donc également une variable explicative importante, qui peut être traduite, par exemple, par un indice de surface foliaire.

• *Gestion*

Certaines haies sont régulièrement entretenues (voire exploitées, souvent taillées en têtard) et d'autres pas. L'entretien dépend en partie de l'occupation des terres adjacentes. Lorsque la haie est en bordure de parcelles cultivées, les couronnes des arbres sont taillées latéralement pour ne pas ou peu surplomber le champ. Lorsqu'elle est en bordure de pâture, les couronnes surplombent le pré et les bêtes viennent souvent se mettre à l'abri dessous, d'où un décapage du sol et une eutrophisation néfastes à la strate herbacée. Plus l'emprise aérienne est importante, plus l'ombre au sol et au pied de la haie est importante, donc favorable à la flore forestière.

Dans l'espace, la haie est une structure tridimensionnelle dont l'architecture est étroitement dépendante de son ontologie et de sa gestion, qui influence sa composition. Il existe ainsi un découplage entre la strate ligneuse dominante, largement déterminée par des facteurs anthropiques, et la strate herbacée qui s'établit spontanément en dessous, en fonction de la quantité

d'habitat « forestier » disponible, elle-même contrainte par la structure de la haie et les usages adjacents du sol.

Importance de l'âge des ligneux composant la haie

Pour les haies relativement récentes (< 200 ans ?), la probabilité de trouver des ligneux de première génération est importante (elle diminue quand l'ancienneté de la haie augmente). En théorie, si on arrive à dater les individus les plus âgés d'une haie, on peut déterminer assez précisément l'ancienneté de la haie, puisqu'en présence de la première génération de ligneux, l'ancienneté de la haie et l'âge des ligneux les plus vieux se confondent. Certaines essences peuvent être ciblées pour une telle approche dendrochronologique, celles particulièrement longévives et à croissance plutôt lente : aubépines, houx, ifs, buis, chênes.

Importance de la connectivité

On s'attend à ce qu'une haie connectée à une forêt (*a fortiori* une forêt ancienne) soit plus riche en espèces forestières qu'une haie non connectée, toutes choses étant égales par ailleurs (ancienneté, architecture, environnement), parce qu'il existe une source proche d'espèces forestières qui peuvent migrer le long de la haie sans avoir à traverser une matrice hostile. Pour les haies non connectées, on s'attend à une richesse en espèces forestières d'autant plus importante que la densité forestière est importante dans un rayon donné, c'est-à-dire que les sources de diaspores sont nombreuses à proximité et, secondairement, l'ancienneté de la coexistence, c'est-à-dire le temps pendant lequel la haie et le bois ont été en contact (connectivité « spatiotemporelle »). Ces prédictions ont été vérifiées (Closset-Kopp *et al.*, 2016) : dans différentes haies du nord de la France, la fréquence des espèces forestières est proportionnelle, tout en restant inférieure, à leur fréquence dans les bois et forêts alentours. Ceci indique, d'une part, un effet de masse (c'est-à-dire la probabilité qu'une espèce s'établisse en un site donné augmente avec la quantité de diaspores de cette espèce qui s'y dépose) et, d'autre part, une relation bois-haie de type « source-puits » (c'est-à-dire les bois hébergent des populations pérennes d'espèces spécialistes, sources de diaspores qui se dispersent notamment dans les haies, où elles peuvent s'établir au moins de manière temporaire ; Leibold *et al.*, 2004).

Importance des pratiques humaines sur les terrains adjacents

La strate herbacée des haies est très souvent dégradée par les usages adjacents du sol, que la haie jouxte une pâture ou un champ, par suite d'une eutrophisation importante, qui favorise des espèces de haute stature (par exemple *Urtica dioica, Rubus fruticosus*), capables d'éliminer par compétition les espèces spécialistes forestières, de plus faible stature et à croissance plus lente (Verheyen *et al.*, 2003 ; Hipps *et al.*, 2005 ; Baeten *et al.*, 2011). Ce recrutement limité des espèces spécialistes forestières est observé quand le sol est trop riche en nutriments, notamment en phosphore, et que l'arrivée de lumière au sol est très importante, une situation commune dans les boisements linéaires. De plus, de hautes concentrations en phosphore dans le sol peuvent inhiber la colonisation racinaire par les champignons mycorhiziens de ces espèces (Oehl *et al.*, 2003). Dans une telle situation, quels que soient l'âge, l'ancienneté ou la structure de la haie, la biodiversité de la strate herbacée est très limitée et perd sa valeur indicatrice. Au contraire, les ligneux semblent être beaucoup moins sensibles et les usages adjacents ne semblent guère impacter la colonisation de la haie et l'accumulation des espèces au cours du temps.

Grossièrement, on peut dégager les tendances générales suivantes :

— en openfield : beaucoup de haies sont des rideaux de culture très anciens (mais l'ancienneté du boisement n'est pas connue le plus souvent). Seuls ceux qui sont les plus larges

présentent un environnement favorable à la flore forestière. Mais en général, l'utilisation d'engrais et d'herbicides entraîne un appauvrissement extrême de la flore (Kleijn et Snoeijing, 1997), en faveur de *Galium aparine* et de quelques graminées non forestières ;

— en pâture : le bétail longe les haies, notamment pour se mettre à l'abri des couronnes des arbres qui surplombent la pâture ; de ce fait, le sol est toujours très tassé, décapé et enrichi en matières fécales, d'où une eutrophisation très forte au profit des orties et des ronces ;

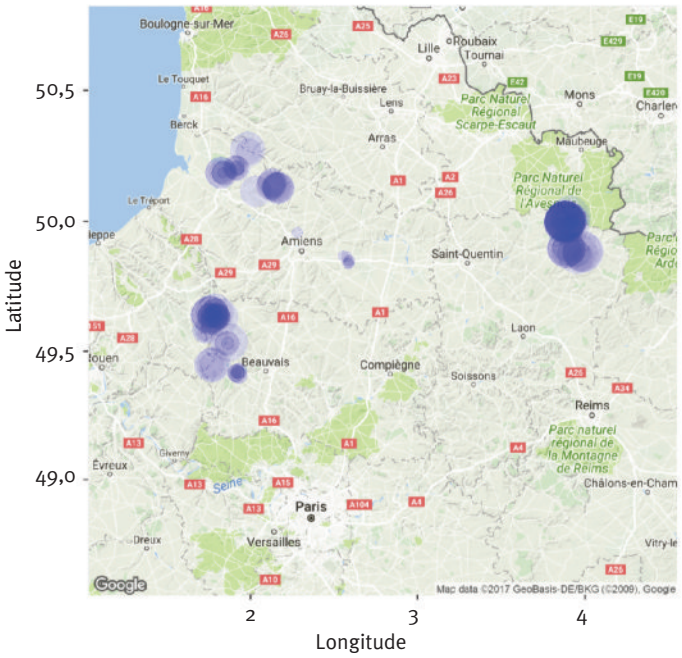
— en bord de route ou chemin : la berme héberge en général de nombreuses espèces sciaphiles ou semi-sciaphiles à l'ombre des couronnes. Soit la berme est laissée intacte, soit elle est simplement fauchée une fois par an, ce qui épargne les géophytes vernales et bon nombre de vivaces estivales, d'où une bonne conservation de la strate herbacée (Mercer *et al.*, 1999 ; Wehling et Diekmann, 2008). Les haies les mieux conservées et à la strate herbacée riche et diversifiée sont souvent celles qui bordent des chemins creux, ces derniers accentuant le caractère forestier du microclimat des haies.

INFLUENCE DE L'ANCIENNETÉ DE LA HAIE SUR LA RICHESSE EN ESPÈCES VÉGÉTALES FORESTIÈRES

Afin d'illustrer l'effet de l'ancienneté des haies sur la biodiversité de celles-ci tout en tenant compte des potentiels effets confondants énoncés précédemment, nous nous appuyons sur un jeu de données issu du projet FORHAIE et couvrant un large réseau de fragments bocagers situés en Picardie (figure 5, ci-dessous).

Figure 5 **CARTE DE DISTRIBUTION DES HAIES (n = 99) AU SEIN DE L'AIRE D'ÉTUDE (PICARDIE)**

La taille des cercles est fonction de l'ancienneté des haies (année médiane d'apparition supposée de la haie dans le paysage).



Matériels et méthodes

Le jeu de données utilisé ici a été obtenu à l'aide d'un échantillonnage aléatoire stratifié suivant la variable d'ancienneté (déterminée selon la démarche détaillée ci-dessus), ceci dans le but d'obtenir une chronoséquence représentative de la zone d'étude. Plusieurs haies candidates ont ainsi été présélectionnées avant la phase d'inventaire sur le terrain. Les haies trop dégradées ou détruites entre la date de la dernière cartographie disponible (2011) et la date de l'inventaire ont été exclues.

Au total, 99 haies ont été inventoriées constituant ainsi une chronoséquence dont l'année médiane d'apparition dans le paysage varie entre 1725 pour les haies et 2008 pour les haies les plus récentes situées à proximité d'Amiens. Un inventaire complet pour les haies les plus anciennes des espèces végétales forestières présentes au sein des strates ligneuses et herbacées a été effectué en parcourant l'ensemble du linéaire, de part et d'autre de chaque haie. Sont considérées comme « forestières », toutes les espèces spécialistes de l'habitat forestier et toutes les espèces généralistes capables de croître en forêt (voir Jamoneau *et al.*, 2011 pour une liste exhaustive).

Ceci a permis d'établir deux matrices binaires (présence-absence) haies × espèces : une pour les strates ligneuses (99×71) et une autre pour la strate herbacée (99×149). En plus de ces données de composition floristique par haie, plusieurs variables descriptives ont été mesurées, calculées ou observées pour chaque haie, soit sur le terrain ou sous SIG : longueur (m) ; largeur (m) ; hauteur moyenne (m) ; différence entre hauteur maximale et hauteur minimale sur l'ensemble du linéaire (m) ; connexion à un bois ou une forêt (0/1) ; distance au bois le plus proche (m) ; surface forestière cumulée dans une zone tampon de 500 m autour de la haie (m^2) ; usages adjacents du sol de part et d'autre de la haie (chemin, route, prairie ou pâture, culture).

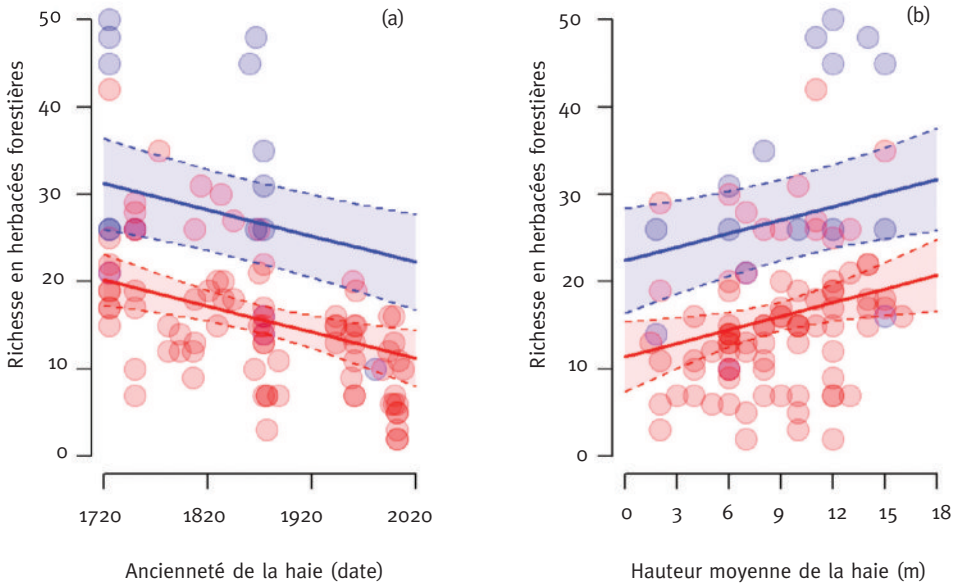
Étant donné l'allure gaussienne de la distribution de la variable de richesse en espèces végétales forestières au sein de la strate herbacée (variable de réponse), nous avons utilisé un modèle de régression linéaire multiple afin de tester l'effet de l'ancienneté de la haie (variable explicative) sur la diversité, tout en tenant compte de l'effet des autres covariables pouvant également affecter la diversité (voir ci-dessus). Parmi l'ensemble des variables énumérées dans le paragraphe précédent, seule la distance au bois le plus proche n'a pas été intégrée en tant que covariable, étant donné sa forte redondance avec la variable de surface forestière cumulée autour de la haie (corrélation de Spearman : $r = -0{,}87$, $p << 0{,}001$). Pour ce qui est des usages adjacents à la haie et afin d'utiliser une variable explicative de type quantitative dans le modèle, chaque catégorie d'usage a été remplacée par une note d'intensité croissante d'eutrophisation potentielle (chemin = 1, route = 2, prairie ou pâture = 4, culture = 5) (Closset-Kopp *et al.*, 2016). Les notes de chaque usage de part et d'autre de la haie ont ensuite été additionnées pour mesurer l'intensité des usages adjacents. Par exemple, une haie bordée par un chemin d'un côté et par une culture de l'autre aura une note globale de 6. À noter que les effets d'interaction évoqués précédemment entre les variables de longueur et de largeur (*cf.* effet de la surface inventoriée sur la diversité) ainsi qu'entre les variables de hauteur moyenne et de largeur (*cf.* effet de synergie sur l'emprise microclimatique au sol et donc sur la richesse en espèces forestières) ont été testés mais non retenus dans le modèle final car non significatifs ($p > 0{,}05$). La normalité de la distribution des résidus en fonction des valeurs prédites par le modèle final (homoscédasticité) a été vérifiée. L'ensemble des analyses statistiques a été réalisé sous le logiciel R v.3.3.2.

Résultats et discussion

Après calibration, le modèle utilisé a permis de capturer 60 % de la variabilité au sein du jeu de données ($R^2 = 0{,}62$ R^2 ajusté = 0,59). Les résultats de ce modèle montrent notamment que la richesse en espèces herbacées forestières dans la haie tend à diminuer de manière linéaire à

mesure que l'implantation de la haie dans le paysage est de plus en plus récente (figure 6a, ci-dessous ; tableau I, p. 452), toutes choses étant égales par ailleurs. Par conséquent, l'ancienneté de la haie est bien un facteur important et semble confirmer l'hypothèse selon laquelle les haies anciennes seraient un habitat refuge pour la flore forestière herbacée (Peterken et Game, 1984 ; McCollin *et al.*, 2000 ; Roy et de Blois, 2006). Le taux moyen d'accumulation des espèces herbacées forestières dans les haies anciennes est d'environ 3 espèces par siècle (tableau I, p. 452), justifiant la mise en place de mesures de conservation des haies les plus anciennes, qui jouent un rôle majeur dans le maintien d'un certain niveau de biodiversité dans les paysages agraires du nord de la France.

Figure 6 **EFFET DE L'ANCIENNETÉ (a) ET DE LA HAUTEUR MOYENNE (b) DE LA HAIE SUR LA RICHESSE EN ESPÈCES VÉGÉTALES FORESTIÈRES AU SEIN DE LA STRATE HERBACÉE DES HAIES CONNECTÉES À UN BOIS (n = 16, EN BLEU) ET DES HAIES NON CONNECTÉES (n = 83, EN ROUGE)**



Il est important de mentionner également que les haies connectées abritent en moyenne, tous les autres paramètres égaux par ailleurs, 11 espèces herbacées forestières de plus que les haies non connectées (figure 6, ci-dessus, tableau I, p. 452). Ceci confirme des résultats antérieurs issus d'un jeu de données plus restreint et qui montrent qu'à de rares exceptions près, toutes les espèces herbacées forestières d'un secteur géographique donné sont retrouvées dans les haies, même si les espèces généralistes sont mieux représentées que les espèces spécialistes (Closset-Kopp *et al.*, 2016). Parmi les autres déterminants de la richesse en herbacées forestières des haies, deux facteurs sont importants à prendre en compte : l'intensité des usages adjacents du sol, ainsi que la hauteur moyenne de la haie (tableau I, p. 452). Plus le risque d'eutrophisation lié aux usages adjacents du sol est important (cultures de part et d'autre de la haie) et plus la richesse en herbacées forestières diminue. En revanche, la hauteur moyenne de la haie a un effet bénéfique sur la richesse en herbacées forestières, avec un taux d'accumulation de l'ordre de 1 espèce tous les 2 mètres (figure 6b, ci-dessus), ce qui confirme l'hypothèse selon laquelle l'emprise microclimatique au sol qui est exercée par la strate dominante favoriserait la présence d'espèces herbacées forestières au sein des haies. Par conséquent, des mesures de gestion

favorisant la croissance en hauteur des haies permettraient d'augmenter les chances d'installation d'espèces herbacées forestières. On notera enfin, même si l'effet n'est pas significatif (p = 0,098), que plus une haie est large et plus le nombre d'espèces herbacées forestières dans la haie a tendance à augmenter (tableau I, ci-dessous), ce qui va dans le même sens que l'effet de la hauteur, puisque ces deux variables interagissent sur la création d'une ambiance forestière au sein de la haie.

Tableau I **Effets de l'ancienneté de la haie (An) ainsi que des covariables de longueur (L), de largeur (l), de hauteur moyenne (H), d'hétérogénéité des hauteurs (dH), de connectivité (Conn), de surface forestière cumulée dans un rayon de 500 m (Surf) et d'intensité des usages adjacents de la haie (IUA) sur la richesse en espèces herbacées forestières (Rich)**

Les valeurs estimées des coefficients et de leur erreur standard respective sont issues d'un modèle de régression linéaire multiple.

Variable	Coefficient	Erreur standard	Student (t)	Significativité (p)
Rich (X_i = 0)	79,95	16,245	4,922	(***) < 0,001
An	– 0,029	0,009	– 3,407	(***) < 0,001
L	0,006	0,009	0,655	(n.s.) 0,514
l	1,461	0,873	1,674	(n.s.) 0,097
H	0,518	0,209	2,478	(*) 0,015
dH	– 0,113	0,144	– 0,780	(n.s.) 0,437
Conn	11,007	2,661	4,136	(***) < 0,001
Surf	0,000	0,000	1,258	(n.s.) 0,211
IUA	– 2,137	0,539	– 3,966	(***) < 0,001

CONCLUSIONS

Objet hybride à la fois naturel et culturel, la haie est souvent perçue comme une relique d'un système socioéconomique désuet, dont la disparition progressive des paysages ruraux témoigne de la crise du système bocager et de l'élevage en général. Des tentatives de réhabilitation, par exemple *via* la production de plaquettes bocagères pour chaudières à bois, ont souvent échoué. Aujourd'hui, la haie tend à devenir le symbole d'un mode de vie ancestral, d'une paysannerie archaïque, ce qui entraîne son historicisation et sa patrimonialisation, voire sa muséification dans certaines régions où se développe un tourisme « vert ». À l'heure où maintenir les continuités et reconnecter les habitats « naturels » fragmentés au sein des paysages anthropisés sont devenus une composante importante des politiques « trames vertes, trames bleues » issues de la loi Grenelle 2 et des schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE), les haies font l'objet d'une requalification en tant que corridors écologiques pouvant faciliter le déplacement des espèces forestières entre fragments forestiers. Les différents travaux menés sur le fonctionnement de l'écosystème « haie » convergent vers le rôle clé de l'ancienneté de ces haies, la richesse spécifique et la valeur patrimoniale de celles-ci étant en général d'autant plus importantes qu'elles existent depuis longtemps.

Implanter de nouvelles haies dans les paysages agricoles peut être une stratégie pour y maintenir la biodiversité forestière, mais leur fonctionnement comme corridor ne sera effectif qu'au bout

d'un temps très long, jusqu'à plusieurs siècles pour certaines espèces spécialistes à dispersion ou recrutement limité. En cas de création de nouvelles haies, il faut recommander la plantation de bandes larges (› 2 m), avec une strate arborescente, et des bandes enherbées « tampon » de part et d'autre pour limiter l'impact négatif des usages adjacents (labour, pâturage, lessivage des engrais et pesticides). La priorité doit donc être donnée à la conservation des haies existantes, en particulier les plus anciennes, qui méritent d'être protégées tant pour leur valeur écologique, que pour leur valeur historique et culturelle. Cela implique de les reconnaître et de les recenser ; à cet égard, l'utilisation des archives et des cartes anciennes, et l'étude de leur composition floristique, représentent une étape indispensable.

Déborah CLOSSET-KOPP – Émilie GALLET-MORON – Jérôme BURIDANT – Jonathan LENOIR – Guillaume DECOCQ
Unité Écologie et Dynamique des Systèmes anthropisés
(EDYSAN, UMR 7058 CNRS-UPJV)
Université de Picardie Jules Verne
1 rue des Louvels
F-80037 AMIENS
(deborah.closset-kopp@u-picardie.fr) (emilie.gallet-moron@u-picardie.fr)
(jerome.buridant@u-picardie.fr) (jonathan.lenoir@u.picardie.fr)
(guillaume.decocq@u-picardie.fr)

Remerciements

Les travaux présentés dans cet article ont été soutenus financièrement par le ministère de l'Écologie dans le cadre du programme DIVA 3 (Projet n°12-MBGD-DIVA-4-CVS-029, FORHAIE).

Les auteurs souhaitent remercier Fabien Spicher, Thomas Jazeix, Axel Fournier et Renaud Morellato pour leur aide sur le terrain.

BIBLIOGRAPHIE

BAETEN L., VERSTRAETEN G., DE FRENNE P., VANHELLEMONT M., WUYTS K., HERMY M., VERHEYEN K., 2011. Former land use affects the nitrogen and phosphorus concentrations and biomass of forest herbs. *Plant Ecology*, vol. 212, pp. 901-909.

CLOSSET-KOPP D., WASOF S., DECOCQ G., 2016. Using process-based indicator species to evaluate ecological corridors in fragmented landscapes. *Biological Conservation*, vol. 201, pp. 152-159.

FLINN K.M., VELLEND M., 2005. Recovery of forest plant communities in post-agricultural landscapes. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 3, pp. 243-250.

FRENCH D.D., CUMMINS R.P., 2001. Classification, composition, richness and diversity of British hedgerows. *Applied Vegetation Science*, vol. 4, pp. 213-228.

FRITZ R., MERRIAM G., 1993. Fencerow habitats for plants moving between farmland forests. *Biological Conservation*, vol. 64, pp. 141-148.

HERMY M., VERHEYEN K., 2007. Legacies of the past in the present-day forest biodiversity: a review of past land-use effects on forest plant species composition and diversity. *Ecological Research*, vol. 22, pp. 361-371.

HIPPS N.A., DAVIES M.J., DODDS P., BUCKLEY G.P., 2005. The effects of phosphorus nutrition and soil pH on the growth of some ancient woodland indicator plants and their interaction with competitor species. *Plant and Soil*, vol. 271, pp. 131-141.

JAMONEAU A., SONNIER G., CHABRERIE O., CLOSSET-KOPP D., SAGUEZ R., GALLET-MORON E., DECOCQ G., 2011. Drivers of plant species assemblages in forest patches among contrasted dynamic agricultural landscapes. *Journal of Ecology*, vol. 99, pp. 1152-1161.

KLEIJN D., SNOEIJING G.I.J., 1997. Field boundary vegetation and the effects of agrochemical drift: botanical change caused by low levels of herbicide and fertilizer. *Journal of Applied Ecology*, vol. 34, pp. 1413-1425.

LARRÈRE C., LARRÈRE R., 2009. *Du bon usage de la nature. Pour une philosophie de l'environnement*. Paris : Éditions Flammarion.

LEIBOLD M.A., HOLYOAK M., MOUQUET M., AMARASEKARE P., CHASE J.M., HOOPES M.F., HOLT R.D., SHURIN J.B., LAW R., TILMAN D., LOREAU M., GONZALEZ A., 2004. The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. *Ecology Letters*, vol. 7, pp. 601-613.

LENOIR J., HATTAB T., PIERRE G., 2017. Climatic microrefugia under anthropogenic climate change: implications for species redistribution. *Ecography*, vol. 40, pp. 253-266.

MCCOLLIN D., JACKSON J.I., BUNCE R.G.H., BARR C.J., STUART R., 2000. Hedgerows as habitat for woodland plants. *Journal of Environment Management*, vol. 60, pp. 77-90.

MERCER C., CHERRILL A., TUDOR G., ANDREWS M., 1999. Hedgerow plant communities: relationship with adjacent land use and aspect. *Aspects in Applied Biology*, vol. 54, pp. 345-352.

OEHL F., SIEVERDING E., INEICHEN K., MÄDER P., BOLLERT T., WIEMKEN A., 2003. Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of Central Europe. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 69, pp. 2616-2624.

PETERKEN G.F., GAME M., 1984. Historical factors affecting the number and distribution of vascular plant species in the woodlands of central Lincolnshire. *Journal of Ecology*, vol. 72, 1984, pp. 155-182.

ROSENZWEIG M.L., 1995. *Species diversity in space and time*. Cambridge : Cambridge University Press. XXI + 436 p.

ROY V., DE BLOIS S., 2006. Using functional traits to assess the role of hedgerow corridors as environmental filters for forest herbs. *Biological Conservation*, vol. 130, pp. 592-603.

VERHEYEN K., HONNAY O., MOTZKIN G., HERMY M., FOSTER D.R., 2003. Response of forest plant species to land-use change: a life-history trait-based approach. *Journal of Ecology*, vol. 91, pp. 563-577.

WEHLING S., DIEKMANN M., 2008. Factors influencing the spatial distribution of forest plant species in hedgerows of North-western Germany. *Biodiversity and Conservation*, vol. 17, pp. 2799-2813.

UN CAS DE FORÊT LINÉAIRE ANCIENNE DANS LES PAYSAGES RURAUX : DE LA DIFFICILE RECONNAISSANCE DES HAIES ANCIENNES À L'ÉTUDE DE LEUR DIVERSITÉ VÉGÉTALE (Résumé)

La haie en tant que boisement linéaire connaît une nouvelle vocation, celle de corridor écologique entre les fragments forestiers de nos paysages anthropisés. Nous montrons ici en quoi l'ancienneté des haies est cruciale pour évaluer cette fonction de corridor et en quoi, par son origine, son ontogénie et ses représentations, la haie diffère fortement des éléments boisés surfaciques. Une étude réalisée en Picardie (Hauts de France) est résumée, qui plaide en faveur de la conservation des haies les plus anciennes et de leur intégrité structurelle.

A CASE OF AN ANCIENT LINEAR FOREST IN RURAL LANDSCAPES – FROM THE DIFFICULT RECOGNITION OF ANCIENT HEDGEROWS TO THE STUDY OF THEIR PLANT DIVERSITY (Abstract)

As linear wooded bands, hedgerows appear as potential ecological corridors between forest patches in anthropogenic landscapes. Here we show how hedgerows differ from woodlands by their origin, ontogeny and representations and thus, why it is crucial to determine how ancient a hedgerow is so as to assess that corridor function. We summarize a study conducted in Picardy (Hauts-de-France) showing that the conservation of the most ancient hedgerows and of their structural integrity should be a priority.