

Le déboisement et l'aplanissement des pentes par abattage des haies sur talus en milieu bocager :

Conséquences sur l'érosion pédologique et proposition de mesures palliatives à
mettre en place



Sujet proposé par Christian Allain de l'association Manche Nature

Tutrice : Emanuelle Personeni

Léo Fourel
Session 2018 / 2019

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont aidé de différentes façons à rédiger ce mémoire bibliographique et plus particulièrement les personnes que je cite ci-dessous.

L'équipe pédagogique du master EcoCaen qui m'a aidé lors de ce projet et plus précisément madame Emmanuelle PERSONENI, ma tutrice pédagogique, qui m'a conseillé et qui a répondu régulièrement à mes questions durant la rédaction de ce mémoire.

Monsieur Christian ALLAIN, secrétaire à l'association Manche Nature, qui a transmis ce sujet à l'équipe pédagogique du master et qui a su répondre à mes questions.

Je tiens également à remercier monsieur François DUDOUIT, référent littoral à Coutances de la DDTM de la Manches ; madame Natacha COLINOT, adjointe à la cheffe du service économie agricole et des territoires à la DDTM de la Manche et Magali MONIER, Chargée de mission GéoPortail de l'Urbanisme Unité "gestion des connaissances" Service "expertise territoriale, risques et sécurité" à la DDTM de la Manche, de m'avoir aiguillé dans mes recherches bibliographiques.

Sommaire

1. Introduction.....	1
2. Description du paysage bocager.....	2
2 . 1 . Définition du bocage.....	2
2 . 2 . Historique du bocage.....	3
3 . Rôles écologiques et services écosystémiques du bocage.....	4
3 . 1 . Rôles climatiques.....	4
3 . 2 . Rôle brise-vents.....	5
3 . 3 . Ralentissement des écoulements.....	5
3 . 4 . Rôle anti-érosion et conservation des sols.....	6
3 . 5 . Épuration des eaux.....	7
3 . 6 . Support de biodiversité.....	8
3 . 7 . Rôle de productions.....	9
3 . 8 . Rôle culturel et paysager.....	9
4 . Impact de l'arrachage des haies et de l'aplanissement des talus.....	10
4 . 1 . Impacts directs.....	10
4 . 2 . Impacts indirects.....	11
5 . Itinéraire technique de gestion du bocage.....	12
5 . 1 . Entretien du maillage bocager.....	12
5 . 2 . Restauration de haies bocagères.....	12
6 . Discussions.....	13
7 . Conclusion.....	14

1 . Introduction

Le bocage est un paysage rural caractérisé par un ensemble de parcelles agricoles et de zones non cultivées telles que des boisements, des landes, des friches, des zones bâties ou des cours d'eau (Cleran & Vivien, 2007). Le paysage bocager est donc un ensemble d'agro-écosystèmes et de milieux non gérés qui sont en interaction à l'échelle du paysage (Soltner, 1991). Le paysage bocager est également caractérisé par des alignements d'arbres et arbustes, des talus ou des murs de pierre. C'est un système semi-naturel, formé, entretenu et maintenu par et pour l'homme (Eaux et rivière de Bretagne, 2007). À l'échelle de la parcelle, la haie bocagère est souvent définie comme un alignement d'arbres « hors forêt » disposé sur un talus et longée par un fossé (Eaux et rivière de Bretagne, 2007). L'expression « arbre hors forêt » employée depuis 1995 (Bellefontaine *et al.*, 2001), regroupe plusieurs termes : bocage, agroforesterie, polyculture arborée, systèmes sylvo-pastoraux ou agro-sylvo-pastoraux (Guillerme *et al.*, 2009). En outre, il est important de prendre en compte l'ensemble des arbres « hors forêt » à l'échelle du paysage bocager car ils sont souvent le reflet des pratiques ancestrales de sociétés locales (Guillerme *et al.*, 2009). En effet, le paysage bocager a considérablement évolué au cours du temps et ce en fonction de l'évolution des pratiques agricoles (Morant *et al.*, 1995). Cela nous permet de dire que, bien que le bocage soit relativement ancien (XI^{ème} siècle), c'est au cours des 50 dernières années que celui-ci a le plus évolué (Morant *et al.*, 1995). Cela a mené à une forte diminution du linéaire de haies bocagères puisque, en France, ce linéaire est passé de 1 244 110 km à 707 605 km entre 1975 et 1987 (Pointereau, 2004). Cette forte diminution du linéaire bocager s'est souvent traduite, à l'échelle de la parcelle, par l'arrachage des arbres et l'aplanissement des talus dans le but d'augmenter la surface de terres cultivables. Cette forte modification du paysage bocager a eu un certain nombre d'impacts sur son fonctionnement (Eaux et rivière de Bretagne, 2007). En effet, suite à ces dégradations, le paysage bocager ne remplissait plus ses rôles écologiques et services écosystémiques (Siles, 2016).

Cela met aujourd'hui en évidence l'importance d'agir pour entretenir et/ou restaurer le paysage bocager. Le présent document a pour objectif de comprendre l'impact de l'arrachage des haies et de l'aplanissement des talus sur le fonctionnement du bocage, notamment du point de vue pédologique. Cela nous permettra de voir quelles mesures permettent de restaurer le fonctionnement de ce paysage particulier. Dans un premier temps, nous définirons brièvement ce qu'est le bocage et décrirons son historique afin de comprendre l'évolution de ce paysage. Dans une seconde partie, nous verrons les rôles écologiques et services écosystémiques que remplissent ces paysages. Cela nous permettra de comprendre l'impact potentiel de l'arrachage des arbres et de l'aplanissement des talus en systèmes bocagers. Ensuite, nous présenterons un certain nombre de mesures palliatives permettant d'entretenir ou de restaurer le bocage. Enfin nous concluons en discutant sur les limites de la gestion du paysage bocager.



Figure 1 : Comparaison d'un paysage bocager (à gauche) et d'un paysage openfield (à droite).

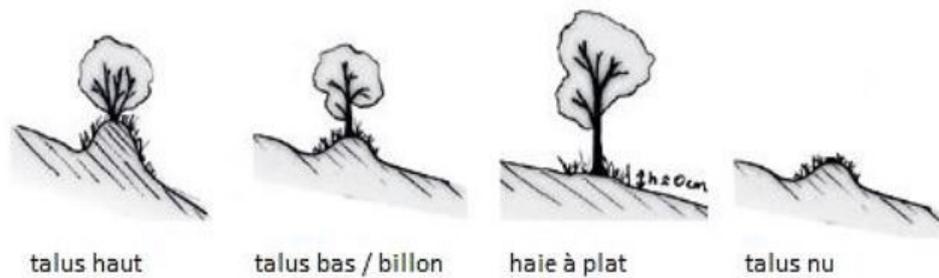


Figure 2 : Schématisation des différents types de talus dans un système bocager (Commission Locale de l'eau du SAGE Rance Frémur Baie de Beaussais).

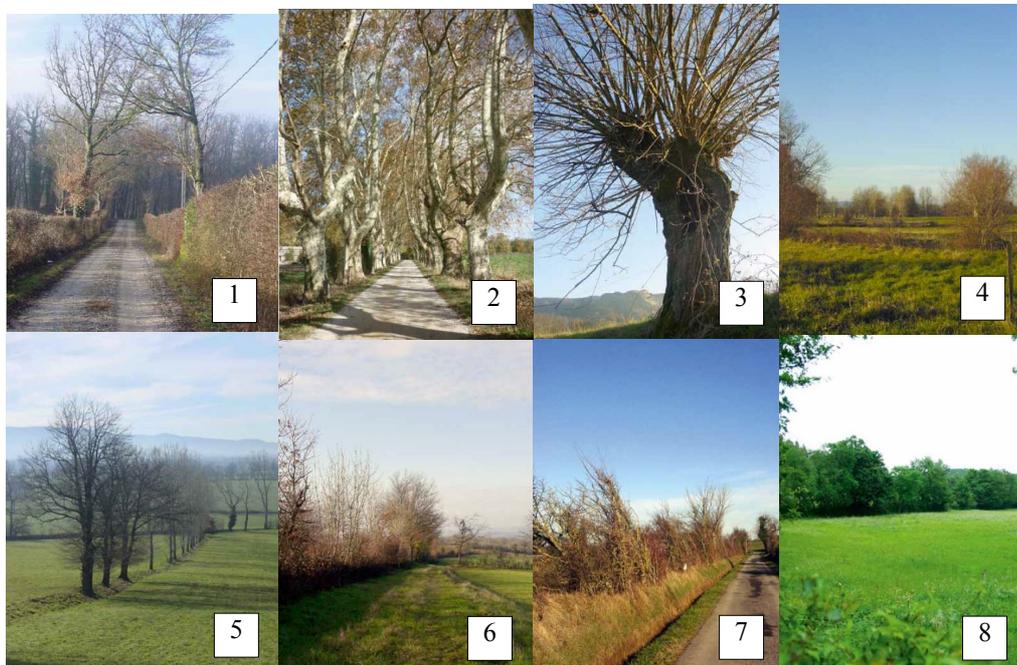


Figure 3 : Présentation des différents types de haies et de formations boisées hors forêt : la clôture basse (1), l'alignement de gros arbres (2), l'arbre têtard (3), la haie pluristratée avec discontinuité (4), la fûtaie linéaire dense (5), la haie taillis (6), la haie clôture haute (7), la haie pluristratée (8) (PNR du haut Languedoc – recueil d'expérience sur la commune de Dougne).

2 . Description générale du paysage bocager

2 . 1 . Définition du bocage

Le bocage est un paysage rural constitué d'un ensemble de systèmes culturels et de milieux naturels tels que des boisements, des landes, des friches ou les cours d'eau (Cleran & Vivien, 2007). Ce paysage, également caractérisé par des alignements d'arbres et arbustes, de talus ou de murs de pierre (Eaux et rivière de Bretagne, 2007) s'oppose aux paysages openfields (fig. 1). Les paysages bocagers, par leur grande diversité, occupent une place singulière dans les paysages ruraux français. En effet, ces arbres « hors forêt » ont parfois pris une place dominante, associés à des productions agricoles et agro-pastorales majeures de terroir (comme dans le cas du bocage breton et normand). Ils sont devenus ainsi le fondement de systèmes agraires de haute valeur paysagère. (Guillerme *et al.*, 2009). Il existe différents types de paysages bocagers selon leurs origines (Soltner, 1991). Un bocage dit organique, issu d'un défrichement ancien, se caractérise par un maillage trapu et de forme irrégulière suivant les lignes topographiques. Le bocage mimétique, quant à lui, est composé d'arbres replantés récemment et aura des formes plus régulières (Soltner, 1991).

À l'échelle de la parcelle, les haies bocagères sont souvent accompagnées d'un talus et d'un fossé (fig. 2), notamment en Bretagne (Eaux et rivière de Bretagne, 2007). Une haie peut se trouver sur un talus haut, un billon (ou talus bas) ou être implantée à plat (sans talus). Les talus nus (sans haie) correspondent aussi à des structures bocagères (Commission Locale de l'eau du SAGE Rance Frémur Baie de Beausais ; fig. 2). Il est possible de compléter cette définition grâce aux cinq critères suivants : la disposition des végétaux (isolés, alignés) ; le nombre de strates et leur type (arbre, arbrisseau, arbuste haut ou bas) ; le mode de gestion (libre ou taillé, et de quelle façon) ; la localisation dans l'espace (proche d'une habitation, au milieu d'un pré, en limite de culture, en bordure de talus, etc.) ; l'espèce dominante et le nombre d'espèces quand il y en a plusieurs (Pointereau *et al.*, 2000 ; Coulon *et al.*, 2003). Il existe différents types de haies et de formations boisées hors forêt : la clôture basse, l'alignement de gros arbres, l'arbre têtard, la haie pluri-strate avec discontinuité, la futaie linéaire dense, la haie taillis, la haie clôture haute ou la haie pluri-strate (PNR du haut Languedoc – recueil d'expérience sur la commune de Dougne ; fig. 3). Enfin, il est également important de noter la présence d'arbres morts au sein des haies bocagères car ils peuvent avoir un intérêt pour l'accueil de l'entomofaune (Debras., 2007). Au niveau de la strate herbacée, le bocage peut être plus ou moins riche en fonction de la présence ou non de talus et/ou de fossé et selon l'orientation de chaque haie (Soltner, 1991).

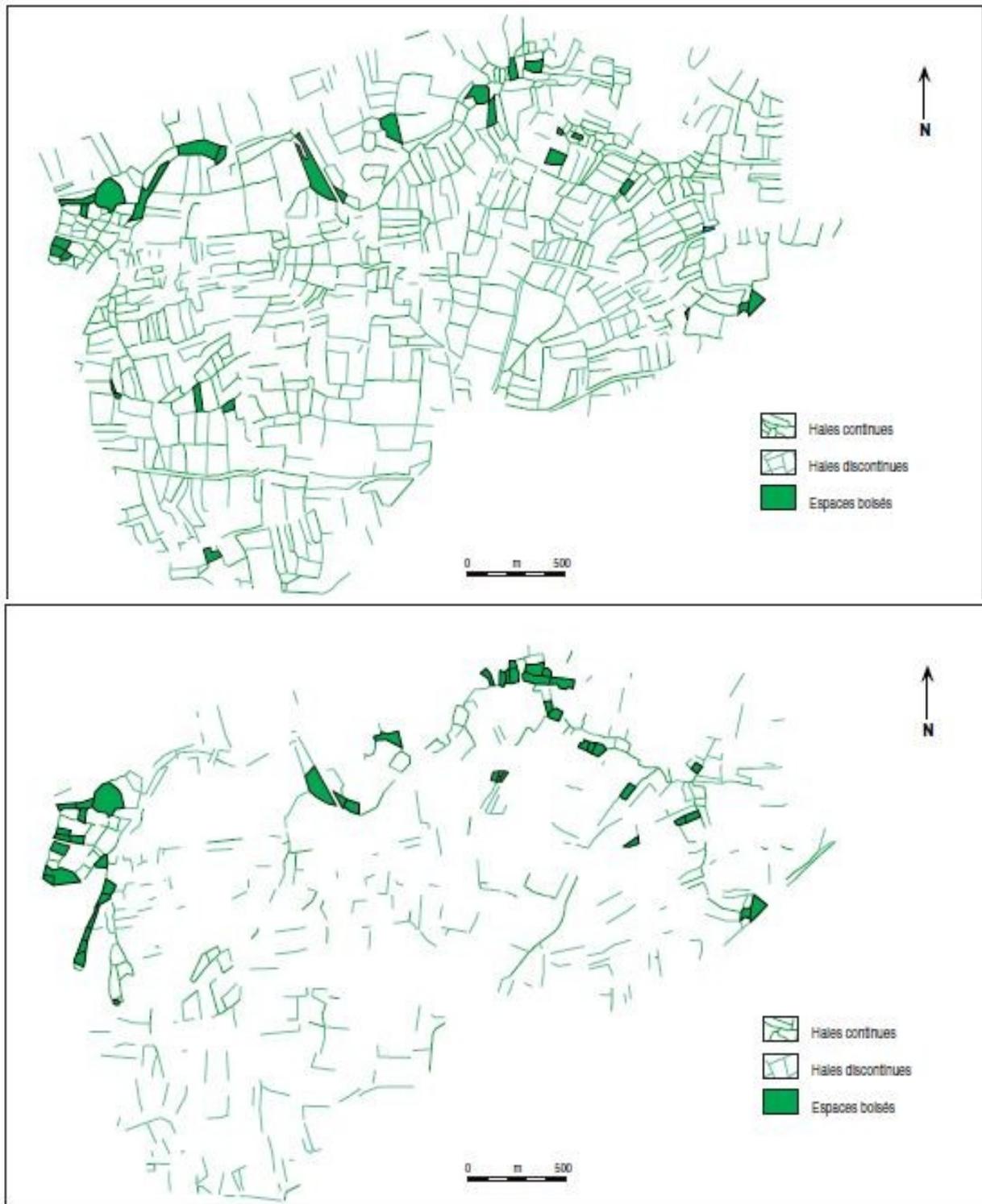


Figure 4 : Comparaison du paysage agricole en 1952 (en haut) et du paysage agricole en 1990 de la commune de Pleine-Fougères (35). (Morant *et al.*, 1995)

2 . 2 . Historique du bocage

En premier lieu, il est important de savoir qu'il est difficile de retracer et de résumer l'histoire de nos bocages européens (Pointereau, 2004). Elle commence avec la domestication de l'arbre qui n'a longtemps concernée que les arbres fruitiers (Pointereau, 2004). Les premiers talus du bocage sont apparus 1100 ans avant JC. Ensuite, plusieurs phases de création du bocage ont eu lieu (Eaux et rivière de Bretagne, 2007).

Le bocage, tel que nous le connaissons aujourd'hui, apparaît progressivement en Bretagne à la fin du Moyen Âge (entre le V^{ème} et le XIV^{ème} siècle). C'est la première phase de création des paysages bocagers. Les talus se sont constitués au fur et à mesure que la population se densifiait et que s'accroissait la spécialisation de l'agriculture vers l'élevage (Eaux et rivière de Bretagne, 2007). À cette époque, les talus et les haies avaient comme principal objectif de protéger les cultures et les habitations (Commission Locale de l'eau du SAGE Rance Frémur Baie de Beussais . Cleran & Vivien, 2007). Le maillage créé à cette époque avait également permis une structuration hydraulique du territoire pour assurer la distribution de l'eau à tous les usagers (Commission Locale de l'eau du SAGE Rance Frémur Baie de Beussais). La nécessité de drainer peut-être une autre justification de la densification du maillage bocager (Cleran & Vivien, 2007). La deuxième phase de création du bocage se situe entre le XVIII^{ème} et le début du XX^{ème} siècle (Cleran & Vivien, 2007 ; Eaux et rivière de Bretagne, 2007). Au début du XX^e siècle, la France comptait plus de 2 millions de kilomètres de haies (Coulon *et al.*, 2000). Le mouvement de plantation et de création de talus s'est globalement poursuivi jusqu'à la Seconde Guerre Mondiale. (Eaux et rivière de Bretagne, 2007). Après la Seconde Guerre Mondiale, la modernisation de l'agriculture nécessitait des structures plus grandes et adaptées à l'utilisation des engins (Eaux et rivière de Bretagne, 2007 ; Morant *et al.*, 1995). Cela s'est traduit par l'agrandissement des parcelles cultivées et la destruction des éléments permanents considérés comme gênants comme les haies bocagères et les talus (Eaux et rivière de Bretagne, 2007 ; Morant *et al.*, 1995 ; fig 4). Près de 70 % des 2 millions de kilomètres de haies présents en France au début du siècle ont été détruits, soit 1,4 million de km (Cleran & Vivien, 2007). Selon l'Inventaire Forestier National (IFN), la longueur de haies est passée de 1 244 000 km à 707 600 km en 12 ans (environ 45 000 km par an entre 1970 et 1985). Le rythme s'est ralenti entre 1980 et 1990 (Pointereau, 2004). Cela est dû à une prise de conscience à ce sujet. En effet, durant cette période, les instituts techniques et les politiques prennent conscience de l'utilité des haies (Cleran & Vivien, 2007).

Aujourd'hui, l'arrachage de haies et l'aplanissement des talus continue mais de manière beaucoup plus raisonnée. La mise en place d'arrêtés préfectoraux, la prise en compte du bocage dans les aides de la Politique Agricole Commune (PAC), la création d'une charte de remembrement et d'une bourse aux arbres permet d'éviter les erreurs du passé (Cleran & Vivien, 2007). Cependant de nombreuses haies sont supprimées en dehors du remembrement et beaucoup se dégradent par manque d'entretien et de valorisation (Cleran & Vivien, 2007).

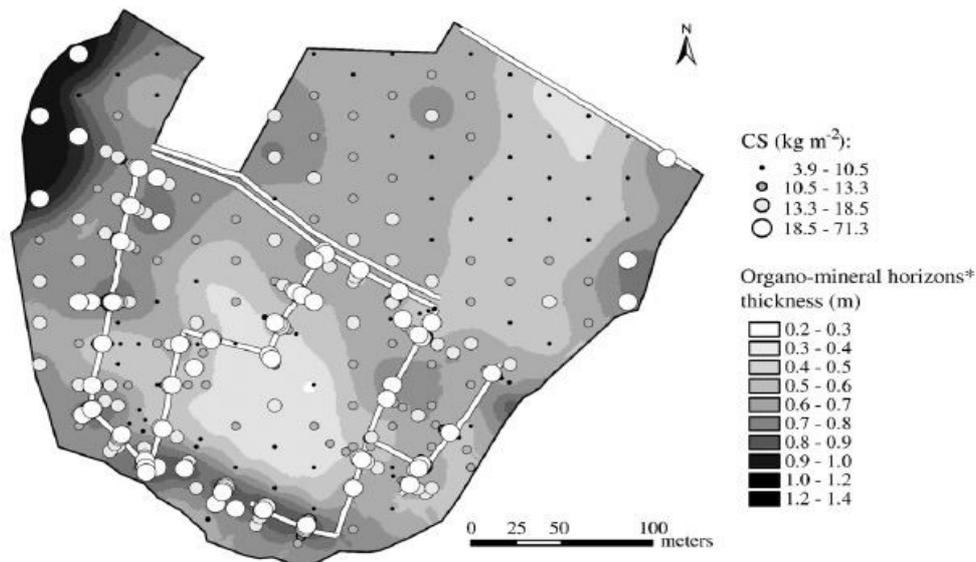


Figure 5 : Représentation des stocks de carbone dans le sol au sein du sol en fonction de la présence de structures linéaires boisées ; CS symbolisant le stock de carbone conformément à la statistiques non paramétriques: valeurs minimale, maximale, quartile et médiane (Follain *et al.*, 2007).

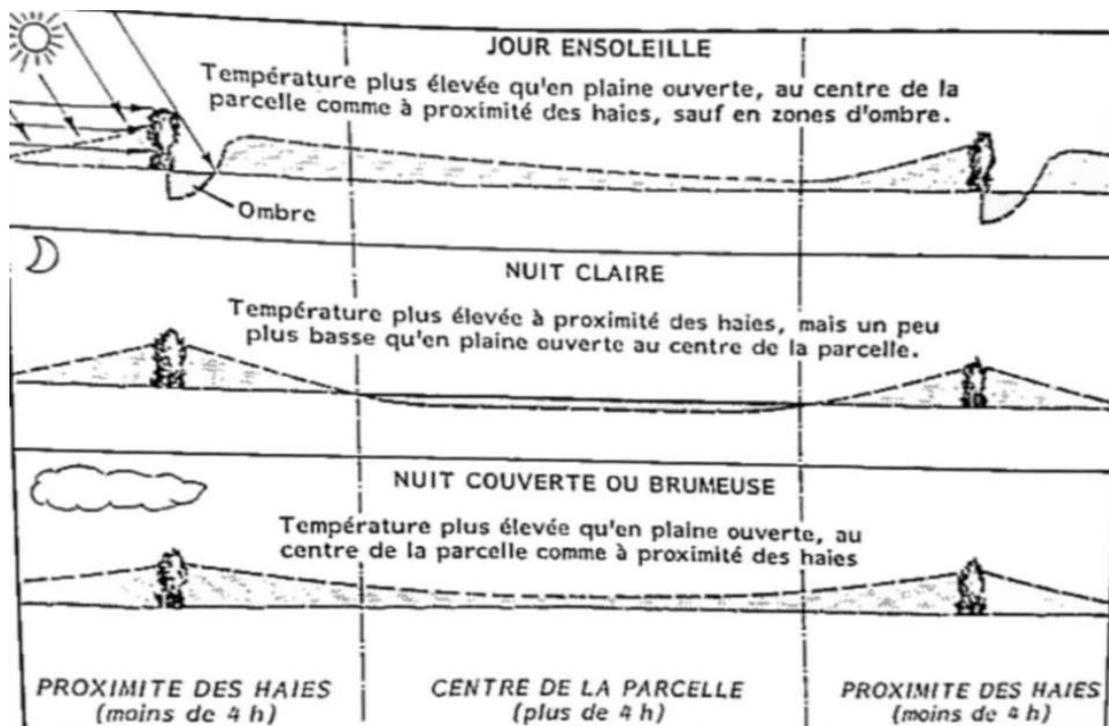


Figure 6 : Élévation ou abaissement de la température au niveau du sol dans une parcelle bocagère par rapport à la température des parcelles dénuées de la même région ; h étant la hauteur de la haie (Soltner, 1991).

3 .Rôles écologique et services écosystémiques du bocage

Afin de mieux comprendre le potentiel impact de l'arrachage des haies et de l'aplanissement des talus en système bocager, il est important de connaître les fonctions de celui-ci. En effet, lors de la destruction des haies et des talus, le bocage peut perdre un certain nombre de ses fonctions (rôles écologiques et services écosystémiques). Dans cette troisième partie, nous décrirons chaque fonction du bocage et comprendrons les intérêts que celui-ci peut avoir pour l'agriculture.

3 . 1 . Rôle climatique

Le maillage bocager peut avoir une influence climatique (Earnshaw, 2004). Cette influence peut être mesurée à l'échelle de la parcelle (Soltner, 1991), à l'échelle régionale (Merot & Reyne, 1996) et même à plus large échelle grâce au stockage de carbone (Follain *et al.*, 2007). Nous savons effectivement que les arbres présents dans les haies bocagères permettent, comme ceux présents dans les forêts, de stocker du carbone (Moffat *et al.*, 2011 ;fig 5). Selon les espèces plantées, un hectare de haie permet un stockage du carbone, dans le sol et les racines, compris entre 550 et 900 kg CO₂/ha/an (Conservatoire régional des effets du changement climatique, 2016). La quantité de carbone stocké par les haies bocagères dépend des essences présentes mais également de la densité du peuplement. En effet, plus la haie est boisée plus elle va stocker du carbone (Follain *et al.*, 2007 ; Stiles, 2016). Pour cette raison, un maillage bocager dense peut contribuer à la lutte contre le réchauffement climatique à une large échelle (Conservatoire régional des effets du changement climatique, 2016). Ensuite, à l'échelle régionale, le paysage bocager peut avoir une influence sur le climat (Conservatoire régional des effets du changement climatique, 2016 ; Merot & Reyne, 1996 ; Soltner, 1991). En effet, l'augmentation de la rugosité du paysage a une forte influence sur les grandes masses d'air et sur la température à l'échelle régionale (Soltner, 1991). L'utilisation de l'énergie solaire par les végétaux du bocage peut également avoir un impact sur le climat (Merot & Reyne, 1996 ; Soltner, 1991). Enfin, à l'échelle de la parcelle, les haies bocagères peuvent également avoir une influence sur le microclimat (Soltner, 1991 ; fig 6). Cela peut être dû à l'influence des arbres sur les différents types de rayonnements ou par le ralentissement des masses d'air (Soltner, 1991). Le bocage peut également avoir une influence sur la hauteur des précipitations à l'échelle locale. En effet, une grande hétérogénéité des précipitations a pu être mesurée à l'échelle locale et ce en raison de l'effet brise-vent (Merot, 1978).

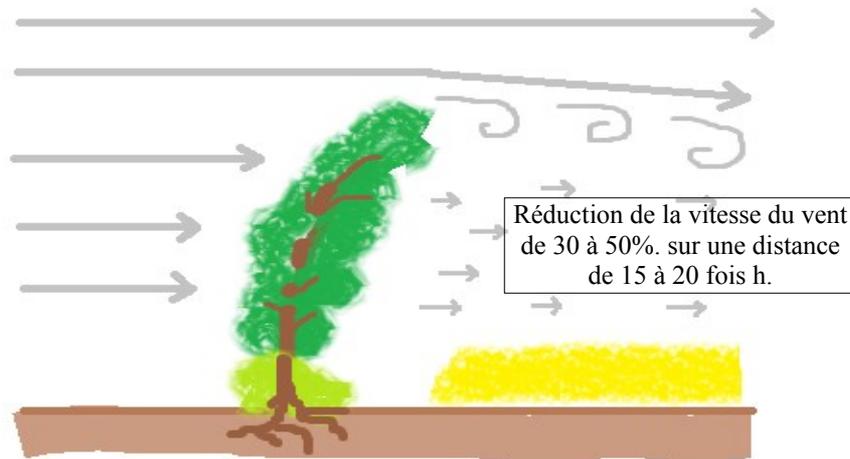


Figure 7 : Schématisation de l'effet brise vent d'une haie bocagère ayant une perméabilité de 40 à 60% ; h étant la hauteur de la haie (d'après Soltner., 1991).

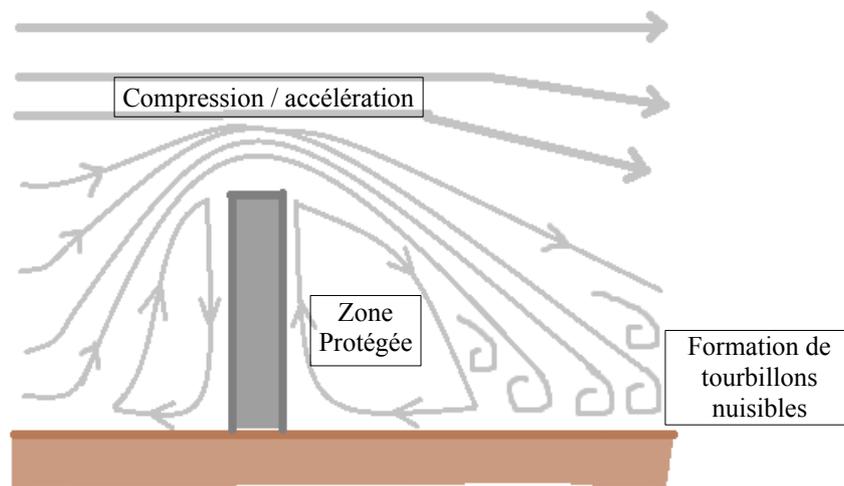


Figure 8 : Schématisation du phénomène d'aggravation de l'effet du vent par une structure perméable (d'après Soltner., 1991).

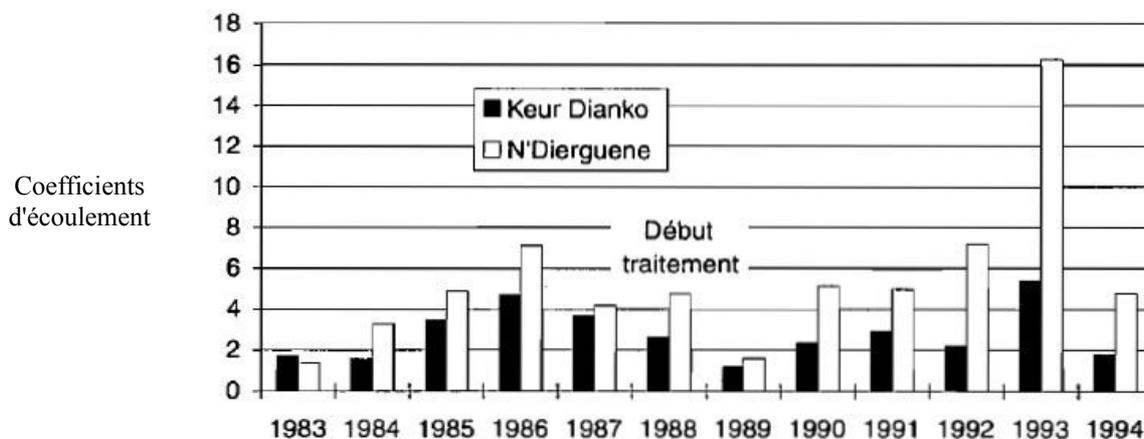


Figure 9 : Comparaison des coefficients de ruissellements de 1983 à 1995 sur les ravines de Keur Dianko (Bassin versant ayant subi un aménagement avec implantation de haies bocagères) et de N'Dierguene (Bassin versant témoin, vierge de toute haies bocagères, n'ayant pas subi de traitement) (Albergel et al., 2000).

3 . 2 . Rôle brise-vent

La succession des bois, des haies et talus, d'arbres isolés dans le paysage contribue à ralentir la vitesse des vents (Soltner, 1991 ; Debras. 2007). En effet, les haies bocagères peuvent permettre de réduire la vitesse du vent de 30 à 50% sur une bande large de 15 à 20 fois la hauteur de la haie (Cleran & Vivien, 2007 ; Soltner, 1991 , fig. 7). Cependant l'impact des haies quant à leur rôle de brise-vent peut dépendre de leur position dans le paysage (Carnet, 1978), ainsi que de leur perméabilité (Soltner, 1991). Par exemple, les haies qui seront les plus efficaces pour lutter contre le vent seront celles étant perpendiculaires aux vents dominants et ayant une perméabilité entre 40 et 60% (Carnet, 1978 ; Soltner, 1991, fig. 7). Une structure perméable, quant à elle, peut aggraver l'impact du vent en l'accéléralant et en menant à la formation de tourbillons nuisibles (Soltner, 1991 ; fig 8). En période de chaleur, l'effet brise-vent permet de limiter l'assèchement des sols et l'ombrage protège les animaux du soleil. Les haies peuvent également améliorer les rendements des cultures en créant des conditions microclimatiques favorables à la production agricole (évapotranspiration réduite, limitation des écarts de température, ...) (Commission Locale de l'eau du SAGE Rance Frémur Baie de Beaussais ; Soltner, 1991). En effet, les haies conservent l'humidité des sols en atténuant l'effet desséchant des vents chargés de sable (Xiquan *et al.*, 1990).

3 . 3 . Ralentissement des écoulements

Le bocage, comme les zones humides, participe au fonctionnement hydrologique des bassins versants (Commission Locale de l'eau du SAGE Rance Frémur Baie de Beaussais ; Bernez, 2005). En outre, l'ensemble talus, fossé, haie, provoque des ruptures de pente influant fortement sur la rapidité des écoulements de surface ou écoulements hortonien, étant trop rapide pour s'infiltrer dans le sol (Cleran & Vivien, 2007 ; Merot *et al.*, 1999). La figure 9 nous montre en effet, en comparant deux bassins versants, que l'implantation de haie bocagères (début de traitement) permet de limiter les ruissellements sur l'un des deux bassins versant (Figure 9). Cependant, il est important de savoir que l'impact des talus et des haies est différent selon leur place dans le paysage (Carnet, 1978 ; Albergel *et al.*, 2000). En effet, les talus parallèles aux courbes de niveau auront tendance à ralentir les écoulements tandis que ceux étant perpendiculaires n'auront pas d'effets particuliers (Merot *et al.*, 1999). En créant un obstacle au ruissellement des eaux de pluie et à l'écoulement des eaux dans le sol, le maillage bocager ralentit le transit de l'eau, redirige et allonge les chemins de l'eau en surface et en profondeur (Commission Locale de l'eau du SAGE Rance Frémur Baie de Beaussais). De ce fait, le paysage bocager peut réduire l'intensité des crues de 20% et augmenter le temps de décrue de 35% (Albergel *et al.*, 2000 ; Stiles, 2016 ; Earnshaw, 2004 ; fig 10).

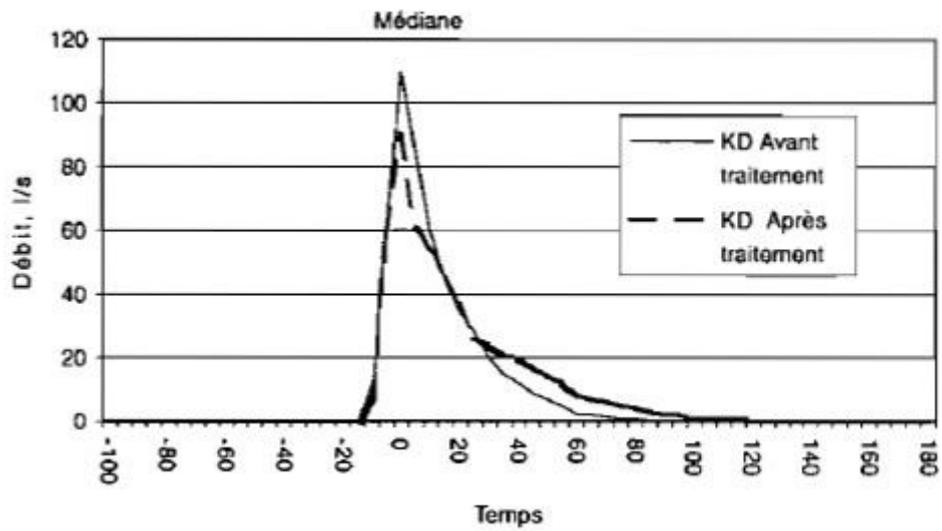


Figure 10 : Crue médiane type à Keur Dianko, avant et après aménagement (Albergel et al., 2000).

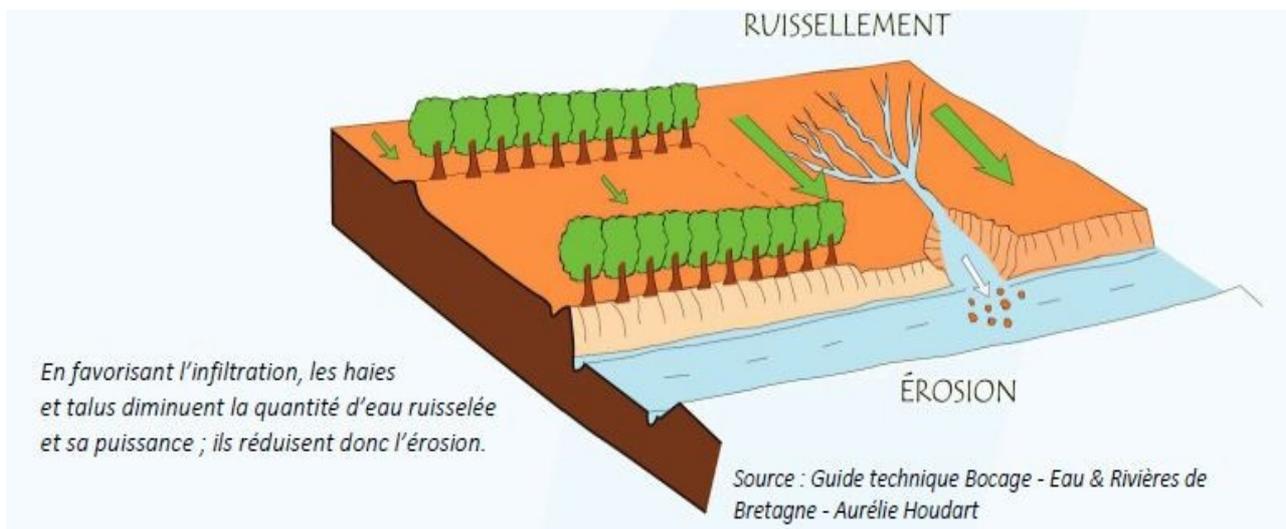


Figure 11 : Illustration du rôle anti-érosif du maillage bocager et de son intérêt pour la conservation des sols (Eaux et rivière de Bretagne, 2007).

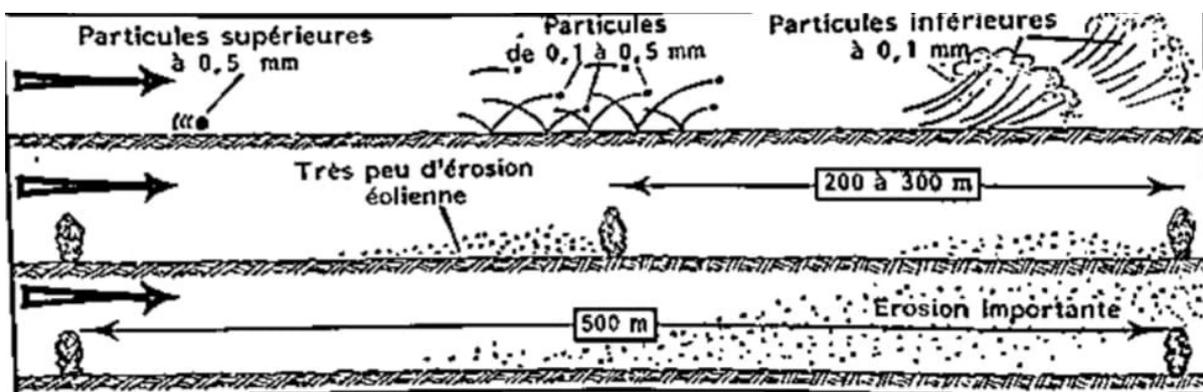


Figure 12 : Illustration de l'intérêt du bocage pour freiner l'érosion éolienne sur sol sablo-limoneux (Soltner, 1991).

D'autres résultats montrent que les pics de crues peuvent être 1,5 à 2 fois plus forts dans les secteurs dépourvus de haies bocagères et de talus (Merot, 1978 ; Eaux et rivière de Bretagne, 2007). Effectivement, alors que le volume ruisselé ne dépend que de la hauteur des précipitations sur les secteurs bocagers, il dépend de l'humidité des sols, de la hauteur et de l'intensité des pluies sur les secteurs non bocagers. (Merot, 1978). L'enracinement des arbres et la richesse en matière organique du sol induite par ceux-ci permet à l'eau de s'infiltrer plus facilement et contribue donc également au ralentissement des écoulements (Pointereau., 2004 ; Commission Locale de l'eau du SAGE Rance Frémur Baie de Beaussais). En plus de favoriser l'infiltration de l'eau, les arbres augmentent la capacité de rétention d'eau du sol. En d'autres termes, le bocage a donc une fonction de zone tampon qui régule les flux d'eau, ce qui limite les événements extrêmes (crues et étiages) au niveau des cours d'eau en aval (Commission Locale de l'eau du SAGE Rance Frémur Baie de Beaussais ; Cleran & Vivien, 2007).

3 . 4 . Rôle anti-érosion et conservation des sols

Le processus d'érosion des sols correspond au décapage des particules de surface du sol. Ruissellement et érosion résultent d'interactions complexes entre plusieurs facteurs : la pluie, la nature et l'utilisation des sols, et la morphologie du relief (Monnier *et al.*, 1986 ; Ludwig, 2000). L'érosion des sols peut avoir plusieurs origines. Elle peut être hydrique et donc résulter d'un ruissellement trop important des eaux de surface, elle peut être éolienne, comme sur les sols sablo-limoneux (Soltner, 1991 ; Xiquan *et al.*, 1990), ou résulter d'un travail trop important du sol (Ritter, 2018).

Le paysage bocager permet, grâce à l'atténuation des contraintes naturelles, de limiter l'érosion hydrique et éolienne du sol (Cleran & Vivien, 2007 ; Soltner, 1991 ; Earnshaw, 2004). En effet, la succession d'éléments bocagers, bien structurés et continus, joue un rôle tampon. Ils diminuent la vitesse des écoulements et favorisent l'infiltration de l'eau dans le sol (Eaux et rivière de Bretagne, 2007 ; Soltner, 1991 ; Guillerme et al, 2009 ; fig 11). De plus, l'érosion des sols par ruissellement peut mobiliser des fertilisants et des produits phytosanitaires épandus à la surface des parcelles cultivées. Ils sont entraînés sur les particules érodées provoquant aussi des pollutions des milieux avals (Lecomte *et al.*, 1997). Ce phénomène peut être d'autant plus important lorsque l'angle de la pente est au dessus de 2 à 8% (Chaplot & Le Bissonais, 2000 ; Le Bissonais (2000). Dans ce cas, le bocage peut donc constituer une protection des milieux avals (Cleran & Vivien, 2007 ; Earnshaw., 2004). Les haies sont d'autant plus efficaces quand celles-ci sont peuplées d'essences drageonnantes (faisant des pousses issues des racines) (Bellefontaine *et al.*, 1999). Cependant, il est important de comprendre que l'effet positif du bocage dépend de la place de chaque haie au sein du paysage (Merot *et al.*, 1999). En effet les talus parallèles aux courbes de niveau entraînent une différenciation entre les sols situés à l'amont ou à l'aval du talus. À l'amont, des particules érodées, riches en matière organique sont piégées ; inversement à l'aval, on observe des dépôts de matériaux érodés.

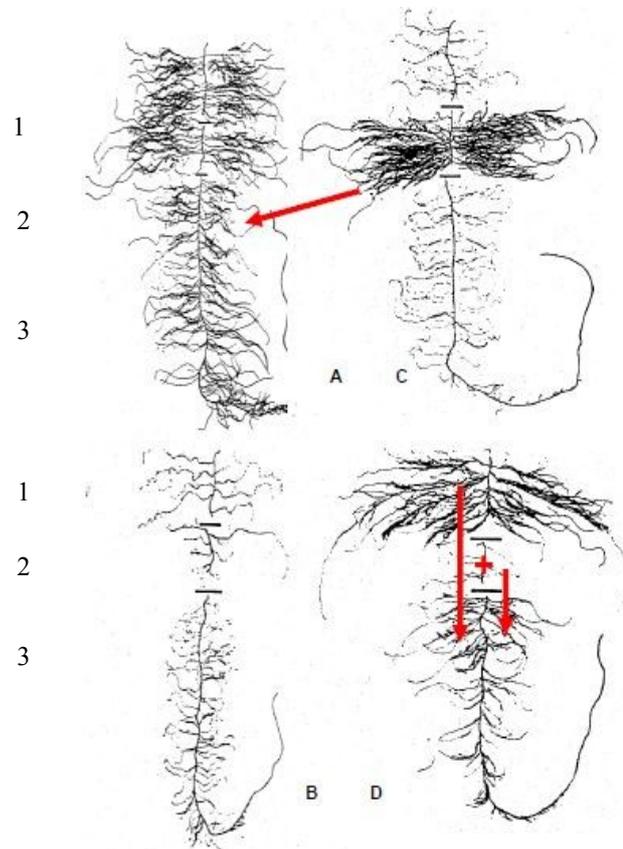


Figure 13 : Représentation d'une racine principale d'Orge traversant 3 compartiments successifs remplis d'une solution dosée en azote NO₃ : - A : solution riche dans les 3 compartiments (A1, A2, A3) - B: solution pauvre dans les 3 compartiments (B1, B2, B3) - C : solution pauvre dans le 1er et le 3ème (C1 et C3), riche dans le 2nd (C2). - D : solution riche dans le 1er et le 3ème (C1 et C3), pauvre dans le 2nd (C2). Le reste de l'enracinement du plant est alimenté par la solution pauvre en azote. (Atger, 2011)

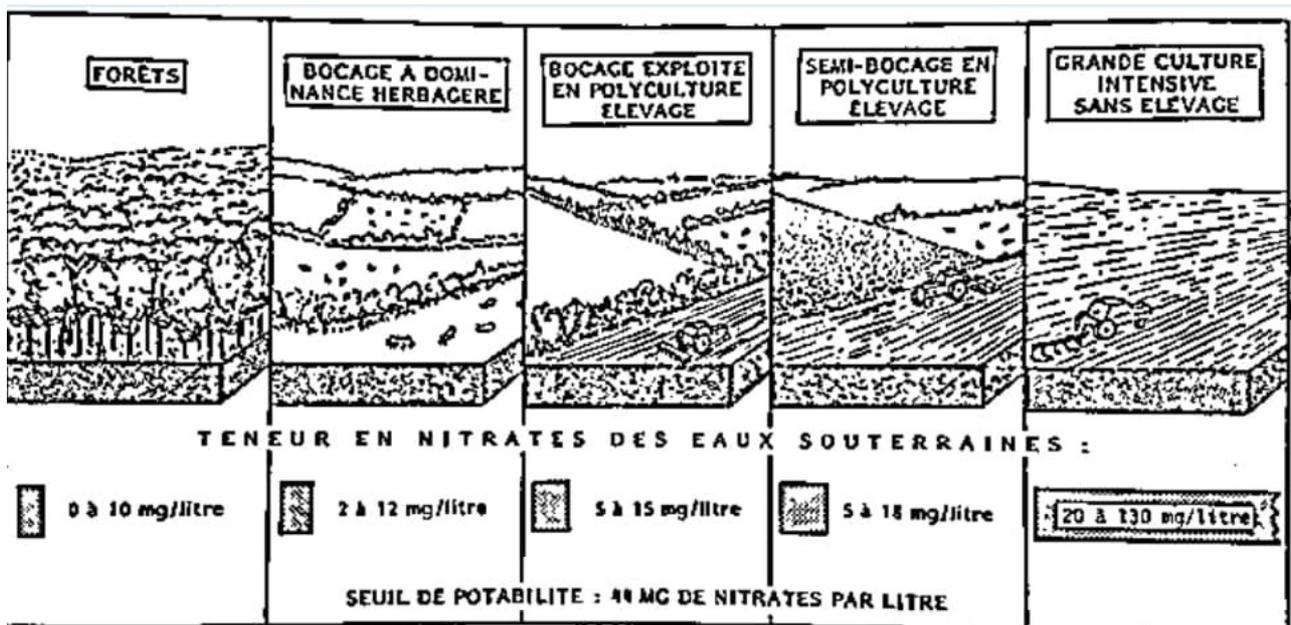


Figure 14 : Comparaison de différentes utilisation du territoire et de leur impact sur la qualité des eaux et de leur saturation en nitrate (Soltner, 1991).

Cela crée fréquemment une différence de niveau entre les 2 côtés du talus et mène parfois à la création de terrasses. Les talus parallèles à la pente n'ont pas d'effet sur l'érosion (Merot *et al.*, 1999). Ensuite, en diminuant et réorientant les vents, le bocage a un rôle sur l'érosion éolienne (Guillerme *et al.*, 2009 ; Soltner, 1991, Earnshaw., 2004 : fig 12). En outre le bocage contribue à améliorer la qualité des sols par l'apport de litière que constitue la chute du feuillage en automne (Guillerme *et al.*, 2009). De plus, la végétation des haies peut avoir un rôle de barrière en évitant la dérive de certains matériaux et éléments transportés par le vent. Commission Locale de l'eau du SAGE Rance Frémur Baie de Beausais).

3 . 5 . Épuration de la ressource en eau

En plus de constituer un frein aux eaux de ruissellement chargées en produits phytosanitaires, les arbres des haies bocagères permettent également d'améliorer la qualité des eaux de surface (Commission Locale de l'eau du SAGE Rance Frémur Baie de Beausais). L'efficacité est d'autant plus grande quand la bande boisée fait environ 10 mètres de largeur. (Merot & Reyne, 1996) Nous savons effectivement que le système racinaire des arbres hors forêt contribue au captage de l'azote (un kilomètre de haie contribue à piéger 60 kg d'azote) (Guillerme *et al.*, 2009). La figure 13 nous montre que l'orge a la capacité d'améliorer le captage de l'azote en densifiant son système racinaire quand un sol est saturé en nitrates (Atger, 2011). Ce phénomène est également visible dans le système racinaire des arbres. Ensuite, le recyclage de l'azote par les arbres peut-être effectué profondément dans le sol (Pointereau, 2004). Ils sont donc très intéressants pour épurer des eaux de ruissellement saturées en éléments azotés. Le bocage fixe également les nitrates, améliore ainsi la qualité de l'eau et joue un rôle de filtre vis-à-vis des polluants et limite la vulnérabilité des sols aux intrants agricoles comme les pesticides (Macary & Bordenave, 2008 ; fig 14). Des travaux de l'INRA montrent qu'une haie arborée peut réduire de 85 % la charge en nitrate dans l'eau, ramenant cette teneur autour de 2 à 5 mg/l (Pointereau *et al.*, 2000). La présence de fossés le long des haies bocagères favorise également les phénomènes de dénitrification (Soltner, 1991). En effet, ce processus microbien, rencontré en milieu anaérobie (fossés gorgés d'eau), permet participe à l'élimination des nitrates présents dans les eaux de ruissellement (Knowles, 1982). Les ruissellements et l'érosion des sols sont les principaux phénomènes favorisant le transfert du phosphore d'origine agricole vers le milieu hydrographique. En maintenant les particules de sol, dans les parcelles, le maillage bocager permet de limiter ces transferts diffus (Commission Locale de l'eau du SAGE Rance Frémur Baie de Beausais). De la même manière, la ripisylve et les haies bocagères situées en fond de vallée jouent un rôle de filtre écologique permettant de préserver la qualité des cours d'eau (Cleran & Vivien, 2007 ; Commission Locale de l'eau du SAGE Rance Frémur Baie de Beausais).

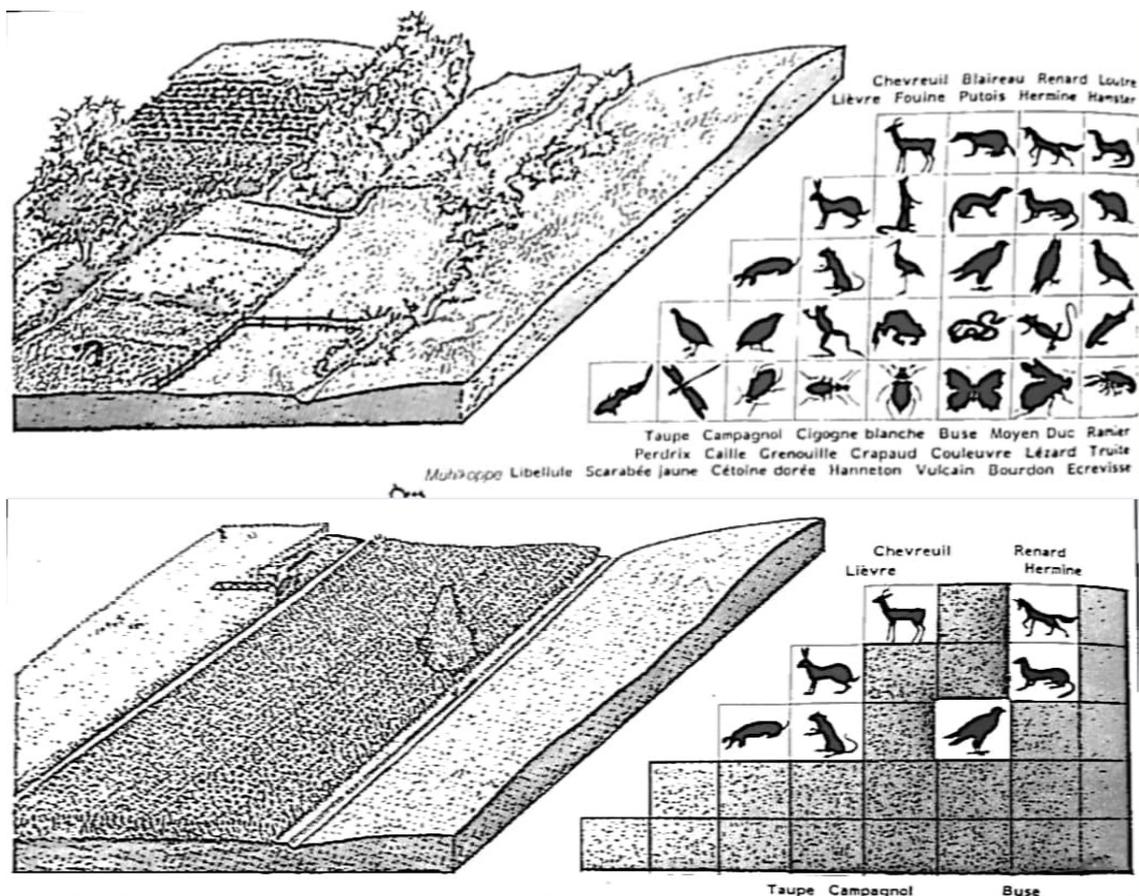


Figure 15 : Comparaison de la diversité spécifique de la faune d'un paysage bocager (en haut) et d'un paysage openfield (en bas) ; (Soltner, 1991).

Tableau I : Valeurs de l'indices de Shannon calculées sur la communauté totale d'arthropodes et celle des arthropodes prédateurs échantillonnés durant 3 ans dans 4 secteurs différents d'une parcelle expérimentale (Debras, 2007).

		1999		2000		2001	
Communauté totale	Haies	4.77	a	5.12	a	4.93	a
	Secteur 1	4.07	b	4.38	b	3.51	b
	Secteur 2	3.87	b	3.76	b	3.33	b
	Secteur 3	3.97	b	3.81	b	3.38	b
Communauté des prédateurs	Haies	4.51	a	4.54	a	4.12	a
	Secteur 1	4.02	b	3.89	b	3.52	b
	Secteur 2	3.77	bc	3.75	b	3.66	b
	Secteur 3	3.47	c	3.67	c	3.22	bc

Les paysages bocagers forment un écotone entre les milieux boisés et les milieux ouverts tels que les systèmes prairiaux ou culturaux. C'est pourquoi les arbres hors forêt soulèvent un intérêt nouveau par leurs nombreuses fonctions écologiques et biologiques (Guillerme *et al.*, 2009 ; Earnshaw, 2004). Premièrement, nous savons que le bocage dispose d'une grande richesse floristique, et ce, en raison des nombreux gradients d'exposition à la lumière et hygrométrique que celui-ci propose (Soltner, 1991). En effet, le talus est un milieu hétérogène avec un sommet caractérisé par des conditions sèches, des flancs portant la végétation herbacée qui sont soit exposés à l'ombre du nord soit à la forte luminosité du sud, et un fossé, plus humide, dont la flore s'apparente à celle d'une mare ou d'un marécage (Soltner, 1991). Certains travaux ont notamment montré que l'ourlet des haies, bandes herbeuses, peut recéler 1,5 fois plus d'espèces herbacées que la haie elle-même (Pointereau *et al.*, 2002). La présence d'un talus est donc un élément clé permettant d'accroître la diversité végétale. Ensuite, grâce à sa grande richesse floristique et sa diversité d'habitats, le bocage permet d'abriter une faune importante et diversifiée (Asselineau & Domenech, 2008 ; Debras, 2007 ; Cleran & Vivien, 2007 ; fig 15). Par exemple, nous observons une plus grande diversité d'entomofaune dans une haie diversifiée du point de vue de sa richesse spécifique et de sa structure que dans les milieux culturels voisins (Debras., 2007 ; Tableau I). D'autres travaux ont montré que les haies bocagères contribuent, grâce à l'apport de matière organique des arbres, à favoriser l'activité biologique du sol (Asselineau & Domenech, 2008). Cependant, si la richesse des peuplements des haies augmente avec l'augmentation de la richesse végétale, elle n'est pas due uniquement à la simple addition des espèces végétales. Elle dépend aussi des nombreuses interactions au sein même des haies et entre les différents éléments structurants du paysage (Debras, 2007). En outre, la diversité des oiseaux et des insectes est favorisée par la diversité des haies mais aussi par le nombre et la qualité de leurs connexions (Cleran & Vivien, 2007 ; Debras, 2007). Les intersections jouent aussi un rôle de relais pour les espèces forestières qui se déplacent dans les réseaux bocagers (Cleran & Vivien, 2007). Enfin, l'arbre hors forêt et notamment la haie facilitent les déplacements de la faune au sein de l'écosystème. Leur connectivité en réseau est également importante, en particulier pour permettre les migrations animales en assurant un effet corridor. Ces corridors biologiques font désormais partie des trames verte et bleue du Grenelle de l'environnement, dispositif de maillage écologique devant favoriser les déplacements de la faune et de la flore (Guillerme *et al.*, 2009 ; Commission Locale de l'eau du SAGE Rance Frémur Baie de Beaussais). Ensuite, la haie crée un véritable espace physico-biologique dans un système agricole qui l'est de moins en moins avec la disparition des prairies et la généralisation de l'usage des pesticide (Pointereau, 2004). En outre, le bocage pourrait contribuer à limiter des problèmes environnementaux engendrés par l'agriculture intensive, notamment en termes de lutte écologique contre les ravageurs en favorisant leurs prédateurs (Guillerme *et al.*, 2009). En effet, de nombreux travaux montrent que le bocage fonctionne comme une source de colonisation des auxiliaire (Debras, 2007).

3 . 7 . Rôle de production

Outre ses intérêts environnementaux et biologique, le bocage a aussi de nombreux intérêts économiques notamment grâce à la production de ressources. La production de bois a sans nul doute constitué l'une des principales fonctions productives des arbres hors forêt durant la deuxième phase de création des paysages bocagers (Guillerme *et al.*, 2009). Les prélèvements actuels de bois-énergie à partir du bocage sont évalués à 1,85 million de m³ de bois à comparer aux 19,75 millions de m³ provenant de la forêt (Colin *et al.*, 2009). On estime aujourd'hui qu'un kilomètre de haie produit 4 m³ de bois de chauffage par an, en moyenne nationale (Pointereau *et al.*, 2002). De même, un arbre têtard produit 1 à 1,5 stère par cycle de 12 à 15 ans (Guillerme *et al.*, 2009). Le bois bénéficie de nombreux débouchés qui offrent des revenus variables (Cleran & Vivien, 2007). En effet, le bois issu des haies bocagères peut servir à la production de bois de chauffage ou la production de bois d'œuvre par exemple. Certains arbres du bocage étaient spécifiquement réservés ou même plantés dans le seul but de fournir du bois d'œuvre : chênes pour les charpentes, peupliers pour la volige, châtaigniers pour les parquets et charpentes, ormes, merisiers ou fruitiers pour l'ébénisterie (Guillerme *et al.*, 2009). Mais, dans la perspective de la crise des énergies fossiles, le bocage pourrait revaloriser la fonction originelle de bois-énergie (Guillerme *et al.*, 2009). Les arbres hors forêt contribuent également à la production de piquets. Les productions de merrains pour les barriques, de pousses de l'année pour la fabrication de paniers ou de pâte à papier sont, elles, abandonnées. Ensuite, les arbres hors forêt permettent également la production de ressources alimentaires. Il existe parmi les arbres hors forêt de nombreuses variétés fruitières locales qui avaient la particularité d'être bien adaptées au terroir et aux besoins locaux (Guillerme *et al.*, 2009). Enfin, le bocage peut également fournir d'autres ressources. Plusieurs essences étaient régulièrement émondées (coupe des branches latérales) (frênes, chênes, ormes...) pour la production de fourrages (Guillerme *et al.*, 2009).

3 . 8 . Rôle culturel et paysager

Le bocage est un paysage typique de certaines régions. En structurant le parcellaire, celui-ci donne son originalité au terroir (Commission Locale de l'eau du SAGE Rance Frémur Baie de Beaussais ; Guillerme *et al.*, 2009). Le bocage est donc profondément ancré dans la culture et l'identité de chaque région car elle témoigne de l'adaptation de l'homme à son milieu (Cleran & Vivien, 2007). En plus de cela, les haies bocagères permettent une meilleure intégration des bâtiments (agricoles ou non) au sein du paysage (Earnshaw, 2004 ; Cleran & Vivien, 2007). Enfin, le bocage a un aspect esthétique important puisqu'il souligne les reliefs des paysages et participe, de ce fait, à l'attrait touristique de chaque région (Cleran & Vivien, 2007).

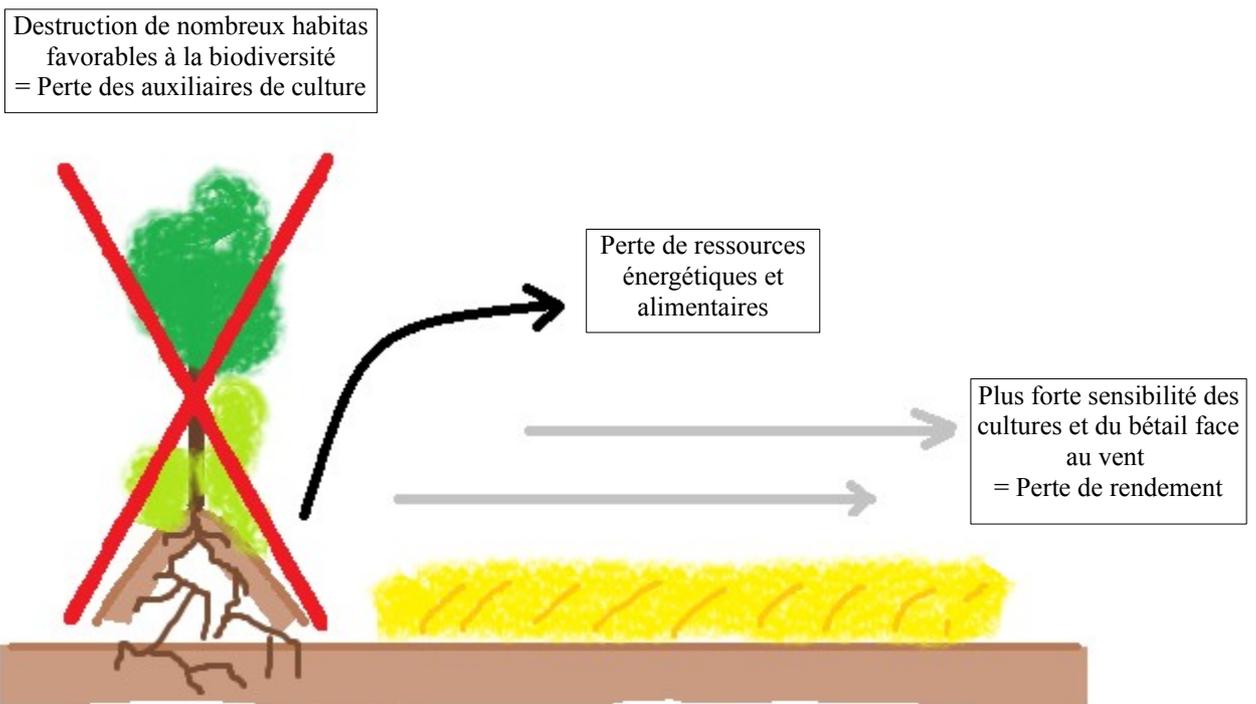


Figure 16 : Schématisation des impacts à court terme de la destruction d'une haie bocagère.

4 . Impacts de l'arrachage et de l'aplanissement des talus sur le bocage et son fonctionnement

Tout d'abord, il est important de savoir que l'impact de la destruction du bocage est peu étudié. En effet, ce sont principalement les effets positifs du bocage qui ont été le plus étudiés. Nous allons ici faire une analyse du potentiel impact de la destruction du bocage, notamment du point de vue pédologique, en fonction des rôles écologiques et services écosystémiques cités précédemment. Généralement, parmi tous les impacts de la destruction du bocage, nous pouvons distinguer deux types d'impacts : les impacts à court et à long terme. La distinction de ces deux types d'impacts se fait avec le temps puisque certains impacts sont visibles directement après la destruction d'une haie alors que d'autres ne sont visibles que dans un pas de temps plus long.

4 . 1 . Impacts à court terme

En premier lieu, sachant que les haies bocagères ont des intérêts et des effets différents en fonction de leur place dans le paysage (Merot *et al.*, 1999), nous pouvons ici supposer qu'il en sera de même pour les effets de la destruction de haies bocagères. Nous savons que les haies bocagères ont un intérêt particulier pour leur rôle brise vent (Carnet, 1978 ; Soltner, 1991 ; Guillerme *et al.*, 2009). Cet effet disparaît immédiatement lorsque les strates arbustives et arborées du bocage sont détruites (fig 16). Sachant que celui-ci peut contribuer à augmenter les rendements en raison de la protection qu'il offre aux cultures et au bétail (Earnshaw, 2004 ; Stiles, 2016 ; Cleran & Vivien, 2007), nous pouvons ici supposer que l'arrachage d'une haie bocagère induit une perte de rendements sur les parcelles concernées. Ensuite, l'arrachage des souches peut avoir de nombreux impacts sur la physico-chimie du sol tels que la déstructuration physique du sol (jusqu'à 1 mètre de profondeur), la remontée d'horizons minéraux, le prélèvement de sol (représentant 17% de la masse d'une souche), la perte des stocks de carbone et d'azote, l'augmentation de l'imperméabilité et des risques d'érosion, la diminution de la fertilité du sol par la perte d'éléments nutritifs, la production de gaz à effet de serre ou l'élimination de la matière organique (Moffat *et al.*, 2011 ; Kataja-aho *et al.*, 2012). L'arrachage des arbres a aussi pour impact d'éliminer les habitats de nombreuses espèces faunistiques (Soltner, 1991 ; Earnshaw, 2004 ; Debras, 2007 ; Desailly *et al.*, 2009). Avec cette faune, de nombreux auxiliaires de cultures disparaissent lors de la destruction des haies bocagères (Debras, 2007 ; fig 16). En plus de nuire à la faune, la destruction des talus élimine une grande quantité de végétaux intéressants (Soltner, 1991). Avec cette flore particulière disparaît également le rôle de production de la haie (fig 16). En effet, une fois détruit, celui-ci ne peut plus représenter une ressource en bois, en fruits ... (Colin *et al.*, 2009 ; Guillerme *et al.*, 2009 ; Cleran & Vivien, 2007). Enfin, au niveau esthétique et paysager, la destruction du bocage a un impact relativement important puisque cela élimine un des éléments qui font la typicité du paysage (Earnshaw, 2004 ; Guillerme *et al.*, 2009).

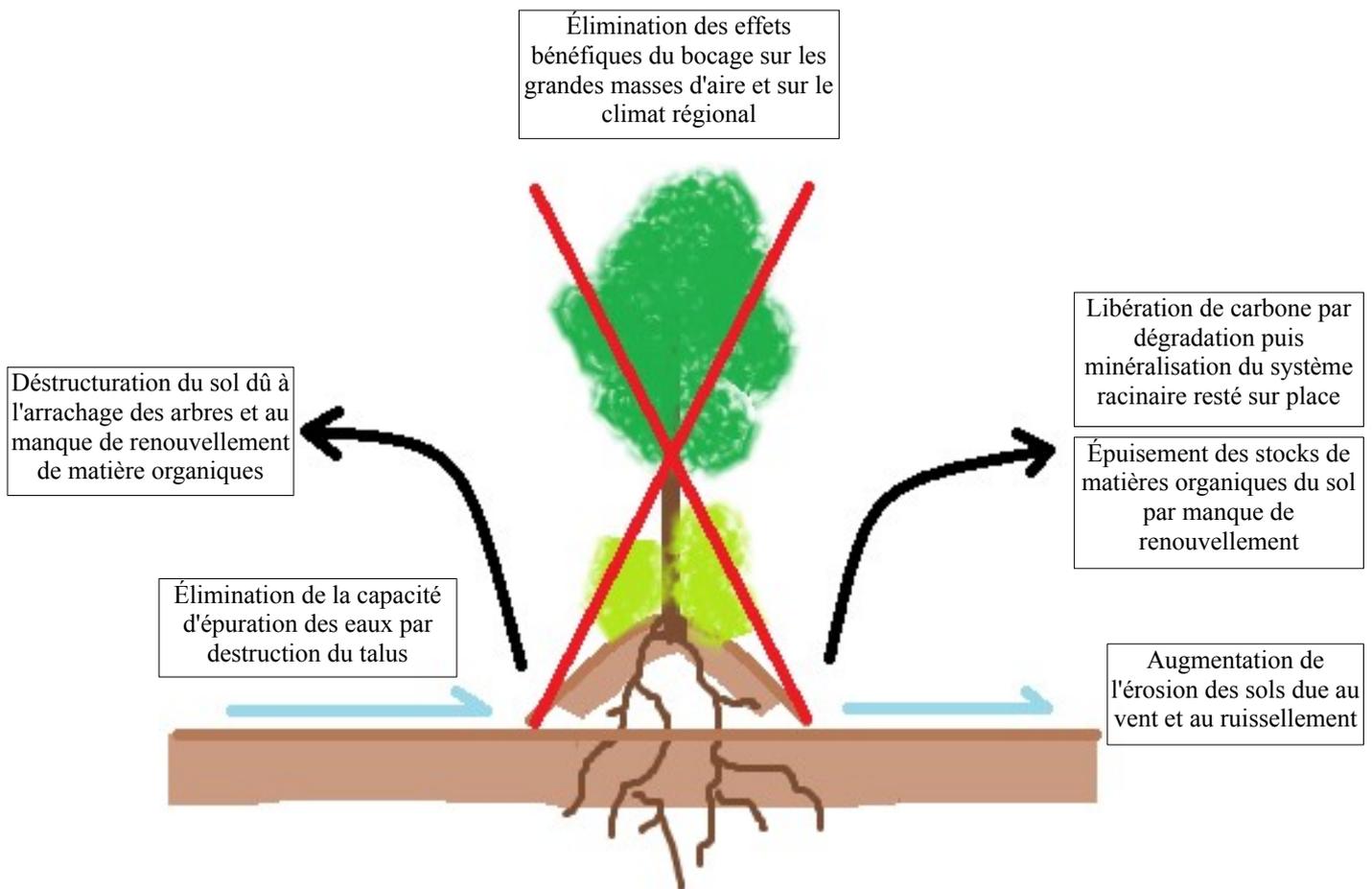


Figure 17 : Schématisation des impacts à long terme de la destruction d'une haie bocagère.

Dans un second temps, l'arrachage des arbres et l'aplanissement des talus auront des impacts sur le long terme qui concernent particulièrement le sol. En effet, une fois le matériel végétal et les talus retirés, le sol des parcelles est plus soumis aux contraintes naturelles et est donc sujet à une érosion éolienne et hydrique plus importante (Soltner, 1991 ; Monnier *et al.*, 1986 ; fig 17). Cela a également pour conséquences d'éliminer les « terrassements » et d'augmenter la pente qui devient alors souvent supérieure à 2 ou 8% et aggrave les phénomènes d'érosion (Chaplot et Le Bissonnais, 2000). L'arasement des talus et des haies élimine également la capacité d'épuration des eaux du bocage (Macary & Bordenave, 2008 ; Pointereau, 2004 ; Commission Locale de l'eau du SAGE Rance Frémur Baie de Beaussais ; fig 17). En effet, certains phénomènes comme la dénitrification (Knowles, 1982), l'épuration de l'eau par prélèvement des arbres ou l'infiltration de l'eau dans le sol (Soltner, 1991) ne sont plus possibles une fois que les haies bocagères sont arrachées et que les talus ont été aplanis. Après arasement des haies et talus, la distance parcourue par l'eau de ruissellement pour atteindre un fossé ou un ruisseau est 2 à 3 fois plus courte, celle-ci circule donc plus rapidement et n'aura pas le temps de s'infiltrer dans le sol (Commission Locale de l'eau du SAGE Rance Frémur Baie de Beaussais). Cela a, tout d'abord, un impact sur le débit des cours d'eau. En effet, nous savons que la présence de haies bocagères permet de diminuer l'intensité des crues et d'augmenter le temps de décrue (Albergel *et al.*, 2000 ; Stiles, 2016 ; Merot & Reyne, 1996). La destruction du bocage, à l'échelle d'un bassin versant, aura pour impact d'augmenter la fréquence ainsi que l'intensité des crues (Albergel *et al.*, 2000). Ensuite, nous savons que les arbres du bocage apportent de la matière organique au sol et que cela participe à l'amélioration de sa qualité biologique et de sa structure (Asselineau & Domenech, 2008) notamment grâce à la formation d'un humus (Follain *et al.*, 2007). L'élimination des arbres du bocage a donc pour effet de fortement ralentir le renouvellement de matière organique du sol et de favoriser son épuisement (fig 17). Nous pouvons également supposer que cela a un impact sur les rendements à long terme (Stiles, 2016).

À une échelle spatiale et temporelle beaucoup plus longue, nous pouvons supposer que la destruction des haies et des talus peut avoir un impact au niveau climatique. En effet, à l'échelle régionale, l'arrachage des arbres a pour conséquence de réduire la rugosité du paysage (Soltner, 1991). Cela a une influence sur les grandes masses d'air et aura donc ensuite un impact sur le climat (Conservatoire régional des effets du changement climatique, 2016 ; Merot & Reyne, 1996 ; Soltner, 1991 ; fig 17). Enfin, nous connaissons la capacité des arbres à stocker du carbone (Follain *et al.*, 2007). Nous pouvons penser que, suite à la destruction d'une haie bocagère, le processus de stockage du carbone est diminué. Nous pouvons également supposer que cela a également pour impact de libérer du carbone dans l'atmosphère en raison de la dégradation de la matière organique issue de la destruction du matériel végétal (fig 17).

Tableau II : Itinéraires techniques d'entretien pour l'amélioration de la valeur agro-écologique des boisements hors forêt (PNR du haut Languedoc – recueil d'expérience sur la commune de Dougne).

Types de haies	Objectifs de gestion	Actions à effectuer
Haies clôture basses	Laisser en croissance libre sans intervention. Favoriser la mise en place d'un étage haut	. Accompagnement régénération naturelle . Réduction d'emprise . Taille de formations . Élagage . Recépage
Arbres morts	Sécurisation, limiter les dégâts sur l'environnement en cas de chute. Élimination des branches latérales.	. Élagage . Sécurisation arbre mort
Alignements de gros arbres	Favoriser les arbres équilibrés (fût et houppier). Possibilité de taille en têtards.	. Taille de formations . Entretien des trognes
Arbres têtards	Eviter l'effondrement. Réaliser des tailles régulières. Récolter du bois	. Élagage . Entretien des trognes
Haies pluristrates avec discontinuités	Rétablir les continuités. Limiter l'emprise. Taille de formation sur jeunes arbres	. Accompagnement régénération naturelle . Réduction d'emprise . Taille de formations . Élagage . Plantation
Futaies linéaire denses	Limiter l'emprise. Favoriser la régénération d'un étage bas. Élagage des beaux sujets. Taille de formation des jeunes arbres	. Accompagnement régénération naturelle . Réduction d'emprise . Taille de formations . Élagage . Plantation
Haies taillis	Favoriser la mise en place d'un fût. Limiter l'emprise. Favoriser la mise en place d'un étage bas	. Accompagnement régénération naturelle . Réduction d'emprise . Taille de formations . Élagage
Haies clôture hautes	Favoriser un étage haut par taille de formation et élagage. Limiter l'emprise au sol	. Réduction d'emprise . Taille de formations . Élagage
Haies pluristrates	Maintenir la note par de l'entretien courant en limitant l'emprise	. Réduction d'emprise



Figure 18 : Illustration des phases de plantation d'une haie bocagère (PNR du haut Languedoc – recueil d'expérience sur la commune de Dougne).

5 . Itinéraires techniques de gestion du bocage

Afin de définir les itinéraires de gestion pour des haies bocagères, il est important de définir l'état de conservation du bocage. Cette première étape permet au gestionnaire de définir quels sont ses objectifs de gestion et ainsi de connaître quelles actions de gestion il va effectuer. Nous pouvons distinguer deux types d'actions de gestion : les actions d'entretien, quand les haies bocagères sont présentes mais qu'elles nécessitent d'être entretenues, et les actions de restauration quand les haies et les talus ont été détruits et qu'il est nécessaire de recréer un système bocager.

5 . 1 . Entretien du maillage bocager

En premier lieu, quand un secteur bocager est dégradé, l'objectif principal sera de restaurer la connectivité des haies que ce soit entre elles ou au sein même de chaque haie. Cela peut se faire de différentes manières (Tableau II). D'abord, il est possible de renouveler les haies fragmentées. Cela peut se faire de trois manières différentes : plantation d'arbrisseaux, le semis ou la régénération naturelle (Cleran & Vivien, 2007). Favoriser la régénération naturelle est à prioriser car elle permet d'obtenir des arbres bien adaptés à leur milieu de vie, à moindre coût. En effet, pour ce type de renouvellement de la haie, il suffit de protéger les secteurs favorables à la recolonisation naturelle par des ligneux (PNR du haut Languedoc – recueil d'expérience sur la commune de Dougne). Il est ensuite possible d'effectuer des tailles de formation si le gestionnaire a pour objectif de produire du bois d'œuvre (PNR du haut Languedoc – recueil d'expérience sur la commune de Dougne). Ensuite, sur les secteurs où la haie est bien implantée et mature, il est possible de faire une réduction d'emprise (Cleran & Vivien, 2007 ; Eaux et rivière de Bretagne, 2007). L'objectif ici est de limiter l'emprise de la haie sur les terrains alentours et de prélever du bois-énergie (Cleran & Vivien, 2007 ; Merot & Reyne, 1996). Comme sur les petits sujets, il est possible d'effectuer des tailles de formation ou de l'élagage pour la production de bois d'œuvre (Cleran & Vivien, 2007). D'autre part, pour les essences formant des rejets, il est possible des actions d'entretien plus régulières comme la taille des rejet ou le recépage. Cependant, il est conseillé d'effectuer un recépage tout les 12 ou 15 ans car celui-ci est moins coûteux qu'un taillis « classique » et il dégrade moins la qualité de la haie (Cleran & Vivien, 2007).

5 . 2 . Restauration de haies bocagères

Enfin, quand une haie bocagère est inexistante et/ou qu'elle a été détruite précédemment, il est possible de planter une haie, de préférence en recréant un talus (Cleran & Vivien, 2007). Lors de la conception d'un programme de plantation, il est très important de tenir compte du contexte géographique (nature de la roche mère, profondeur du sol, direction des vents dominants...) et du contexte socio-économique du territoire (intégration des haies dans les pratiques agricoles actuelles et futures) (Cheshire, 2017). Généralement, la création et la plantation d'une haie bocagère se fait en trois étapes (PNR du haut Languedoc – recueil d'expérience sur la commune de Dougne ; fig 18).

6 . Discussion

Le bocage est un paysage particulier reflétant des pratiques agricoles ancestrales (Guillerme *et al.*, 2009) et étant en perpétuelle évolution au cours du temps (Pointereau, 2004). Malheureusement l'évolution des pratiques agricoles durant les 50 dernières années a mené à une forte régression de ces paysages (Morant *et al.*, 1995). Cette forte régression a permis aux instituts techniques et aux politiques de se rendre compte de l'importance du bocage pour ses rôles écologiques et pour les services écosystémiques qu'il nous rend (rôle brise vent, rôle anti-érosion, conservation du sol, épuration des eaux de surface, support de biodiversité ...) (Cleran & Vivien, 2007 ; Earnshaw, 2004 ; Soltner, 1991 ; Debras., 2007). Il est donc important d'agir pour entretenir ou restaurer ce paysage particulier. Cependant, il existe un certain nombre de limites quant à la gestion du bocage. Tout d'abord, il est important de replacer chaque haie au sein d'un territoire (conditions pédo-climatiques) pour adapter au mieux sa gestion et améliorer son fonctionnement (Cheshire, 2017). En effet, les contraintes du sol influent sur le développement racinaire des arbres et donc sur leur nutrition (Atger., 2011). Nous pouvons ici supposer que les variations du développement racinaire des arbres induit par de mauvaises conditions pédologiques peuvent avoir un impact sur les fonctions du bocage. C'est pour cette même raison que, dans certains cas, l'efficacité de la lutte contre l'érosion via l'implantation d'un maillage bocager dépend en grande partie des conditions pédo-climatique du bassin versant (Ludwing, 2000). De plus, certaines études montrent que les causes d'échec lors de la mise en œuvre de projet de restauration de paysage bocager peuvent être multiples. En effet, la destruction des plantations par des engins agricoles (Earnshaw., 2004), la consommation des plants par la faune sauvage (Cheshire, 2017), la mauvaise disposition des haies et la sur-abondance de produits phytosanitaires sont autant de causes pouvant mener à l'échec d'un projet de restauration du bocage (Earnshaw., 2004). Ensuite, même si de nombreuses études montrent l'importance des fossés pour ralentir les écoulements et épurer les eaux de surface (Albergel *et al.*, 2000 ; Stiles, 2016 ; Atger, 2011) il est également important de bien réfléchir lors de la création d'un réseau de fossés. En effet, ceux qui joignent le réseau hydrographique peuvent participer au transfert d'éléments polluants et aggraver la qualité des cours d'eau (Commission Locale de l'eau du SAGE Rance Frémur Baie de Beaussais). Il existe aussi certaines limites quand à l'exploitation et la valorisation du bois qui n'encouragent pas les agriculteurs à entretenir un paysage bocager. Par exemple, l'entretien et l'exploitation du bois des haies nécessite un travail important (Guillerme *et al.*, 2009). Le choix des agriculteurs s'est alors porté vers une gestion mécanique simplifiée des haies bocagères. Cependant, celles-ci mène bien souvent à une dégradation de la qualité de la haie et du bois voire à la mortalité de certains arbres (Commission Locale de l'eau du SAGE Rance Frémur Baie de Beaussais). Ensuite, les agriculteurs déplorent la disparition fréquente des scieries artisanales et locales au profit de grandes scieries qui privilégient le bois de forêts (Guillerme *et al.*, 2009). Cela pose des problèmes quant à la valorisation du bois.

7 . Conclusion

Pour conclure ce document, nous avons pu voir que le bocage est un paysage rural caractérisé par un ensemble de parcelles agricoles et de zones non cultivées telles que des boisements, des landes, des friches, des zones bâties ou des cours d'eau. Les haies bocagères sont généralement définies comme des alignements d'arbres plantés sur des talus et longés par des fossés. Le paysage bocager est donc un ensemble d'agro-écosystèmes et de milieux non gérés qui sont en interaction à l'échelle du paysage (Soltner, 1991). Après avoir défini ce qu'était le bocage, nous avons pu voir que, même si il est difficile de retracer et de résumer l'historique des bocages européens, ceux-ci se caractérisent par une évolution très forte durant les 50 dernières années. En effet, suite à la Seconde Guerre mondiale, les pratiques agricoles se sont modernisées et ont induit une forte régression des paysages bocagers au profit des paysages openfields (Morant *et al.*, 1995).

Cette forte modification du paysage a provoqué une forte perte de fonctionnalité du paysage bocager. Cela s'est généralement traduit par une fréquence et une intensité plus importante des phénomènes de crues, une forte érosion des terres agricoles et une plus grande sensibilité des terres agricoles face aux contraintes naturelles. Cependant, les impacts de l'arrachage des haies et de l'aplanissement des talus n'a été que peu étudié et ces impacts sont aujourd'hui difficile à quantifier. C'est pour cette raison que, dans ce mémoire, nous avons analysé les services écosystémiques que rend le paysage bocager. Nous avons alors pu comprendre que le bocage avait un grand nombre de fonctions écologiques et que c'est un paysage qui rend de nombreux services écosystémiques (rôle climatique, effet brise-vent, ralentissement des écoulements de hortonien, épuration des eaux, limitation de l'érosion, conservation des sols, support de biodiversité, rôle de production, intérêts culturels et paysager). En outre, nous avons pu remarquer que ces fonctions ont un certain nombre d'intérêts agronomiques (Conservatoire régional des effets du changement climatique, 2016). Cela nous a permis de comprendre les fonctions que perdent les paysages bocagers lors de l'arasement des talus et des haies. Nous avons notamment vu que la destruction du bocage a un certain nombre d'impacts directs et indirects.

Enfin, nous avons pu définir plusieurs méthodes permettant d'entretenir ou de restaurer des haies bocagères (réduction d'emprise, taille de formation, élagage, recépage, entretien de trognons, plantation, sécurisation des arbres morts) dans le but de restaurer le paysage bocager. En effet, dans le cadre d'une protection compatible avec une agriculture durable et orientée vers une production de qualité, l'utilisation d'une structure bocagère apparaît comme l'un des moyens les plus appropriés pour améliorer la protection et la production des cultures (Debras, 2007). Cependant, une réflexion intégrant la gestion des haies dans la démarche agronomique est primordiale pour réconcilier les haies avec l'agriculture (Cleran & Vivien, 2007). Enfin, une réflexion à l'échelle du paysage semble indispensable pour concilier les intérêts agronomiques du bocage avec ses intérêts écologiques.

Bibliographie

Albergel, J., Diatta, M., Pépin, Y. (1999), Aménagement hydraulique et bocage dans le bassin arachidier du Sénégal, La jachère en Afrique tropicale: Rôles, aménagement, alternatives. *Floret Ch., Pontanier* **1** : 741-750.

Asselineau, E., Domenech, G. (2008) *Les bois rameaux fragmentés*, Éditions du Rouergue. 192 pp.

Atger, C. (2011) Le système racinaire des arbres : Influences du milieu et de la taille, mécanisme de réponse aux contraintes, *Plante & cité*.

Bellefontaine, R., Nicolini, E., Petit, S. (1999), Réduction de l'érosion par l'exploitation de l'aptitude à drageonner de certains ligneux des zones tropicales sèches.

Bellefontaine, R., Petit, S., Pain-Orcet, M., Deleporte, P., Bertault, J.-G. (2001) Les arbres hors forêt, vers une meilleure prise en compte, *Cahiers FAO Conservation* **35** : 231.

Bernez, I., Pingray, A., Le Cœur, D. (2005), Entretien des berges de petits cours d'eau dans le bocage Sud-Manche: réponses de la végétation herbacée aux processus écologiques et agricoles, *EAT* **43** : 55.

Carnet, C. (1978) Étude des sols et de leur régime hydrique en région granitique de Bretagne: une approche du rôle du bocage. Thèse Univ Rennes, UER Sciences Biologiques, mention Agronomie.

Cheshire, H. (2017), Using trees and hedges to protect natural resources, Woodland trust.

Cleran, E., Vivien, A. (2007), Guide des bonnes pratiques pour une gestion durable des haies, Chambre d'agriculture de la Manche.

Conservatoire régional des effets du changement climatique (2016), Le rôle des haies dans la protection de l'environnement et la lutte contre le changement climatique.

Chaplot, V., Le Bissonnais, Y. (2000). Field measurements of interrill erosion under different slopes and plot sizes, *Earth Surface Processes and Landforms* **25** : 145-153.

Colin, A., Thivolle-Cazal, A., Barnerias, C., Coulon, F., Couturier, C., Salis, M.. (2009) *Évaluation de biomasse ligneuse d'origine forestière, populicole et bocagère disponible sur la période 2006-2020* SOLAGRO. 99 pp.

Coulon, F., Dupraz, C., Liagre, F., Pointereau, P. (2000) *Étude des pratiques agroforestières associant des arbres fruitiers de haute tige à des cultures ou des pâtures*, SOLAGRO, Montpellier. 180 pp.

Coulon, F., Meiffren, I., Pointereau, P., Alet, B., Briane, G. (2003) *Architectures végétales de Midi-Pyrénées*, SOLAGRO, Toulouse. 60 pp.

Debras J. F. (2007), Rôles fonctionnels des haies dans la régulation des ravageurs: Le cas du psylle *Cacopsylla pyri* L. dans les vergers du sud-est de la France, Thèse Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.

- Desailly, B., Béringuier, P., Briane, G., Dejoux, J. F. (2009), Les impacts environnementaux de l'étalement urbain, *Perspectives Ville*, 4.
- Earnshaw, S. (2004), Hedgerows for California agriculture. *Community Alliance for Family Farmers: Davis, CA, USA*.
- Eau & rivière de Bretagne, (2007), Guide technique de gestion du bocage à l'usage des collectivités.
- Follain, S., Walter, C., Legout, A., Lemercier, B., Dutin, G. (2007), Induced effects of hedgerow networks on soil organic carbon storage within an agricultural landscape, *Geoderma*, **142** : 80-95.
- Guillerme, S., Alet, B., Briane, G., Coulon, F., Maire, É. (2009), L'arbre hors forêt en France. Diversité, usages et perspectives.
- Kataja-aho, S., Smolander, A., Fritze, H., Norrgård, S., Haimi, J. (2012). Responses of soil carbon and nitrogen transformations to stump removal, *Sylva fennica* **46** : 169-179.
- Knowles, R. (1982), Denitrification, *Microbiological* , **46** : 43.
- Le Bissonnais, Y. (2000), Analyse expérimentale des mécanismes d'érosion: la dégradation structurale superficielle et le détachement des particules des sols cultivés, *EAT*, **22** : 27.
- Lecompte, V., Le Bissonnais, Y., Renaux, B., Couturier A., Ligeau L. (1997). Erosion hydrique et transfert de pesticides dans les eaux de ruissellement, *Cahiers Agricultures* **6** : 175-183.
- Ludwig, B. (2000), Les déterminants agricoles du ruissellement et de l'érosion- De la parcelle au bassin versant, *E A T, IRSTEA* : 37- 47.
- Macary, F., Bordenave, P. (2008) , Estimation d'un risque environnemental : la contamination des eaux de surface par les intrants agricoles. Application sur les coteaux de Gascogne, Colloque "Vulnérabilité sociétale, risques et environnement", Toulouse.
- Merot, P. (1978). Le bocage en Bretagne granitique : une approche de la circulation des eaux. Thèse INRA-ENSA-Univ. Rennes 1.
- Mérot, P., Reyne, S. (1996), Rôle hydrologique et géochimique des structures linéaires boisées. Études et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement.
- Merot, 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, *Journal of Water Science* **12** : 23-44.
- Moffat, A., Nisbet, T., Nicoll, B. (2011), Environmental effects of stump and root harvesting, research note, forest research UK.
- Monnier, G., Boiffin, J., Papy, F. (1986). Reflexion sur l'érosion hydrique en conditions climatiques et topographiques modérées : Cas des systèmes de grande culture de l'Europe de l'Ouest, *Cahiers ORSTOM série Pédologie* **22** : 123-131.
- Morant, P., Le Henaff, F., Marchand J. P. (1995), Les mutations d'un paysage bocager: essai de cartographie dynamique, *Mappemonde* **1** : 5-8.

Parc Naturel Régional du Haut Languedoc (2014), La haie au service des continuités écologiques, Entretien et réhabilitation, recueil d'expérience menées sur la commune de Dourgne.

Pointereau, P., Hickie, D., Steiner, C., De Miguel, E. (2000) *Arbres et eaux, rôle des arbres champêtres*, SOLAGRO, Toulouse. 33 pp.

Pointereau, P. (2002), Les haies. Évolution du linéaire en France depuis quarante ans, *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, **46** : 69-73.

Pointereau, P. (2004), L'arbre et le paysage: enjeux environnementaux et reconnaissance de la multifonctionnalité. Compte rendu- académie d'agriculture de France.

Ritter, J. (2018), L'érosion du sol- Cause et effets, Fiche technique, ministère de l'agriculture de l'alimentation et des affaires rurales, Ontario.

Soltner, D. (1991), *L'arbre et la haie : pour la production agricole pour l'équilibre écologique et pour le cadre de vie rurale*, sciences et techniques agricoles, 208pp.

Stiles, W. (2016), The benefits of hedgerows and trees for agriculture, Aberystwyth University.

Syndicat mixte de portage du SAGE Rance Frémur baie de Beaussais, (2015), guide d'inventaire du maillage bocager à destination des collectivités, objectif gestion de l'eau.

Xiquan, C., Lianji, X., Jiyu, G., Wei Z., Guishu, X. (1990), The effects of windbreak on soil moisture in West Heilongjiang province, *Windbreak and agroforestry* : 174-179.

Résumé

Mots clés : Bocage, Services écosystémiques, Agronomie, Entretien, Restauration

Le bocage est un paysage rural caractérisé par un ensemble en interaction de parcelles agricoles et de zones non cultivées telles que des boisements, des landes, des friches, des zones bâties ou des cours d'eau. Ces paysages ont un grand nombre d'intérêts écologiques et rendent de nombreux services écosystémiques. L'évolution des pratiques agricoles au cours du temps a créé puis modifié le paysage bocager que nous connaissons aujourd'hui. Suite à la seconde guerre mondiale, le remembrement agricole a induit une forte régression des paysages bocagers au profit des paysages openfields.

L'objectif de ce mémoire est de comprendre l'impact environnemental de l'arrachage du bocage et de l'aplanissement des talus notamment du point de vue pédologique. Pour cela nous avons analysé les services écosystémiques que rend le bocage afin de comprendre les fonctions que perd celui-ci quand les haies sont détruites et que les talus sont aplanis.

Ensuite, nous avons défini plusieurs itinéraires techniques permettant d'entretenir ou de restaurer le bocage pour que celui-ci conserve ses fonctions. Cependant, il existe un certain nombre de limites à la gestion de ce paysage montrant l'important de raisonner à l'échelle du paysage en concertation avec les agriculteurs pour concilier au mieux les intérêts agronomiques du territoire avec la gestion écologique du bocage.

Abstract

Key words : Hedgerow , Ecosystem services, Agronomy, Maintenance, Restoration

The hedgerow is a rural landscape characterized by an interacting set of agricultural parcels and uncultivated areas such as afforestation, heathland, wastelands, built-up areas or streams. These landscapes have a large number of ecological interests and many ecosystem services. The evolution of agricultural practices over time has created and modified the bocage landscape that we know today. Following the Second World War, agricultural land consolidation has led to a sharp decline in the landscape of the hedgerows in favor of the openfield landscapes.

The aim of this dissertation is to understand the environmental impact of grubbing up the hedgerow and the flattening of slopes, particularly from a soil perspective. For this purpose, we will analyze the ecosystem services rendered by the hedgerow in order to understand the functions that the hedgerows lose when the hedges are destroyed and the embankments are leveled off.

Then we were able to define several technical routes to maintain or restore the grove to maintain its functions. However, there is a certain limit to the management of this landscape showing the importance of reasoning at the scale of the landscape in consultation with farmers to best reconcile the agronomic interests of the territory with the ecological management of the hedgerow.