

Proposition d'un plan d'aménagement pour le réseau de haies du centre A. de Marbaix

Présenté par Daphné Fraselle

Promoteur : Prof. Anne-Laure Jacquemart (UCL/ELI/ELIA)

Lecteurs : Prof. Charles Bielders (UCL/ELI/ELIE)
Monsieur Marc de Toffoli (UCL/ELI/ELIA)

Mémoire de fin d'études présenté en vue de l'obtention
du diplôme de **Bioingénieur : gestion des forêts et des espaces naturels**

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier ma promotrice, Anne-Laure Jacquemart pour sa présence et ses conseils durant toutes les étapes de ce mémoire. Je remercie aussi Pierre Lhoir pour son aide dans la reconnaissance d'espèces particulières présentes dans les haies. Un grand merci également à Pierre Ouvrard et à Louise Bouland qui étaient présents pour répondre à mes questions. Pour son aide dans l'identification des espèces d'oiseaux et sa motivation, je remercie également Thierry Maniquet. Enfin, je remercie Charles Bielders et Marc De Toffoli qui ont accepté d'évaluer mon mémoire.

Table des matières

Liste des figures	4
Liste des tableaux	5
1. Introduction.....	6
1.1. Cadre de l'étude.....	6
1.2. Historique des haies.....	7
1.3. Définitions et types de haies.....	9
1.3.1. Origine.....	9
1.3.2. Définitions.....	10
1.3.3. Notion de « réseaux ».....	11
1.4. Services écosystémiques des haies.....	11
1.4.1. Services de régulation.....	11
1.4.2. Services d'approvisionnement.....	14
1.4.3. Services culturels.....	15
1.4.4. Services de soutien.....	15
1.5. Choix des taxons étudiés.....	17
1.5.1. Entomofaune.....	17
1.5.2. Avifaune.....	18
1.6. Objectifs.....	19
2. Matériels et méthodes.....	20
2.1. Site d'étude.....	20
2.1.1. Localisation et délimitation de la zone d'intérêt.....	20
2.1.2. Pédologie.....	22
2.2. Récolte de données.....	23
2.2.1. Prise de mesures dans les haies.....	23
2.2.2. Suivi de l'avifaune.....	25
2.3. Traitement et analyse des données.....	26
2.3.1. Relevés de végétation.....	26
2.3.2. Relevés des oiseaux.....	27
3. Résultats.....	28
3.1. Résultats de l'inventaire floristique.....	28
3.1.1. Analyse générale.....	28
3.1.2. Composition floristique.....	31

3.1.3.	Synthèse des résultats floristiques.....	40
3.1.4.	Quantification des ressources nourricières.....	42
3.2.	Résultats pour l'avifaune.....	44
3.2.1.	Richesse spécifique et abondance.....	44
3.2.2.	Influence de la structure et de la composition des haies.....	46
4.	Discussion.....	48
4.1.	Discussion des résultats.....	48
4.1.1.	Différence de structure et de ressources entre les quatre zones.....	48
4.1.2.	Principales ressources pour les insectes pollinisateurs.....	50
4.1.3.	Principales ressources pour les oiseaux en automne-hiver.....	52
4.1.4.	Interactions entre les espèces d'oiseaux et la structure des haies.....	53
4.1.5.	Perspectives d'étude.....	54
4.2.	Plan d'aménagement.....	54
4.2.1.	Cadre législatif.....	54
4.2.2.	Principes de plantation et d'entretien.....	55
4.2.3.	Choix des espèces pour les plantations.....	56
4.2.4.	Proposition d'aménagements et de gestion futures pour chacune des zones.....	56
4.2.5.	Synthèse cartographique des aménagements proposés.....	65
5.	Bibliographie.....	66

Liste des figures

Figure 1. Comparaison des haies présentes en 1777 et en 2018 pour le site d'étude.....	6
Figure 2. Bocage du Pays de Herve	7
Figure 3. Illustration de l'effet brise-vent pour une haie imperméable et perméable	12
Figure 4. Localisation des zones d'aménagement dans le site d'étude et des haies/arbres isolés inventoriés.	20
Figure 5. Photos des haies inventoriées en hiver et en été	21
Figure 6. Méthode de mesure des dimensions pour un arbuste ou un arbre	23
Figure 7. Méthode pour l'estimation du nombre de fleurs ou de fruits par branche.....	24
Figure 8. Projection des quatre zones dans le premier plan factoriel de l'ACP.....	28
Figure 9. Dendrogramme selon la méthode de Ward et la mesure de distance de Bray-Curtis des 4 zones	28
Figure 10. Composition en espèces ligneuses et occupation du sol en 2017 de la zone 1.....	32
Figure 11. Composition en espèces ligneuses et occupation du sol en 2017 de la zone 2.....	34
Figure 12. Composition en espèces ligneuses et occupation du sol en 2017 de la zone 3.....	36
Figure 13. Composition en espèces ligneuses et occupation du sol en 2017 de la zone 4.....	39
Figure 14. Indice en base 100 des pollinisations entomophile et anémophile des espèces comprises dans les trois strates (arborescente, arbustive et herbacée)	41
Figure 15. Réseaux bipartites qualitatifs de présence/absence montrant (a) les relations entre les espèces d'oiseaux et les différentes composantes de la haie ou entre les espèces et l'occupation du sol (b) les espèces en lien avec certaines espèces végétales.....	46
Figure 16. Haies faisant l'objet de restauration dans la zone 1.....	57
Figure 17. Haies faisant l'objet de restauration ou de plantations dans la zone 2.....	58
Figure 18. Schéma de plantation sur (a) un rang et sur (b) deux rangs.....	59
Figure 19. Haies faisant l'objet de restauration ou de plantations dans la zone 3.....	60
Figure 20. Schéma de plantation sur 2 rangs.....	60
Figure 21. Haies faisant l'objet de restauration ou de plantations dans la zone 4.....	62
Figure 22. Techniques de taille des arbres têtards.....	64
Figure 23. Ensemble des aménagements proposés pour les 4 zones.....	65

Liste des tableaux

Tableau 1. Description générale des zones d'aménagement et types de haies associées	22
Tableau 2. Classes des indices d'abondance	25
Tableau 3. Transposition du recouvrement (exprimé en %) en coefficients d'abondance-dominance de Braun-Blanquet et de Van der Maarel	27
Tableau 4. Code des espèces de l'ACP (figure 8).....	29
Tableau 5. Composition en espèces, volume ligneux, recouvrement moyen herbacé, origine des espèces, type d'espèces herbacées et type(s) de pollinisation pour les trois strates de la zone 1	31
Tableau 6. Composition en espèces, volume ligneux, recouvrement moyen herbacé, origine des espèces, type d'espèces herbacées et type(s) de pollinisation pour les trois strates de la zone 2	33
Tableau 7. Composition en espèces, volume ligneux, recouvrement moyen herbacé, origine des espèces, type d'espèces herbacées et type(s) de pollinisation pour les trois strates de la zone 3	35
Tableau 8. Composition en espèces, volume ligneux, recouvrement moyen herbacé, origine des espèces, type d'espèces herbacées et type(s) de pollinisation pour les trois strates de la zone 4	37
Tableau 9. Composition végétale et stratification des 4 zones	40
Tableau 10. Nombre de fleurs par espèce exprimé par branche et par m ³ (moyenne ± écart-type) déterminé à partir d'individus et de branches échantillonnés	42
Tableau 11. Nombre de fruits par espèce exprimé par branche et par m ³ (moyenne ± écart-type) déterminé à partir d'individus et de branches échantillonnés	42
Tableau 12. Potentiel de production en fruits (9 espèces) et/ou en fleurs (3 espèces) par zone et pour l'entièreté du site d'étude	43
Tableau 13. Type d'habitat (forestier, agricole et généraliste) et abondance des espèces d'oiseaux par mois (octobre à mars).	44
Tableau 14. Plantations proposées pour la zone 2	59
Tableau 15. Plantations proposées pour la zone 3	61
Tableau 16. Plantations proposées pour la zone 4	62

1. Introduction

1.1. Cadre de l'étude

Dans le cadre des MAEC¹ et de l'étude de la mise en place de bandes aménagées, un intérêt croissant est porté sur les bénéfices des réseaux de haies en zone agricole. Nous allons ainsi dans ce mémoire, nous concentrer principalement sur l'impact de la gestion des haies sur la biodiversité. Ce concept étant large, nous nous intéresserons en particulier aux insectes, surtout aux pollinisateurs, et à l'avifaune. Le site d'étude choisi est le centre Alphonse de Marbaix. A l'époque de Ferraris (18^{ème} siècle), les haies étaient plus connectées et plus nombreuses qu'actuellement (fig. 1). En effet, la perte en haies est d'environ 70%, d'où ce regain d'intérêt pour ces éléments du paysage. Sur ce même site, un autre mémoire réalisé par Sophie Charlier porte sur l'étude de l'influence des haies sur différents paramètres du sol et sur leur quantification.

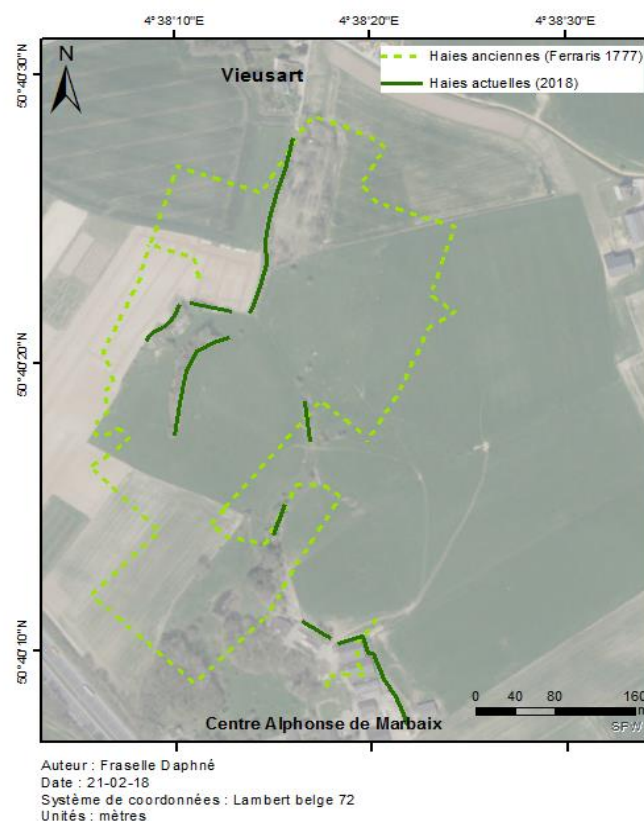


Figure 1. Comparaison des haies présentes en 1777 et en 2018 pour le site d'étude (SPW- Ortho 2015).

¹ MAEC : Méthodes Agro-Environnementales et Climatiques

1.2. Historique des haies

Les haies font partie de nos paysages depuis de nombreux siècles et représentent en conséquence des éléments essentiels qui les composent. L'origine du mot haie vient du latin médiéval du IX^{ème} siècle "haja" (Baudry & Jouin, 2003). La présence de haies vives aurait été relevée dès l'Antiquité par Jules César en Belgique dans le récit de la « Guerre de Gaules » (Percsy, 2008). Cependant, il y aurait déjà eu des traces de l'existence de structures ressemblant à des paysages bocagers lors de la Préhistoire (Baudry & Jouin, 2003). Durant le Moyen-Age, lors des grandes déforestations, le bocage était peu présent et les haies avaient pour fonction principale de protéger les villages ou encore les villes contre toute attaque extérieure. Elles jouaient alors un rôle d'enceinte protectrice. Ces haies étaient composées d'essences épineuses telles que l'aubépine (*Crataegus* spp.), le prunellier (*Prunus spinosa*), l'églantier (*Rosa canina*) et d'autres espèces de rosiers sauvages. Elles servaient également lors des batailles notamment pour se cacher (Liagre, 2006).

En Europe, les premiers bocages sont apparus vers le XVII^{ème} siècle avec le développement de l'élevage ; les haies servaient à délimiter les champs et les prairies jouant un rôle de clôture (Tourret, 2002 ; DNF, 1996). En Wallonie, le Pays de Herve est connu pour son bocage ancien. Cette région se caractérise à présent par ses haies basses taillées régulièrement et par sa dominance de prairies et de vergers (fig. 2) (DNF, 1996).

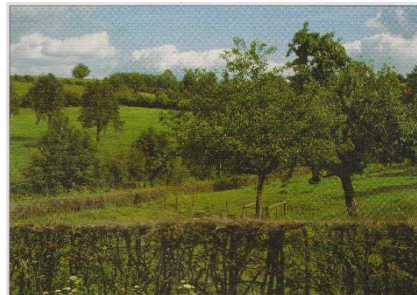


Figure 2. Bocage du Pays de Herve (DNF, 1996)

Aux XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles, les bocages se développèrent fortement dans toute l'Europe. En effet, la croissance démographique entraîna une augmentation des besoins en bois. Les surfaces forestières étant réduites, les haies prirent de l'importance en termes de bois de chauffage, mais elles étaient également exploitées pour leurs fourrages et leurs fruits (Tourret, 2002). A la fin du XIX^{ème} siècle ainsi que durant la première moitié du XX^{ème} siècle, d'importantes plantations de brise-vent ont eu lieu afin de valoriser des terres pauvres ou trop venteuses. Par exemple, des réseaux de brise-vent d'épicéas ont été développés au Danemark.

Cependant, étant monospécifiques, elles ont été sujettes à des maladies et ne remplissaient plus leur rôle efficacement (Tourret, 2002).

Ainsi, les haies ont été étroitement associées jusqu'au XX^{ème} siècle à l'économie agricole (Percsy, 2008). Cependant, ces dernières perdirent progressivement de leur intérêt avec l'augmentation de la mécanisation et des surfaces d'exploitation. Vers les années 50, l'intensification de l'agriculture a entraîné une diminution importante des haies et des alignements d'arbres (Liagre, 2006). Près de 75% des haies auraient ainsi disparu en Belgique (Bazin & Schmutz, 1994). Il existe plusieurs causes à ce phénomène. Tout d'abord, le remembrement a entraîné l'arrachage d'un grand nombre de haies qui ne furent pas remplacées, ces dernières étant perçues comme un obstacle à l'agrandissement des parcelles (Liagre, 2006). Par ailleurs, la politique agricole commune (PAC) entrée en vigueur en 1962 fut également à l'origine de la disparition de nombreuses haies, d'arbres isolés et de bosquets. En effet, les surfaces agricoles arborées n'étaient pas éligibles aux primes de la PAC (Liagre, 2006). Les haies ont alors été remplacées par des clôtures de fils barbelés et des clôtures électriques. Le marché favorable du pétrole a également participé à un délaissement au niveau de l'entretien du bocage et donc du bois de chauffage qui peut lui être associé. En effet, le bois n'était alors plus suffisamment rentable. Une autre raison de la disparition des haies est leur arrachage pour combattre le feu bactérien, maladie dangereuse pour les arbres fruitiers propagée par les aubépines (*Crataegus* spp.) (DNF, 1996). Enfin, les progrès techniques ainsi que le développement important des réseaux routiers ont également une part de responsabilité dans la réduction du nombre de haies (Liagre, 2006).

Cependant, depuis quelques années, les haies sont replantées aussi bien en milieu agricole que dans les milieux plus urbanisés, ayant démontré les avantages qui leur sont associées (Percsy, 2008). De plus, les haies bénéficient désormais de deux types de protection ; le premier découle du droit public et le deuxième relève du droit européen (Life prairies bocagères, 2017). Selon le CoDT², l'abattage d'arbres isolés et d'arbres ou de haies remarquables est soumis à permis d'urbanisme. La circulaire ministérielle du 14 novembre 2008 "relative à la protection des arbres et haies remarquables, à la plantation d'essences régionales en zone rurale et aux plantations au sein d'un dispositif d'isolement" donne par ailleurs des mesures pour la protection des arbres et haies remarquables, mais aussi pour les plantations. En outre, la conditionnalité mise en place en 2005 à l'échelle de l'Union Européenne dans le cadre de la

² Chapitre 3, Art.D.IV.4, alinéa 1^{er}, 11° et 12° du CoDT (Code de Développement territorial). Le CoDT est entré en vigueur le 1^{er} juin 2017 et remplace le CWATUP (Code wallon de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme et du Patrimoine).

PAC fait référence à la protection, au maintien ainsi qu'à l'entretien des haies indigènes. La conditionnalité désigne l'ensemble des règles que les agriculteurs bénéficiant d'aides publiques doivent respecter en matière de protection de l'environnement, de sécurité alimentaire, de santé animale et végétale et finalement de maintien des terres dans de bonnes conditions agricoles et environnementales (Natagriwal, 2017). Des aides de plusieurs types sont par ailleurs proposées en Région wallonne afin notamment d'encourager leur entretien ou leur plantation (Life prairies bocagères, 2017 ; Percsy, 2008).

Ainsi, l'AGW du 8 septembre 2016 relatif « à l'octroi des subventions pour la plantation d'une haie vive, d'un taillis linéaire, d'un verger et d'alignements d'arbres ainsi que pour l'entretien des arbres têtards » précise toutes les conditions pour lesquelles le droit aux subventions peut être accordé. De plus, les haies sont reprises dans les MAEC, dans l'axe « éléments du maillage écologique » dans la méthode de base MB1. Ainsi, cette dernière vise le maintien et l'entretien des haies composées d'espèces feuillues indigènes tout en améliorant le maillage écologique dans les paysages ruraux (Natagriwal, 2017). Enfin, certains projets européens encouragent la plantation de haies, comme le projet LIFE prairies bocagères. Il s'agit d'un programme de restauration de prairies en Fagne-Famenne et vise notamment à la plantation de haies favorables à la Pie-grièche écorcheur et aux chauves-souris (Life prairies bocagères, 2017).

1.3. Définitions et types de haies

1.3.1. Origine

Trois types d'origine des haies sont reconnus. Elles peuvent être plantées, spontanées ou encore relictées (Forman & Baudry, 1984). Les haies plantées en zone agricole sont généralement dominées par une seule espèce épineuse telle que l'aubépine monogyne (*Crataegus monogyna*) en Europe. Elles sont pour la plupart constituées d'arbres ou d'arbustes plantés en une seule rangée et sont donc monotones, que ce soit au niveau de la structure ou encore de la diversité en espèces, avec des individus ayant le même âge. Les haies spontanées, quant à elles, proviennent de la colonisation des végétaux à partir des graines dispersées par le vent et les animaux, dont les oiseaux. Elles sont retrouvées le long de clôtures, de fossés ou encore de ruisseaux. Les haies dites « relictées » trouvent leur origine dans le processus de défrichement, laissant alors les lisières forestières en place. Celles-ci sont caractérisées par la présence d'individus âgés ainsi que d'essences forestières diverses. Les haies européennes ont pratiquement toutes été plantées, même si la proportion de haies relictées n'est pas négligeable (Forman & Baudry, 1984).

1.3.2. Définitions

Dans le monde scientifique, peu d'études donnent une définition officielle sur ce en quoi consiste une haie. Souvent, elle est décrite comme étant simplement une rangée d'arbustes et/ou d'arbres. Cependant, selon Baudry et al. (2000), toute rangée d'espèces ligneuses n'est pas systématiquement considérée comme une haie si elle n'est pas gérée par l'homme. En effet, toute haie qu'elle soit spontanée ou plantée, fait intervenir à un moment ou un autre une composante humaine par une gestion plus ou moins intense suivant les objectifs recherchés. Ainsi, elle peut être définie comme étant « un élément linéaire du paysage composé d'arbustes et/ou d'arbres faisant partie d'une unité de gestion » (Baudry et al., 2000). Cette définition n'intègre donc pas la notion de structure, faisant appel à l'intervention d'un gestionnaire qui peut changer avec le temps. De plus, si l'on s'intéresse à caractériser la haie à l'échelle individuelle, il est important de pouvoir fixer des limites. L'objet haie à l'échelle du paysage est donc considéré comme étant délimité par « au plus un segment de réseau entre deux nœuds. Ce dernier peut être découpé si l'occupation du sol change ». Il peut par ailleurs être décomposé en plusieurs objets de gestion ; les strates (étagement vertical) et les fossés (étagement horizontal) (Baudry & Jouin, 2003).

D'autres définitions sont également données dans le cadre des subventions et relèvent davantage de la politique. C'est par exemple le cas de l'AGW du 8 septembre 2016 qui cite les différents types de haies susceptibles d'être rencontrés³. Une haie vive consiste ainsi en un ensemble d'arbustes et d'arbres indigènes plantés à proximité les uns des autres et peut se présenter sous plusieurs formes : haie taillée, haie libre, haie brise-vent ou encore bande boisée. Celles-ci se distinguent essentiellement de par leur structure et leur composition floristique. La haie taillée est entretenue fréquemment et maintenue à une largeur et une hauteur définies, à l'inverse de la haie libre qui est plus rarement taillée. Un entretien trop intensif entraîne une monotonie au niveau de la forme de la haie ainsi que du nombre d'espèces qu'elle contient (Percsy, 2008). La haie brise-vent est une haie libre pouvant comprendre des arbres et arbustes plantés sur plusieurs rangs. Elle protège les bâtiments ou les cultures des vents violents (Percsy, 2008). Ensuite, la bande boisée est définie comme étant une plantation avec une largeur maximale de dix mètres et est constituée de plusieurs rangs d'arbres et d'arbustes. Les haies de têtards sont, quant à elles, constituées d'arbres qui ont subi une modification de leur morphologie par étêtage du tronc et par des coupes successives des rejets à intervalles réguliers.

³ AGW du 8 septembre 2016 Chapitre 1^{er}, art. 1^{er}.

Finalement, un alignement d'arbres consiste en des arbres plantés sur une seule ou sur une double rangée. Dans les MAEC, les haies et alignements d'arbres sont, quant à eux, définis comme étant des « tronçons continus composés d'arbres, d'arbustes indigènes avec une longueur minimale de 10 m, comprenant des espaces de maximum 5 m entre les éléments de la haie et d'une largeur maximale de 10 m » (Natagriwal, 2017).

1.3.3. Notion de « réseaux »

Les haies peuvent former un « réseau » plus ou moins dense dans le paysage appelé bocage. Le mot bocage a pour origine le terme « boschage » apparu en 1138 (Baudry et Jouin 2003). Une définition du bocage est notamment donnée par Meynier (1976), qui serait « un paysage d'enclos verdoyant », caractérisé par un réseau de haies interconnectées formant un maillage (Baudry & Jouin, 2003). Une définition plus récente du terme de bocage donnée par Baudry & Jouin (2003) est la suivante : « paysage ayant pour caractéristique la présence de réseaux de structures linéaires de végétaux ligneux, que ce soit des haies « traditionnelles », des rideaux brise-vent récents ou des haies spontanées issus de l'absence d'entretien des clôtures ». Ce terme est notamment caractéristique des régions agricoles de l'ouest de la France et du Pays de Herve en Belgique.

1.4. Services écosystémiques des haies

Actuellement, les haies sont encore souvent considérées comme étant de simples barrières physiques permettant de séparer des parcelles. Cependant, elles offrent de nombreux services écosystémiques. Ces services sont au nombre de quatre et sont précisés dans les paragraphes suivants. Ils peuvent être considérés à deux niveaux ; celui de la haie ou du paysage (Baudry et al., 2000).

1.4.1. Services de régulation

1.4.1.1. Régulation du microclimat

La haie exerce une influence au niveau local sur plusieurs variables climatiques telles que la température, l'humidité de l'air, le rayonnement solaire ou encore le vent (Forman & Baudry, 1984). Elle crée ainsi autour d'elle un microclimat. Le vent est la force motrice qui permet de contrôler toutes les autres variables microclimatiques (Forman & Baudry, 1984). Sa vitesse est par ailleurs réduite par la présence d'une haie, on parle alors d'effet « brise-vent », qui est d'autant plus efficace que celle-ci est semi-perméable. En ce sens, il faut donc privilégier un mélange d'espèces feuillues plutôt que de conifères. Lorsqu'elle est imperméable, elle crée des

turbulences plusieurs mètres derrière elle, ce qui n'est pas le cas de la haie semi-perméable (fig. 3) (Baudry & Jouin, 2003).

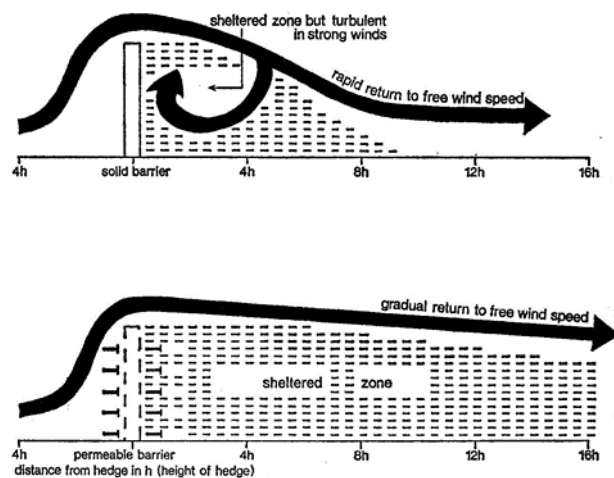


Figure 3. Illustration de l'effet brise-vent pour une haie imperméable (au-dessus) et perméable (en-dessous) (Baudry & Jouin, 2003)

Si le brise-vent est efficace, il permet de diminuer la vitesse du vent de 50 à 75% et ce sur une distance égale de 5 à 7 fois la hauteur de l'arbre et de 30 à 50% jusqu'à une distance de 15 fois la hauteur de la haie (Liagre, 2006). Les haies modifient par ailleurs la température de l'air et du sol à leur proximité. Du côté ombragé, les températures sont plus faibles que du côté exposé au soleil ainsi que dans les zones exposées au vent. Cependant, dans les zones protégées, la température de l'air et celle du sol sont plus élevées durant la journée en comparaison avec les zones plus découvertes. Il en va de même pour l'humidité atmosphérique (Forman & Baudry, 1984). Ainsi, de par son rôle de régulation du microclimat, les haies favorisent les rendements en viande et en lait. En effet, elles protègent le bétail en saison hivernale, des vents froids et humides, et en été, de la chaleur du soleil (Liagre, 2006).

1.4.1.2. Conservation des sols

Les haies, en particulier celles situées perpendiculairement au sens de la pente, permettent de réduire l'érosion hydrique ou éolienne des sols (Percsy, 2008 ; Viaud et al., 2009). Une accumulation de terre est en effet observée à l'amont des haies, la profondeur du sol étant alors supérieure à celle de l'aval (Viaud et al., 2009). Elles jouent également un rôle dans le stockage de matière organique. Ainsi, les travaux réalisés en Bretagne révèlent que les stocks de carbone évalués à une distance de 20 mètres de part et d'autre des haies sont en moyenne de 16,6 kg/m² comparés à une valeur de 13,3 kg/m² à l'échelle d'un paysage agricole (Follain et al., 2007). La décomposition de la litière et celle des racines fines enrichissent le sol en matières organiques et en carbone stimulant l'activité des champignons et de la pédofaune, influençant à leur tour

la minéralisation de l'azote (Liagre, 2006). Cependant, tous ces processus dépendent notamment du type et de la densité de végétation ainsi que de l'âge de la haie (Viaud et al., 2009).

1.4.1.3. Régulation et épuration des eaux

Par l'absorption de l'eau via leurs racines, les espèces ligneuses et herbacées composant la haie permettent globalement de limiter le ruissellement favorisant son infiltration verticale (Percsy, 2008). Selon Merot et al. (1999), le bocage agit en effet comme une barrière efficace contre le ruissellement de surface, mais peut également jouer le rôle de zone tampon contre les écoulements par modification des caractéristiques hydrologiques des bassins versants. Ensuite, le rôle des haies dans les crues dépend de la fréquence de celles-ci. Pour des crues de fréquence forte et donc peu violentes, le coefficient de ruissellement et le pic de crue ont été déterminés comme étant de 1,5 à 2 fois plus élevés sur un bassin sans bocage. En effet, les valeurs du coefficient de ruissellement variaient autour de 5% pour le bassin bocager et autour de 5 à 15% pour le bassin sans bocage. A l'inverse, lors de crues plus rares et donc plus importantes, l'effet du bocage est très faible voire négligeable en raison de la quantité de pluie tombée (Merot et al., 1999 ; Viaud et al., 2009). En outre, les haies interviennent dans l'amélioration de la qualité de l'eau. En effet, elles jouent un rôle dans l'épuration des eaux en fixant ou en limitant la dispersion des nitrates ainsi que des produits phytosanitaires (Percsy, 2008). Cependant, cet impact positif concernant les nitrates varie suivant la saison considérée et est favorisé lorsqu'une partie de l'azote est stockée dans la biomasse ligneuse (Viaud et al., 2009).

1.4.1.4. Pollinisation

Les haies attirent des pollinisateurs essentiellement de par les ressources florales qu'offrent les espèces végétales qui les constituent. Les insectes pollinisateurs peuvent y trouver du pollen et du nectar, mais aussi de la propolis ou du miellat. Les haies leur fournissent également des sites de nidification et d'hivernage. C'est notamment le cas pour les bourdons (*Bombus* spp.), dont les talus sont utilisés pour l'hivernage des fondatrices des colonies (Baudry & Jouin, 2003). Selon Lewis (1969), les principaux ordres rencontrés dans les haies sont d'abord les hyménoptères suivis des diptères et des coléoptères. Les pollinisateurs, en fréquentant les haies, peuvent alors favoriser les rendements de certaines cultures avoisinantes telles que les légumineuses ou encore le tournesol (*Helianthus annuus*) (FAO, 2015). Cependant, ce n'est pas toujours le cas. En effet, aucun impact n'a été observé sur le rendement de colza (*Brassica napus*) (Ouvrard et al., 2017). Certains insectes pollinisateurs comme les syrphes (Syrphidae) jouent également le rôle d'auxiliaires de cultures intervenant dans la régulation du cycle proie-

prédateurs. Les larves de syrphes prédatent notamment les pucerons (Aphidoidea) (Liagre, 2006).

Ainsi, la disparition des haies a contribué au déclin actuellement observé des populations de pollinisateurs, par une réduction des ressources alimentaires et des sites de nidification (Terzo & Rasmont, 2007). La diminution voire la disparition des pollinisateurs pourrait cependant impacter la fructification de certaines espèces comprises dans les haies comme c'est le cas pour le prunellier (*Prunus spinosa*), l'aubépine monogyne (*Crataegus monogyna*) et le lierre (*Hedera helix*) (Jacobs et al., 2009). Pourtant, malgré l'importance de la pollinisation pour les espèces végétales sauvages et cultivées, peu d'études ont été réalisées concernant l'impact des haies sur le mouvement des pollinisateurs et la dispersion du pollen. Il y a donc un réel manque de connaissances concernant leur bénéfice et l'influence de leur gestion (Klaus et al., 2015).

1.4.1.5. Régulation des ravageurs

Mis à part les pollinisateurs, d'autres insectes trouvés dans les haies permettent de contrôler les populations de ravageurs dans les grandes cultures ou en arboriculture. Il s'agit par exemple des coléoptères de la famille des carabidés (Carabidae) et des coccinellidés (Coccinellidae). D'autres organismes interviennent également comme auxiliaires, tels que des mammifères, des oiseaux, mais aussi des micro-organismes tels que des bactéries ou des champignons. Des études menées par l'INRA ont par ailleurs montré l'intérêt des auxiliaires, influencés par la composition des haies, pour lutter contre le psylle du poirier (*Cacopsylla pyri*), ravageur dans les vergers (Liagre, 2006).

1.4.2. Services d'approvisionnement

1.4.2.1. Production de bois

Les haies peuvent avoir un intérêt économique en produisant du bois de chauffage exploité tous les 10 à 15 ans, du bois d'émondage pouvant être broyé en copeaux, du bois de travail pour les besoins agricoles (piquets de clôture, perches, ...) et du bois d'industrie pour la fabrication de pâte à papier ou encore de panneaux à particules (Marchal et al., 2003). Ainsi, pour favoriser un type de produit, les arbres subissent un traitement particulier. Par exemple, le bois de chauffage est notamment produit par le recépage des arbustes ou encore par l'émondage des branches latérales. De plus, les arbres de haut jet⁴, tels que l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*), le frêne (*Fraxinus excelsior*), le noyer (*Juglans regia*) ou encore le merisier

⁴ Arbre de haut jet : arbre formé d'un seul tronc et d'un houppier

(*Prunus avium*), fournissent du bois d'œuvre en favorisant la formation d'un tronc régulier. Ceux-ci peuvent être exploités tous les 20 à 80 ans selon les espèces (Baudry & Jouin, 2003).

1.4.2.2. *Production de fourrage*

Le feuillage de certaines espèces comprises dans les haies, comme par exemple le frêne (*Fraxinus excelsior*) constitue un fourrage intéressant pour le bétail. Le fourrage s'obtient notamment lors de la taille des arbres têtards (Liagre, 2006).

1.4.2.3. *Production de fruits*

Certains arbres produisent des fruits servant de compléments à l'alimentation animale, notamment pour l'élevage de porcs, comme le chêne (*Quercus* sp.) et le châtaignier (*Castanea sativa*). La production de fruits par les arbustes et les arbres de la haie constitue par ailleurs une importante ressource alimentaire pour les oiseaux (Liagre, 2006).

1.4.3. Services culturels

1.4.3.1. *Valeur esthétique*

Les haies contribuent à la beauté du paysage par leur diversité de couleurs et de formes. Elles permettent de rompre la monotonie du paysage agricole en soulignant le relief. Elles favorisent également l'intégration des bâtiments (industriels ou agricoles) et constituent un écran visuel agréable en zones urbaines (Percsy, 2008).

1.4.3.2. *Valeur patrimoniale*

Les haies font partie intégrante du patrimoine rural. En effet, les anciennes haies et les bocages anciens sont les témoins de pratiques agricoles ancestrales (Baudry & Jouin, 2003). Elles peuvent par ailleurs contenir d'anciennes variétés fruitières importantes à conserver (Natagriwal, 2017).

1.4.4. Services de soutien

1.4.4.1. *Maintien de la biodiversité*

Les haies jouent un rôle important dans le maintien de la biodiversité en abritant de nombreuses espèces végétales et animales (Percsy, 2008). Concernant la flore, aucune plante n'est inféodée à ce type de biotope. Toutes les espèces rencontrées proviennent d'autres biotopes environnants tels que les prairies ou les forêts (Forman & Baudry, 1984). Le plus souvent, la végétation y est similaire à ce qui peut être trouvé dans les lisières forestières, en raison de conditions microclimatiques proches (Forman & Baudry, 1984 ; McCollin, 2000). Suivant les conditions lumineuses, d'humidité ou de température, ces espèces se répartissent différemment dans la haie. Ceci crée une diversité de micro-habitats pouvant accueillir d'autres espèces végétales et

animales (Baudry et Jouin, 2003). Pollard et al. (1994) ont ainsi notamment montré l'existence d'un lien direct entre la composition floristique et la structure de la haie avec la richesse faunistique. L'hétérogénéité rencontrée au sein de la haie, au niveau de la végétation et du microclimat, influence par ailleurs la qualité et la quantité de ressources alimentaires disponibles (Baudry & Jouin, 2003).

De nombreuses études ont concerné la diversité de la faune dans ce milieu semi-naturel. Cependant, elles ont principalement porté sur les micromammifères, les oiseaux ou les carabes (Lecq, 2013). Aucune espèce animale n'est strictement inféodée aux haies, même si certaines peuvent y être étroitement associées (Baudry & Jouin, 2003). Les haies peuvent d'abord constituer des zones de refuges essentiels dans les milieux agricoles intensifs. En effet, de nombreux habitats ayant été détruits par les activités humaines, certaines espèces dépendent de tels milieux pour leur survie (Liagre, 2006). Ainsi, des mammifères, amphibiens et reptiles peuvent se réfugier dans des terriers creusés dans les talus afin de passer l'hiver (Baudry & Jouin, 2003). D'autres encore trouvent un abri dans les cavités du tronc des vieux arbres, comme c'est le cas des chauves-souris ou des oiseaux cavernicoles (Baudry & Jouin, 2003). La population de reptiles est, en outre, principalement favorisée par la présence combinée de talus et d'abris (Lecq, 2013) et il en va de même pour les amphibiens. Mais, ces derniers préfèrent également les haies associées à un fossé, constituant un milieu humide (Boissinot et al., 2013). Les bandes enherbées situées au pied de la haie jouent également un rôle essentiel en abritant de nombreuses espèces d'invertébrés (Baudry & Jouin, 2003 ; Boissinot et al., 2013 ; Garratt et al., 2017). Les mollusques, par exemple, se protègent contre un climat sec et froid en s'enfonçant dans la végétation ou dans la litière (Baudry & Jouin, 2003). Ensuite, les haies peuvent servir de sites de nidification et de reproduction. C'est notamment le cas des insectes qui peuvent trouver des sites de nidification dans le sol, dans les cavités des vieux arbres ou même dans les coquilles d'escargots (Baudry & Jouin, 2003). Les oiseaux, quant à eux, peuvent y construire leur nid (Hinsley & Bellamy, 2000). De plus, ce type de milieu offre une grande diversité de ressources alimentaires pour un grand nombre d'espèces (Baudry & Jouin, 2003).

Finalement, les haies peuvent servir de corridors écologiques pour la circulation de la faune et éventuellement de la flore (Forman et al, 1984). Les « corridors » sont considérés comme étant des éléments linéaires du paysage permettant la dispersion d'espèces animales ou végétales entre deux taches d'habitat au sein d'un environnement plutôt hostile correspondant à la matrice, où l'occupation du sol est homogène (Clergeau & Désiré, 1999). L'impact des haies en tant que corridors dépend de la connectivité avec d'autres habitats tels que d'autres haies,

des bosquets, des forêts ou encore des cours d'eau (Liagre, 2006). Cette fonction a été particulièrement étudiée dans le cas des oiseaux, des mammifères et des carabes (Hinsley & Bellamy, 2000 ; Dondina et al., 2016 ; Millán de la Peña, 2003). L'efficacité des haies en tant que corridors dépend fortement de leurs caractéristiques physiques telles que la largeur ou encore la continuité (Dondina et al., 2016). De plus, chaque espèce présente des exigences écologiques différentes et des modes de déplacement spécifiques (Clergeau & Désiré, 1999). Dans certains cas, les haies peuvent par contre représenter des obstacles au mouvement ou à la dispersion, ce qui est notamment le cas pour certains lépidoptères. Ce rôle de barrière est alors d'autant plus important que la végétation est dense (Baudry & Jouin, 2003).

1.5. Choix des taxons étudiés

1.5.1. Entomofaune

Il est généralement admis qu'une diversité d'espèces fleurissant à différentes périodes de l'année favorise la présence d'une multitude d'insectes dans les haies. Cependant, beaucoup d'espèces semblent principalement liées à une ou plusieurs espèces végétales en particulier. Certaines chenilles de papillons par exemple ne se nourrissent que sur l'ortie dioïque (*Urtica dioica*) comme le paon du jour (*Inachis io*) ou le vulcain (*Vanessa atalanta*) (Baudry & Jouin, 2003). La structure de la haie et la densité de la végétation jouent également un rôle en favorisant ou non le mouvement des espèces dans le paysage. Ainsi, si les haies sont interconnectées et connectées à leur tour aux forêts ou autres milieux boisés, elles peuvent jouer le rôle de corridors pour les espèces forestières. Pour les carabes, c'est notamment le cas de la féronie noire (*Abax parallelepipedus*), dont les déplacements sont favorisés par une couverture herbacée et ligneuse dense. A l'inverse, les milieux plus ouverts attirent davantage les espèces de plus petite taille, très mobiles et ubiquistes (Millán de la Peña et al., 2003). Ensuite, concernant les pollinisateurs, Klaus et al. (2015) ont montré que les haies peuvent jouer un rôle de corridors en augmentant la connectivité entre les plantes et les populations de pollinisateurs, mais aussi un rôle de barrière en canalisant leur mouvement.

Le mode de gestion des haies a également une influence sur les insectes. En effet, la fréquence et l'intensité de l'entretien des haies affectent l'abondance et la diversité de certaines espèces. Une taille annuelle et intensive réduit l'abondance des groupes d'insectes très mobiles comme les hyménoptères et les diptères, car cela diminue la production en fleurs et/ou la disponibilité en abris (Maudsley et al., 2000). Ceci a également été montré pour les lépidoptères (Staley et al., 2016).

1.5.2. Avifaune

Les haies dans les zones agricoles sont importantes pour les oiseaux, en leur fournissant des sites de nidification et d'alimentation, des refuges et éventuellement des corridors favorisant leurs déplacements (Hinsley & Bellamy, 2000). Toutes les espèces utilisent les haies différemment et par conséquent, la manière avec laquelle elles sont gérées influence fortement les populations d'oiseaux que l'on peut y rencontrer (Amy et al., 2013 ; Hinsley & Bellamy, 2000). Il n'existe donc pas qu'une seule méthode possible pour la gestion des haies en faveur de l'avifaune, mais très souvent elles sont soit laissées à l'abandon ou à l'inverse, gérées de manière intensive (Hinsley & Bellamy, 2000).

La hauteur, la largeur et la longueur des haies sont les premières caractéristiques souvent citées comme ayant un impact sur la richesse et l'abondance des espèces nicheuses (Batáry, 2010 ; Chevallier et al., 2013 ; Hinsley & Bellamy, 2000). Néanmoins, la communauté scientifique ne s'accorde pas sur l'ordre d'importance à accorder à ces caractéristiques. La largeur et la hauteur étant corrélées, il est difficile de déterminer leur influence respective (Hinsley & Bellamy, 2000). Concernant la longueur, elle favorise la richesse en espèces principalement dans les paysages simplifiés, contenant peu d'éléments semi-naturels, mais son effet s'atténue dans des paysages plus diversifiés (Batáry, 2010). Ainsi, les haies hautes et larges accueillent un grand nombre d'individus et d'espèces, à l'inverse des haies basses et étroites, qui renferment peu de micro-habitats. Un couvert végétal dense offre en effet des sites de nidification privilégiés assurant une certaine protection contre la prédation essentiellement par les corvidés (Corvidae) et contre les intempéries. La survie des nids dépend de l'accessibilité et de la visibilité par les prédateurs (Dunn, 2016). Cependant, les préférences varient suivant les espèces. Certaines nichent préférentiellement dans les haies hautes et denses, d'autres dans les haies basses et d'autres encore n'ont aucune préférence (Whittingham & Evans, 2004). Les haies hautes conviennent donc davantage à des espèces forestières, alors que les espèces agricoles telles que le bruant jaune (*Emberiza citrinella*) préfèrent les haies basses (Chevallier et al., 2013). De plus, parmi les espèces agricoles, certaines tolèrent la présence de quelques arbres pour se percher ou encore comme postes de chant, alors que d'autres évitent les haies comme l'alouette des champs (*Alauda arvensis*).

Les haies hautes offrent par ailleurs des potentialités alimentaires plus élevées que les haies basses pour les oiseaux frugivores, qui sont particulièrement importantes durant la période automne-hiver. Les haies courtes peuvent néanmoins faciliter la recherche de nourriture au sol, notamment d'invertébrés, en garantissant une plus grande visibilité des proies (Whittingham &

Evans, 2004). Le nombre d'espèces végétales et leur composition ont également une influence sur la richesse et l'abondance en espèces. Plus les espèces végétales sont nombreuses, plus cela favorise une grande diversification des ressources mises à disposition des oiseaux, que ce soit en fruits, en graines ou en invertébrés, mais aussi une plus grande disponibilité tout au long de l'année. Cet apport en nourriture est essentiel pour les oiseaux hivernants, mais aussi pour les migrateurs (Baudry & Jouin, 2003).

L'utilisation des parcelles agricoles adjacentes aux haies a également une influence sur l'abondance et la richesse des espèces d'oiseaux. La plupart des espèces sont plus abondantes dans les haies entourées de pâturages qu'entourées de cultures. Il existe cependant quelques exceptions, comme c'est le cas pour *Emberiza citrinella*, qui fréquente les limites de cultures de céréales (Green et al., 1994 ; Hinsley & Bellamy, 2000).

Finalement, Pollard et al. (1974) ont montré que les oiseaux ont tendance à privilégier certaines parties de la haie pour des fonctions particulières. Certains vont par exemple surtout nicher dans les strates herbacée et arbustive, mais chanter au niveau des branches hautes. D'autres n'utilisent les haies que pour nicher, mais se nourrissent dans les prairies adjacentes. Cependant, ces observations peuvent varier localement selon la disponibilité en d'autres habitats.

1.6. Objectifs

Une première étape a été d'évaluer l'état actuel du réseau de haies présent sur le site de « Marbaix ». Pour ce faire, des inventaires des espèces végétales présentes dans les haies ont été réalisés et ces dernières ont été cartographiées. Les ressources potentiellement disponibles pour les oiseaux et pour les insectes ont également été estimées à l'échelle du site. Cette estimation a été effectuée par comptages sur le terrain ou par extrapolation. Les espèces d'oiseaux fréquentant les haies ont par ailleurs été déterminées. Cependant, les suivis d'insectes n'ont pas été réalisés. Suite à cette évaluation, nous tenterons de répondre à trois questions :

- Quelle est la différence de structure entre les haies du site d'étude ?
- Quelles sont les ressources disponibles pour les oiseaux et les pollinisateurs ?
- Comment les espèces d'oiseaux interagissent-elles avec les haies ?

L'objectif final est de proposer des aménagements et des gestions futures pour les haies du site étudié.

2. Matériels et méthodes

2.1. Site d'étude

2.1.1. Localisation et délimitation de la zone d'intérêt

Le site d'étude se situe à Vieusart, sur la commune de Chaumont-Gistoux (50°40' N, 4°43'E) en Brabant wallon. Les parcelles concernées appartiennent au centre Alphonse de Marbaix, ferme expérimentale de l'Université catholique de Louvain. Installée en 1979, cette ferme possède 40 hectares de terres comprenant des prairies et des cultures. La superficie considérée est d'environ 7 hectares. Elle a été arbitrairement organisée en 4 « zones d'aménagement », les plus homogènes possibles, afin de faciliter les propositions d'aménagement pour l'amélioration des haies actuellement existantes. Ces zones sont caractérisées par une structure distincte et se trouvent en bordure des bâtiments de la ferme, en bordure de prairies, au sein de prairies ou à proximité du village de Vieusart. La figure 4 représente ces zones ainsi que les différentes haies qui ont fait l'objet d'inventaires, les photos correspondantes sont montrées à la figure 5. La définition choisie pour la notion de haies est la suivante : alignements d'arbres et/ou d'arbustes, de moins de 15 m de large, de plus de 10 m de long et dont l'espacement entre deux éléments ligneux est maximum de 5 m.

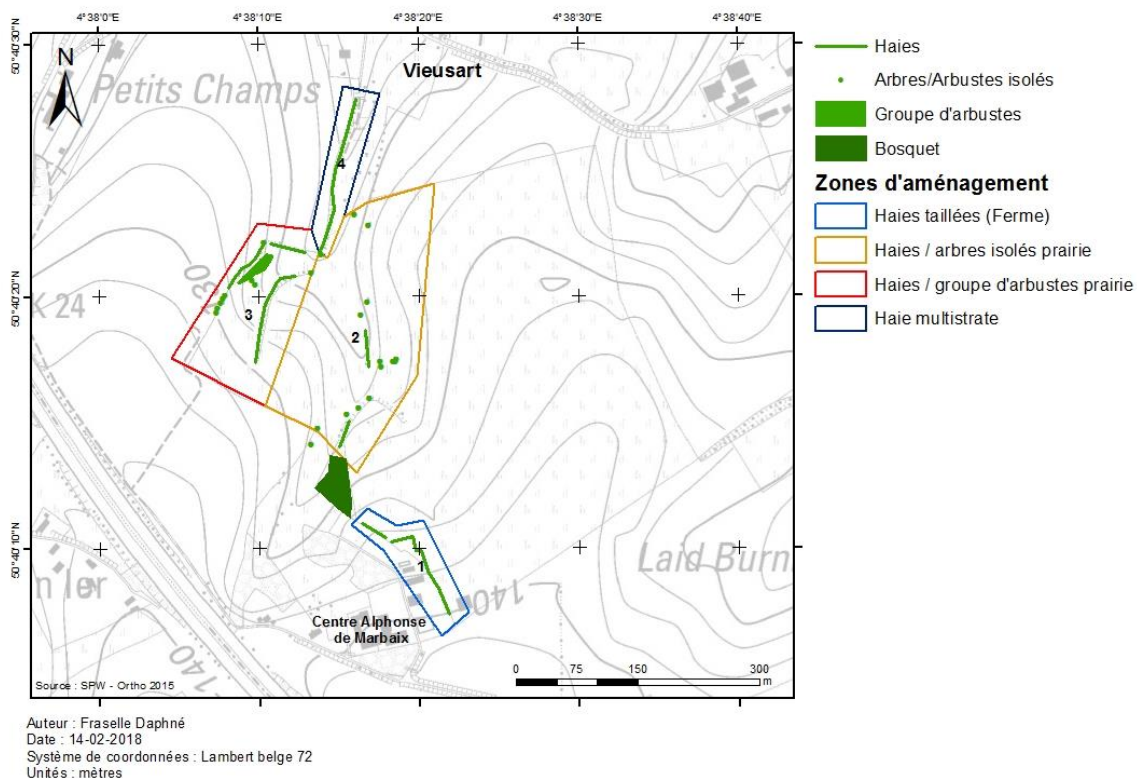


Figure 4. Localisation des zones d'aménagement dans le site d'étude et des haies/arbres isolés inventoriés.

(a)



(b)



(c)



(d)



Figure 5. Photos (a) d'une des deux haies taillées de la zone 1 en été, (b) des haies de la zone 2, dont l'une en été et en hiver (avec un bosquet à proximité) et l'autre uniquement en hiver, (c) de la zone 3 en été et en hiver composée de trois haies (de gauche à droite : haie majoritairement composée de prunelliers (*Prunus spinosa*), haie constituée surtout d'aubépine monogyne (*Crataegus monogyna*) et haie avec un groupe d'arbustes constitué de *Prunus spinosa* et de *Crataegus monogyna*) et (d) de la haie multistrata de la zone 4 en été et en hiver

La première zone (bleu clair) reprend une haie plantée en 2002 dans le cadre des MAE et taillée régulièrement, tous les ans ou une année sur deux, à une hauteur inférieure à deux mètres (fig. 4 et 5 (a)) ainsi qu'une autre haie taillée de façon moins intensive, toutes deux localisées à proximité de la ferme. La deuxième zone (en orange) comprend des arbres ou arbustes isolés ainsi que deux haies dont l'une est située à proximité d'un bosquet d'épicéas (*Picea abies*) et de merisiers (*Prunus avium*) (fig. 4 et 5 (b)). Cette zone se trouve dans une prairie pâturée par des bovins et ovins. A cet endroit, la prairie est en partie humide une bonne partie de l'année. Ensuite, la troisième zone (en rouge) est constituée d'une haie principalement composée de prunelliers (*Prunus spinosa*) dans la prairie pâturée, d'une haie d'aubépines (*Crataegus monogyna*) et d'une haie avec un groupe d'arbustes en bordure d'un champ (de pommes-de-terre en 2017) (fig. 4 et 5 (c)). Enfin, la dernière zone concerne une haie multistrate qui se situe à proximité des habitations de Vieusart, en bordure d'une prairie temporaire dont un côté est ensoleillé et l'autre ombragé (fig. 4 et 5 (d)). Les haies comprises dans les zones 2,3 et 4 sont anciennes (plus de 40 ans selon le propriétaire) et ne font l'objet d'aucun entretien. Seules les branches débordant sur la surface cultivée sont coupées et les arbres morts sont retirés. Ces haies étant anciennes, elles sont développées en largeur et présentent une discontinuité marquée par endroits. Les principales caractéristiques des quatre zones d'aménagement et les haies qu'elles contiennent sont résumées dans le tableau 1.

Tableau 1. Description générale des zones d'aménagement et types de haies associées

Zones d'aménagement	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
Localisation	Ferme	Prairie pâturée	Prairie pâturée et bordure d'un champ	Bordure d'une prairie temporaire
Longueur totale des haies (m)	190	85	240	160
Largeur moyenne des haies (m)	3	10	11,5	4
Types de haies	2 haies taillées régulièrement et récentes, principalement monostrates	Haies arborescentes et arbustives anciennes	Haies arborescentes et arbustives anciennes	Haie multistrate ancienne
Éléments associés aux haies	/	Talus	Talus	Talus

2.1.2. Pédologie

Les sols qui caractérisent le site sont limoneux à drainage naturel favorable et sont plus précisément de types Aba et Abp selon la Carte Numérique des Sols de Wallonie (CNSW). Ces deux types signifient respectivement sol limoneux à drainage naturel favorable et à horizon B textural et sol sur limon à drainage naturel favorable.

2.2. Récolte de données

2.2.1. Prise de mesures dans les haies

2.2.1.1. Identification des espèces ligneuses et évaluation de leur volume de couronne

Lors des mois de juillet et août 2017, des inventaires ont été réalisés sur le terrain afin d'identifier toutes les espèces présentes. Pour les haies, la longueur totale et la largeur ont été mesurées. En ce qui concerne les arbustes dans les haies, des mesures de la hauteur du houppier (h), de la hauteur totale ($htot$), de la largeur (l) et de la profondeur (p) du houppier ont été effectuées après l'identification des espèces (fig. 6).

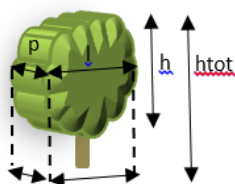


Figure 6. Méthode de mesure des dimensions ($l \times h \times p$) pour un arbuste ou un arbre

L'instrument utilisé pour ces mesures est le vertex IV (Haglöf SWEDEN). Celui-ci est composé du dendromètre, appareil qui réalise les mesures et réceptionne les ultrasons et le transpondeur, qui est l'émetteur. Le transpondeur a été placé à une hauteur de 1,3 m du sol par défaut. La hauteur est déterminée suivant un principe trigonométrique, en utilisant les mesures d'une distance et de deux angles. La distance est, quant à elle, calculée selon le temps mis par des ultrasons pour se déplacer du transpondeur au dendromètre (Pauwels, 2001).

Les individus d'une même espèce ont été regroupés s'ils suivaient une structure similaire pour éviter de mesurer individuellement chaque arbuste. En effet, certains d'entre eux se chevauchaient, les dimensions individuelles étaient donc difficilement mesurables avec précision. Pour les arbres isolés ou situés dans les haies, la largeur, les hauteurs et la profondeur ont également été mesurées (fig. 6), ainsi que la circonférence pour certains d'entre eux.

L'origine des espèces ligneuses a ensuite été identifiée. Ainsi, une espèce est considérée comme indigène si elle est présente naturellement dans le territoire wallon ou si elle a été introduite anciennement, c'est-à-dire avant 1500. Une espèce est par contre exotique, si sa présence est liée à une introduction volontaire ou involontaire de l'homme sur le territoire hors de son aire de distribution naturelle. Les cultivars ont été repris dans cette définition. Enfin, une espèce exotique est envahissante si son implantation et sa propagation menacent les écosystèmes, les habitats ou les espèces indigènes avec des conséquences écologiques, économiques ou sanitaires négatives (UICN, 2000 ; Vanderhoeven et al., 2007). Le type de pollinisation, anémophile et/ou entomophile, a également été déterminé pour toutes les espèces inventoriées.

2.2.1.2. Identification des espèces herbacées et évaluation de leur recouvrement

La détermination des espèces herbacées présentes au pied des haies a également été réalisée durant les mois de juillet et d'août. Pour la dernière zone, comprenant la haie multistratée et pour laquelle la strate herbacée est bien développée, le pourcentage de recouvrement des herbacées a été évalué en considérant des tronçons les plus « uniformes » possibles. Ainsi, un tronçon a été délimité en se basant sur un même type de végétation et de structure rencontrés. Treize tronçons ont ainsi été considérés. Pour les autres zones, la strate herbacée était peu présente voire absente, dès lors l'estimation du recouvrement s'est réalisée sur l'entièreté des haies. Trois relevés ont donc été effectués au pied des haies de la zone 3 et deux dans les zones 1 et 2. Tous les tronçons ou haies sont représentés sur la carte reprise dans l'annexe A. Les espèces herbacées ont par ailleurs été regroupées en trois catégories : rudérale, forestière et prairiale. De la même manière que pour les espèces ligneuses, leur origine et leur type de pollinisation ont été identifiés.

2.2.1.3. Evaluation des ressources nourricières

Pour un certain nombre d'arbustes (entre 1 et 20) et d'espèces, le nombre de fleurs et/ou de fruits a été compté dans la mesure du possible. Les espèces pour lesquelles les fleurs ou inflorescences ont été comptées sont les suivantes : *Bryonia dioica*, *Prunus spinosa*, *Rubus* sp. et *Salix alba*. Le comptage du nombre de fleurs sur *Prunus spinosa* s'est effectué en avril 2017. Cependant pour les autres espèces, il a eu lieu en juillet-août 2017. Concernant le comptage du nombre de fruits, les espèces considérées ont été : *Corylus avellana*, *Crataegus monogyna*, *Prunus serotina*, *Prunus spinosa*, *Ribes rubrum*, *Rosa canina*, *Rubus* sp., *Salix alba* et *Sambucus nigra*.

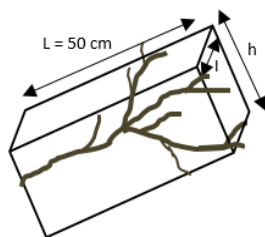


Figure 7. Méthode pour l'estimation du nombre de fleurs ou fruits par branche, avec L = longueur (cm), l = largeur (cm) et h = hauteur (cm)

Ainsi, pour chaque individu, trois branches (ou quatre) d'une longueur de 50 cm ont été considérées. Ensuite, pour chacune d'entre elles, leurs dimensions (l x h) ont été mesurées à l'aide d'un mètre pliant (fig. 7). Ceci permet donc d'obtenir un nombre de fleurs ou de fruits par m³ et ensuite d'extrapoler pour les volumes de chaque espèce ligneuse considérée. Les volumes pris en compte ici ne sont pas les volumes totaux, mais ceux « en périphérie » de couronne où l'on retrouve les fleurs et les fruits. Le comptage des fruits pour le sureau noir (*Sambucus nigra*) s'est réalisé en déterminant le nombre moyen d'infrutescences par branche et le nombre de fruits moyen par infrutescence. Pour ce faire, 18 infrutescences ont été sélectionnées aléatoirement. Pour le saule

blanc (*Salix alba*), 7 chatons femelles ont également été choisis au hasard et les fruits par chaton ont été comptés.

Les quantités de nectar et de pollen disponibles ont été recherchées dans la littérature. Connaissant le nombre de fleurs, il est possible de déterminer la quantité de ressources au total. Cependant, il existe actuellement encore peu de données à ce sujet, en particulier pour le pollen.

2.2.2. Suivi de l'avifaune

D'octobre 2017 à février 2018, un suivi des migrateurs et des hivernants a été réalisé, une fois par mois, en travaillant par classe d'abondance. Puis, en mars 2018, deux relevés des oiseaux nicheurs ont été effectués, le 14 et le 31, suivant la même méthode. Deux inventaires ont été réalisés, car les oiseaux nicheurs n'étaient pas encore présents au début mars. Cependant, peu d'espèces nicheuses ont finalement été observées à la fin du mois. L'identification et la détermination de l'abondance des oiseaux ont été réalisées sur l'ensemble du site d'étude, à l'exception des haies taillées (zone 1) attirant peu d'espèces d'oiseaux. En tout, six classes d'abondance ont ainsi été définies (tab. 2). Cette méthode a été préférée à un comptage individuel, car elle limite le biais lié au double comptage. Les observations se sont effectuées en parcourant à pied l'ensemble du site pendant 2 heures maximum en matinée, entre 9h30 et 11h30, et en notant les oiseaux vus ou entendus. Ceux-ci ont également été localisés sur le site, dans la mesure du possible, permettant de connaître les haies, les espèces d'arbustes ainsi que la ou les strates fréquentées. Les individus qui ne faisaient que survoler le site sans utiliser les haies n'ont pas été pris en compte. Deux espèces qui ont été observées en septembre avant le début de l'inventaire ont été rajoutées à la liste, car elles n'ont plus été détectées par la suite ; la mésange noire (*Periparus ater*) et la fauvette à tête noire (*Sylvia atricapilla*).

Tableau 2. Classes des indices d'abondance

Indice d'abondance	Nombre d'individus
I	1-5
II	6-10
III	11-20
IV	21-50
V	50-100
VI	100-200

2.3. Traitement et analyse des données

2.3.1. Relevés de végétation

2.3.1.1. Volumes et ressources

Pour chaque espèce ligneuse et pour chaque zone, la somme des volumes a été effectuée. Pour les herbacées, le recouvrement moyen sur l'ensemble des tronçons ou des haies, selon les zones, a été pris en compte. Ainsi, le pourcentage de recouvrement pour chacune des espèces est connu et les quatre zones ont pu être comparées au niveau de la strate herbacée, arbustive et arborescente. Les strates ont été définies selon la hauteur de végétation. Ainsi, la strate herbacée a été considérée en dessous de 1,5 m, la strate arbustive jusque 5 m et enfin, la strate arborescente au-delà de 5 m de hauteur. Ensuite, concernant les ressources, la moyenne du nombre de fleurs et/ou de fruits par m³ a été calculée, connaissant le nombre de fleurs et/ou de fruits par branche et le volume de chaque branche mesurée. Ces valeurs ont ainsi été extrapolées afin d'obtenir le nombre de fleurs et/ou de fruits potentiellement disponibles au total pour les espèces considérées. Pour le type de pollinisation, un test de Kruskal-Wallis a été réalisé avec le logiciel R (version 3.4.4.), en utilisant la fonction « `kruskal.test` », afin de déterminer si des différences significatives existent entre les 4 zones et les 3 strates. Le seuil de signification choisi pour la p-valeur est de 5%. Le script se trouve à l'annexe B.

2.3.1.2. Approche SIG

La position de toutes les espèces ligneuses présentes dans les haies a été cartographiée à l'aide du logiciel Arcmap 10.4. Pour faciliter leur représentation, des repères ont été relevés à l'aide d'un GPS Garmin sur le terrain. Ainsi, un point a été pris à chaque extrémité et plusieurs à l'intérieur des haies. Les coordonnées GPS des arbres ou arbustes isolés ont également été reprises. Les cartes représentent le houppier des espèces arbustives ou arborescentes et permettent de connaître la composition spécifique de chacune des zones. L'occupation du sol y est également représentée. Le support utilisé pour réaliser les cartes est un orthophotoplan de 2015 de la Wallonie.

2.3.1.3. Analyses statistiques : ACP

Une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée avec le logiciel PC-ORD 5. Il s'agit d'une méthode statistique qui permet d'analyser et de visualiser un jeu de données dit multivarié. Elle synthétise ainsi l'information qui y est contenue en seulement quelques nouvelles variables appelées composantes principales. Celle-ci a pour objectif de mettre en évidence les distinctions entre les quatre zones d'aménagement au niveau des espèces qui les composent. Pour ce faire, le recouvrement moyen connu pour chaque espèce dans chacune des

zones a été converti en coefficients de Braun-Blanquet, avant d'être remplacés par ceux de Van der Maarel (tab. 3).

Tableau 3. Transposition du recouvrement (exprimé en %) en coefficients d'abondance-dominance de Braun-Blanquet et de Van der Maarel

Recouvrement	Recouvrement moyen	Braun-Blanquet	Van der Maarel
> 75 %	87,5 %	5	9
50 - 75 %	62,5 %	4	8
25 - 50 %	37,5 %	3	7
5 - 25 %	15 %	2	5
< 5 %	3 %	1	3
< 10 individus	0,1 %	+	2

Un dendrogramme de Ward a également été réalisé, en choisissant la mesure de distance de Bray-Curtis. La méthode de Ward est une méthode d'agrégation cherchant à minimiser l'inertie intra-groupe et à maximiser l'inertie intergroupe afin d'obtenir des groupes qui soient les plus homogènes possibles. Le but de ce dendrogramme est d'observer si les zones ont tendance à se regrouper ou non.

2.3.2. Relevés des oiseaux

Deux réseaux bipartites de présence/absence ont été réalisés à l'aide du logiciel R (version 3.4.4.), en utilisant le package « bipartite » et la fonction « plotweb ». Le script se trouve dans l'annexe C. Ces réseaux ont pour objectif de visualiser les interactions entre les différentes composantes des haies et leurs espèces végétales avec les espèces d'oiseaux qui fréquentent le site. Un premier réseau a ainsi été effectué en vue de représenter les relations entre les espèces d'oiseaux et des éléments caractéristiques des haies ou relevant de l'occupation du sol. Les différentes composantes sont les suivantes : pied des haies, arbustes bas (jusqu'à 4 m de hauteur), arbustes hauts situés dans les haies ou isolés (jusqu'à 8 m de hauteur), arbres, prairie sol et prairie vol. Ces deux dernières reprennent les espèces observées en prairies, uniquement au sol ou en vol. Le deuxième réseau consiste à montrer les interactions entre certaines espèces d'oiseaux et les espèces végétales suivantes : *Prunus spinosa*, *Rosa canina*, *Crataegus monogyna*, *Salix alba*, *Prunus avium* et *Fraxinus excelsior*.

3. Résultats

3.1. Résultats de l'inventaire floristique

3.1.1. Analyse générale

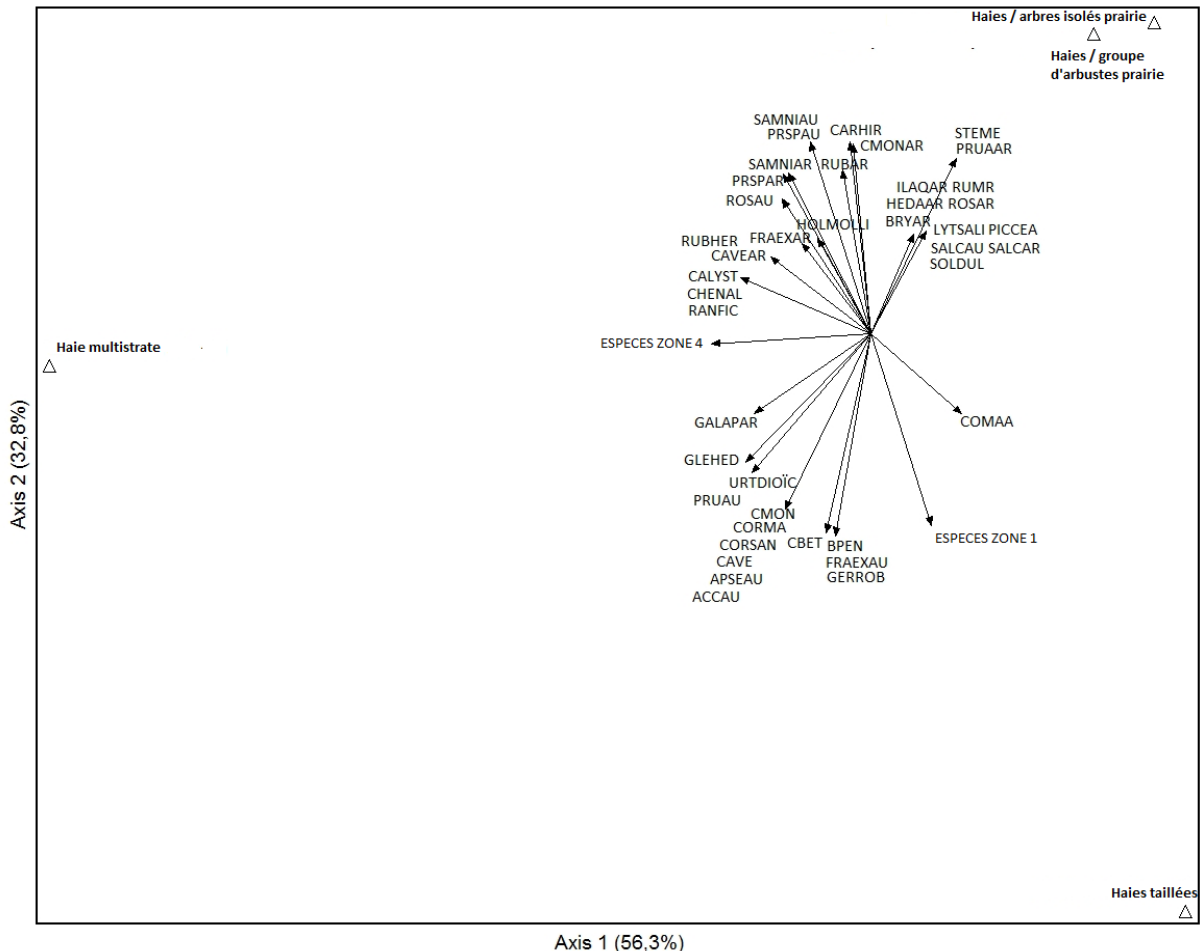


Figure 8. Projection des quatre zones (zone 1 : haies taillées, zone 2 : haies / arbres isolés prairie, zone 3 : haies / groupe d'arbustes prairie et zone 4 : haie multistrata) (triangles) et des espèces ligneuses et herbacées dans le premier plan factoriel de l'ACP.

Code des espèces reprises dans ESPECES ZONE 1 : ACOIAU, CONUT, CRAOV, EUOEUR, FAGSYLVA, ILAQAU, LIGVU, LIGSEMPE, MESGER, SALPEN, SALSALI, SALTRIA, SALVINI, SALSMIT, SORAU, TILEURO, ULM MUS et VIBOPU.

Code des espèces reprises dans ESPECES ZONE 4 : ACCAR, AEGPO, AESHIH, AESHIR, ALLPET, AGAV, APSER, BPENAU, BROSTE, BRYAU, BRYHER, CHEMAJ, CIRSAR, CMOH, COMAH, COVAR, DAGGLO, DRFILIX, EQUAR, FRAEXH, GEURBA, HEDAH, HERSP, JUGREGI, LAMGA, LONPERAU, LONPER, MYARV, POTSTE, PRSERAR, PRSERAU, PRSERH, PRSPH, PRULAU, QUEROAR, QUEROAU, QUEVELU, RIBRUB, ROBPSU, ROSHE, SALALB, SAMNIH, SONARV, SYMARP, TAXBAC, TRITIC, VERCHA, VERHED

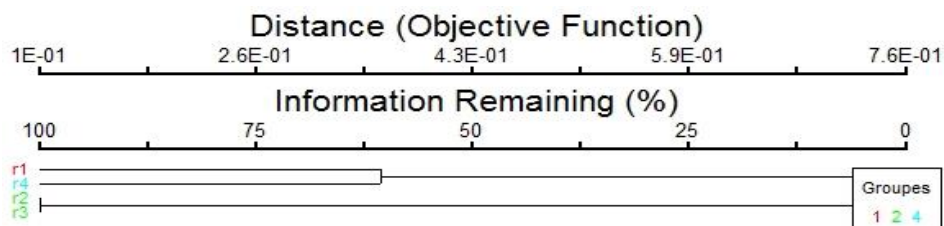


Figure 9. Dendrogramme selon la méthode de Ward et la mesure de distance de Bray-Curtis des 4 zones

Tableau 4. Code des espèces de l'ACP (figure 8)

Espèce	Code espèce	Espèce	Code espèce	Espèce	Code espèce
<i>Acer campestre arbo</i>	ACCAR	<i>Equisetum arvense</i>	EQUAR	<i>Quercus robur arbo</i>	QUEROAR
<i>Acer campestre arbu</i>	ACCAU	<i>Euonymus europaeus</i>	EUOEUR	<i>Quercus robur arbu</i>	QUEROAU
<i>Acer platanoides arbu</i>	ACOIAU	<i>Fagus sylvatica</i>	FAGSYLVA	<i>Quercus velutina</i>	QUEVELU
<i>Acer pseudoplatanus arbo</i>	APSER	<i>Fraxinus excelsior arbo</i>	FRAEXAR	<i>Ranunculus ficaria</i>	RANFIC
<i>Acer pseudoplatanus arbu</i>	APSEAU	<i>Fraxinus excelsior arbu</i>	FRAEXAU	<i>Ribes rubrum</i>	RIBRUB
<i>Aegopodium podagraria</i>	AEGPO	<i>Fraxinus excelsior herba</i>	FRAEXH	<i>Robinia pseudoacacia</i>	ROBPSEU
<i>Aesculus hippocastanum arbu</i>	AESHIR	<i>Galium aparine</i>	GALAPAR	<i>Rosa canina arbo</i>	ROSAR
<i>Aesculus hippocastanum herba</i>	AESHIH	<i>Geranium robertianum</i>	GERROB	<i>Rosa canina arbu</i>	ROSAU
<i>Alliaria petiolata</i>	ALLPET	<i>Geum urbanum</i>	GEURBA	<i>Rosa canina herba</i>	ROSHE
<i>Agave sp.</i>	AGAV	<i>Glechoma hederacea</i>	GLEHED	<i>Rubus sp. arbu</i>	RUBAR
<i>Betula pendula arbo</i>	BPEN	<i>Hedera helix arbo</i>	HEDAAR	<i>Rubus sp. herba</i>	RUBHER
<i>Betula pendula arbu</i>	BPENAU	<i>Hedera helix herba</i>	HEDAH	<i>Rumex obtusifolius</i>	RUMR
<i>Bromus sterilis</i>	BROSTE	<i>Heracleum sphondylium</i>	HERSP	<i>Salix alba</i>	SALALB
<i>Bryonia dioica arbo</i>	BRYAR	<i>Holcus mollis</i>	HOLMOLLI	<i>Salix caprea arbo</i>	SALCAR
<i>Bryonia dioica arbu</i>	BRYAU	<i>Ilex aquifolium arbo</i>	ILAQAR	<i>Salix caprea arbu</i>	SALCAU
<i>Bryonia dioica herba</i>	BRYHER	<i>Ilex aquifolium arbu</i>	ILAQAU	<i>Salix pendandra</i>	SALPEN
<i>Calystegia sepium</i>	CALYST	<i>Juglans regia</i>	JUGREGI	<i>Salix sachalinensis</i>	SALSALI
<i>Cardamine hirsuta</i>	CARHIR	<i>Lamium galeobdolon</i>	LAMGA	<i>Salix triandra</i>	SALTRIA
<i>Carpinus betulus</i>	CBET	<i>Ligustrum vulgare</i>	LIGVU	<i>Salix viminalis</i>	SALVINI
<i>Chelidonium majus</i>	CHEMAJ	<i>Ligustrum vulgare cv sempervirens</i>	LIGSEMPE	<i>Salix x smithiana</i>	SALSMIT
<i>Chenopodium album</i>	CHENAL	<i>Lonicera periclymenum arbu</i>	LONPERAU	<i>Sambucus nigra arbo</i>	SAMNIAR
<i>Cirsium arvense</i>	CIRSAR	<i>Lonicera periclymenum herba</i>	LONPER	<i>Sambucus nigra arbu</i>	SAMNIAU
<i>Convolvulus arvensis</i>	COVAR	<i>Lythrum salicaria</i>	LYTSALI	<i>Sambucus nigra herba</i>	SAMNIH
<i>Cornus mas arbu</i>	COMAA	<i>Mespilus germanica</i>	MESGER	<i>Solanum dulcamara</i>	SOLDUL
<i>Cornus mas herba</i>	COMAH	<i>Myosotis arvensis</i>	MYARV	<i>Sonchus arvensis</i>	SONARV
<i>Cornus nuttallii</i>	CONUT	<i>Picea abies</i>	PICCEA	<i>Sorbus aucuparia</i>	SORAU
<i>Cornus sanguinea</i>	CORSAN	<i>Potentilla sterilis</i>	POTSTE	<i>Stellaria media</i>	STEME
<i>Corylus avellana arbo</i>	CAVEAR	<i>Prunus avium arbo</i>	PRUAAR	<i>Symphoricarpos albus</i>	SYMARP
<i>Corylus avellana arbu</i>	CAVE	<i>Prunus avium arbu</i>	PRUAU	<i>Taxus baccata</i>	TAXBAC
<i>Corylus maxima</i>	CORMA	<i>Prunus laurocerasus</i>	PRULAU	<i>Tilia x europaea</i>	TILEURO
<i>Crataegus monogyna arbo</i>	CMONAR	<i>Prunus serotina arbo</i>	PRSERAR	<i>Triticum sp.</i>	TRITIC
<i>Crataegus monogyna arbu</i>	CMON	<i>Prunus serotina arbu</i>	PRSERAU	<i>Ulmus minor</i>	ULMMUS
<i>Crataegus monogyna herba</i>	CMOH	<i>Prunus serotina herba</i>	PRSERH	<i>Urtica dioica</i>	URTDIOÏC
<i>Crataegus x ovalis</i>	CRAOV	<i>Prunus spinosa arbo</i>	PRSPAR	<i>Veronica chamaedrys</i>	VERCHA
<i>Dactylis glomerata</i>	DACGLO	<i>Prunus spinosa arbu</i>	PRSPAU	<i>Veronica hederifolia</i>	VERHED
<i>Dryopteris filix-mas</i>	DRFILIX	<i>Prunus spinosa herba</i>	PRSPH	<i>Viburnum opulus</i>	VIBOPU

Le pourcentage de variance expliquée par les deux premiers axes de l'analyse en composantes principales (ACP) est de 89,1% (l'axe 1 explique 56,3% et l'axe 2 explique 32,8% de la variance) (fig. 8). Cette analyse distingue en termes de composition en espèces la zone 4, comprenant la haie multistrate, de la zone 1, avec les haies taillées. Au total, 31 espèces (strates non comprises) ne sont retrouvées que dans la haie multistrate telles que le lamier jaune (*Lamium galeobdolon*). Ensuite, 17 espèces (strates non comprises) ne sont également retrouvées que dans les haies taillées comme le troène commun (*Ligustrum vulgare*). La haie multistrate est par ailleurs la seule haie où l'on peut noter de la régénération de ligneux, de par la présence de plantules notamment d'aubépine monogyne (*Crataegus monogyna*) et de sureau noir (*Sambucus nigra*). Seules deux espèces herbacées sont communes aux zones 1 et 4 ; le géranium herbe à Robert (*Geranium robertianum*) et le lierre terrestre (*Glechoma hederacea*). Ces deux zones sont à leur tour distinguées de celles comprises dans la prairie pâturée. En effet, les zones 2 et 3 sont regroupées ensemble (fig. 9), deux espèces leur étant uniquement communes (fig. 8). Il s'agit de de la stellaire intermédiaire (*Stellaria media*) et du merisier en strate arborescente (*Prunus avium arbo*). Une seule espèce se trouve à la fois dans la zone 1 et dans la zone 3, il s'agit du cornouiller mâle (*Cornus mas*) en strate arbustive. Par contre, la zone 4 et les zones 2 et 3 ont plusieurs espèces en commun dont la cardamine hirsute (*Cardamine hirsuta*) et des espèces se trouvant dans la strate arborescente comme *Crataegus monogyna* et *Sambucus nigra* (fig. 8).

3.1.2. Composition floristique

3.1.2.1. Haies taillées près des bâtiments de la ferme (zone 1)

Tableau 5. Composition en espèces, volume ligneux exprimé en m³ et en % du total, recouvrement moyen herbacé exprimé en %, origine (indigène ou exotique) des espèces, type d'espèces herbacées (prairiales, forestières, rudérales) et type(s) de pollinisation (anémophile, entomophile) pour les trois strates (arborescente, arbustive et herbacée) de la zone 1

Strates	Volume ligneux (m ³)	Volume ligneux (%)	Recouvrement moyen herbacé (%)	Origine (indigène : I, exotique : E)	Type d'herbacée (prairiale : P, forestière : F, ou rudérale : R)	Type(s) de pollinisation (entomophile : E, anémophile : A)
Strate arborescente						
Hauteur moyenne (m)	7,8					
Recouvrement (%)	10					
Strate arbustive						
Hauteur moyenne (m)	1,9					
Recouvrement (%)	95					
Strate herbacée						
Hauteur moyenne (m)	0,7					
Recouvrement (%)	30					
Strate arborescente						
<i>Betula pendula</i>	222,5	100		I		A
Strate arbustive						
<i>Acer campestre</i>	23,5	3,7		I		E
<i>Acer platanoides</i>	14,4	2,3		I		E
<i>Acer pseudoplatanus</i>	2,4	3,8		I		E
<i>Carpinus betulus</i>	9,9	1,6		I		A
<i>Cornus mas</i>	11,5	1,8		I		E
<i>Cornus nuttallii</i>	8,4	1,3		E		E
<i>Cornus sanguinea</i>	21,5	3,4		I		E
<i>Corylus</i> spp.	55,7	8,8				A
<i>Corylus avellana</i>				I		A
<i>Corylus maxima</i>				E		A
<i>Crataegus monogyna</i>	62,8	9,9		I		E
<i>Crataegus x ovalis</i> *	0,8	0,01		E		E
<i>Euonymus europaeus</i>	1,9	0,3		I		E
<i>Fagus sylvatica</i>	14,3	2,3		I		A
<i>Fraxinus excelsior</i>	99,8	15,8		I		A
<i>Ilex aquifolium</i>	0,7	0,1		I		E
<i>Ligustrum vulgare</i>	3,7	0,6		I		E
<i>Ligustrum vulgare cv sempervirens</i>	14,1	2,2		E		E
<i>Mespilus germanica</i>	11,3	1,8		I		E
<i>Prunus avium</i>	0,6	0,1		I		E
<i>Prunus spinosa</i>	8,8	1,4		I		E
<i>Salix</i> spp.	186,6	29,5				E, (A)
<i>Salix pentandra</i>				E		E, (A)
<i>Salix sachalinensis</i>				E		E, (A)
<i>Salix triandra</i>				I		E, (A)
<i>Salix viminalis</i>				I		E, (A)
<i>Salix x smithiana</i>				E		E, (A)
<i>Sambucus nigra</i>	6,2	0,9		I		E
<i>Sorbus aucuparia</i>	1,1	0,2		I		E
<i>Tilia x europaea</i>	1,2	0,2		I		E
<i>Ulmus minor</i>	54	8,5		I		A
<i>Viburnum opulus</i>	18	2,8		I		E
Strate herbacée						
<i>Galium aparine</i>			5,8	I	R	E
<i>Geranium robertianum</i>			7,5	I	R	E
<i>Glechoma hederacea</i>			3,5	I	F	E
<i>Urtica dioica</i>			30	I	R	A

* Aussi connue sous le nom de *Crataegus oxyacantha* Rosea plena

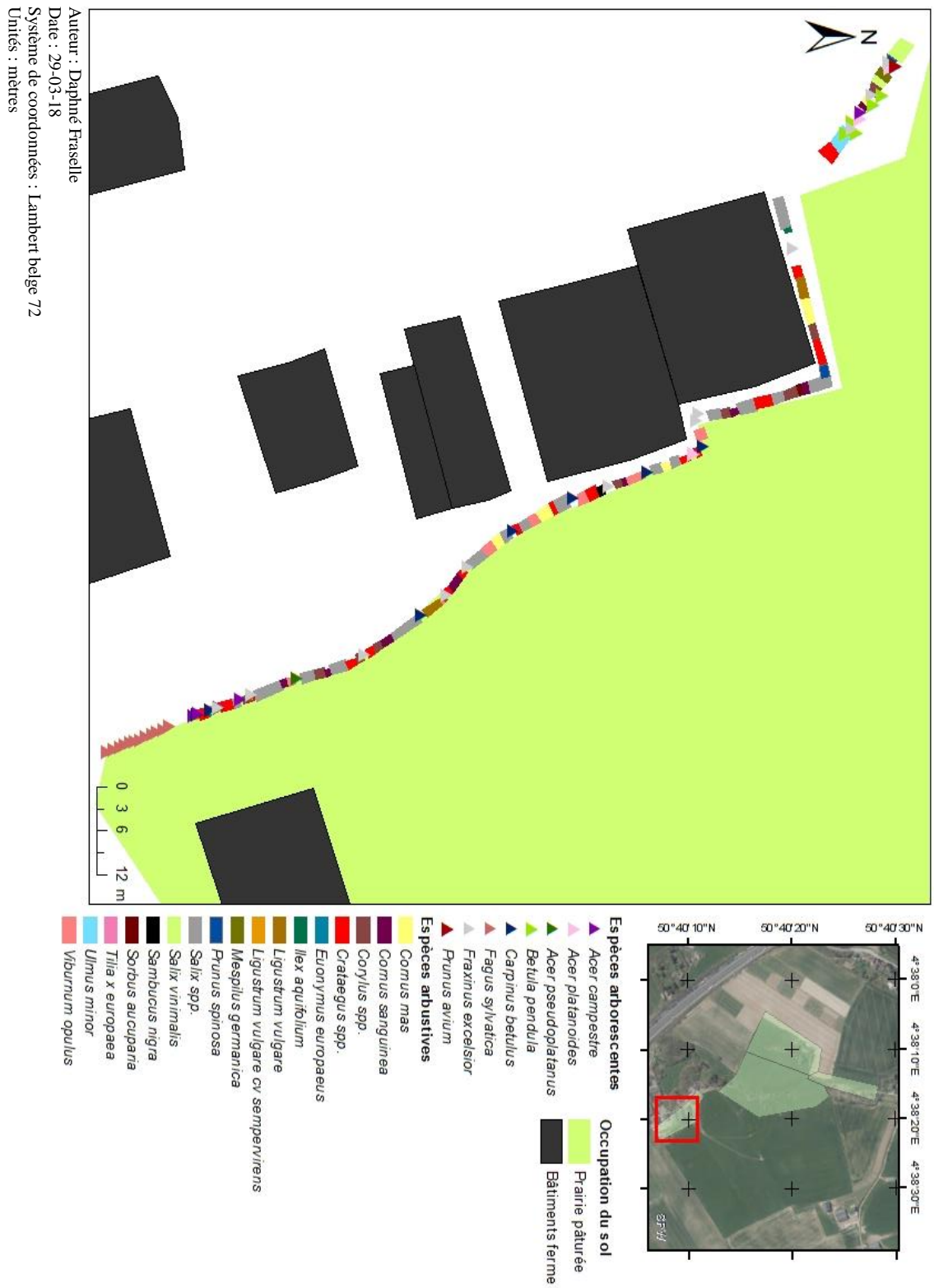


Figure 10. Composition en espèces ligneuses et occupation du sol en 2017 de la zone 1

Au total, 35 espèces ont été inventoriées dans la zone 1 comprenant 7 espèces exotiques. La strate arborescente n'est constituée que d'une seule espèce, le bouleau verruqueux (*Betula pendula*). Les saules (*Salix* spp.) représentent près de 30% de la composition de la strate arbustive et sont suivis par le frêne (*Fraxinus excelsior*), représentant 16% du volume total. Finalement, la strate herbacée est surtout représentée par l'ortie dioïque (*Urtica dioica*) avec un recouvrement de 30% (tab. 5). Certaines espèces ont été regroupées par genre, car soit elles n'ont pas toujours été distinguées entre elles (*Corylus* spp.) ou elles n'ont pas été identifiées directement (*Salix* spp.).

3.1.2.2. Haies et arbres isolés dans la prairie pâturée (zone 2)

Tableau 6. Composition en espèces, volume ligneux exprimé en m³ et en % du total, recouvrement moyen herbacé exprimé en %, origine (indigène ou exotique) des espèces, type d'espèces herbacées (prairiales, forestières, rudérales) et type(s) de pollinisation (anémophile, entomophile) pour les trois strates (arborescente, arbustive et herbacée) de la zone 2

Strates	Volume ligneux (m ³)	Volume ligneux (%)	Recouvrement moyen herbacé (%)	Origine (indigène : I, exotique : E)	Type d'herbacée (prairiale : P, forestière : F, ou rudérale : R)	Type(s) de pollinisation (entomophile : E, anémophile : A)
Strate arborescente						
Hauteur moyenne (m)	7,3					
Recouvrement (%)	80					
Strate arbustive						
Hauteur moyenne (m)	3,5					
Recouvrement (%)	30					
Strate herbacée						
Hauteur moyenne (m)	0,5					
Recouvrement (%)	25					
Strate arborescente						
<i>Crataegus monogyna</i>	5556,8	67,6		I		E
<i>Picea abies</i>	312,5	3,8		E		A
<i>Prunus avium</i>	1050	12,8		I		E
<i>Prunus spinosa</i>	217,2	2,6		I		E
<i>Salix caprea</i>	623	7,6		I		E, (A)
<i>Sambucus nigra</i>	458,6	5,6		I		E
Strate arbustive						
<i>Crataegus monogyna</i>	34,6	4,3		I		E
<i>Prunus spinosa</i>	430,9	52,9		I		E
<i>Rosa canina</i>	122,3	15,03		I		E
<i>Rubus</i> sp.	109,8	13,5		I		E
<i>Salix caprea</i>	65	7,9		I		E, (A)
<i>Sambucus nigra</i>	49,4	6,1		I		E
<i>Solanum dulcamara</i>	1,5	0,2		I	R	E
Strate herbacée						
<i>Cardamine hirsuta</i>			10	I	R	E
<i>Lythrum salicaria</i>			0,5	I	P	E
<i>Stellaria media</i>			10	I	R	E
<i>Urtica dioica</i>			35	I	R	A

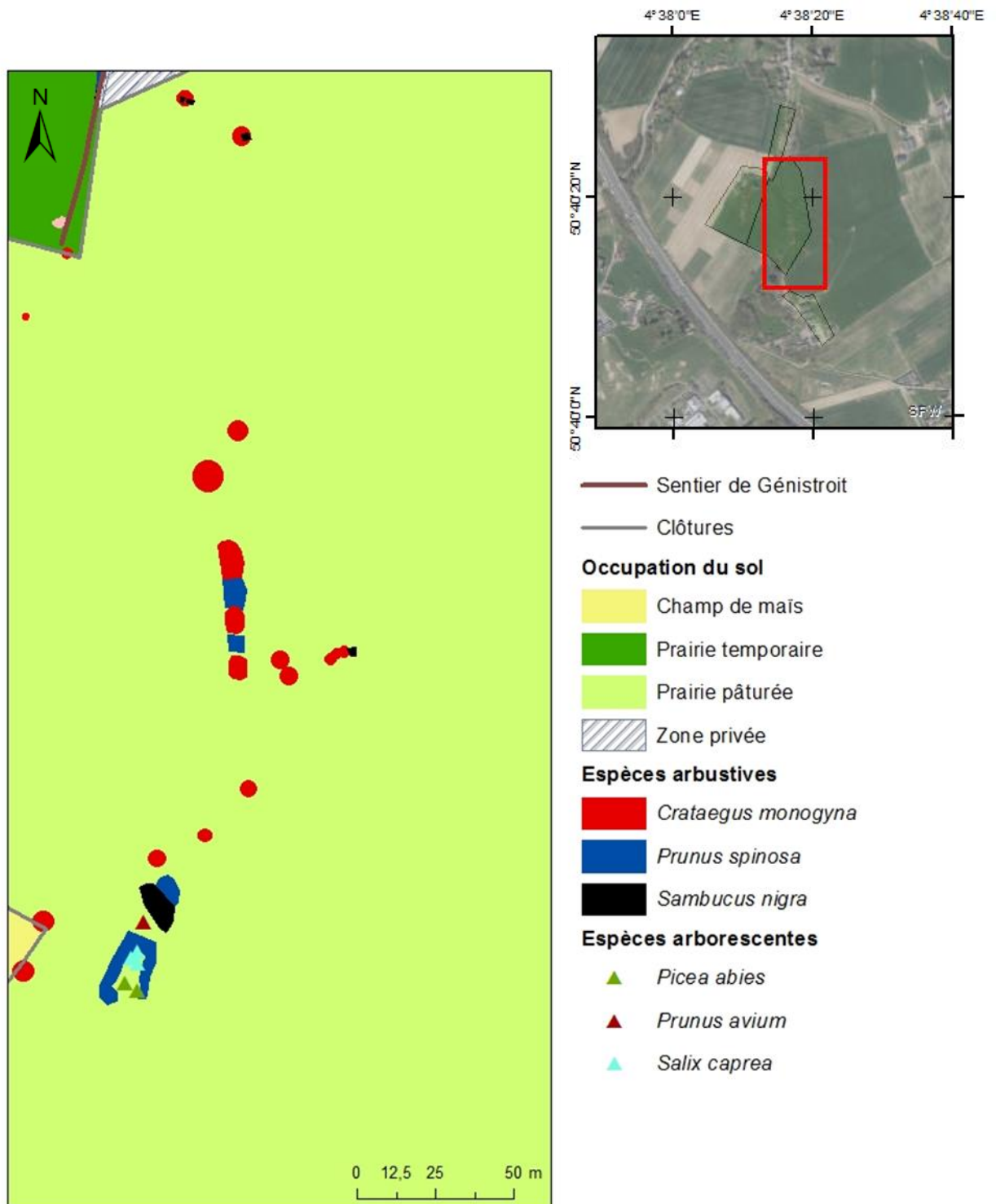


Figure 11. Composition en espèces ligneuses et occupation du sol en 2017 de la zone 2

La zone 2 comprend un total de 13 espèces, dont une seule espèce est exotique, l'épicéa commun (*Picea abies*). La strate arborescente est majoritairement dominée par l'aubépine monogyne (*Crataegus monogyna*), qui représente environ 68% du volume total, alors que la strate arbustive est dominée par le prunellier (*Prunus spinosa*) avec près de 53%. La strate herbacée n'est représentée que par quatre espèces et principalement par l'ortie dioïque (*Urtica dioica*) (tab. 6). La zone privée (fig. 11) correspond à une parcelle n'appartenant pas à la ferme de Marbaix.

3.1.2.3. Haies et groupe d'arbustes dans la prairie pâturée (zone 3)

Tableau 7. Composition en espèces, volume ligneux exprimé en m³ et en % du total, recouvrement moyen herbacé exprimé en %, origine (indigène ou exotique) des espèces, type d'espèces herbacées (prairiales, forestières, rudérales) et type(s) de pollinisation (anémophile, entomophile) pour les trois strates (arborescente, arbustive et herbacée) de la zone 3

Strates	Volume ligneux (m ³)	Volume ligneux (%)	Recouvrement moyen herbacé (%)	Origine (indigène : I, exotique : E)	Type d'herbacée (prairiale : P, forestière : F, ou rudérale : R)	Type(s) de pollinisation (entomophile : E, anémophile : A)
Strate arborescente						
Hauteur moyenne (m)	8					
Recouvrement (%)	70					
Strate arbustive						
Hauteur moyenne (m)	3,7					
Recouvrement (%)	30					
Strate herbacée						
Hauteur moyenne (m)	0,5					
Recouvrement (%)	25					
Strate arborescente						
<i>Bryonia dioica</i>	7,5	0,03		I	F	E
<i>Corylus avellana</i>	1757,7	7,04		I		A
<i>Crataegus monogyna</i>	5860,06	23,5		I		E
<i>Fraxinus excelsior</i>	10764	43,1		I		A
<i>Hedera helix</i>	2	0,01		I		E
<i>Ilex aquifolium</i>	126	0,5		I		E
<i>Prunus avium</i>	4851,2	19,4		I		E
<i>Prunus spinosa</i>	1418,05	5,7		I		E
<i>Rosa canina</i>	5	0,02		I		E
<i>Sambucus nigra</i>	175,4	0,7		I		E
Strate arbustive						
<i>Prunus spinosa</i>	3043,3	91,8		I		E
<i>Sambucus nigra</i>	185,9	5,6		I		E
<i>Crataegus monogyna</i>	46,5	1,4		I		E
<i>Cornus mas</i>	32,5	0,9		I		E
<i>Rubus</i> sp.	3,8	0,1		I		E
<i>Rosa canina</i>	2,1	0,06		I		E
Strate herbacée						
<i>Calystegia sepium</i>			0,6	I	R	E
<i>Cardamine hirsuta</i>			4	I	R	E
<i>Chenopodium album</i>			0,6	I	R	A
<i>Galium aparine</i>			1,3	I	R	E
<i>Holcus mollis</i>			6,7	I	P	A
<i>Ranunculus ficaria</i>			0,6	I	F	E
<i>Rubus</i> sp.			14	I		E
<i>Rumex obtusifolius</i>			0,3	I	R	A
<i>Stellaria media</i>			14	I	R	E
<i>Urtica dioica</i>			33	I	R	A
<i>Veronica chamaedrys</i>			3,3	I	P	E

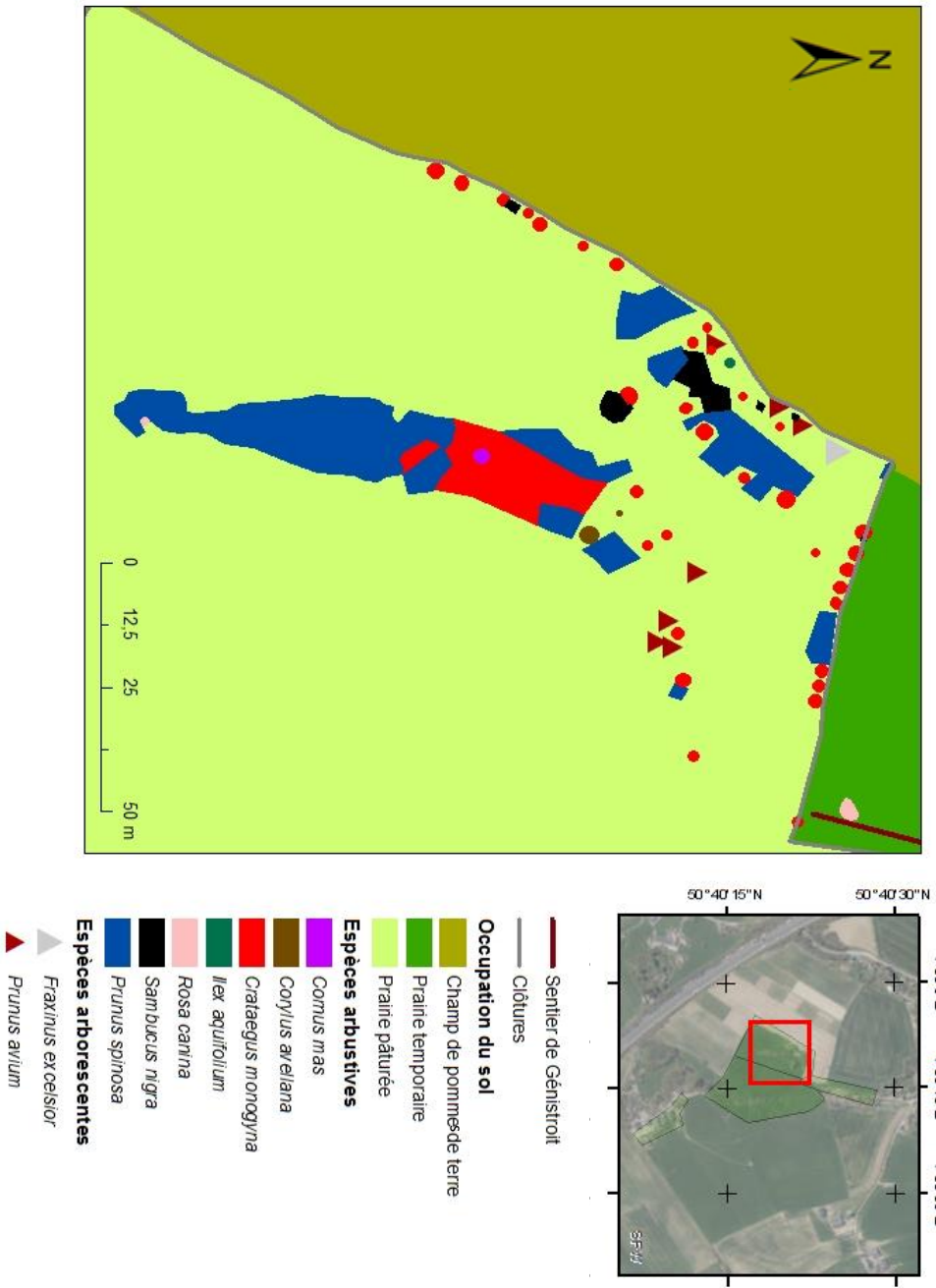


Figure 12. Composition en espèces ligneuses et occupation du sol en 2017 de la zone 3

Dans la zone 3, 22 espèces ont été identifiées, toutes ces espèces étant indigènes. L'espèce qui représente l'essentiel de la strate arborescente est le frêne (*Fraxinus excelsior*), suivi de l'aubépine monogyne (*Crataegus monogyna*). Le prunellier (*Prunus spinosa*) occupe principalement la strate arbustive, avec plus de 90% du volume total. La strate herbacée est également dominée par l'ortie dioïque (*Urtica dioica*) (tab. 7).

3.1.2.4. Haie multistrate près des habitations de Vieuxart (zone 4)

Tableau 8. Composition en espèces, volume ligneux exprimé en m³ et en % du total, recouvrement moyen herbacé exprimé en %, origine (indigène ou exotique) des espèces, type d'espèces herbacées (prairiales, forestières, rudérales) et type(s) de pollinisation (anémothile, entomophile) pour les trois strates (arborescente, arbustive et herbacée) de la zone 4

Strates	Volume ligneux (m ³)	Volume ligneux (%)	Recouvrement moyen herbacé (%)	Origine (indigène : I, exotique : E)	Type d'herbacée (prairiale : P, forestière : F, ou rudérale : R)	Type(s) de pollinisation (entomophile : E, anémophile : A)
Strate arborescente						
Hauteur moyenne (m)	6,4					
Recouvrement (%)		40				
Strate arbustive						
Hauteur moyenne (m)	3,4					
Recouvrement (%)		90				
Strate herbacée						
Hauteur moyenne (m)	0,7					
Recouvrement (%)		80				
Strate arborescente						
<i>Acer campestre</i>	53,2	2,5		I		E
<i>Acer pseudoplatanus</i>	143,8	6,7		I		E
<i>Betula pendula</i>	30	1,4		I		A
<i>Corylus avellana</i>	133,6	6,2		I		A
<i>Crataegus monogyna</i>	278,4	12,9		I		E
<i>Fraxinus excelsior</i>	157,5	7,3		I		A
<i>Prunus serotina</i>	75,1	3,5		E		E
<i>Prunus spinosa</i>	295,5	13,7		I		E
<i>Quercus robur</i>	19	0,9		I		A
<i>Quercus velutina</i>	29,7	1,4		E		A
<i>Robinia pseudoacacia</i>	130,3	6,06		E		E
<i>Salix alba</i>	430,1	19,9		I		E, (A)
<i>Sambucus nigra</i>	375,4	17,4		I		E
Strate arbustive						
<i>Acer campestre</i>	31,5	2,6		I		E
<i>Acer pseudoplatanus</i>	28,7	2,4		I		E
<i>Aesculus hippocastanum</i>	22,3	1,8		E		E
<i>Betula pendula</i>	0,5	0,04		I		A
<i>Bryonia dioica</i>	0,5	0,04		I	F	E
<i>Carpinus betulus</i>	0,8	0,06		I		A
<i>Cornus sanguinea</i>	48,4	4,01		I		A
<i>Corylus avellana</i>	43,5	3,4		I		A
<i>Corylus maxima</i>	3,8	0,3		E		A
<i>Crataegus monogyna</i>	176,4	14,6		I		E
<i>Fraxinus excelsior</i>	8,1	0,7		I		A
<i>Juglans regia</i>	17,8	1,5		I		A
<i>Lonicera periclymenum</i>	0,2	0,01		I		E
<i>Prunus avium</i>	5,3	0,4		I		E
<i>Prunus laurocerasus</i>	0,6	0,05		E		E
<i>Prunus serotina</i>	21,3	1,8		E		E
<i>Prunus spinosa</i>	569,7	47,1		I		E
<i>Quercus robur</i>	10	0,8		I		A
<i>Ribes rubrum</i>	2,2	0,2		I		E
<i>Rosa canina</i>	60,4	5		I		E

<i>Rubus</i> sp.	25	2,07	I		E
<i>Sambucus nigra</i>	132,5	10,9	I		E
<i>Symphoricarpos albus</i>	1,1	0,09	E		E
<i>Taxus baccata</i>	1,4	0,1	I		A
Strate herbacée					
<i>Aegopodium podagraria</i>		6,3	I	R	E
<i>Aesculus hippocastanum</i>		0,2	E	R	E
<i>Agave</i> sp.		0,4	E		
<i>Alliaria petiolata</i>		0,08	I	F	E
<i>Bromus sterilis</i>		0,8	I	R	A
<i>Bryonia dioica</i>		1,5	I	F	E
<i>Calystegia sepium</i>		0,9	I	R	E
<i>Cardamine hirsuta</i>		2,8	I	R	E
<i>Chelidonium majus</i>		1,7	I	R	E
<i>Chenopodium album</i>		2,7	I	R	A
<i>Cirsium arvense</i>		0,08	I	R	E
<i>Convolvulus arvensis</i>		7,8	I	R	E
<i>Cornus mas</i>		0,2	I		E
<i>Crataegus monogyna</i>		0,5	I		E
<i>Dactylis glomerata</i>		0,2	I	R	A
<i>Dryopteris filix-mas</i>		2,5	I	F	
<i>Equisetum arvense</i>		0,9	I	R	
<i>Fraxinus excelsior</i>		0,2	I		A
<i>Galium aparine</i>		9,5	I	R	E
<i>Geranium robertianum</i>		0,6	I	R	E
<i>Geum urbanum</i>		0,9	I	R	E
<i>Glechoma hederacea</i>		5,9	I	F	E
<i>Hedera helix</i>		0,2	I		E
<i>Heracleum sphondylium</i>		5,8	I	R	E
<i>Holcus mollis</i>		1,3	I	P	A
<i>Lamium galeobdolon</i>		2,3	I	F	E
<i>Lonicera periclymenum</i>		0,4	I		E
<i>Myosotis arvensis</i>		0,2	I	R	E
<i>Potentilla sterilis</i>		0,2	I	F	E
<i>Prunus serotina</i>		0,9	E		E
<i>Prunus spinosa</i>		0,08	I		E
<i>Ranunculus ficaria</i>		1,5	I	F	E
<i>Rosa canina</i>		0,2	I		E
<i>Rubus</i> sp.		11	I		E
<i>Sambucus nigra</i>		0,2	I		E
<i>Sonchus arvensis</i>		0,4	I	R	E
<i>Triticum</i> sp.		0,08	I		A
<i>Urtica dioica</i>		63,1	I	R	A
<i>Veronica chamaedrys</i>		0,3	I	P	E
<i>Veronica hederifolia</i>		5,4	I	F	E

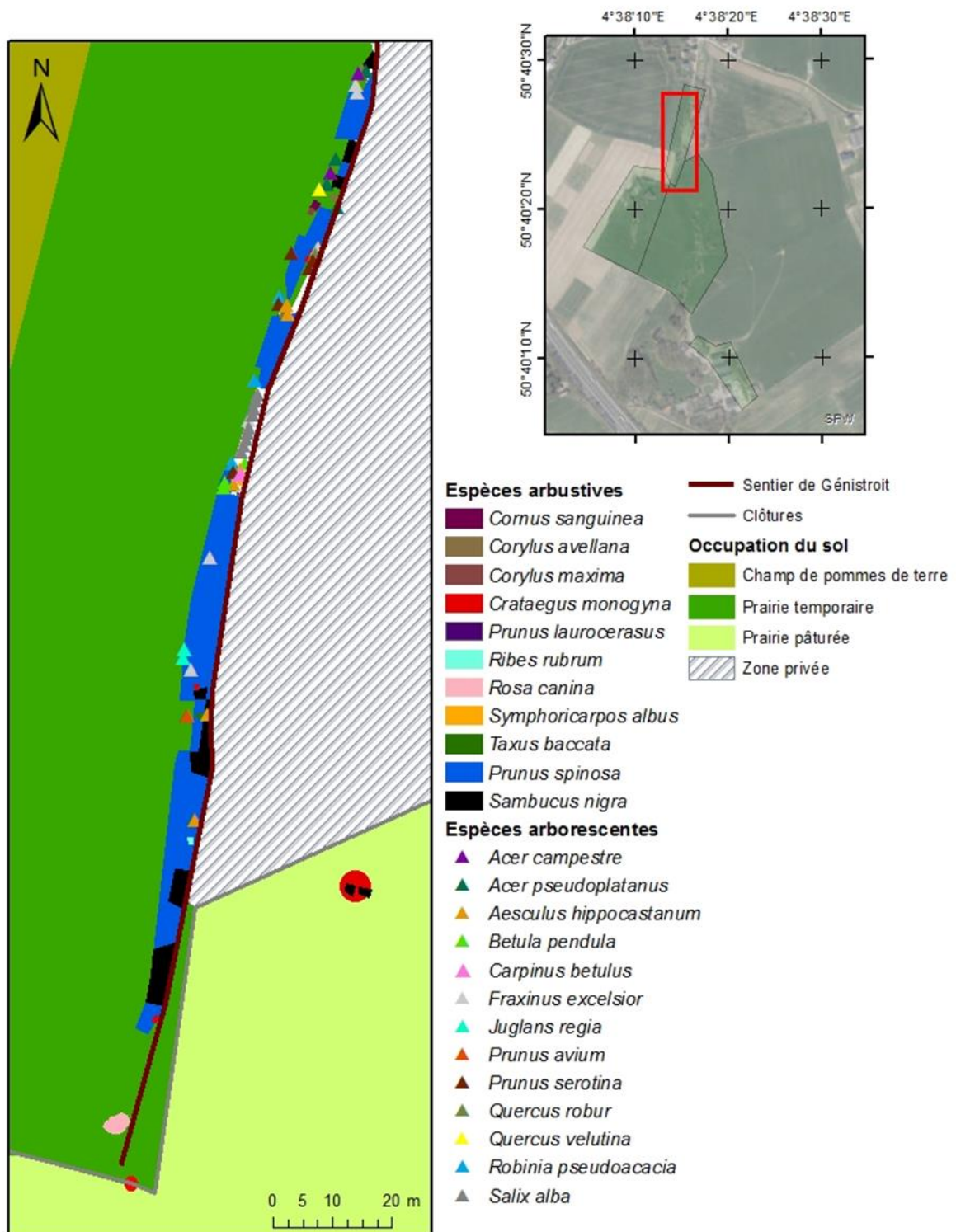


Figure 13. Composition en espèces ligneuses et occupation du sol en 2017 de la zone 4

La haie multistrate de la zone 4 comprend un total de 57 espèces, avec 13 espèces dans la strate arborescente, 24 dans la strate arbustive et 40 dans la strate herbacée. Ainsi, de nombreuses espèces composent les strates, mais la plupart d'entre elles ne représentent qu'un faible volume ou recouvrement (moins de 1%). La strate arborescente n'est pas dominée par une espèce en particulier au contraire de la strate arbustive qui est surtout représentée par le prunellier (*Prunus spinosa*). Trois espèces exotiques envahissantes ont par ailleurs été identifiées. Le robinier (*Robinia pseudoacacia*), qui n'occupe que la strate arborescente, et le laurier cerise (*Prunus laurocerasus*), retrouvé que dans la strate arbustive. Ces deux espèces sont comprises dans la liste de surveillance des espèces envahissantes en Belgique. Enfin, le cerisier tardif (*Prunus serotina*) est repris dans la liste noire et retrouvé dans les trois strates (Harmonia, 2017). Malgré la richesse spécifique de la strate herbacée, l'ortie dioïque (*Urtica dioica*) reste dominante (tab. 8).

3.1.3. Synthèse des résultats floristiques

Tableau 9. Composition végétale et stratification des 4 zones

	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
Nombre d'espèces inventoriées				
Espèces ligneuses	31	8	11	28
Espèces herbacées	4	5	11	29
Total	35	13	22	57
Origine de toutes les espèces inventoriées				
Exotique (%)	20	7,7	0	14,1
Indigène (%)	80	92,3	100	85,9
Type d'espèces herbacées				
Prairiale (%)	0	20	18,2	14,8
Forestière (%)	25	0	18,2	29,6
Rudérale (%)	75	80	63,6	55,6
Strates				
Recouvrement (%)				
Arborescente	10	80	70	40
Arbustive	95	30	30	90
Herbacée	30	25	25	80
Hauteur moyenne (m)				
Arborescente	7,8	7,3	8	6,4
Arbustive	1,9	3,5	3,7	3,4
Herbacée	0,7	0,5	0,5	0,7

Le nombre total d'espèces au sein des zones varie de 13 espèces à 57 espèces, avec la zone 4 qui en contient le plus et la zone 2 le moins. Le pourcentage d'espèces exotiques est quant à lui plus élevé dans les zones 1 et 4. Concernant les espèces herbacées, les rudérales sont majoritaires dans tous les cas, avec un pourcentage variant entre 55,6 et 80%. Le pourcentage d'espèces forestières est le plus élevé dans la zone 4 et celui des espèces prairiales dans la zone 2. Le recouvrement de la strate herbacée est le plus élevé dans la zone 4 (tab. 9).

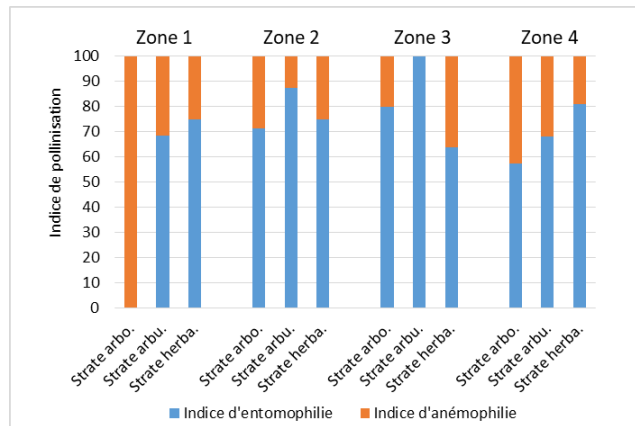


Figure 14. Indice en base 100 de pollinisation (entomophile et anémophile) des espèces comprises dans les trois strates (arborescente, arbustive et herbacée)

Le test de Kruskal-Wallis des résultats obtenus à la figure 14 ne donne que des p-valeurs élevées. La p-valeur est de 0,49 et de 0,54 si l'on teste respectivement la différence de l'indice d'entomophilie entre les zones et entre les strates. Pour l'indice d'anémophilie, elle est de 0,69 pour la différence entre les zones et de 0,87 pour celle entre les strates. Par conséquent, aucune différence significative entre les zones ou les strates ne peut être retenue.

3.1.4. Quantification des ressources nourricières

Tableau 10. Nombre de fleurs par espèce exprimé par branche et par m³ (moyenne ± écart-type) déterminé à partir d'individus et de branches échantillonnés

Espèce Nom scientifique	Nb individus échantillonnés	Nb branches échantillonnées	Volume houppier (m ³)	Volume branches (x 10 ³) (cm ³)	Nb de fleurs ou d'inflorescences /branche	Nb de fleurs ou d'inflorescences /m ³
<i>Bryonia dioica</i>	1	3	7,5	3,3 ± 1,4	22 ± 8,2	6733,3 ± 1101,5
<i>Prunus spinosa</i>	7	20	4,8 ± 1,5	110 ± 59	339,1 ± 165,1	3625,2 ± 2052,3
<i>Rubus</i> sp.	2	6	6,4 ± 3,9	7,5 ± 6,2	43,2 ± 15,8	7757,5 ± 4292,7
<i>Salix alba</i>	5	15	95,7	10,4 ± 9,2	7,1 ± 5,3	1002,8 ± 994,9

La ronce (*Rubus* sp.) produit le plus grand nombre de fleurs par mètre cube suivi par la bryone dioïque (*Bryonia dioica*), représentant plus du double de ce qui est produit par le prunellier (*Prunus spinosa*). Cependant, *Prunus spinosa* est l'espèce qui donne le plus de fleurs par branche. Cette différence s'explique par le volume des branches. En effet, dans le cas de *Rubus* sp. et de *Bryonia dioica*, un plus grand nombre de fleurs a été compté dans un plus petit volume comparé à *Prunus spinosa* (tab.10).

Tableau 11. Nombre de fruits par espèce exprimé par branche et par m³ (moyenne ± écart-type) déterminé à partir d'individus et de branches échantillonnés

Espèce Nom scientifique	Nb individus échantillonnés	Nb branches échantillonnées	Volume houppier (m ³)	Volume branches (x 10 ³) (cm ³)	Nb de fruits/branche	Nb de fruits/m ³
<i>Cornus mas</i>	1	3	19,6	13 ± 1,4	9,3 ± 5,9	715,6 ± 489,9
<i>Cornus sanguinea</i>	1	3	35,2	17 ± 8,8	56 ± 23,5	3524,9 ± 1153,9
<i>Corylus avellana</i>	1	3	687,7	8,7 ± 4,4	5,3 ± 1,5	767,9 ± 553,4
<i>Crataegus monogyna</i>	19	57	129,6 ± 66,7	26 ± 37	29,1 ± 29,3	2728,01 ± 3223,6
<i>Prunus serotina</i>	3	9	6,7 ± 5,3	9,8 ± 5,2	60,2 ± 47,9	7597,6 ± 6464,2
<i>Prunus spinosa</i>	20	59	4,7 ± 2,2	49 ± 59	3,6 ± 3,1	286,6 ± 437,8
<i>Ribes rubrum</i>	1	3	2,2	2,9 ± 1,9	46,7 ± 15,5	22000 ± 13757,9
<i>Rosa canina</i>	3	9	22,4 ± 28,3	28,4 ± 41,8	8,1 ± 5,4	1191,5 ± 1477,5
<i>Rubus</i> sp.	4	12	1,8 ± 1,7	8,6 ± 5,3	26 ± 14,5	3529,6 ± 2119,5
<i>Salix alba</i>	5	7	95,7	10,4 ± 9,2	406,8 ± 302,7	57729,9 ± 57273,3
<i>Sambucus nigra</i>	6	18	31,6 ± 14,3	10 ± 4,8	300 ± 203,1	29685,4 ± 14593,9
<i>Solanum dulcamara</i>	1	3	1,5	6,7 ± 1,4	16 ± 5,3	2577,8 ± 1342,2

L'espèce qui offre le plus de fruits par mètre cube est *Salix alba*, alors que *Prunus spinosa* est celle qui en produit le moins. En effet, le taux de fructification moyen calculé pour cette espèce lors de l'année 2017 est de 1,3%. Pour certaines espèces, une forte variabilité en nombre de fruits est constatée. C'est notamment le cas pour *Crataegus monogyna* et *Prunus spinosa*, où la taille de l'échantillon est plus importante (tab. 11).

Crataegus monogyna, *Sambucus nigra* et *Salix alba* produisent par ailleurs le plus de fruits à l'échelle du site (tab. 12). De plus, si l'on compare les zones entre elles, *Crataegus monogyna* et *Sambucus nigra* sont les principales sources en fruits.

Tableau 12. Potentiel de production en fruits (9 espèces) et/ou en fleurs (3 espèces) par zone et pour l'entièreté du site d'étude (moyenne \pm écart-type)

	Espèce Nom scientifique	Volume houppier total (m ³)	Nombre de fruits (x 10 ⁵)	Nombre de fleurs ou d'inflorescences (x 10 ⁵)
Zone 2	<i>Crataegus monogyna</i>	5479,6	149,4 \pm 177,6	-
	<i>Prunus spinosa</i>	628,6	1,8 \pm 2,8	22,8 \pm 12,9
	<i>Rosa canina</i>	121,6	1,4 \pm 1,8	-
	<i>Rubus</i> sp.	109,8	3,9 \pm 2,3	8,5 \pm 4,7
	<i>Sambucus nigra</i>	502,9	149,2 \pm 74	-
	<i>Solanum dulcamara</i>	1,5	0,04 \pm 0,02	-
Zone 3	<i>Bryonia dioica</i>	7,5	-	0,5 \pm 0,08
	<i>Cornus mas</i>	31,9	0,2 \pm 0,1	-
	<i>Corylus avellana</i>	1757,7	13,5 \pm 9,7	-
	<i>Crataegus monogyna</i>	5555,1	151,5 \pm 179,1	-
	<i>Prunus spinosa</i>	4372,2	12,5 \pm 19,1	158,5 \pm 89,7
	<i>Rosa canina</i>	7,1	0,08 \pm 0,1	-
	<i>Rubus</i> sp.	3,8	0,1 \pm 0,08	0,3 \pm 0,2
	<i>Sambucus nigra</i>	354,1	105,1 \pm 51,7	-
Zone 4	<i>Bryonia dioica</i>	0,5	-	0,03 \pm 0,005
	<i>Cornus sanguinea</i>	48,4	1,7 \pm 0,5	-
	<i>Corylus avellana</i>	165,4	1,3 \pm 0,9	-
	<i>Crataegus monogyna</i>	432	11,8 \pm 13,9	-
	<i>Prunus serotina</i>	92,5	7,03 \pm 5,9	-
	<i>Prunus spinosa</i>	839,2	2,4 \pm 3,7	30,42 \pm 17,2
	<i>Ribes rubrum</i>	2,2	0,5 \pm 0,3	-
	<i>Rosa canina</i>	60,2	0,7 \pm 0,9	-
	<i>Rubus</i> sp.	25	0,9 \pm 0,5	1,9 \pm 1,07
	<i>Salix alba</i>	408,6	235,8 \pm 234	4,1 \pm 4,06
	<i>Sambucus nigra</i>	497,8	147,8 \pm 73	-
	Total	<i>Bryonia dioica</i>	8	-
<i>Cornus mas</i>		31,9	0,2 \pm 0,1	-
<i>Cornus sanguinea</i>		48,4	1,7 \pm 0,5	-
<i>Corylus avellana</i>		1923,1	14,8 \pm 10,7	-
<i>Crataegus monogyna</i>		11466,8	312,8 \pm 369,6	-
<i>Prunus serotina</i>		92,5	7,03 \pm 5,9	-
<i>Prunus spinosa</i>		5840	16,7 \pm 25,6	211,7 \pm 119,8
<i>Ribes rubrum</i>		2,2	0,5 \pm 0,3	-
<i>Rosa canina</i>		188,9	2,3 \pm 2,8	-
<i>Rubus</i> sp.		138,6	4,9 \pm 2,9	-
<i>Salix alba</i>		408,6	235,8 \pm 234	4,1 \pm 4,06
<i>Sambucus nigra</i>		1354,8	402,2 \pm 197,7	-
<i>Solanum dulcamara</i>		1,5	0,04 \pm 0,02	-

3.2. Résultats pour l'avifaune

3.2.1. Richesse spécifique et abondance

Tableau 13. Type d'habitat (forestier, agricole et généraliste) et abondance des espèces d'oiseaux par mois (octobre à mars). En gris sont notées les espèces détectées et si tel est le cas, l'indice d'abondance est donné (I : entre 1-5 individus, II : entre 6-10 individus, III : entre 11-20 individus, IV : entre 21-50 individus, V : entre 50-100 et VI : entre 100-200)

Espèce (nom scientifique)	Famille espèce	Type d'habitat (forestier : F, agricole : A et généraliste : G)	Mois					
			Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars
<i>Columba palumbus</i>	Columbidae	G	I	II	I	II	III	III
<i>Turdus merula</i>	Turdidae	G	II	III	II	I	I	I
<i>Parus major</i>	Paridae	G	I	II	II	II	I	I
<i>Pica pica</i>	Corvidae	G	II	II	I	I	I	I
<i>Fringilla coelebs</i>	Fringillidae	G	I	II	I	I	I	I
<i>Buteo buteo</i>	Accipitridae	G	I	I	I	I	I	I
<i>Erithacus rubecula</i>	Turdidae	G	I	I	I	I	I	I
<i>Cyanistes caeruleus</i>	Paridae	G	I	I	I	I		I
<i>Troglodytes troglodytes</i>	Troglodytidae	G	I	I	I		I	I
<i>Accipiter nisus</i>	Accipitridae	F	I	I		I		
<i>Corvus corone</i>	Corvidae	G	I	I				
<i>Sturnus vulgaris</i>	Sturnidae	A	I		IV	II		
<i>Turdus philomelos</i>	Turdidae	G	III					I
<i>Corvus monedula</i>	Corvidae	G	I					
<i>Fringilla montifringilla</i>	Fringillidae	G	I					
<i>Phylloscopus collybita</i>	Sylviidae	F	I					
<i>Picus viridis</i>	Picidae	G	I					
<i>Turdus iliacus</i>	Turdidae	G	I					
<i>Turdus pilaris</i>	Turdidae	G		I	VI	V	III	
<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	Fringillidae	F		I	I			
<i>Prunella modularis</i>	Prunellidae	G		I			I	I
<i>Garrulus glandarius</i>	Corvidae	F		I			I	I
<i>Dendrocopos major</i>	Picidae	G		I				
<i>Aegithalos caudatus</i>	Aegithalidae	G		II				
<i>Certhia brachydactyla</i>	Certhiidae	F		I				
<i>Chloris Chloris</i>	Fringillidae	G					I	I
<i>Alopochen aegyptiaca</i>	Anatidae	-					I	
<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	Fringillidae	F					I	
<i>Emberiza citrinella</i>	Emberizidae	A						I
<i>Anas platyrhynchos</i>	Anatidae	G						I

En tout, 32 espèces ont été identifiées sur le site d'étude, appartenant à 15 familles, avec un maximum de 5 espèces par famille. Les deux familles principales sont les Turdidae et les Fringillidae suivis par les Corvidae (tab.13). Selon la liste rouge des oiseaux d'Europe de 2015, la majorité des espèces n'est pas menacée. Cependant, trois espèces sont classées sous le statut de « Vulnérable » et sont donc considérées comme étant menacées à l'échelle de l'Union européenne. Ces espèces sont la grive litorne (*Turdus pilaris*), la grive mauvis (*Turdus iliacus*) et le pinson du Nord (*Fringilla montifringilla*). Le programme de surveillance des oiseaux communs en Wallonie (SOCWAL) classe les espèces selon trois catégories d'habitats ; celles des milieux agricoles, des milieux forestiers et les espèces généralistes (Derouaux & Paquet, 2018). Sur le site d'étude, nous avons 71% d'espèces généralistes, 23% d'espèces forestières et 6% d'espèces agricoles. Une espèce, non comprise dans ce classement, est envahissante et il s'agit de l'ouette d'Egypte (*Alopochen aegyptiaca*).

Ensuite, 7 espèces au total sont présentes tous les mois : le pigeon ramier (*Columba palumbus*), le merle noir (*Turdus merula*), la mésange charbonnière (*Parus major*), la pie bavarde (*Pica pica*), le pinson des arbres (*Fringilla coelebs*), la buse variable (*Buteo buteo*) et le rougegorge familier (*Erithacus rubecula*). Deux autres espèces sont également présentes à chaque fois, à l'exception d'une seule fois où elles n'ont pas été observées ou entendues. Il s'agit de la mésange bleue (*Cyanistes caeruleus*) et du troglodyte mignon (*Troglodytes troglodytes*). Toutes ces espèces fréquentent les haies à la recherche de sources de nourriture en période hivernale. Elles ont par ailleurs été observées au mois de mars et peuvent donc être des nicheurs potentiels. De plus, certains oiseaux ont été observés en grandes bandes en hiver. C'est par exemple le cas de la grive litorne (*Turdus pilaris*), en particulier au mois de décembre où entre 100 à 200 individus ont été relevés sur le site. D'autres espèces ne sont observées qu'en octobre, telle que la grive musicienne (*Turdus philomelos*) et ne réapparaissent qu'au mois de mars. Ces oiseaux sont en halte migratoire. Finalement, certaines espèces ont seulement été détectées au début du printemps comme le bruant jaune (*Emberiza citrinella*).

3.2.2. Influence de la structure et de la composition des haies

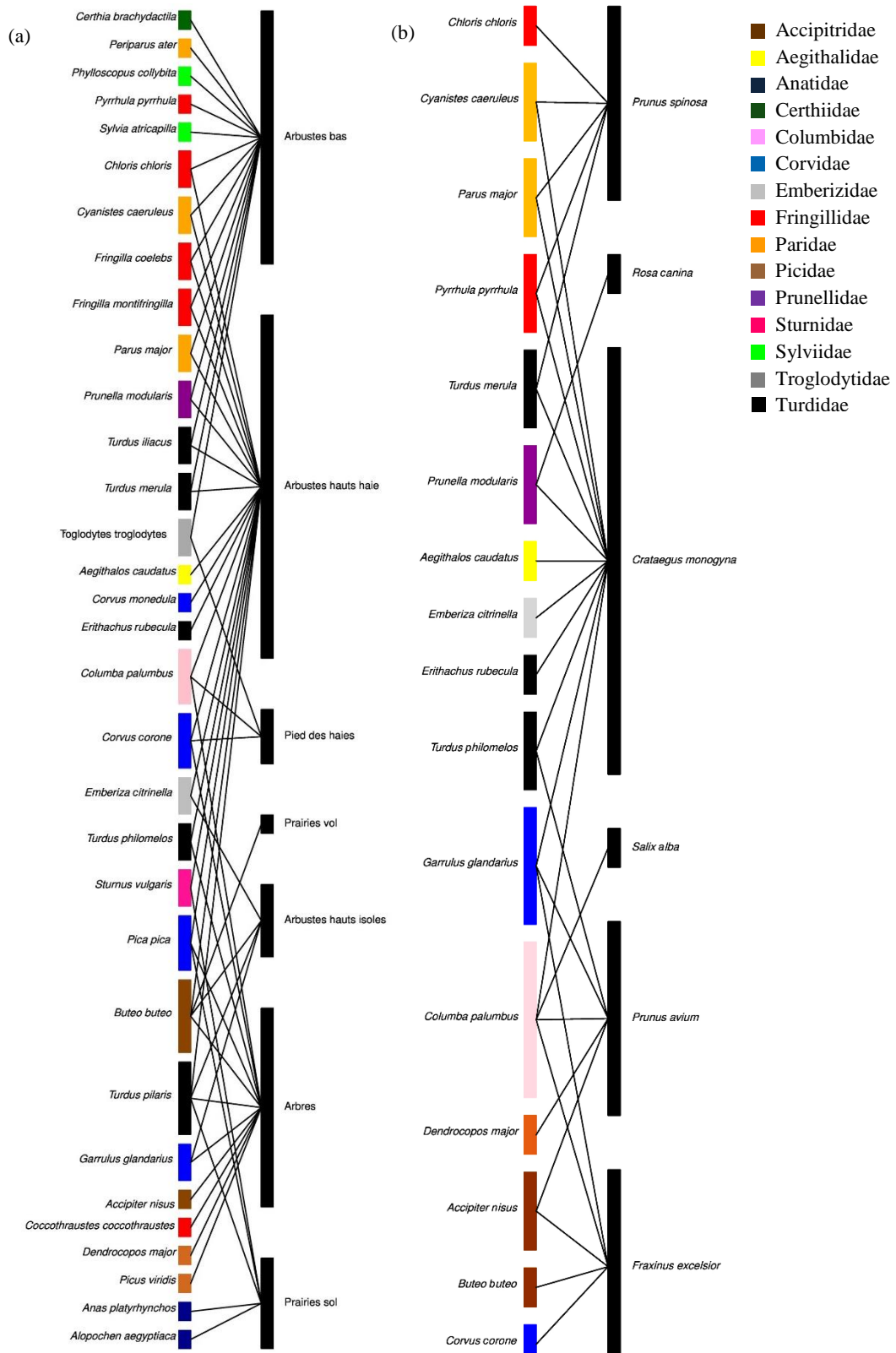


Figure 15. Réseaux bipartites qualitatifs de présence/absence montrant (a) les relations entre les espèces d'oiseaux (gauche) et les différentes composantes de la haie (droite) ou entre les espèces et l'occupation du sol et (b) les espèces d'oiseaux (gauche) en lien avec certaines espèces végétales (droite). Les couleurs pour les oiseaux représentent les différentes familles (voir légende)

De nombreuses interactions entre les espèces d'oiseaux et les arbustes hauts situés dans les haies sont observées. Les principales espèces concernées appartiennent aux familles des Fringillidae, des Turdidae, des Paridae et des Corvidae (fig. 15 (a)). La plupart de ces espèces sont ainsi associées à l'aubépine monogyne (*Crataegus monogyna*). En outre, les oiseaux de la famille des Fringillidae tels que le merle noir (*Turdus merula*), des Turdidae tels que le bouvreuil pivoine (*Pyrrhula pyrrhula*) et des Paridae comme la mésange charbonnière (*Parus major*), sont également associés au prunellier (*Prunus spinosa*) (fig. 15 (b)). Par contre, il y a très peu d'interactions avec les arbustes hauts isolés et donc ne faisant pas partie des haies. Quatre espèces y ont été observées : le bruant jaune (*Emberiza citrinella*), la buse variable (*Buteo buteo*), la grive litorne (*Turdus pilaris*) et le geai des chênes (*Garrulus glandarius*) (fig. 15 (a)).

Les arbustes bas présentent aussi beaucoup d'interactions, mais moins que les arbustes hauts. Les espèces faisant partie de la famille des Certhiidae, des Sylviidae et des Troglodytidae ne se retrouvent qu'au niveau de la végétation basse des haies. C'est par exemple le cas du grimpeur des jardins (*Certhia brachydactyla*), du pouillot véloce (*Phylloscopus collybita*) et du troglodyte mignon (*Troglodytes troglodytes*) (fig. 15 (a)).

Les arbres sont, quant à eux, principalement fréquentés par les espèces de la famille des Accipitridae, des Colombidae, des Corvidae et des Picidae (fig. 15 (a)). Ainsi, sur le frêne commun (*Fraxinus excelsior*), les espèces suivantes ont notamment été observées : la buse variable (*Buteo buteo*) et la corneille noire (*Corvus corone*). Le pic épeiche (*Dendrocopos major*) n'a été observé que sur le merisier (*Prunus avium*) (fig. 15 (b)).

Trois espèces ont été retrouvées au pied des haies ; la corneille noire (*Corvus corone*), le pigeon ramier (*Columba palumbus*) et le troglodyte mignon (*Troglodytes troglodytes*) (fig. 15 (a)).

Finalement, deux espèces se retrouvent uniquement dans la prairie, le canard colvert (*Anas platyrhynchos*) et l'ouette d'Égypte (*Alopochen aegyptiaca*), faisant partie de la famille des Anatidae. La buse variable (*Buteo buteo*) est la seule espèce observée au vol (fig. 15 (a)).

4. Discussion

4.1. Discussion des résultats

4.1.1. Différence de structure et de ressources entre les quatre zones

La haie près des habitations de Vieusart (zone 4) est celle qui présente une plus grande richesse spécifique avec un total de 57 espèces, alors que les haies situées dans les prairies en contiennent entre 2,5 à 4 fois moins. En effet, elle contient plus du double du nombre d'espèces herbacées en comparaison avec les autres zones, avec 29 espèces. Les haies taillées près des bâtiments de la ferme (zone 1) présentent le moins d'espèces herbacées. Par contre, elles contiennent le plus d'espèces ligneuses, avec 31 espèces au total, dont des cultivars horticoles. Ces zones 1 et 4 montrent les pourcentages d'espèces exotiques les plus élevés, atteignant respectivement 20% et 14%. Dans la littérature, la richesse en espèces herbacées est considérée comme étant principalement influencée par la structure de la haie, dont la hauteur de la strate arbustive, et par le mode de gestion (Deckers et al., 2004 ; French & Cummins, 2001 ; Marteau, 2017). Le mode de gestion des haies, c'est-à-dire la fréquence et l'intensité des tailles, est considéré par Deckers et al. (2004) comme ayant le plus d'impact sur la richesse spécifique. Ainsi, plus les haies sont taillées de manière intensive et fréquente, moins elles abritent d'espèces. Ensuite, le faible nombre d'espèces herbacées dans les zones 2 et 3 situées dans la prairie pâturée peut s'expliquer par un surpâturage ou par le piétinement répété du bétail qui vient s'abriter sous les haies.

Concernant la composition des strates, la strate arborescente est dominée en volume dans les quatre zones par des espèces différentes : le bouleau verruqueux (*Betula pendula*) dans la zone 1, l'aubépine monogyne (*Crataegus monogyna*) dans la zone 2, le frêne commun (*Fraxinus excelsior*) dans la zone 3 et enfin, le saule blanc (*Salix alba*) dans la zone 4. La strate arbustive est, quant à elle, dominée par le prunellier (*Prunus spinosa*) dans toutes les zones sauf dans la zone 1, en représentant 52,9%, 91,8% et 47,1% du volume total de la strate de la zone 2,3 et 4 respectivement. Dans la zone 1, la strate arbustive est par contre essentiellement représentée par les saules (*Salix* spp.). *Prunus spinosa* et *Crataegus monogyna* sont par ailleurs les deux espèces les plus fréquentes dans les haies, se retrouvant dans les quatre zones. Une étude réalisée par French & Cummins (2001) montre également cette importance de *Prunus spinosa* et de *Crataegus* ssp., qui dominaient les deux-tiers des haies inventoriées en Grande-Bretagne. En France, un inventaire de la composition des haies réalisé par l'IFN⁵ révèle que ces espèces

⁵ IFN : Inventaire Forestier National

font partie des espèces les plus fréquentes (Moutaud et al., 2012). Les haies étaient effectivement abondamment plantées avec des espèces épineuses par le passé afin de constituer des barrières infranchissables pour le bétail, ceci peut expliquer en partie l'abondance et la fréquence de *Prunus spinosa* et de *Crataegus monogyna* dans les haies. Ensuite, l'espèce dominante la strate herbacée de toutes les zones est une rudérale, l'ortie dioïque (*Urtica dioica*), avec un recouvrement variant de 30% à 63%. En effet, la plupart des espèces herbacées inventoriées sont rudérales, allant de 56% dans la zone 4 à 75% dans la zone 1. Donc, les espèces herbacées sont surtout neutro-nitroclines, comme le géranium herbe à Robert (*Geranium robertianum*) et le cirse des champs (*Cirsium arvense*) à neutro-nitrophiles telles que l'égopode podagraire (*Aegopodium podagraria*) et le gaillet gratteron (*Galium aparine*). Elles affectionnent en particulier les sols saturés en bases, riches voire très riches en azote (Rameau et al., 1989). Quant aux pourcentages d'espèces prairiales, ils n'atteignent au maximum que 20%. Les zones 2 et 3 accueillent le plus d'espèces prairiales, de 20% et de 18% respectivement, ce qui est en cohérence avec le fait que les haies se situent au milieu d'une prairie. Les pourcentages d'espèces forestières atteignent au maximum 30%, le pourcentage le plus élevé étant dans la zone 4 qui comprend un total de 8 espèces. Ces espèces y rencontrent probablement des conditions microclimatiques favorables, la haie étant en partie ombragée et se développant sans pression du bétail. Cependant, les haies contiennent peu d'espèces forestières si l'on compare avec la moyenne de 72% observée dans l'étude réalisée par Marteau (2017). Ainsi, la composition en espèces herbacées est notamment influencée par les pratiques agricoles et indique dans ce cas un enrichissement du sol en azote.

Pour la production de fruits, selon les estimations réalisées, *Crataegus monogyna* est l'espèce qui produit le plus de fruits dans la zone 2 et 3, avec la même quantité produite d'environ 15 millions au total. Les arbustes de *Prunus spinosa* compris dans la zone 3 offrent également le plus grand nombre de fruits (environ 1 million au total) comparé aux autres zones. Quant au sureau noir (*Sambucus nigra*), il produit le plus de fruits dans la zone 2, avec environ 15 millions de fruits au total. En ce qui concerne la production de fleurs, *Prunus spinosa* produit le plus de fleurs (environ 16 millions) dans la zone 3 et donc, fournit potentiellement le plus de nectar et de pollen disponibles pour les pollinisateurs. Cette espèce produit 266, 23 µg de nectar (teneur en sucres) par fleur et en 24h. Connaissant le nombre de fleurs, la production en nectar a été estimée à environ 4 kg pour la zone 3 contre 606 g pour la zone 2 et 810 g pour la zone 4. Les résultats obtenus concernant le nombre de fleurs et de fruits montrent cependant une grande variabilité. Il est en effet difficile d'estimer précisément le nombre de ressources florales

produits par espèce en raison du nombre de variables qui l'influence tels que l'espèce, l'âge, les conditions climatiques ou le sol (Somme et al., 2016). Le mode de gestion a également un impact sur la production de fleurs et de fruits. Selon une étude réalisée sur des haies de *Crataegus* spp., la fréquence de taille affecte de manière significative la production de fleurs qui est environ 2 fois plus élevée dans les haies taillées triennalement qu'annuellement. Elle a également un impact sur la masse des fruits (en kilos / longueur de haies en mètres), la taille triennale permettant de produire 3,4 fois la masse obtenue suite à une coupe annuelle (Staley et al., 2012). C'est pourquoi les ressources de la zone 1 n'ont pas été quantifiées, car les haies, étant taillées régulièrement, n'offraient pas ou peu de fleurs et de fruits.

4.1.2. Principales ressources pour les insectes pollinisateurs

Dans les haies du site d'étude, les espèces qui fleurissent au début de printemps, au mois de mars et en avril, sont notamment *Salix* spp. et *Prunus spinosa*. Ces espèces, de par leurs floraisons précoces, offrent des ressources florales pour les reines des bourdons (*Bombus* spp.) qui sortent à peine de l'hivernage et cherchent un endroit pour fonder leur colonie. *Bombus terrestris* est généralement la première espèce qui apparaît durant la saison (Goodwin, 1995). *Salix* spp., en particulier les chatons des fleurs mâles, attirent également de nombreuses espèces d'andrènes (*Andrena* spp.) (Ostaff et al., 2015). Suivant les estimations effectuées sur *Salix alba*, l'espèce peut produire en moyenne 1000 chatons/m³. De plus, selon Moerman et al. (2016), le pollen de *Salix* spp. constitue une excellente ressource pour le développement de la colonie chez *Bombus* spp. de par sa concentration élevée en acides aminés essentiels, d'environ 100 mg/g, la concentration totale en acides aminés atteignant près de 200 mg/g. En effet, la qualité du pollen est souvent exprimée en termes de concentration en acides aminés, mais aussi en phytostérols et en polypeptides et celle du nectar, en termes de concentration totale et de composition en sucres (saccharose, glucose et fructose) (Somme et al., 2016). En avril, le merisier (*Prunus avium*) produit une grande quantité de nectar (384 µg/fleur/24h), comprenant 22,2% de fructose, 21,1% de glucose et 56,7% de saccharose (Baude et al., 2016 ; Pesson & Louveaux, 1984). Selon Percival (1961), les espèces appartenant à la famille des Rosaceae produisent du nectar avec des proportions égales en fructose et en glucose. De plus, le nectar riche en saccharose est considéré comme très attractif pour les Apidae comme *Apis mellifera* et *Bombus* spp., avec une préférence pour des concentrations de l'ordre de 50 à 65% (Harder, 1986 ; Percival, 1961 ; Somme et al., 2016).

Au niveau herbacé, la ficaire fausse-renoncule (*Ranunculus ficaria*) identifiée dans les haies est aussi une source importante de pollen durant cette période (Coffey & Breen, 1997).

Cependant, certaines études soulignent le fait que *Ranunculus* spp. (Ranunculaceae) offrent un pollen de faible qualité et toxique pour certaines espèces non spécialistes de la famille des Megachilidae comme *Heriades truncorum* (Praz et al., 2008) et pour *Apis mellifera* de la famille des Apidae (Sedivy et al., 2012).

Puis, aux mois de mai et de juin, les érables (*Acer* spp.) et l'aubépine monogyne (*Crataegus monogyna*) fleurissent. Selon Baude et al. (2016), *Acer pseudoplatanus* peut produire jusqu'à 71,4 µg de nectar/fleur/24h et *Crataegus monogyna*, jusqu'à 102,5 µg de nectar/fleur/24h en moyenne. La concentration totale en sucres du nectar de *Crataegus monogyna* varie entre 36 à 70% (Gyan & Woodell, 1987). Selon Eickwort et Ginsberg (1980) et Pouvreau (1974), les Apidae visitent davantage les plantes dont les concentrations totales en sucres sont de 30 à 50%. Le robinier faux-acacia (*Robinia pseudoacacia*), dont la floraison débute au mois de mai, a par ailleurs été relevé dans les haies. Cette espèce attire de nombreux pollinisateurs pour la qualité et l'abondance de son pollen et de son nectar. Ainsi, la production de nectar de *Robinia pseudoacacia* est comprise entre 1700 à 3700 µg par fleur et en 24h et la concentration en sucres varie entre 34 à 67% (Carl et al., 2017). Selon Carl et al. (2017), un arbre produit en moyenne 5264 fleurs, trois arbres ayant été relevés sur le site, la quantité de nectar potentiellement disponible varie entre 27 g à 58 g. Quant au pollen, il contient une quantité élevée en acides aminés de 375 µg/mg, plus élevée que pour *Acer pseudoplatanus* (290 µg/mg) (Somme et al., 2016). En outre, le pollen de ces deux espèces, *Acer pseudoplatanus* et *Robinia pseudoacacia*, a une concentration élevée en phytostérols atteignant 9 µg/mg (Somme et al., 2016). Leur nectar est par ailleurs riche en saccharose. Durant les mois de mai et de juin, le cerisier tardif (*Prunus serotina*) produit également un très grand nombre de fleurs, jusqu'à 133 280 fleurs par arbre (Pairon et al., 2006).

Les arbres et les arbustes constituent ainsi jusqu'au début de l'été les principales sources de nectar et de pollen. Durant la période estivale, de nombreuses espèces herbacées fleurissent et représentent des ressources complémentaires. C'est par exemple le cas du liseron des haies (*Calystegia sepium*) et du liseron des champs (*Convolvulus arvensis*), trouvés dans la haie multistrate (zone 4) qui produisent respectivement 1800,8 et 351,8 µg de nectar/fleur/24h en moyenne (Baude et al., 2016). Quant au cirse des champs (*Cirsium arvense*), sa production en nectar peut atteindre 2609 µg par capitule en 24h et environ 76 µg de nectar/fleur/24h (Baude et al., 2016 ; Hicks et al., 2016). En plus de la quantité par fleur ou par inflorescence, l'abondance de l'espèce doit aussi être prise en compte (Fowler, 2016). Or, *Convolvulus arvensis* était plus abondante que *Calystegia sepium*, leur recouvrement au sol étant

respectivement d'environ 8% et 1%. Le recouvrement de *Cirsium arvense* ne représentait même pas 1%. D'après Goulson et al. (2005), le genre *Cirsium* constitue une des principales ressources de nectar pour *Bombus* spp. parmi les Asteraceae. Les lianes ont également leur importance telles que le chèvrefeuille des bois (*Lonicera periclymenum*), qui produit en moyenne 1727 µg de nectar/fleur/24h (Baude et al., 2016). La bryone dioïque (*Bryonia dioica*), plante herbacée grimpante, peut produire par ailleurs près de 6733 fleurs/m³ et est notamment visitée par une espèce oligolectique, *Andrena florea* (Gadoum & Didier, 2008). Les tilleuls (*Tilia* spp.) offrent aussi des ressources florales en cette saison, fleurissant aux mois de juin et de juillet. Seule *Tilia x europaea* a été inventoriée dans les haies, se trouvant uniquement dans une des haies taillées (zone 1). Selon Somme et al. (2016), le pollen des *Tilia* spp. constitue une ressource importante en protéines et en phytostérols pour les insectes, bien que sa qualité soit inférieure à celui de *Acer pseudoplatanus* et de *Robinia pseudoacacia* ayant une concentration moindre en acides aminés, en polypeptides et en phytostérols. Pour le nectar, la teneur en sucres est comprise entre 350 µg à 960 µg par fleur suivant l'espèce avec une prédominance du saccharose, même s'il contient davantage de fructose et de glucose que le nectar de *Acer pseudoplatanus* et de *Robinia pseudoacacia* (Somme et al., 2016).

A l'automne, les dernières floraisons permettent d'apporter aux pollinisateurs des réserves riches en sucres et en protéines. C'est par exemple le cas du lierre (*Hedera helix*) trouvé dans les haies et qui est visité par de nombreux insectes tels que *Apis mellifera*, *Bombus terrestris*, *Eristalis tenax* et *Vespula vulgaris*. En particulier, il attire une abeille spécialiste oligolectique *Colletes hederæ* (Garbuzov & Ratnieks, 2014). *Hedera helix* peut produire 609 µg de nectar/fleur/24h et la concentration totale en sucres est de 49,3% (Baude et al., 2016 ; Garbuzov & Ratnieks, 2014). Les ronces (*Rubus* sp.) ont été estimées comme produisant en moyenne 7757 fleurs/m³ et constituent aussi des sources en nectar et en pollen potentiellement importantes au début de l'automne.

4.1.3. Principales ressources pour les oiseaux en automne-hiver

Dans les haies inventoriées, *Sambucus nigra* et *Crataegus monogyna* représentent les principales sources en fruits disponibles pour les oiseaux. *Sambucus nigra* a un volume total de 1354,8 m³ et produit 29 685 fruits/m³ en moyenne, faisant une production totale de 40 220 000 fruits. Quant à *Crataegus monogyna*, son volume total est de 11 467 m³ et elle produit 2728 fruits/m³ en moyenne, pour une production totale de 31 280 000 fruits. Par ailleurs, 11 espèces d'oiseaux ont été observées sur *Crataegus monogyna*, contre 5 espèces pour *Prunus spinosa* et 1 espèce pour *Rosa canina*. Aucune interaction n'a été relevée pour *Sambucus nigra*. Ceci peut

être expliqué par le fait que l'espèce ne présentait déjà plus de fruits au mois d'octobre, mois à partir duquel les observations de l'avifaune ont débuté. Au contraire de *Crataegus monogyna*, dont les fruits étaient encore disponibles jusqu'à la fin du mois de décembre, comme pour *Prunus spinosa* et *Rosa canina*. De plus, les nombreuses interactions avec *Crataegus monogyna* peuvent être liées à son abondance sur le site. *Prunus spinosa* est aussi une espèce dominante des haies, mais a produit en moyenne 287 fruits/m³, soit près de 10 fois moins que *Crataegus monogyna*. Ces déductions résultant d'observations de présence/absence des espèces d'oiseaux apportent des informations, mais qui ne sont pas exhaustives. Il aurait donc fallu effectuer un suivi plus poussé concernant les fruits consommés par les espèces d'oiseaux. Ceci aurait permis de quantifier leurs préférences vis-à-vis de certains fruits.

D'autres espèces offrent de nombreux fruits comme *Cornus sanguinea*, *Ribes rubrum* et *Rubus* sp. avec une production moyenne de 3525 fruits/m³, 22 000 fruits/m³ et 3530 fruits/m³ respectivement. Ils ne représentent cependant qu'une faible proportion du volume total. Le cerisier tardif (*Prunus serotina*) fournit également un grand nombre de fruits pour les oiseaux, avec 7598 fruits/m³. Tout comme pour *Sambucus nigra*, il n'y avait plus de fruits au moins d'octobre. Les teneurs en glucides et en lipides dans les fruits influencent par ailleurs leur sélection par les oiseaux (Fuentes, 1994 ; Lepczyk et al., 2000). Par exemple, d'après Fuentes (1994), *Cornus sanguinea*, dont les fruits sont riches en lipides, a attiré le plus grand nombre d'espèces d'oiseaux étudiées. Dans son étude, la préférence pour *Crataegus monogyna* n'a quant à elle été observée que pour *Turdus* spp., dont le merle noir (*Turdus merula*), principalement en raison de sa non-consommation par les autres oiseaux et donc de son abondance. Aucun article n'a été trouvé démontrant l'intérêt de *Crataegus monogyna* de par sa teneur en sucres ou en lipides.

4.1.4. Interactions entre les espèces d'oiseaux et la structure des haies

Environ trois quarts des 32 espèces d'oiseaux inventoriées sont généralistes. Cette observation est répandue dans les paysages actuels, en raison de leur homogénéisation qui est défavorable aux espèces spécialistes (Blondel & Lhoir, 2015). Parmi ces 32 espèces, sept ont été observées tous les mois et cinq d'entre elles sont considérées comme étant les espèces nicheuses les plus fréquentes dans les haies. Il s'agit du merle noir (*Turdus merula*), du pigeon ramier (*Columba palumbus*), de la mésange charbonnière (*Parus major*), du pinson des arbres (*Fringilla coelebs*) et du rougegorge familier (*Erithacus rubecula*) (Hinsley & Bellamy, 2000). Concernant les interactions des espèces avec les haies, les arbustes hauts, considérés jusqu'à une hauteur de 8 m, ont attiré le plus d'espèces (19 au total). Cette observation est en adéquation avec la

littérature, où une préférence des oiseaux pour les haies hautes a été démontrée. En effet, elles fournissent plus de fruits que les haies basses, mais aussi plus d'abris et d'endroits pour nicher (Chevallier et al., 2013 ; Hinsley & Bellamy, 2000). Cependant, ces résultats doivent être nuancés, 9 espèces observées dans les arbustes hauts interagissent également avec les arbustes bas (jusqu'à une hauteur de 4 m). Ensuite, les oiseaux de plus petite taille comme le grimpeur des jardins (*Certhia brachydactyla*) et le troglodyte mignon (*Troglodytes troglodytes*) n'ont été observés qu'au pied des haies ou dans les arbustes d'une hauteur inférieure à 4 mètres. A l'inverse, les oiseaux de plus grande taille appartenant notamment à la famille des Corvidae comme la corneille noire (*Corvus corone*) et à la famille des Accipitridae comme la buse variable (*Buteo buteo*) ont été observés sur les arbres tels que le merisier (*Prunus avium*) ou le frêne (*Fraxinus excelsior*). Ceux-ci s'en servent notamment comme perchoirs pour chasser (Hinsley & Bellamy, 2000).

4.1.5. Perspectives d'étude

A l'avenir, une étude sur les fruits qui sont préférentiellement consommés par les espèces d'oiseaux dans les haies peut être envisagée afin de mieux répondre à leurs besoins. En effet, peu d'études ont été réalisées à ce sujet en Europe.

4.2. Plan d'aménagement

4.2.1. Cadre législatif

En Région wallonne, des subventions existent pour la plantation des haies et des alignements d'arbres, les conditions d'obtention étant reprises dans l'AGW du 8 septembre 2016. Pour bénéficier de ces subventions à la plantation, les plants doivent être espacés de maximum 70 cm et il faut entre 70 cm à 150 cm entre les rangs. Les espèces doivent être mélangées pied par pied ou en groupe de 3 à 5 plants. Elles seront indigènes, adaptées au climat de la région et choisies dans la liste définie par l'arrêté ministériel exécutant l'AGW du 8 septembre 2016. En outre, au moins deux tiers des espèces et deux tiers du nombre de plants doivent être entomophiles. La longueur minimale des plantations est de 100 m en un ou plusieurs tronçons de 20 m minimum et il faut au minimum trois espèces dont aucune ne représente plus de 50% des plants. Un arbre de haut jet maximum par dix mètres de haie est également conseillé. Pour les alignements d'arbres, les plants doivent avoir au moins 1,5 m de haut et être maintenus par un tuteur. Les plantations comprennent au moins 20 arbres espacés de 8 à 10 m (Natagriwal, 2017).

4.2.2. Principes de plantation et d'entretien

Avant toute plantation, une préparation du sol est nécessaire. Une fauche sera d'abord effectuée pour réduire la végétation herbacée, ce qui sera surtout le cas pour la zone 4. Un sous-solage et un labour seront par la suite réalisés à la fin de l'été afin d'ameublir le sol ce qui permettra de favoriser l'infiltration de l'eau, l'aération du sol et le développement racinaire (Percsy, 2008). Des jeunes plants à racines nues d'une hauteur de 60 à 80 cm seront choisis, sauf pour les plants d'arbres qui auront une hauteur de 1,5 m, d'origine locale et de qualité. Avant la plantation, du compost bien décomposé peut être intégré au trou de plantation pour alléger le sol et un pralinage des racines des plants sera effectué. Le pralinage consiste à faire tremper les racines dans un mélange d'eau boueuse avec de la bouse de vache ou du fumier séché (Percsy, 2008). Cette opération sert à favoriser la reprise des plants. La plantation s'effectue entre les mois de novembre et de mars, en dehors des périodes de gel. Les plants seront espacés de 70 cm sur une même ligne et la même distance sera mise en place entre les rangs. En outre, les espèces arbustives seront plantées par petits groupes de 3 ou 4 pieds afin de leur permettre une bonne implantation en limitant la concurrence entre les espèces. Ensuite, un paillage naturel sera mis en place pour conserver l'humidité du sol et éviter la concurrence avec les plantes herbacées. Ainsi, une couche de paille d'environ 5 cm d'épaisseur, de copeaux de bois ou d'autres débris végétaux sera étalée au pied des plants (Percsy, 2008).

Quelques années après la plantation, entre 3 et 5 ans, un entretien des haies sera nécessaire, mais occasionnel. Une simple taille sera réalisée tous les 5 ans, un suivi doit cependant être effectué entretemps pour décider si elle est nécessaire. On laissera donc la haie se développer en hauteur et en largeur et l'entretien s'effectuera lorsque l'emprise de la haie devient importante et gênante. Une taille plus vigoureuse peut être réalisée sur des espèces à croissance rapide comme le noisetier (*Corylus avellana*) et les saules (*Salix* spp.). Les tailles d'entretien et de restauration ne seront pas réalisées sur l'entièreté des haies, mais par tronçons de 30 mètres pour les haies de plus de 100 mètres de long ou sur 1/3 de la longueur pour les autres haies par an. Ceci permet d'obtenir une variation de structure au sein des haies et de préserver des ressources alimentaires ou des refuges pour l'avifaune et l'entomofaune. La strate herbacée des haies sera fauchée une seule fois par an vers la mi-juillet si nécessaire. Pour les arbres de haut jet et les alignements d'arbres, l'entretien consistera à réaliser une taille de formation dans le jeune âge, puis des élagages occasionnels pour supprimer les branches basses. Ces opérations serviront à « équilibrer » la forme de l'arbre afin de favoriser son intégration dans les haies ou d'éviter l'emprise des branches sur les surfaces cultivées. Les outils ou machines utilisés pour

l'entretien doivent par ailleurs être en bon état pour que la coupe soit nette. La taille des haies pour l'entretien ou la restauration ne doit pas être effectuée entre le 1^{er} avril et le 31 juillet (Natagriwal, 2017). Elle sera donc privilégiée vers les mois de janvier et de février, afin de ne pas perturber la reproduction des oiseaux, la floraison et la fructification des arbustes et des arbres.

4.2.3. Choix des espèces pour les plantations

Afin de respecter les conditions d'obtention des subventions, seules des espèces indigènes seront plantées. Ainsi, les espèces d'origine exotique et les cultivars sont à éviter. Les espèces exotiques ne sont pas adaptées aux conditions climatiques locales et sont plus sensibles à des maladies, à l'exception des espèces envahissantes trouvant des conditions adéquates à leur développement. Quant aux cultivars, certains n'offrent pas de fleurs ni de fruits (Percsy, 2008). Le choix des espèces s'est également réalisé en tenant compte du type de sol et donc des conditions hydriques et trophiques qui leur sont favorables.

De plus, des espèces entomophiles fleurissant à différents moments de l'année ont été privilégiées. En particulier, celles dont la qualité du nectar et du pollen a été démontrée dans la première partie de la discussion comme *Acer pseudoplatanus*, *Tilia cordata* et *Salix caprea*. Pour l'avifaune, les espèces végétales produisant des fruits recherchés par les oiseaux ont été sélectionnées, dont celles qui en produisent en grandes quantités.

4.2.4. Proposition d'aménagements et de gestion futures pour chacune des zones

4.2.4.1. Haies taillées près des bâtiments de la ferme (zone 1)

Les haies situées dans cette zone jouent essentiellement un rôle paysager (fig.16). Elles sont cependant trop fréquemment taillées. Ces tailles annuelles ne leur permettent pas de produire des fleurs ou des fruits. Dès lors, nous proposons une taille d'entretien réalisée une fois tous les 3 ou 5 ans, selon la dynamique de croissance des arbustes. De plus, bien qu'elles soient constituées d'un grand nombre d'espèces végétales arbustives, elles perdent de leur intérêt pour l'avifaune et l'entomofaune en étant principalement monostrate. Certaines espèces sont par ailleurs en train de dépérir comme le frêne (*Fraxinus excelsior*). Il faudrait donc favoriser le développement en hauteur de la haie en assurant l'installation d'une strate arborescente, notamment en arrêtant de couper les frênes encore vivants et le charme commun (*Carpinus betulus*). Ceci permettra également une meilleure intégration des bâtiments dans le paysage. Ensuite, la taille des arbustes ne s'effectuera pas jusqu'à la hauteur initiale, mais en augmentant la hauteur à chaque passage d'au moins 5 cm jusqu'à atteindre une hauteur d'environ 4 m. La

plantation d'espèces indigènes étant conseillée, le noisetier de Lambert (*Corylus maxima*), le saule à cinq étamines (*Salix pentandra*) et le saule des Sakhalines (*Salix sachalinensis*) sont à enlever et à remplacer par du saule à 3 étamines (*Salix triandra*). Il en va de même pour le cultivar du troène commun (*Ligustrum vulgare cv sempervirens*) qui sera remplacé par le vierne obier (*Viburnum opulus*), plus adapté au type de sol n'étant pas calcicole (Rameau et al., 1989). Des déchets ont également été observés au pied des haies, il serait judicieux de les enlever.



Figure 16. Haies faisant l'objet de restauration dans la zone 1

4.2.4.2. Haies et arbres isolés dans la prairie pâturée (zone 2)

Ces haies servent principalement à abriter le bétail. Elles attirent également les oiseaux grâce à leur production en fruits. Plusieurs arbres morts et à cavités ont été relevés dans la haie située à proximité du bosquet durant l'inventaire et sont à laisser, car les grandes cavités offrent des sites de reproduction et de repos pour des oiseaux cavernicoles, mais aussi des gîtes pour les chauves-souris. Les plus petites cavités servent d'abris ou de sites de nidification pour les pollinisateurs (Baudry & Jouin, 2003). En outre, des coléoptères saproxyliques dépendent du bois mort pour réaliser une partie de leur cycle de vie (Juillerat & Vögeli, 2004). Les ronces comprises dans les haies doivent également être laissées. En effet, elles produisent une grande quantité de fleurs attirant les pollinisateurs. De plus, elles représentent une ressource alimentaire pour les oiseaux et ces derniers peuvent y nicher (Moutaud et al., 2012).

La restauration des haies (A et B), anciennes et dégarnies à leur base, est à envisager (fig.17). En effet, le recouvrement herbacé est actuellement très peu présent. Pour ce faire, un fil électrique sera d'abord disposé tout autour de celles-ci pour les protéger du bétail, à une distance

de 1 mètre. Une clôture électrique est plus facile à installer, à réparer et à mobiliser si nécessaire qu'une clôture non électrifiée.

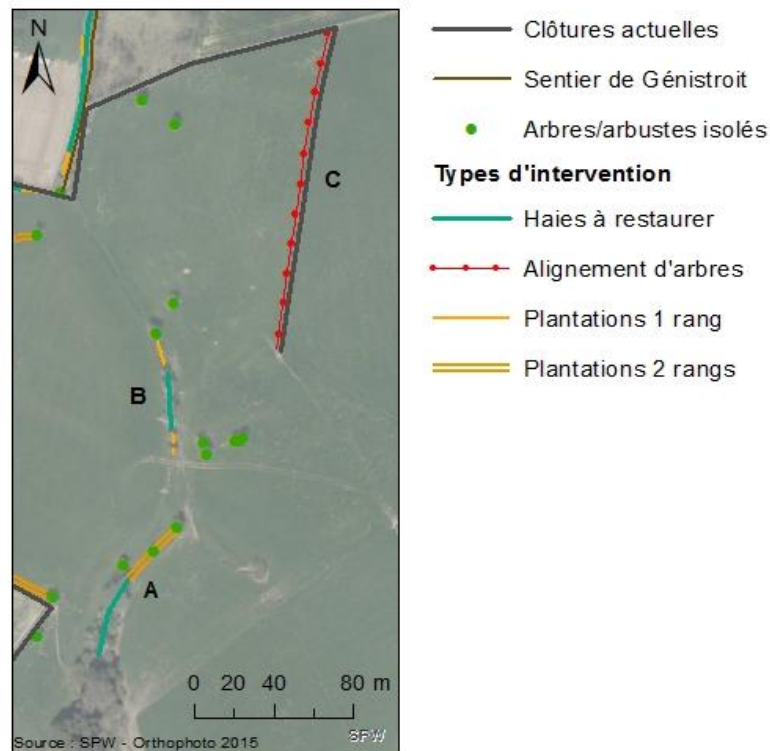


Figure 17. Haies faisant l'objet de restauration ou de plantations dans la zone 2

Une taille de rabattement sera ensuite réalisée, consistant à rabattre progressivement la haie de 2 mètres en hauteur et en largeur. La fréquence des tailles dépendra de la réaction des espèces suite aux interventions. Cette méthode apporte de la lumière au sol et favorise par conséquent la croissance des branches et des feuilles à la base des arbustes. Cette taille permet donc d'étoffer les haies à leur base et d'obtenir une strate arbustive dense (DNF, 1996). La technique de recépage n'est pas envisageable dans ce cas, car les anciennes haies ne la supportent pas. Le recépage est une coupe réalisée à 10-20 cm du sol qui consiste à enlever tous les rejets au niveau de la souche. Elle convient surtout aux espèces à croissance rapide comme le noisetier (*Corylus avellana*). Par ailleurs, le rabattement ne modifie pas aussi drastiquement le paysage que le recépage. Ensuite, un regarnissage des haies sera effectué pour en assurer une continuité. Des études ont montré que les haies continues et larges accueillent une plus grande richesse en espèces d'oiseaux (Hinsley & Bellamy, 2000 ; Usieta et al., 2013). De plus, d'après Silva & Prince (2008) et Dondina et al. (2016), la continuité des haies est favorable pour la plupart des micromammifères tels que *Muscardinus avellanarius*. Pour cette espèce, les haies présentant des « trous » supérieurs à 6 m n'étaient jamais traversées (Dondina et al., 2016), traduisant la

nécessité d'un couvert arbustif dense. Ainsi, la haie indiquée en A (fig. 17), située sur un talus, sera complétée par une plantation sur 2 rangs avec des plants disposés en quinconce pour favoriser l'installation d'une haie dense et optimiser l'espace disponible (fig. 18). En ce qui concerne la haie située au milieu de la prairie en B (fig. 17), une plantation sur un rang dans les « espaces vides » est également envisageable (fig. 18). Il n'est pas prévu que ces deux haies se rejoignent de manière à laisser un passage pour le bétail et de ne pas trop fermer le paysage. La plantation d'un alignement d'arbres, indiquée en C, peut par ailleurs être réalisée le long de la clôture (fig. 17). Les plants seront espacés de 8 mètres, maintenus par un tuteur et protégés à l'aide d'un fil électrique. Les plantations ainsi prévues sont reprises ci-dessous (tab. 14).

Tableau 14. Plantations proposées pour la zone 2

	Haie A	Haie B	Alignement C
Longueur totale des plantations (m)	20	20	170
Nombre de rangs	2	1	1
Nombre de plants	55	30	20
Espèces	<i>Cornus sanguinea</i> <i>Salix caprea</i> <i>Sambucus nigra</i> <i>Viburnum opulus</i>	<i>Crataegus monogyna</i> <i>Prunus spinosa</i> <i>Sambucus nigra</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i> <i>Sorbus torminalis</i> <i>Tilia cordata</i>

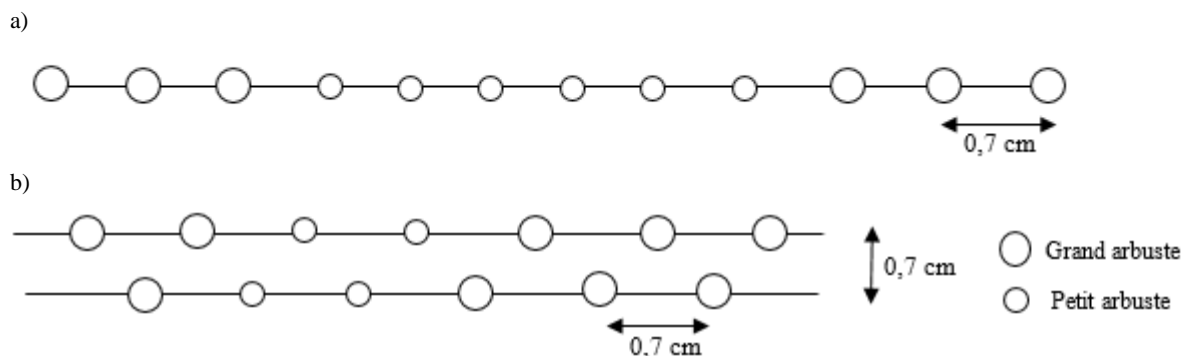


Figure 18. Schéma de plantation sur (a) un rang et sur (b) deux rangs

Afin de donner un aspect plus naturel à la haie, un même schéma de plantation ne sera pas répété dans le même ordre d'espèces. Les espèces supportant l'ombrage comme le cornouiller sanguin (*Cornus sanguinea*) seront plantés à proximité des arbres ou des grands arbustes déjà existants dans les haies. Les grands arbustes sont l'aubépine monogyne (*Crataegus monogyna*), le saule marsault (*Salix caprea*) et le sureau noir (*Sambucus nigra*). Les petits arbustes sont le cornouiller sanguin (*Cornus sanguinea*), le prunellier (*Prunus spinosa*) et le viorne obier (*Viburnum opulus*).

4.2.4.3. Haies et groupes d'arbustes dans la prairie pâturée (zone 3)

Dans cette zone, les haies fournissent actuellement la plus grande quantité de fruits pour l'avifaune. Cependant, les haies sont vieillissantes et dégarnies à la base. Par conséquent, la méthode de restauration des haies de la zone 2 s'applique également ici, la priorité étant de disposer un fil électrique autour des haies. Ainsi, les haies localisées en D, en E et en F seront restaurées par une taille de rabattement et regarnies par des plants (fig. 19).

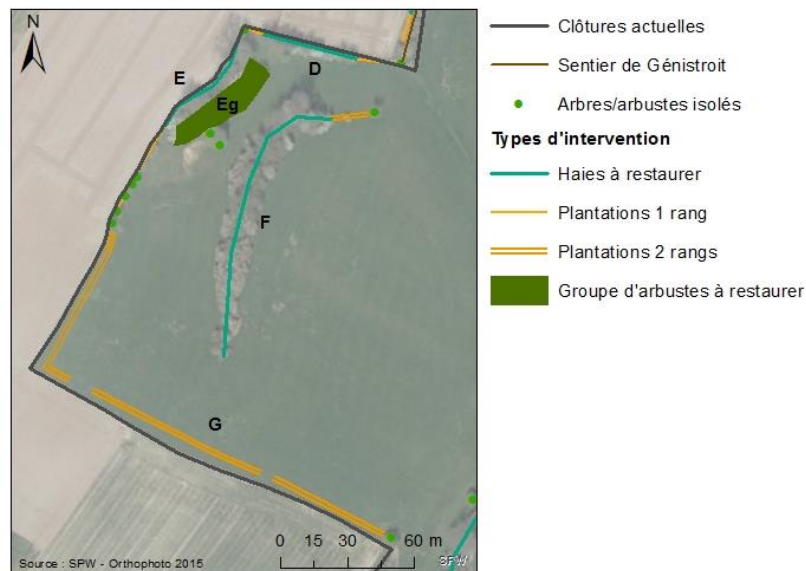


Figure 19. Haies faisant l'objet de restauration ou de plantations dans la zone 3

Le groupe d'arbustes (Eg), constitué de *Prunus spinosa* et de *Crataegus monogyna* sera préservé, car il représente un abri pour certaines espèces d'oiseaux comme le bouvreuil pivoine (*Pyrrhula pyrrhula*). Cependant, il sera aussi taillé pour densifier davantage les arbustes à leur base et sera conservé à une hauteur de 4 m. Il sera donc protégé du bétail à l'aide d'un fil électrique. La plantation d'une nouvelle haie (G) d'une longueur totale de 240 m est également proposée le long de la clôture afin d'améliorer la connectivité avec les haies de la zone 2 (fig. 19). Des haies connectées favorisent les déplacements d'individus entre les populations, surtout pour les espèces forestières (Baudry & Jouin, 2003 ; Dondina et al., 2016 ; Millán de la Peña et al., 2003). Les plants seront disposés en quinconce et sur 2 rangs (fig. 20).

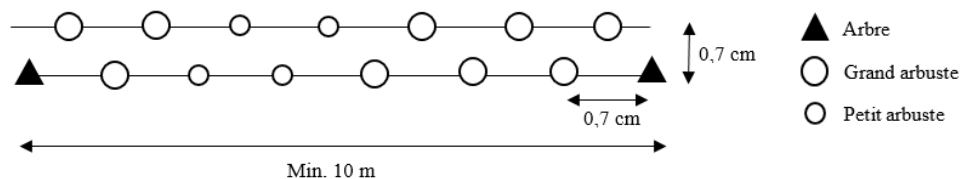


Figure 20. Schéma de plantation sur deux rangs

La haie sera implantée à une distance de 3 m de la clôture et un fil électrique sera disposé tout le long de celle-ci à une distance de 1 m. Cette bande enherbée de 3 m pourra être entretenue par le bétail en laissant deux ouvertures dans la haie d'une longueur de 2,5 m. Si cette méthode demande un supplément de travail trop important, la haie peut alors être plantée plus près de la clôture à une distance de 2 m, mais elle sera plus proche des champs. Parmi les espèces choisies, seul le tilleul à petites feuilles (*Tilia cordata*) sera mené en arbre de haut jet. Trois plants seront disposés à une distance de 55 m environ pour le côté parallèle à la pente. Le pommier sauvage (*Malus sylvestris* subsp. *sylvestris*) formera quant à lui un arbre de moyen jet et un plant sera disposé au niveau de l'angle formé par la haie. Les plantations proposées pour la zone 3 sont reprises ci-dessous (tab. 15).

Tableau 15. Plantations proposées pour la zone 3

	Haie D	Haie E	Haie F	Haie G
Longueur totale des plantations (m)	20	15	20	235
Nombre de rangs	1	1	2	2
Nombre de plants	27	20	54	667
Espèces	<i>Crataegus monogyna</i> <i>Prunus spinosa</i>	<i>Crataegus monogyna</i> <i>Sambucus nigra</i>	<i>Cornus sanguinea</i> <i>Corylus avellana</i> <i>Crataegus monogyna</i>	<i>Cornus sanguinea</i> <i>Crataegus monogyna</i> <i>Malus sylvestris</i> subsp. <i>sylvestris</i> <i>Prunus spinosa</i> <i>Rosa canina</i> <i>Salix caprea</i> <i>Sambucus nigra</i> <i>Tilia cordata</i> <i>Viburnum opulus</i>

Les merisiers (*Prunus avium*) et le frêne (*Fraxinus excelsior*) seront conservés, car ils attirent les rapaces, comme la buse variable (*Buteo buteo*) et l'épervier d'Europe (*Accipiter nisus*) qui s'en servent de perchoirs pour chasser (Hinsley & Bellamy, 2000). D'autres espèces y ont également été observées comme le pic épeiche (*Dendrocopos major*) et le geai des chênes (*Garrulus glandarius*). De plus, *Fraxinus excelsior* représente un intérêt paysager de par l'importance de son houppier et présente 7 troncs dont la circonférence moyenne est de 115 cm.

Cette zone, de même que la zone 2, se trouve dans une prairie pâturée intensivement par le bétail. Il serait donc intéressant de proposer une gestion de pâturage. Ainsi, au lieu de laisser pâturer le bétail sur toute la parcelle, il faudrait le faire circuler par rotation en divisant la prairie en « compartiments ». Ceci permettrait par ailleurs d'amoindrir la pression de celui-ci sur les haies.

4.2.4.4. Haie multistratée près des habitations de Vieusart (zone 4)

La haie reprise dans la zone 4 présente un intérêt biologique important de par sa richesse spécifique permettant une diversification des ressources florales et par la présence de trois strates bien distinctes. Cette ancienne haie est cependant dégarnie à sa base, tout comme les haies de la zone 2 et 3 et contient de nombreux « trous ». Une taille de restauration par rabattement et des plantations sont donc proposées afin de revitaliser la haie et d'en assurer la continuité. Ainsi, deux tronçons (H et I) seront concernés par ces plantations (fig. 21) (tab.16). Les plantations seront réalisées suivant le schéma de plantation proposé à la figure 18.



Figure 21. Haie faisant l'objet de restauration ou de plantations dans la zone 4

Tableau 16. Plantations proposées pour la zone 4

	Tronçon H	Tronçon I
Longueur totale des plantations (m)	13	10
Nombre de rangs	1	1
Nombre de plants	17	15
Espèces	<i>Cornus sanguinea</i> <i>Crataegus monogyna</i> <i>Prunus spinosa</i> <i>Rosa canina</i> <i>Sambucus nigra</i>	<i>Cornus sanguinea</i> <i>Crataegus monogyna</i> <i>Prunus spinosa</i> <i>Sambucus nigra</i>

De nombreuses espèces exotiques se trouvent dans la haie : le marronnier d'Inde (*Aesculus hippocastanum*), l'agave (*Agave* sp.), le noisetier de Lambert (*Corylus maxima*), le laurier-cerise (*Prunus laurocerasus*), le cerisier tardif (*Prunus serotina*), le chêne noir (*Quercus velutina*), le robinier faux-acacia (*Robinia pseudoacacia*) et la symphorine blanche (*Symphoricarpos albus*). Toutes ces espèces seront enlevées de la haie, à l'exception de *Prunus serotina* et de *Robinia pseudoacacia*, et remplacées par des espèces supportant l'ombrage telles que le cornouiller sanguin (*Cornus sanguinea*) et le noisetier commun (*Corylus avellana*). *Prunus serotina* est une espèce produisant un très grand nombre de fleurs et de fruits (points 4.1.2. et 4.1.3.) et représente par conséquent une ressource intéressante et complémentaire pour les pollinisateurs et les oiseaux. De plus, l'arracher risque de détruire une bonne partie du talus sur lequel repose la haie puisqu'il n'est pas seulement présent dans l'étage arbustif, mais aussi dans l'étage arborescent avec un arbre d'une circonférence de 98 cm. L'espèce ne représente par ailleurs que 1,8% du couvert arbustif malgré l'âge de la haie et l'enlever ne garantit pas son éradication complète. En effet, cette haie est située à proximité d'habitations où *Prunus serotina* a été planté dans les jardins et possède une grande capacité de dispersion (Pairon et al., 2006). La dynamique de cette espèce sera par contre surveillée lors des tailles de restauration. *Robinia pseudoacacia* est, quant à elle, une espèce entomophile très intéressante pour les insectes pollinisateurs. Mais elle aussi envahissante et fera donc l'objet d'un suivi.

Des saules blancs (*Salix alba*), en J, anciennement conduits en arbres têtards sont désormais laissés à l'abandon (fig. 21). Ils perdent alors leur forme typique et développent de grosses branches. Pourtant, le houppier dense des arbres têtards constitue d'importants refuges et offre également des sites de nidification pour différentes espèces d'oiseaux. Par ailleurs, le temps et les nombreuses tailles entraînent la formation de cavités qui peuvent servir à la nidification d'oiseaux cavernicoles telle que *Athene noctua* et d'abris ou de sites de reproduction pour les chauves-souris. Les petites cavités servent aussi de refuge pour de nombreux insectes. Par exemple, des hyménoptères peuvent construire leur nid dans des creux formés par ces arbres. Des insectes saproxyliques affectionnent également ces micro-biotopes comme *Osmoderma eremita* (Coppée & Noiret, 2008). Ces saules seront donc entretenus de nouveau en têtard afin d'améliorer leur fonction écologique. Un arbre têtard est un arbre dont la forme résulte d'un étêtage régulier qui consiste à couper tous les rejets produits à hauteur du tronc (Coppée & Noiret, 2008). Un étêtage radical, réalisé en une seule fois, n'est dans ce cas pas envisageable, car ils risquent de mal réagir et de dépérir dans les années qui suivent. Par précaution, des coupes progressives des branches sont préconisées. La première année, l'intervention se fera

sur les branches les plus hautes en laissant des chicots de minimum 90 cm de longueur et en conservant les branches dont le diamètre est inférieur à 15 cm (Juillerat & Vögeli, 2004). Les croissances basales servant de tire-sève pour les repousses seront également conservées. Après 3 ans, si l'arbre repousse bien, une seconde coupe sera pratiquée en maintenant une partie du recrût issu de la première coupe. Ensuite, les coupes s'effectueront tous les 4 à 5 ans, les saules étant des arbres à croissance rapide, ou dès que le diamètre des branches atteint 10 cm. La taille des branches doit être réalisée au plus proche du tronc juste au-dessus de leur zone d'empatement (base élargie de la branche) (fig. 22) et en hiver en dehors des périodes de gel. Sinon, le bois devient cassant et peut se fendre lors de la coupe (Coppée et Noiret, 2008).

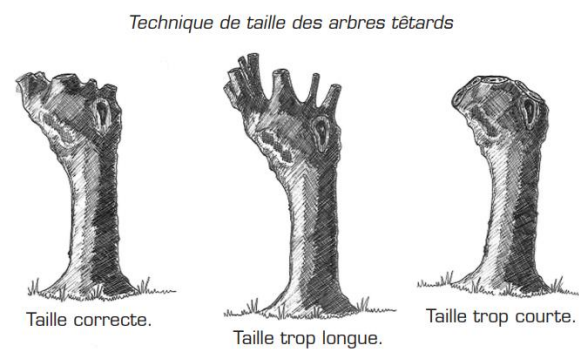


Figure 22. Technique de taille des arbres têtards (Coppée et Noiret, 2008)

Les autres arbres, le frêne (*Fraxinus excelsior*), le chêne pédonculé (*Quercus robur*) et le bouleau verruqueux (*Betula pendula*) seront laissés tels quels s'ils ne présentent aucun risque de tomber sur le sentier qui longe la haie, notamment en raison d'une inclinaison importante. Des arbres ou arbustes morts sont également à conserver ainsi que les ronces (*Rubus* sp.) et des espèces « grimpantes » comme la bryone (*Bryonia dioica*), le chèvrefeuille des bois (*Lonicera periclymenum*) et le lierre (*Hedera helix*). En effet, ces espèces offrent du nectar et du pollen de qualité pour les pollinisateurs.

Actuellement, une prairie temporaire se trouve en bordure de la haie. S'il est prévu d'y cultiver par la suite, il est alors conseillé d'installer une tournière enherbée d'une largeur de 12 m qui jouera le rôle d'une bande tampon. Elle sera constituée d'un mélange diversifié de Poacées, de Fabacées et d'autres plantes dicotylées. Aucun fertilisant, amendement ou produits phytosanitaires ne pourront être appliqués. La fauche sera effectuée entre le 16 juillet et le 30 septembre (Natagriwal, 2018). Les bandes enherbées permettent de limiter l'érosion, fonction importante en raison de la sensibilité du sol limoneux sur lequel nous nous situons (Charlier,

2018). Elles jouent également un rôle d'abris pour de nombreux vertébrés et invertébrés (Baudry & Jouin, 2003 ; Boissinot et al., 2013).

4.2.5. Synthèse cartographique des aménagements proposés

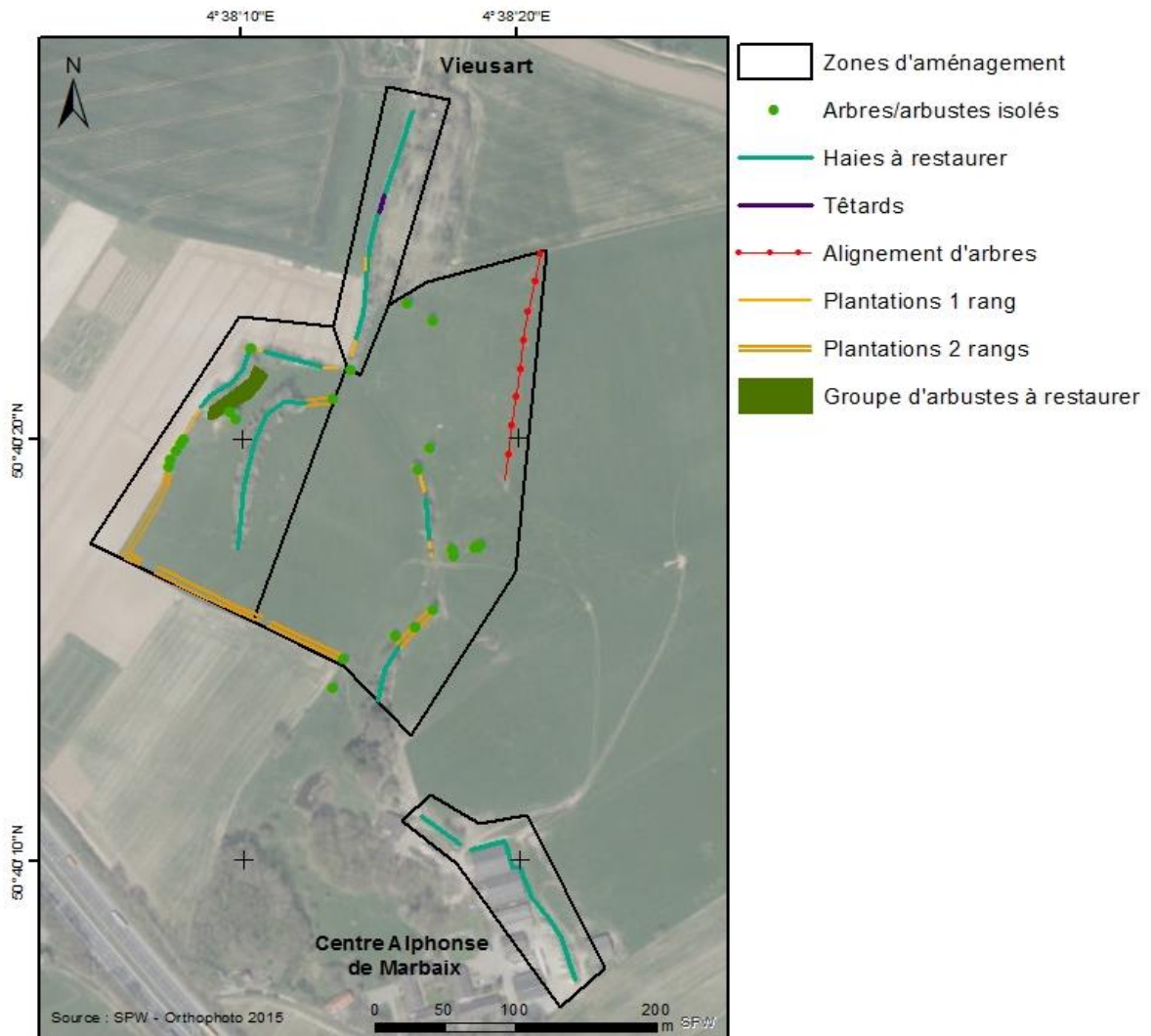


Figure 23. Ensemble des aménagements proposés pour les 4 zones

5. Bibliographie

Amy, M., Chevallier, N., Eraud, C., & Cabaret P. (2013). Impact des modes de gestion du bocage de l'Avesnois sur la communauté d'oiseaux nicheurs des haies. *Alauda*, 81 (1): 49-62.

Batáry, P., Matthiesen, T., & Tschardtke, T. (2010). Landscape-moderated importance of hedges in conserving farmland bird diversity of organic vs. conventional croplands and grasslands. *Biological Conservation*, 143(9), 2020-2027.

<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.05.005>

Baude, M., Kunin, W. E., Boatman, N. D., Conyers, S., Davies, N., Gillespie, M. A. K., Morton, R. D., Smart, S.M, & Memmott, J. (2016). Historical nectar assessment reveals the fall and rise of floral resources in Britain. *Nature*, 530(7588), 85-88.

<https://doi.org/10.1038/nature16532>

Baudry, J., Bunce, R. G. H., & Burel, F. (2000). Hedgerows: an international perspective on their origin, function and management. *Journal of environmental management*, 60(1), 7–22.

Baudry, J., & Jouin, A. (2003). *De la haie aux bocages. Organisation, dynamique et gestion*. Institut national de la recherche agronomique. Paris, 435p.

Bazin, P., & Schmutz, T. (1994). La mise en place de nos bocages en Europe et leur déclin. *Revue Forestière Française*, 46, 115-118. <https://doi.org/10.4267/2042/26606>

BirdLife International. (2015). European Red List of Birds. Luxembourg: Office For Official Publications of the European Communities, 67p.

Blondel, J., & Lhoir, J. (2015). *Oiseaux et changement global: Menace ou aubaine ?* Editions Quae, 144p.

Boissinot, A., Grillet, P., Morin-Pinaud, S., Besnard, A., & Lourdais O. (2013). Influence de la structure du bocage sur les amphibiens et les reptiles. Une approche multi-échelles. *Faune sauvage, Numéro 301*, 41-48.

Carl, C., Landgraf, D., van der Maaten-Theunissen, M., Biber, P., & Pretzsch, H. (2017). *Robinia pseudoacacia* L. Flower Analyzed by Using An Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *Remote Sensing*, 9(11), 1091. <https://doi.org/10.3390/rs9111091>

Charlier, S. (2018). Les impacts pédologiques et hydrologiques des haies en ceinture limoneuse Belge (Mémoire de fin d'études). Faculté des bioingénieurs, Université Catholique de Louvain.

Chevallier, N., Amy, M., Guillotte, B., Eraud, C., Cabaret, P., Brebion, D., Deseure M., & Morin S. (2013). L'entretien des haies a-t-il un impact sur la communauté d'oiseaux du bocage de l'Avesnois ? *Faune Sauvage*, N° 299, 2^{ème} trimestre, 23-29.

Clergeau, P., & Désiré, G. (1999). Biodiversité, paysage et aménagement : du corridor à la zone de connexion biologique. *Mappemonde*, 55(3), 5p.

Coffey, M. F., & Breen, J. (1997). Seasonal variation in pollen and nectar sources of honey bees in Ireland. *Journal of Apicultural Research*, 36(2), 63-76.
<https://doi.org/10.1080/00218839.1997.11100932>

Coppée, J.-L., & Noiret, C. (2008). *Les vergers traditionnels et les alignements d'arbres têtards*. Service public de Wallonie, collection « Nature et Forêts » n°2, 68p.

Deckers B., Hermy M., & Muys B. (2004). Factors affecting plant species composition of hedgerows: relative importance and hierarchy. *Acta Oecologica*, 26(1): 23-37

Derouaux, A., & Paquet J.-Y. (2018). L'évolution préoccupante des populations d'oiseaux nicheurs en Wallonie : 28 ans de surveillance de l'avifaune commune. *Aves* 55/1 : 1-31.

DNF. (1996). *Guide pour la plantation de haies*. Brochure technique n°3. Ministère de la Région wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement, 82p.

Dondina, O., Kataoka, L., Orioli, V., & Bani, L. (2016). How to manage hedgerows as effective ecological corridors for mammals: A two-species approach. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 231, 283-290. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.07.005>

Dunn, J. C., Gruar, D., Stoate, C., Szczur, J., & Peach, W. J. (2016). Can hedgerow management mitigate the impacts of predation on songbird nest survival? *Journal of Environmental Management*, 184(Pt 3), 535-544.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.028>

Eickwort, G. C., & Ginsberg, H. S. (1980). Foraging and Mating Behavior in Apoidea. *Annual Review of Entomology*, Vol. 25 : 421-446.
<https://doi.org/10.1146/annurev.en.25.010180.002225>

FAO. (2015). Crops, weeds and pollinators - Understanding ecological interactions for better management, by M.A. Altieri, C.I. Nicholls, M. Gillespie, B. Waterhouse, S. Wratten, G. Gbèhounou & B. Gemmill-Herren Biodiversity & Ecosystem services in agricultural production systems. Rome, Italy, 96p.

Follain, S., Walter, C., Legout, A., Lemerrier, B., & Dutin, G. (2007). Induced effects of hedgerow networks on soil organic carbon storage within an agricultural landscape. *Geoderma*, 142(1), 80-95. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2007.08.002>

Forman, R. T., & Baudry, J. (1984). Hedgerows and hedgerow networks in landscape ecology. *Environmental management*, 8(6), 495–510.

Fowler, R. E., Rotheray, E. L., & Goulson, D. (2016). Floral abundance and resource quality influence pollinator choice. *Insect Conservation and Diversity*, 9(6), 481-494. <https://doi.org/10.1111/icad.12197>

French, D.D., & Cummins, R.P. (2001). Classification, Composition, Richness and Diversity of British Hedgerows. *Applied Vegetation Science*, 4(2), 213-228.

Fuentes, M. (1994). Diets of fruit-eating birds: what are the causes of interspecific differences? *Oecologia*, 97(1), 134-142. <https://doi.org/10.1007/BF00317917>

Gadoum, S., & Didier B. (2008). Insectes pollinisateurs - *Andrena florea* et la Bryone. *Insectes n°150* : 23-24.

Garbuzov, M., & Ratnieks, F. L. W. (2014). Ivy: an underappreciated key resource to flower visiting insects in autumn. *Insect Conservation and Diversity*, 7(1), 91-102. <https://doi.org/10.1111/icad.12033>

Garratt, M. P. D., Senapathi, D., Coston, D. J., Mortimer, S. R., & Potts, S. G. (2017). The benefits of hedgerows for pollinators and natural enemies depends on hedge quality and landscape context. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 247, 363-370. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.048>

Goodwin, S. G. (1995). Seasonal phenology and abundance of early-, mid- and long-season bumble bees in southern England, 1985–1989. *Journal of Apicultural Research*, 34(2), 79-87. <https://doi.org/10.1080/00218839.1995.11100891>

Goulson, D., Hanley, M. E., Darvill, B., Ellis, J. S., & Knight, M. E. (2005). Causes of rarity in bumblebees. *Biological Conservation*, 122(1), 1-8.

<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.06.017>

Green, R. E., Osborne, P. E., & Sears, E. J. (1994). The Distribution of Passerine Birds in Hedgerows During the Breeding Season in Relation to Characteristics of the Hedgerow and Adjacent Farmland. *Journal of Applied Ecology*, 31(4), 677-692.

<https://doi.org/10.2307/2404158>

Gyan, K. Y., & Woodell, S. R. J. (1987). Analysis of Insect Pollen Loads and Pollination Efficiency of Some Common Insect Visitors of Four Species of Woody Rosaceae. *Functional Ecology*, 1(3), 269. <https://doi.org/10.2307/2389430>

Harder, L. D. (1986). Effects of nectar concentration and flower depth on flower handling efficiency of bumble bees. *Oecologia*, 69(2), 309-315. <https://doi.org/10.1007/BF00377639>

Harmonia Database, Invasive Alien Species in Belgium. (s. d.). Consulté le 26 mars 2018, à l'adresse <http://ias.biodiversity.be/>

Hicks, D. M., Ouvrard, P., Baldock, K. C. R., Baude, M., Goddard, M. A., Kunin, W. E., Kunin, W. E., Mitschunas, N., Memmott, J., Morse H., Nikolitsi, M., Osgathorpe, L.M., Potts, S. G., Robertson, K. M, Scott, A. V., Sinclair, F., Westbury, D.B. & Stone, G. N. (2016). Food for Pollinators: Quantifying the Nectar and Pollen Resources of Urban Flower Meadows. *PLoS ONE*, 11(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158117>

Hinsley, S. A., & Bellamy, P. E. (2000). The influence of hedge structure, management and landscape context on the value of hedgerows to birds: a review. *Journal of environmental management*, 60(1), 33-49.

Jacobs, J. H., Clark, S. J., Denholm, I., Goulson, D., Stoate, C., & Osborne, J. L. (2009). Pollination biology of fruit-bearing hedgerow plants and the role of flower-visiting insects in fruit-set. *Annals of Botany*, 104(7), 1397-1404. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp236>

Juillierat, L., & Vögeli, M. (2004). *Gestion des vieux arbres et maintien des Coléoptères saproxyliques en zone urbaine et périurbaine*. Centre suisse de Cartographie de la Faune. Neuchâtel, 21p.

Klaus, F., Bass, J., Marholt, L., Müller, B., Klatt, B., & Kormann, U. (2015). Hedgerows have

a barrier effect and channel pollinator movement in the agricultural landscape. *Journal of Landscape Ecology*, 8(1), 22–31.

Lecq, S. (2013). *Importance de la structure des haies, des lisières, et de la disponibilité en abris sur la biodiversité, implications en termes de gestion*. (Thèse). Sciences de l'environnement. Université de Poitiers. Consulté à l'adresse <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00938190>

Lepczyk, C. A., Murray, K. G., Winnett-Murray, K., Bartell, P., Geyer, E., & Work, T. (2000). Seasonal fruit preferences for lipids and sugars by American Robins. *The Auk* 117, no. 3 : 709-717.

Lewis, T. (1969). The Diversity of the Insect Fauna in a Hedgerow and Neighbouring Fields. *Journal of Applied Ecology*, 6(3), 453-458. <https://doi.org/10.2307/2401511>

Liagre, F. (2006). *Les haies rurales : rôles, création, entretien*. France Agricole Editions, 319p.

Life Prairies Bocagères. Consulté 16 janvier 2018, à l'adresse <http://www.lifeprairiesbocageres.eu/>

Marchal, D., Grulois, C., & Vankerkove R. (2003). Inventaire des sources de biomasse ligneuse en Région Wallonne (pour la production d'énergie). ERBE – Agence Régionale Biomasse Energie, 63p.

Marteau, S. (2017). *Impacts des éléments du paysage sur les communautés végétales des haies* (Mémoire, Université de Bourgogne, FRA), 47p. <https://prodinra.inra.fr/record/410099>

Maudsley, M. J., West, T. M., Rowcliffe, H. R., & Marshall, E. J. P. (2000). The impacts of hedge management on wildlife: preliminary results for plants and insects. *Aspects of Applied Biology*, (58), 389–396.

McCollin, D., Jackson, J. I., Bunce, R. G. H., Barr, C. J., & Stuart, R. (2000). Hedgerows as habitat for woodland plants. *Journal of environmental management*, 60(1), 77–90.

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. *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 12(1), 23–44.

Millán de la Peña, N., Butet, A., Delettre, Y., Morant, P., & Burel, F. (2003). Landscape context and carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) communities of hedgerows in western France. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 94(1), 59-72.

[https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(02\)00012-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00012-9)

Moerman, R., Vanderplanck, M., Roger, N., Declèves, S., Wathelet, B., Rasmont, P., Fournier, D., & Michez, D. (2016). Growth Rate of Bumblebee Larvae is Related to Pollen Amino Acids. *Journal of Economic Entomology*, 109(1), 25-30.

<https://doi.org/10.1093/jee/tov279>

Moutaud, J., Boutin, J.-M., Bertrand, A.-M., & Morin, S. (2012). Quelle est la capacité d'accueil des haies pour l'avifaune en France?, 6p.

Natagriwal. (2017). *Haie d'honneur aux arbres et vergers*. Des subventions à la plantation de haies, vergers, alignements d'arbres et taillis linéaires, 8p.

Natagriwal (s.d.). Consulté le 14 novembre 2017, à l'adresse <https://www.natagriwal.be/>

Natagriwal. (2018). Liste des Méthodes Agro-Environnementales et Climatiques du PwDR, 2p.

Ostaff, D. P., Mosseler, A., Johns, R. C., Javorek, S., Klymko, J., & Ascher, J. S. (2015). Willows (*Salix* spp.) as pollen and nectar sources for sustaining fruit and berry pollinating insects. *Canadian Journal of Plant Science*, 95(3), 505-516. <https://doi.org/10.4141/cjps-2014-339>

Ouvrard, P., Quinet, M., Jacquemart, A.-L. (2017). Breeding System and Pollination Biology of Belgian Oilseed Rape Cultivars (*Brassica napus*). *Crop Science: a Journal serving the international community of crop scientists*, Vol. 57: 1455-1463.

Pairon, M., Chabrierie, O., Casado, C. M., & Jacquemart, A.-L. (2006). Sexual regeneration traits linked to black cherry (*Prunus serotina* Ehrh.) invasiveness. *Acta Oecologica*, 30(2), 238-247. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2006.05.002>

Pauwels, D. (2001). Le Vertex : une nouvelle génération de dendromètres multi-usages. Note technique forestière de Gembloux n°1, Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, 13p.

- Percival, M. S. (1961). Types of nectar in angiosperms. *New Phytologist*, 60(3), 235-281.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1961.tb06255.x>
- Percsy, C. (2008). *Des haies pour demain*. Service public de Wallonie, Collection « Nature et Forêts » n°1, 59p.
- Pesson, P., & Louveaux, J. (1984). *Pollinisation et productions végétales*. Quae, 704p
- Pollard, E., Hooper, M.D., & Moore N.W. (1974). *Hedges*. London, W. Collins and Sons, 256p.
- Pouvreau, A. (1974). Le comportement alimentaire des bourdons (Hymenoptera, Apoidea, *Bombus* Latr.) : la consommation de solutions sucrées. *Apidologie* 5(3), 247-270
- Praz, C. J., Andreas, M., & Silvia, D. (2008). Specialized bees fail to develop on non-host pollen: do plants chemically protect their pollen. *Ecology*, 89(3), 795-804.
<https://doi.org/10.1890/07-0751.1>
- Rameau, J.-C., Mansion, D., & Dumé, G. (1989). *Flore forestière française. Guide écologique illustré. Tome 1 : Plaines et collines*. Institut pour le développement forestier, 1785p.
- Staley, J. T., Botham, M. S., Chapman, R. E., Amy, S. R., Heard, M. S., Hulmes, L., Savage, J., & Pywell, R. F. (2016). Little and late: How reduced hedgerow cutting can benefit Lepidoptera. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 224, 22-28.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.03.018>
- Terzo, M., & Rasmont P. (2007). *Abeilles sauvages, bourdons et autres insectes pollinisateurs*. Les Livrets de l'agriculture N°14, 64p.
- Tourret, V. (2002). Les grands types de bocages en Europe et leurs fonctions. In *Ruralité, faune sauvage et développement durable. Le bocage, enjeux de territoire pour demain. Actes du colloque des journées d'études européennes sur les bocages*, Cerizay, 6p.
- UICN. (2000). *Guidelines for the prevention of biodiversity loss due to biological invasion*. 15p.
- Usieta, H. O., Manu, S. A., & Ottosson, U. (2013). Farmland conservation in West Africa: how do hedgerow characteristics affect bird species richness? *Bird Study*, 60(1), 102-110.

<https://doi.org/10.1080/00063657.2012.758226>

Viaud, V., Grimaldi, C., & Merot, P. (2009). Impact des haies sur la ressource en eau et en sol à partir de l'exemple de la Bretagne : résultats récents et perspectives. *Revue Forestière Française*, Ecole nationale du génie rural, 61, 5, 493-502. <http://hdl.handle.net/2042/31528>

Whittingham, M. J., & Evans, K. L. (2004). The effects of habitat structure on predation risk of birds in agricultural landscapes. *Ibis*, 146(s2), 210–220.

Proposition d'un plan d'aménagement pour le réseau de haies du centre A. de Marbaix.

Présenté par Daphné Fraselle

Résumé

Les haies font partie de nos paysages depuis de nombreux siècles. En Europe, les premiers bocages sont véritablement apparus vers le XVII^{ème} siècle avec le développement de l'élevage et servaient alors essentiellement à délimiter les champs et les prairies. Mais, depuis la deuxième moitié du XX^{ème} siècle, les haies n'ont cessé de disparaître à cause de l'intensification de l'agriculture. Près de 75% des haies auraient ainsi disparu en Belgique. Dès lors, depuis quelques années, ces éléments du paysage font l'objet d'une attention particulière. En effet, dans le cadre des MAEC, les bénéfices des réseaux de haies en zone agricole sont considérés avec intérêt et des plantations sont organisées.

Dans ce mémoire, nous avons analysé l'impact de la gestion des haies sur la biodiversité. Pour ce faire, nous nous sommes concentrés sur deux taxons en particulier, les insectes pollinisateurs et les oiseaux. Le site d'étude choisi est le centre A. de Marbaix, situé à Vieusart, l'objectif étant au final d'y proposer des aménagements et des gestions futures pour les haies situées dans ce site. Ainsi, une première évaluation des haies a été effectuée, à l'aide d'inventaires floristiques et d'un suivi de l'avifaune. L'estimation des ressources disponibles pour les insectes et les oiseaux a été rendue possible par comptages des fleurs et des fruits sur le terrain. Afin de faciliter les propositions d'aménagements, le site a été organisé en 4 « zones d'aménagements ». Une première zone se situe à proximité des bâtiments de la ferme et deux autres se trouvent dans une prairie pâturée. La dernière zone est localisée à proximité des habitations du village de Vieusart.

En comparant les haies comprises dans les zones, il s'avère que celle située à proximité des habitations est la plus riche en espèces, surtout en herbacées. Quant à la zone située près de la ferme de Marbaix, elle comprend le plus d'espèces ligneuses non indigènes, en particulier des cultivars. Concernant la composition spécifique des haies, les espèces les plus fréquentes et les plus abondantes sont *Prunus spinosa* et *Crataegus monogyna*, ce qui se révèle être le cas pour la majorité des haies en Europe. *Urtica dioica*, espèce rudérale, est par ailleurs l'espèce qui domine la strate herbacée sur tout le site, indiquant un enrichissement en azote. Il est à noter que le recouvrement herbacé des haies localisées dans la prairie pâturée est très faible, résultat d'un piétinement répété du bétail.

Pour les oiseaux, 32 espèces ont été observées au total, appartenant à 15 familles, dont la majorité sont des espèces généralistes. Leur suivi a par ailleurs indiqué une préférence pour les haies hautes. Enfin, les comptages ont montré l'importance de *Crataegus monogyna* et de *Sambucus nigra* dans la production de fruits.

Les aménagements prévus consistent dans un premier temps à protéger les haies du bétail en disposant des clôtures le long de celles-ci. Ensuite, des coupes de restauration seront prévues afin d'étoffer les haies à leur base et seront suivies de regarnissage. Finalement, des plantations sont proposées afin d'améliorer la connectivité des haies, les espèces choisies étant attractives pour les pollinisateurs et pour les oiseaux.