

Annexes

Annexe A : Matériel et méthode pour la modélisation de haie en 3D et la création d'un Modèle Numérique de Terrain grâce aux photos du drone et avec l'aide du Prof. Lambot

Annexe B : Script R du test de Kruskal=Wallis

Annexe C: Script R des réseaux bipartites

Annexe D : Modélisation 3D et MNT

Annexe E : Guide technique de plantation et d'entretien

Annexe F : Proposition de mélanges pour la plantation de bandes herbeuses

Annexe A : Matériel et méthode pour la modélisation de haie en 3D et la création d'un Modèle Numérique de Terrain grâce aux photos du drone et avec l'aide du Prof. Lambot

Etape 1 : Prise de photos par le drone Phantom4Pro+

La méthode de photographie respecte deux critères. Le premier critère, celui de suivre un tracé en double passage permet d'augmenter le taux de recouvrement entre les photos). Le deuxième critère touche au mode de la prise des photographies. Le mode automatique (logiciel PIX4D) a été choisi car il permet de maintenir un taux de recouvrement constant entre chaque photo, permettant un traitement des images plus efficace par la suite. En outre, ce mode autorise une prise de photos plus rapide et reposante pour l'utilisateur que le mode manuel. Cela a été constaté après une comparaison de photos prises en mode manuel le 23 octobre 2018, avec des photos prises en mode automatique le 31 octobre 2018 sur la même zone (Z1.2). Pour toutes les photos prises en mode automatique, une série de paramètres ont été observés (Tableau A.1).

Tableau A.1 Paramètres constants pour la prise de photos par drone en mode manuel des haies de la Zone 1 de la ferme de Lauzelle.

Chevauchement des photos dans la zone des haies	Modèle de caméra	Résolution Longueur	Focale (ou ouverture du diaphragme)	Taille de pixel
>9	FC6310 (8.8 mm)	5472 x 3648	8.8 mm	2.41 x 2.41 μm

Etape 2 : Alignement des photos grâce au logiciel Agisoft et construction d'un nuage de points clairsemé

Les photos chargées dans Agisoft doivent être alignées. À ce stade, Agisoft trouve la position de caméra et l'orientation de chaque photo, et construit un modèle en nuage de points clairsemé. La qualité de l'alignement dépend de la qualité des photos. Par ex. des photos vagues peuvent influencer en mal les résultats de l'alignement. Les paramètres qui ont influencé la qualité des photos dans le cadre de ce travail sont au nombre de trois.

- Un faible ensoleillement requiert soit une ouverture du diaphragme importante, soit un temps de pause important, pour laisser entrer une quantité suffisante de lumière

dans le capteur. Vu qu'une grande profondeur de champ est nécessaire pour prendre ces photographies, l'ouverture du diaphragme sera faible, laissant rentrer peu de lumière. Ainsi, pour augmenter la luminosité de la photo, il est nécessaire de procéder à une pause longue (vitesse d'obturation faible). En revanche, cela a pour conséquence d'augmenter le flou de l'image car le drone n'est pas stable lors de la prise de photos.

- En outre, un vent important augmente l'instabilité du drone, et apporte du mouvement aux arbres pris en photo. Cela apporte un flou des images.
- De plus, la chute des feuilles en automne laisse les branches des arbres nues, qui sont plus difficilement modélisables que des branches fournies.

La qualité de l'alignement est non seulement influencée par la qualité des photos, mais aussi par des paramètres contrôlables par l'utilisateur du logiciel. Ces paramètres peuvent être modifiés dans la boîte de dialogue « Aligner les photos ». Le réglage de la précision souhaitée est crucial. En effet, un réglage de précision supérieure permet d'obtenir des estimations plus précises des positions des caméras. Un réglage de précision inférieure peut être utilisé pour obtenir les positions des caméras brutes dans un temps plus court. En effet, alors que le logiciel travaille en haute précision avec les photos originales telles qu'elles sont, le réglage moyen entraîne la réduction des images par un facteur de 4, et les fichiers sources en basse précision sont réduits de 4 fois plus

Etape 3 : Construire un nuage de points dense

Agisoft permet de générer et de visualiser un modèle en nuage de points dense. Sur la base d'une approximation des positions des caméras, le programme calcule les informations de profondeur pour chaque caméra afin de les combiner en un seul nuage de points dense.

La qualité souhaitée pour la reconstruction doit être indiquée par l'utilisateur. Des réglages de qualité plus élevés peuvent être utilisés pour obtenir des géométries plus précises et détaillées, mais nécessitent plus de temps pour s'exécuter. L'interprétation des paramètres de qualité est ici similaire à celle des réglages de précision mentionnés à la section Alignement des photos. La seule différence est que, dans ce cas, les photos originales entraîneront un traitement de qualité très élevé, alors que chaque étape de pré-traitement d'image implique une réduction de taille d'un facteur de 4.

Etape 4 : sélection des modèles de meilleure qualité

Les modèles ont été comparés en fonction de leur qualité (Tableau A.2). Pour la zone Z1.2 (Haie du champ) sue laquelle il y a eu deux passages, le passage en mode manuel n'a pas été sélectionné. Les modélisations issues des passages 2,3 et 4 ont été sélectionnées pour la prise de mesures. Ainsi, les deux haies de la zone Z1 sont couvertes par ces modèles.

Tableau A.2 Comparaison des conditions de prise de photographies aériennes à chaque passage et lien avec la qualité visuelle de l'estimation de la modélisation 3D.

Numéro de passage	Date de passage	Zone photographiée	Luminosité	Proportion de feuilles sur les arbres [%]	Mode de la prise de photos	Qualité de la modélisation 3D	Modèle sélectionné pour les mesures ?
1	23.10.18	Haie le long du champ (Z1.2)	Forte	>80	Manuelle	Moyenne	Non
2	31.10.18	Haie le long du champ (Z1.2)	Faible	70-50	Automatique	Excellente	Oui
3	16.11.18	Scavée, première partie (Z1.1)	Faible	<50	Automatique	Moyenne	Oui
4	16.11.18	Scavée, deuxième partie (Z1.1)	Faible	<50	Automatique	Moyenne	Oui

Etape 5 : Jointure des différentes modélisations 3D en un seul fichier

Les différents passages de drone ont été effectués à différentes hauteurs. Ainsi, les modélisations créées ont conservé ce décalage de hauteur. Afin de réunir les modélisations entre elles, il a été nécessaire de mesurer le décalage moyen en hauteur aux points de superposition entre chaque objet 3D (outil « mesure » dans le logiciel 3DReshape Viewer 2018, Figure A.1), puis de soustraire ce décalage aux modélisations 3D (outil « shift on Z axis » dans le logiciel Arcgis). Ainsi, les 3 objets 3D ont pu être visualisables sur le même axe de hauteur.

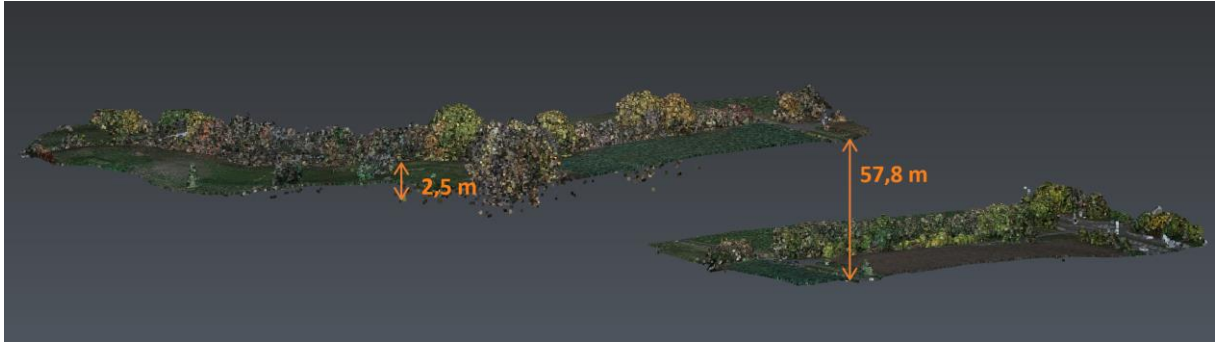


Figure A.1 Visualisation du décalage entre les objets 3D, et indication du décalage moyen en hauteur aux points de superposition entre chaque objet 3D (capture d'écran du logiciel 3DReshape Viewer 2018)

Etape 6 : Création de MNT et jointure de ces MNT en un seul fichier

Les modèles numériques de terrain (MNT) représentent la surface du modèle comme une grille régulière de valeurs de hauteur. Pour chaque zone modélisée, un MNT a été exporté à partir du logiciel Agisoft, et traité dans le logiciel ArcMap. A l'identique des modélisations 3D, il existait un décalage de hauteur entre chaque MNT produit. Ce décalage a été soustrait grâce à l'outil « raster calculator » (voie d'accès dans ArcToolbox : spatial analyst tools > map algebra). Les MNT ont ensuite été regroupés en un seul MNT grâce à l'outil « mosaic to new raster » (voie d'accès dans ArcToolbox : data management tools > raster > raster dataset)

Annexe B : Script R du test de Kruskal=Wallis

```
#lancer les packages avant de commencer l'analyse
library(asbio)
library(lattice)
library(PMCMRplus)
  ## par Zone
A<-read.csv("poll par zone.csv", head=T, dec=",",sep=";",na.strings = "na")
attach(A)
names(A)
## Entomophilie
kruskal.test(Entomophilous~Zone)
## Anemophilie
kruskal.test(Anemophilous~Zone)
  ## par Strate
# importer le fichier
B<-read.csv("poll par strate.csv", head=T, dec=",",sep=";",na.strings = "na")
attach(B)
names(B)
## Entomophilie
kruskal.test(Entomophilous~Strate)
## Anemophilie
kruskal.test(Anemophilous~Strate)
```

Annexe C: Script R des réseaux bipartites

```
#lancer les packages avant de commencer l'analyse
> library(bipartite)
> library(base)

#Reseau oiseaux et composantes des haies ou type d'occupation du sol
> A <- read.table("sp_type_C.csv",header=TRUE, row.names = 1, sep = ";", na.strings =
"NA",dec = ",")
> sp_type <- data.matrix(A)
> plotweb(sp_type, method="cca", empty=TRUE, labsize = 1, ybig = 3, y.width.low = 0.05,
y.width.high = 0.05,low.spacing = NULL,high.spacing = NULL,arrow="both.center",
col.interaction="grey80", col.high = "black",col.low=c("dark orange 4", "yellow", "dark blue",
"dark green", "red", "yellow", "dark blue", "pink", "dark green", "blue", "dark green", "red",
"chocolate", "grey","yellow", "yellow", "orange", "dark green", "grey", "black", "deep pink",
"red", "thistle3", "dark khaki", "dark orange 4", "dark violet","pale green","light sea
green","light sea green","yellow"),bor.col.interaction = "black", bor.col.high="black",
bor.col.low=c("dark orange 4", "yellow", "dark blue", "dark green", "red", "yellow", "dark
blue", "pink", "dark green", "blue", "dark green", "red", "chocolate", "grey","yellow",
"yellow", "orange", "dark green", "grey", "black", "deep pink", "red", "thistle3", "dark khaki",
"dark orange 4", "dark violet","pale green","light sea green","light sea green", "yellow"),
```

```

high.lablenth = NULL, low.lablenth = NULL, sequence=NULL, low.abun=NULL,
low.abun.col="green", bor.low.abun.col ="black", high.abun= NULL, high.abun.col="red",
bor.high.abun.col="black", text.rot=90, text.high.col="black", text.low.col= "black",
adj.high=NULL, adj.low=c(0.95,0), plot.axes = FALSE, low.y=0.9, high.y=1.6, add=FALSE,
y.lim=NULL, x.lim=NULL,low.plot=TRUE, high.plot = TRUE, high.xoff = 0, low.xoff = 0,
high.lab.dis = NULL, low.lab.dis = NULL, abuns.type = "additional")

```

```

#Reseau oiseaux et espèces végétales

```

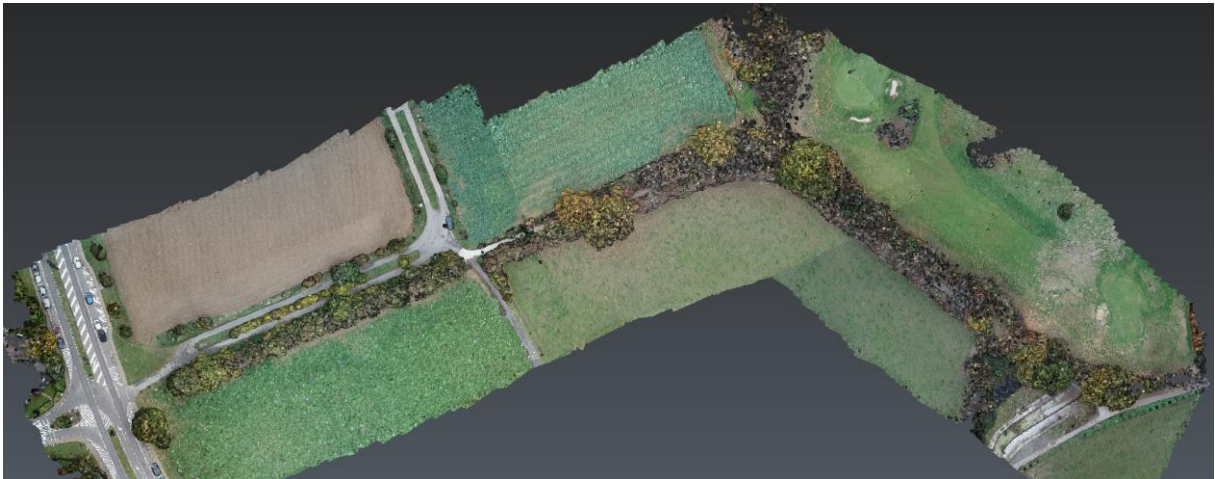
```

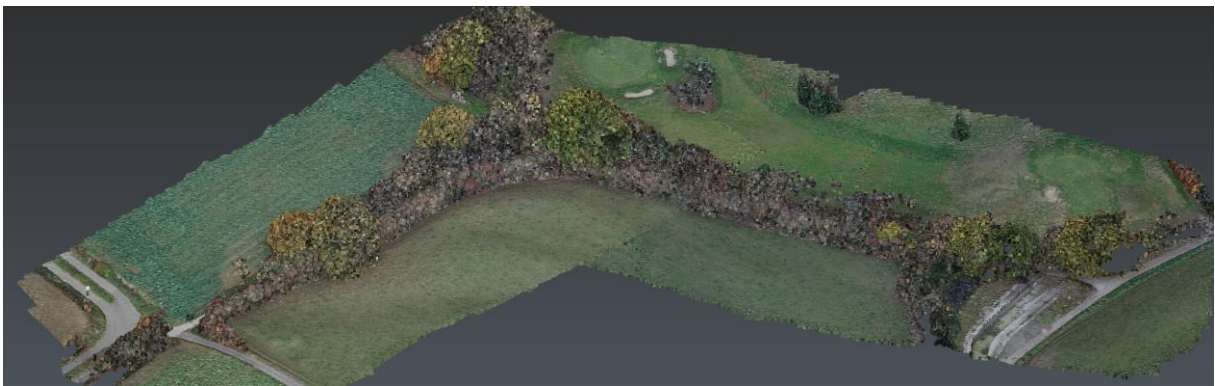
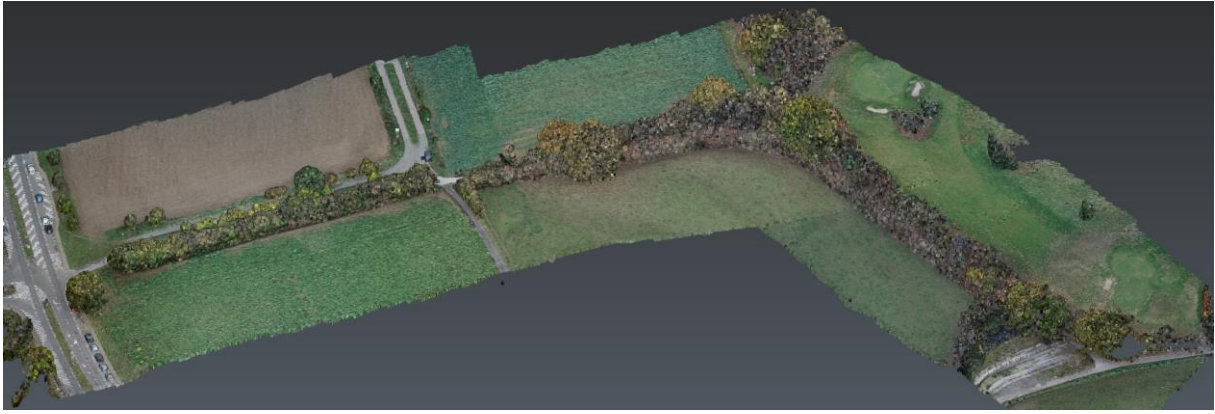
B <- read.table("bipartite2.csv",header=TRUE, row.names = 1, sep = ";", na.strings = "NA",
dec = ",")
sp_zone <- data.matrix(B)
plotweb(sp_zone, method="cca", empty=TRUE, labsize = 1, ybig = 3, y.width.low = 0.05,
y.width.high = 0.05,low.spacing = NULL,high.spacing = NULL,arrow="both.center",
col.interaction = "grey80", col.high = "black",col.low=c("black", "deep pink", "dark orange 4",
"dark green","dark blue", "yellow", "thistle3", "yellow", "red", "light sea green", "light sea
green", "dark blue", "pale green", "dark violet","dark green", "orange", "yellow", "yellow"
),bor.col.interaction ="black", bor.col.high="black", bor.col.low=c("black", "deep pink", "dark
orange 4", "dark green","dark blue", "yellow", "thistle3", "yellow", "red", "light sea green",
"light sea green", "dark blue", "pale green", "dark violet","dark green",
"orange","yellow","yellow"), high.lablenth = NULL, low.lablenth = NULL, sequence=NULL,
low.abun=NULL, low.abun.col="green", bor.low.abun.col ="black", high.abun=
NULL,high.abun.col= "red", bor.high.abun.col="black", text.rot=90, text.high.col="black",
text.low.col="black",adj.high=NULL, adj.low=c(0.95,0), plot.axes = FALSE, low.y=0.9,
high.y=1.6, add=FALSE, y.lim=NULL, x.lim=NULL,low.plot=TRUE, high.plot=TRUE, high.xoff =
0, low.xoff = 0, high.lab.dis = NULL, low.lab.dis = NULL,abuns.type="additional")

```

Annexe D : Modélisation 3D et MNT







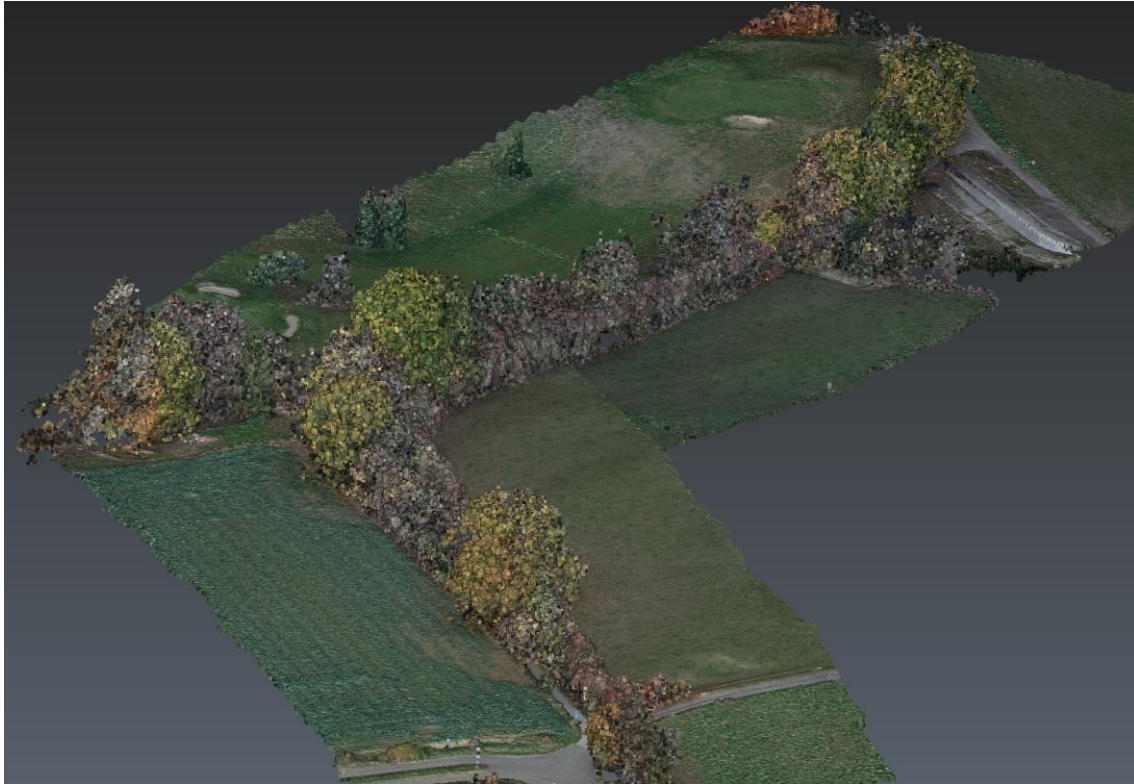


Figure D.1 Captures d'écran de la modélisation 3D des haies de la zone 1 (Z1.1 : Scavée, Z1.2 : haie du champ). Logiciel 3DReshaper Viewer 2018 (x64)

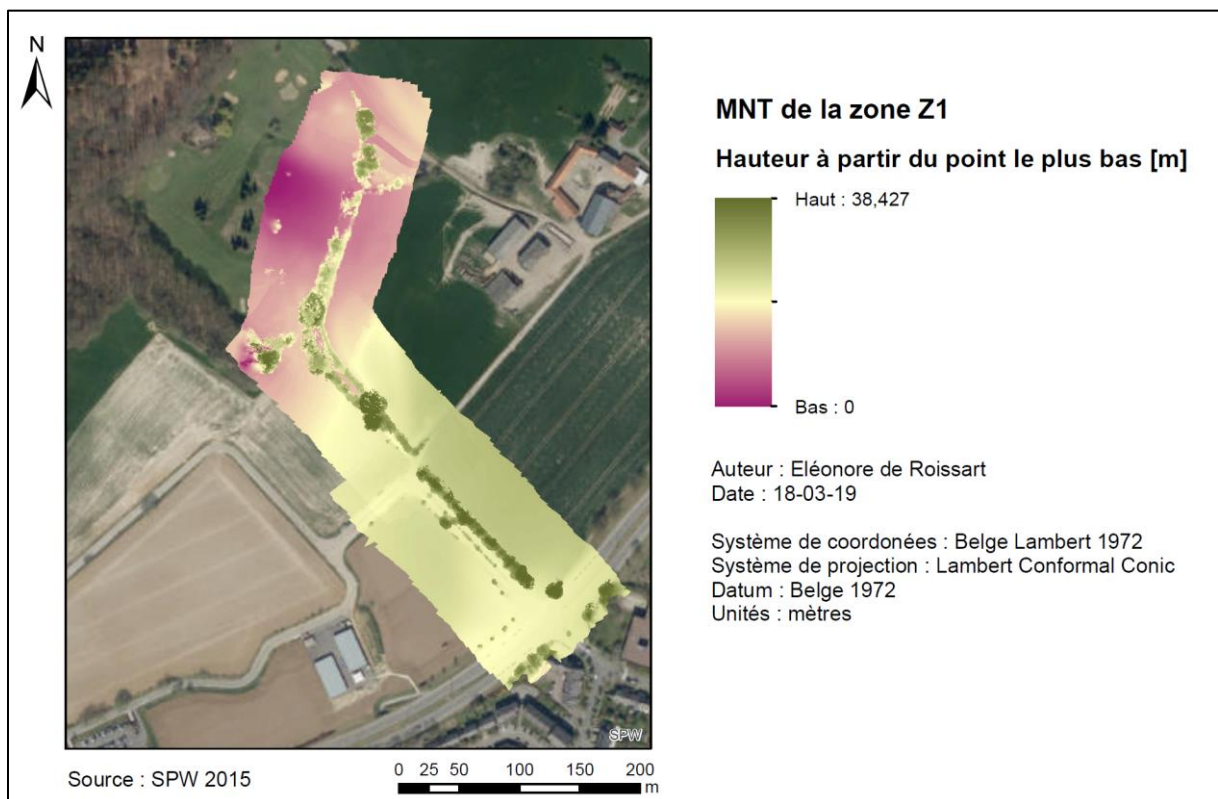


Figure D.2 Modèle numérique de terrain (MNT) de la zone 1 établi grâce aux photographies prises par drone

Annexe E : Guide technique de plantation et d'entretien

Avant toute plantation, une préparation du sol est nécessaire. Pour détruire la strate herbacée tout en ameublissant le sol, on peut recourir à une fauche, suivie d'un labour. (Percsy, 2008). Le sol nu sera immédiatement paillé, en vue de la plantation.

En agriculture de conservation, le non-labour sera favorisé. Ainsi, on optera pour la destruction de l'herbe par les insectes et les vers de terre, qui ameubliront aussi le sol. Pour ce faire, on couvrira le sol dès septembre, pendant 4 à 6 mois, d'une couche de 10 cm de feuilles mortes, de paille ou de foin, appelée « mulch ». Afin d'éliminer les vivaces (chiendent, chardon, orties, etc), on peut procéder à des griffages répétés en été ou à une pulvérisation de désherbant chimique. Un couvert végétal, précédant la pose de « mulch », peut aussi supprimer ces vivaces en les étouffant tout en ameublissant le sol et en lui apportant de la matière organique (Soltner, 2015). Après une année de croissance, l'engrais vert sera broyé puis recouvert de mulch. La préparation du sol sans travail du sol est préférée lorsque peu d'espèces vivaces sont présentes, ou lorsque le labour n'est pas possible pour des raisons techniques (pente, racines d'arbres à conserver à proximité). Elle sera donc utilisée sur le site d'étude.

Nous conseillons de planter préférentiellement des « jeunes plants » (0,3 à 1,2 m), qui sont peu coûteux, qui laisseront peu de racines en pépinières, donc seront moins perturbés par la transplantation que des plants de plus grande taille (baliveau ou tige fléchée) (Soltner 2015). Cependant, si l'on veut bénéficier de la taille de formation faite en pépinière, les espèces arborescentes peuvent être achetées en « baliveaux » (1,2 à 2m de haut). Les plants seront tous à racines nues, et un pralinage des racines des plants pourra être effectué afin de favoriser la reprise des plants. Cela consiste à faire tremper les racines dans un mélange d'eau boueuse avec de la bouse de vache ou du fumier séché (Percsy, 2008).

La plantation s'effectue entre les mois de novembre et de mars, en dehors des périodes de gel. Un trou de plantation sera creusé, de largeur supérieure à la masse racinaire des plants, et le plant y sera planté à bonne profondeur ; le collet doit se situer au niveau du sol. La terre sera apportée dans le trou, en enrobant les racines, et une couche de fumier décomposé ou de compost peut être placée en la surface. Le fumier ne sera en aucun cas enfoui, car il ne trouve pas l'activité biologique nécessaire à sa décomposition en profondeur (Soltner, 2015). La terre sera tassée, et aussitôt arrosée, pour faire adhérer la terre aux racines.

Les plants seront espacés en fonction du type de haie prévu, et 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. Cette couche de paille, de 10 cm d'épaisseur au moins, de copeaux de bois ou de bois raméal fragmenté sera étalée au pied des plants (Percsy, 2008). Les tontes de gazon peuvent compléter ce paillage, mais toujours en couches minces et renouvelées, pour éviter les pourritures. Une gaine grillagée de plastique ou un treillis métallique peut être installé pour protéger des dégâts de lapins et autres rongeurs (Soltner, 2015).

Chaque structure ligneuse nécessite une taille spécifique. Une taille de formation est nécessaire pour les arbres de haut jet, qu'ils soient inclus dans une bande boisée, isolés ou en alignement. Grâce à cette taille, le tronc de l'arbre sera droit et sa forme sera « équilibrée », afin de favoriser son intégration dans les haies ou d'éviter l'emprise des branches sur les surfaces cultivées. Cela consiste en un défourchage le deuxième et troisième hiver, afin de ne laisser qu'un seul axe central, puis d'un élagage des branches basses à partir du quatrième hiver. Ces tailles, effectuées en hiver, perturberont au minimum la reproduction des oiseaux de même que la floraison et la fructification des arbres. Afin d'obtenir des structures ligneuses développant un port buissonnant bien garni, on procédera au recépage, c'est-à-dire couper l'arbuste à 10 cm du sol après un an de pousse. Les années suivantes, il faudra raccourcir les tiges qui ont portées des fruits de $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$. La taille ne pouvant pas être effectuée entre le 1er avril et le 31 juillet (Natagriwal, 2014), elle aura lieu début août pour les espèces à floraison printanière (de février à mai), sauf pour les espèces à baies dont les tiges ne seront rabattues qu'après leur chute. Les espèces à floraison estivale (juin à septembre) seront quant à elles taillées fin février.

Par la suite, après 3 ou 5 ans, les haies arbustives libres seront taillées selon la croissance des espèces, par exemple tous les 4 ans. Cependant, les espèces à croissance rapide comme le noisetier (*Corylus avellana*) et les saules (*Salix spp.*), peuvent être taillées plus fréquemment, ou plus sévèrement, afin d'équilibrer la haie et d'éviter qu'elles n'étouffent les autres espèces.

Les tailles d'entretien et de restauration ne seront pas réalisées sur toutes les haies au même moment, mais plutôt par tronçons de 30 m pour les haies de plus de 100 m de long ou sur $\frac{1}{3}$ de la longueur pour les autres haies chaque année. Ceci permet d'obtenir une variation de structure au sein des haies et de préserver des ressources alimentaires et des refuges pour l'avifaune et l'entomofaune.

Les aménagements des haies du site d'étude peuvent être regroupés selon le type de haie qui sera planté. Chaque haie a son schéma de plantation ainsi que sa méthode de gestion. Quatre types de haies seront abordés dans le cadre des aménagements du site d'étude ; les bandes boisées, les haies libres, les haies libres avec alignement d'arbres et les bosquets.

Les bandes boisées sont des haies multi-strates, constituées d'arbres et arbustes (Figure E.1). Cette structure est optimale pour fournir un habitat diversifié à la flore et pour assurer de nombreux services écosystémiques tels que la création d'un microclimat.

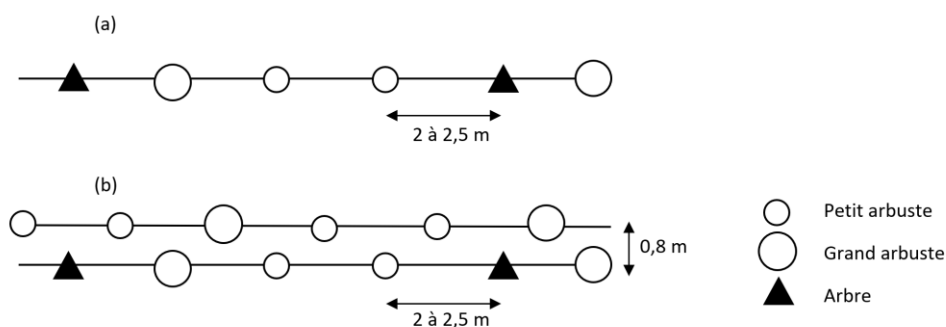


Figure E.1 Schéma de plantation d'une bande boisée sur (a) un rang et sur (b) deux rangs

Les haies libres sont composées d'arbustes, de 1 à 3 m de hauteur. Chaque plant est espacé d'1,5 m, afin que l'espèce puisse développer son port naturel (Figure E.2). Il faudra prévoir une bande de plantation de 1,5 à 1,8 m de large (sur paille, feutre, ou film plastique). Lorsqu'ils sont jeunes, tous les plans sont recépés. La production de fleurs et de fruits augmente si la fréquence de taille diminue. Les tailles sont néanmoins nécessaires pour éviter le développement de la haie en cordon arborescent.

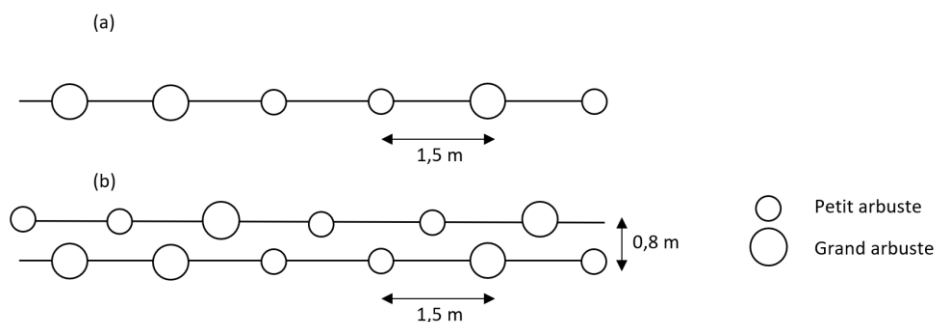


Figure E.2 Schéma de plantation d'une haie arbustive libre sur (a) un rang et sur (b) deux rangs

Les bosquets seront organisés de façon à constituer des petits bois à caractère écologique et paysager dont l'harmonie résulte de la diversité d'espèces qui les constitue ainsi que de leur placement. Tout bosquet sera constitué de plusieurs « mini-bosquets » (ou modules de base) accolés. Le mini-bosquet est constitué de trois arbres entourés d'arbustes, les plus petits en périphérie (Figure E.3).

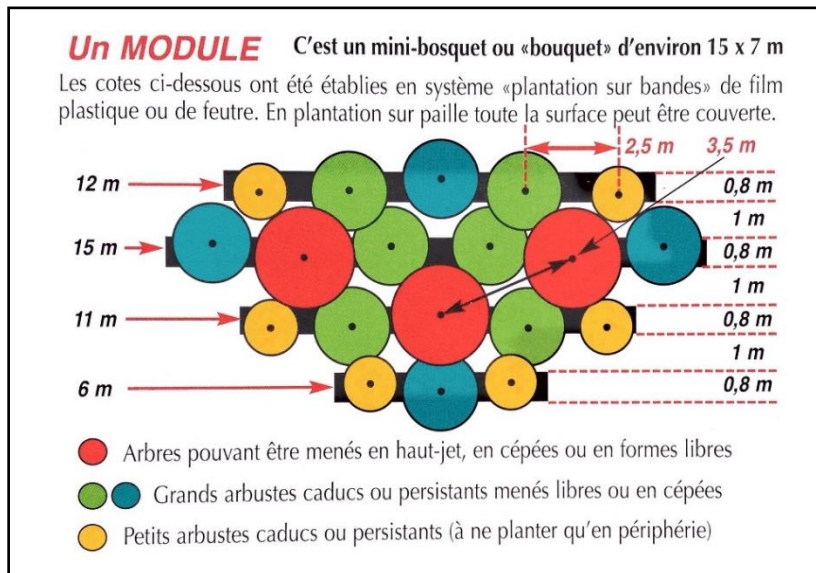


Figure E.3 Schéma de plantation d'un "module" de bosquet (Soltner 2015).

Les haies libres peuvent aussi contenir des arbres de haut jet (Figure E.4). On appellera cela une « haie libre + alignement », c'est-à-dire une haie dont la taille d'entretien est réalisée une fois tous les 5 ans, selon la dynamique de croissance des arbustes, incluant des arbres haut-jet de 5 à 30 m de haut, tous les 10 à 20 m environ. A terme, la croissance des arbustes sera limitée par le houppier des arbres de haut jet, ce qui évitera des tailles.

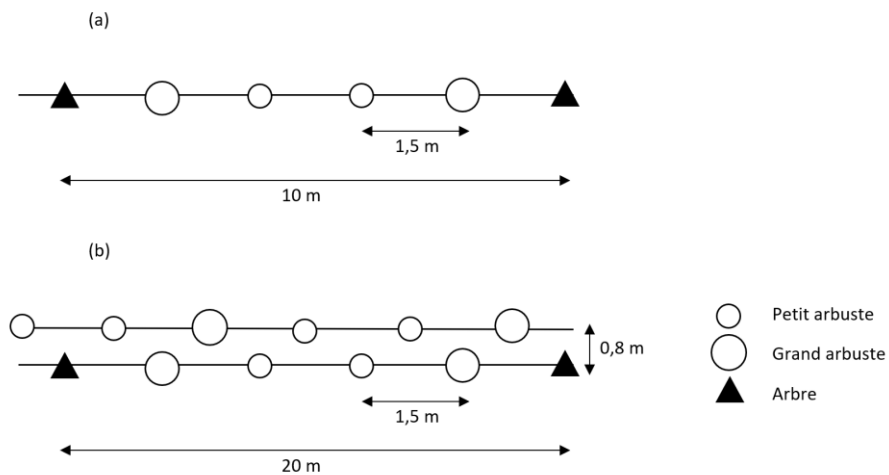


Figure E.4 Schéma de plantation d'une haie arbustive libre (a) sur un rang avec arbres de tous les 10m et (b) sur deux rangs avec arbres de tous les 20m

Annexe F : Proposition de mélanges pour la plantation de bandes herbeuses

Nous proposons trois bandes herbeuses.

1. « Bande aménagée pour la faune »

Nous proposons deux mélanges pour ce type de bande aménagée :

Le mélange « fauna 9 » de Jorion Philip seeds (2019).

Composition : *Triticosecale* Wittm. ex A. Camus, *Raphanus sativus* L, *Helianthus annuus*.

Le mélange « Sl'BEE » de Agrarius (2019)

Composition: *Raphanus sativus* L., *Fagopyrum esculentum* Moench, *Phacelia*, *Vicia sativa*, *Trifolium pratense*, *Panicum miliaceum*, *Sorghum bicolor*.

2. « Bande à fleurs des prés »

Nous proposons le mélange « MAEC - bande butineurs » de Ecosem (2019).

Composition : *Agrostis tenuis*, *Festuca rubra commutata*, *Poa pratensis*, *Lotus corniculatus*, *Medicago lupulina*, *Medicago sativa*, *Trifolium pratense*, *Achillea millefolium*, *Centaurea thuillieri*, *Cichorium intybus*, *Clinopodium vulgare*, *Daucus carota*, *Geranium pyrenaicum*, *Leucanthemum vulgare*, *Malva moschata*, *Origanum vulgare*, *Plantago lanceolata*, *Silene latifolia alba*.

3. « Bande d'herbacées supportant l'ombrage »

Nous proposons le mélange « zones ombragées 85/15 » de Ecosem (2019).

Composition : *Brachypodium sylvaticum*, *Festuca pratensis*, *Festuca rubra commutata*, *Poa nemoralis*, *Medicago lupulina*, *Achillea millefolium*, *Alliaria petiolata*, *Anthriscus sylvestris*, *Campanula trachelium*, *Clinopodium vulgare*, *Digitalis purpurea*, *Eupatorium cannabinum*, *Geranium pyrenaicum*, *Hesperis matronalis*, *Hypericum hirsutum*, *Leucanthemum vulgare*, *Malva sylvestris*, *Myosotis sylvatica*, *Primula elatior*, *Prunella vulgaris*, *Ranunculus acris*, *Silene dioica*, *Succisa pratensis*, *Valeriana officinalis*

À ce mélange, on pourra ajouter l'ail des ours (*Allium ursinum*) et la vesce des haies (*Vicia sepium*).