

Contribution à l'évaluation des effets de la gestion de plantation d'arbres en taillis à courte rotation (TCR) sur la biodiversité

Dr Brice Louvel

Junia, ULR 4515, Laboratoire de Génie Civil et géo-Environnement (LGCgE), Lille, F59000, France



Table des matières

Contexte et objectifs généraux	3
1. TCR et biodiversité floristique	5
2. Influence d'un TCR sur la faune du sol	6
2.1. Les micro-organismes.....	6
2.2. La mésofaune et la macrofaune de la litière et du sol	8
2.3. La mésofaune et la macrofaune de la strate arbustive.....	9
3. Les vertébrés	10
3.1. Les mammifères	10
3.2. Les oiseaux	12
4. Gestion en TCR : quelques recommandations techniques en faveur de la biodiversité.....	15
4.1. Localisation des TCR et effet lisière.....	18
4.2. Densité de plantation en simple et double ligne	19
4.3. Choix des essences et des clones	19
4.4. Plantation mécanique vs manuelle	20
4.5. Récolte.....	21
Conclusions et perspectives	23
Bibliographie	25
Sitographie	27

Contexte et objectifs généraux

Le projet New-C-Land vise à valoriser les sites marginaux par la production de biomasse végétale utilisée en énergie et matière. L'originalité de New-C-Land est de considérer les surfaces foncières présentant des contraintes, comme les linéaires (routiers, ferroviaires, fluviaux), les friches contaminées ou non, et les zones agricoles situées à proximité immédiate d'habitations et d'infrastructures sensibles. New-C-Land n'a pas pour vocation de promouvoir la production de biomasse végétale non alimentaire sur les terres agricoles classiques, sur des sites où des projets immobiliers sont programmés, et encore moins sur des sites où les habitats ont une grande valeur écologique.

Le projet New-C-Land promeut (1) la plantation de biomasses non alimentaires sur des sites marginaux choisis en concertation dans les territoires, (2) l'exploitation et la valorisation à l'échelle industrielle de ces biomasses. De par sa simplicité, la filière bois-énergie est l'une des premières voies de valorisation de la biomasse. Le taillis à courte rotation (TCR) désigne un mode de gestion où les parties aériennes des arbres sont récoltées à une fréquence de 3 à 5 ans. Il s'agit de planter généralement du saule ou du peuplier. L'exploitation des arbres en TCR procure des rendements compris entre 7 et 12 tonnes de matière sèche par hectare et par an (t MS/ha/an) pour les TCR de saules et 7 à 15 t MS/ha/an pour les TCR de peupliers (source : CREFF). A l'échelle d'une métropole dont les besoins en plaquettes forestières s'élèvent à environ 50.000 t /an, la surface équivalente en TCR représente entre 3.500 ha et 7.000 ha de TCR à récolter par an.

Parallèlement à la nécessité pour les territoires de diversifier leur mix énergétique par des énergies renouvelables, les préoccupations des citoyens portent davantage sur le besoin de nature et la préservation de la biodiversité. Les sites marginaux tels que définis et géoréférencés par le projet New-C-Land peuvent accueillir une végétation spontanée, herbacée et arbustive. Enfin, il peut s'agir aussi de zones ultimes encore disponibles pour procurer des zones refuges en faveur de la protection de la biodiversité. Un aménagement végétalisé « contrôlé », tel que l'implantation d'un taillis à courte rotation, peut dès lors être controversé.

L'objectif de ce présent travail est d'établir une veille bibliographique pour répondre aux questionnements suivants :

- Quels sont les avantages et les inconvénients d'un TCR d'un point de vue de la biodiversité ?
- Qu'apporter comme éléments de réponses aux nombreuses collectivités se questionnant sur le bienfondé de planter des arbres pour exploiter leur bois ?
- Quels sont les scénarios favorables et non favorables de la gestion en TCR ?
- Enfin, la gestion d'un TCR est-elle durable ?

Le projet New-C-Land se doit d'apporter un état des lieux des connaissances scientifiques des effets du mode de gestion en TCR sur la biodiversité.

Pour quantifier l'effet d'un TCR, le présent travail s'est focalisé sur les études suivant deux indices :

1. **la richesse spécifique**, c'est à dire le nombre d'espèces par unité de surface et ;
2. **l'abondance**, qui correspond aux nombres d'individus par espèce.

Ces indices peuvent être suivis au niveau du TCR uniquement (diversité α), en comparant le TCR par rapport à un habitat environnant (diversité β) et en combinaison d'un ensemble de stations (diversité γ).

Les études portent sur des **TCR localisés en France, en Belgique, au Royaume-Uni, en Allemagne, en Suède et en Amérique du nord**. Dans la majorité des cas, l'influence d'un TCR est comparée à un site adjacent (champ, terrain vague, bois...).

Cette synthèse bibliographique s'intéresse à **l'établissement d'une végétation spontanée sur la strate arbustive des TCR** puis à **l'influence d'un TCR sur la micro, méso et macrofaune du sol et arbustive**. Cette synthèse reflète aussi **l'intérêt des auteurs pour l'étude des TCR comme lieu de vie pour les vertébrés** (petits mammifères et oiseaux).

Une dernière partie explore **les mesures à mettre en place dès la genèse d'un projet de plantation pour favoriser et rendre durable l'établissement d'une biodiversité dans les TCR**. Enfin, des mesures compensatoires innovantes issues de l'ingénierie écologique sont proposées notamment au moment de la récolte du bois.

1. TCR et biodiversité floristique

La majorité des études montre une forte compétition entre le TCR et l'établissement des espèces végétales prairiales puis forestières. Une gestion traditionnelle des TCR préconise des fauches les deux premières années TCR pour favoriser la croissance des arbres. Archaux *et al.* (2010) montre que les plantes prairiales et les herbes hautes sont soumises au développement de la couche arbustive du TCR, laquelle réduit la disponibilité de la lumière (Laquerbe 2000). La couverture végétale dense du TCR limite l'accès à la lumière pour les plantes basses. Néanmoins, des relevés de végétation effectués sur 12 TCR de saules (*Salix spp*) et 3 TCR de peupliers (*Populus spp.*) en comparaison à des terres arables, des prairies et des forêts artificielles environnantes du centre de la Suède et du nord de l'Allemagne, montrent une richesse spécifique plus grande dans les TCR (Baum *et al.* 2012). Les plantations de TCR sont plus riches en espèces végétales ($n = 30$ espèces pour 100 m^2) que les terres arables ($n = 10$), les forêts de conifères ($n = 13$) et les forêts mixtes en Allemagne ($n = 12$). L'étude de Baum *et al.* (2012) rapporte des observations antérieures où 87 espèces végétales sont présentes dans une plantation de TCR pour seulement 39 espèces dans une prairie (Valentine *et al.*, 2009). Cependant une étude comparative en Suède montre que la richesse spécifique peut tantôt être similaire, tantôt être plus faible entre un TCR de peupliers et deux forêts mixtes de feuillus (Weih *et al.*, 2003). Par ailleurs, la couverture végétale est 10 fois plus forte dans les TCR de saules par rapport à un champ de maïs comme ce qui est attendu et présente un calendrier et une durée de floraison plus diversifiée, et ce même pour des TCR de petite taille (0,5 à 4 ha) (Verheyen *et al.* ; 2014). L'absence de labour et de phytosanitaire explique les différences dans la composition et la diversité de la végétation. Ainsi, ces études montrent qu'il faut absolument prendre en compte les aspects régionaux dans l'évaluation de la biodiversité et qu'en tant qu'élément de paysage structurel, les plantations de TCR contribuent à améliorer la biodiversité floristique dans les zones rurales de grandes cultures agricole et sylvicole.

Par ailleurs, les études sur la richesse spécifique ne sont pas suffisantes pour pouvoir évaluer la biodiversité de façon exhaustive car elle ne prend pas en compte la variation de la composition des espèces. En effet, le nombre cumulé moyen d'espèces peut être similaire entre un TCR et les champs agricoles adjacents, or ces deux types d'habitats ne partagent pas les mêmes espèces végétales (*e.i.* absence d'espèces héliophiles dans des TCR de peupliers et absence d'espèces sciaphiles dans les champs agricoles). De même, plus les saules et les peupliers se développent, plus la composition floristique est proche du milieu forestier, confirmant que l'accès à la lumière est un facteur majeur. Ainsi, la diversité floristique varie en fonction des cycles de récolte et, au fil du temps, en fonction de la densification du couvert végétal (Baum *et al.* 2012).

Birmele *et al.* (2015) ont étudié l'influence du type de clone de peuplier d'un TCR sur la diversité de la végétation du sol. Les auteurs constatent qu'il existe une différence de composition végétale sous

chacun des deux clones de peuplier (Max4 et Monviso). En effet, les parcelles Monviso montrent davantage d'herbe haute que de parcelles avec le clone de peuplier Max4, lequel présente davantage d'herbe basse. Les auteurs mettent en avant la forme particulière des feuilles et leurs influences sur la disponibilité lumineuse.

2. Influence d'un TCR sur la faune du sol

2.1. Les micro-organismes

Les micro-organismes comprennent notamment les champignons et les bactéries. Ils vivent ou non en symbiose avec les plantes dans l'environnement de la racine. Ils sont globalement immobiles et ils libèrent des enzymes capables de modifier leur environnement immédiat. La très grande majorité des études s'intéressent aux champignons mycorhiziens et parfois, aux bactéries (Schrama *et al.* 2016 ; Xue *et al.* 2015 ; Pellegrino *et al.* 2011 ; Hrynkiewicz *et al.* 2012 ; Stauffer *et al.* 2014).

La température et l'humidité du sol, les teneurs en matière organique facilement dégradables, la structure physico-chimique du sol et les techniques culturales sont les facteurs principaux influençant la biomasse microbienne. L'abondance de champignons est significativement plus forte sous un TCR de saules par rapport à une culture de maïs, de miscanthus et de panic érigé (Schrama *et al.* 2016). Cette constatation est partagée avec les travaux de Stauffer *et al.* (2014) où l'abondance fongique est significativement plus forte dans un TCR de saules par rapport à une forêt, une bande enherbée ou un champ conventionnel. Parallèlement à la forte densité fongique, les activités de ces derniers est aussi plus importante dans un TCR de saules par rapport à un champ conventionnel. En revanche, la densité bactérienne va être similaire à ce que l'on retrouve dans un champ conventionnel et significativement inférieure à une bande enherbée ou une forêt. Par conséquent, le ratio fonge-bactérie va être plus fort dans un TCR par rapport aux autres cultures (Stauffer *et al.*, 2014 ; Schrama *et al.* en 2016).

La gestion active de la parcelle de TCR oblige à couper les arbres et aussi à réouvrir le milieu à la lumière. La conséquence immédiate de cet apport de lumière au sol est l'établissement d'une strate herbacée plus importante dans un TCR par rapport à une forêt (Poudel *et al.*, 2019). Les plantes de la strate herbacée vivent en symbiose avec des champignons mycorhiziens à arbuscules. Ces champignons ont un rôle majeur dans le transport d'éléments nutritifs et de l'eau depuis le sol vers la plante. En retour, la plante libère au niveau de ses racines des sources de carbone facilement assimilable par le champignon. Ainsi, une faible disponibilité en phosphore et en potassium pour la plante peut expliquer l'abondance des champignons (Püttsepp *et al.* 2004). Dans l'étude de Pellegrino *et al.* (2011), la présence de *ray-grass*¹ est recensée dans des TCR de peupliers, des zones non cultivées

¹ Ray-grass :

(naturelles) et des champs de maïs. La colonisation mycorhizienne² sur les racines de *ray-grass* est significativement plus importante dans un TCR de peupliers par rapport aux autres milieux étudiés. Pellegrino *et al.* (2011) observe des genres de champignons mycorhiziens à arbuscules différents en fonction du type de gestion (TCR, plantation de maïs ou sol « naturel » non cultivé). Dans cette étude, à partir de la morphologie des spores, les genres *Glomus* et *Scutellospora* sont trouvés dans les TCR de peupliers. Des genres différents de champignons mycorhiziens à arbuscules ont été retrouvés dans les sols « naturels » non cultivés et dans les champs de maïs. Tout cela montre une spécialisation des champignons mycorhiziens à arbuscules en fonction du type de gestion du sol. L'absence de labour, de traitement phytosanitaire et d'amendement organique dans le TCR sont les principales raisons de la plus forte colonisation du *ray-grass* par les champignons mycorhiziens à arbuscules.

Les champignons ectomycorhiziens³ forment des symbioses avec les arbres. Ils fournissent à l'arbre les éléments nutritifs, notamment le phosphore contenu dans la matière organique et l'eau. En retour, l'arbre fournit aux champignons une source de carbone facilement assimilable par l'intermédiaires des exudats racinaires. Plusieurs espèces d'ectomycorhiziens peuvent coloniser les racines d'un arbre. 12 morphotypes d'ectomycorhizes sont trouvés dans les parcelles de TCR dont 5 sur les peupliers et 7 sur le saule (Hryniewicz *et al.* 2012). Dans cette étude, une succession de morphotype d'ectomycorhizes est observée en fonction de la saison et de la fréquence de rotation de coupe pour le peuplier et le saule :

- Au printemps, avec un cycle de coupe tous les 3 ou 6 ans, 2 morphotypes sont observés (*Thelephoraceae* sur le peuplier et *G. Cervina* sur le saule).
- En automne, avec un cycle de coupe tous les 3 ans, 4 morphotypes sont observés (*Laccaria sp.*, *Peziza sp1.*, *Peziza sp2.* sur le saule et *Tuber rufum* pour le peuplier)
- En automne, avec un cycle de coupe tous les 6 ans, 2 morphotypes sont observés (*Inocybe sp.* sur le peuplier et *S. bovista* sur le saule).

Ainsi, les courtes rotations semblent favoriser les morphotypes *Pezizales spp.*, *Tuber rufum* et certaines agaricales comme *Laccaria spp.* Les longues rotations (6 ans) semblent favoriser d'autres agaricales comme *Inocybes sp.*, des *boletales* comme *Scleroderma spp.*

Il serait intéressant de déterminer quelle diversité microbienne est la plus avantageuse pour l'écologie du sol et pour la production de biomasse.

² Mycorhizien.ne

³ Ectomycorhizien.ne

2.2. La mésofaune et la macrofaune de la litière et du sol

Les annélides, et plus particulièrement les vers de terre sont des bio-indicateurs largement utilisés pour rendre compte de l'état et des usages de l'écosystème car ce sont des bio-indicateurs fiables, pertinents, sensibles et reproductibles.

Les communautés de vers sont de 3 types :

1. Les épigés : des vers de surface, fins et de petite taille qui vivent à la surface du sol, au niveau de la litière et se nourrissent de matières organique et végétale en décomposition.
2. Les endogés : des vers qui vivent en permanence dans le sol et qui se déplacent en ingérant de la terre avec une assimilation de la matière organique que cette terre contient. Ces vers vivent sous la surface (une dizaine de centimètres sous terre).
3. Les anéciques : des vers de grande taille qui creusent des galeries verticales. Ces vers prélèvent de la matière organique à la surface et la laissent se décomposer en profondeur grâce aux microorganismes avant de l'ingérer. Ces vers vont également laisser leurs déjections à la surface ou sur les parois de leurs galeries. Ces nombreuses « remontée-descente » permettent un brassage de la matière organique dans tous les horizons du sol.

L'implantation de TCR de saules augmente l'abondance des vers de terre par rapport à une culture annuelle dans un champ conventionnel (Lagerlöf *et al.* 2015). Cette étude détermine 8 espèces de vers de terre dont *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea longa* et *Lumbricus terrestris*, lesquels sont significativement plus nombreux dans le TCR que dans le champ témoin. Cette étude montre que la forte densité des vers dans le TCR est en partie due à l'absence de labour favorisant les épigés à partir du moment où il y a formation d'une couche de matière organique superficielle liée à la chute des feuilles. Ces résultats vont dans le sens de ceux observés par Stauffer *et al.* (2014) dans une étude réalisée en France, où la densité des vers de terre est significativement plus forte dans un TCR (166 ind./m²) par rapport au champ témoin. Cependant, la biomasse des vers de terre est plus importante dans une prairie et une forêt par rapport à un TCR ou à un champ classique. Pour le calcul de la diversité, en utilisant l'indice de Shannon⁴, il n'existe pas de différence significative entre une forêt, un TCR de saules et une prairie. Par conséquent, un TCR a une influence neutre sur la biodiversité des vers de terre par rapport aux espaces plus naturels. Chez Stauffer *et al.* (2014), le TCR favorise vers les anéciques par rapport aux endogés en partie grâce au turn-over très important des racines permettant d'enrichir la surface de carbone organique (Rytter et Rytter. 1998). L'abondance des vers peut être 10 fois plus importante dans un TCR de saules par rapport à une culture de miscanthus, une culture de panic érigé et un champ de maïs (Schrama *et al.* 2016). Dans cette étude, Schrama et ses collaborateurs

⁴ Indice de Shannon

observent que la diversité et l'abondance des arthropodes (dont les collemboles) est significativement plus forte dans un TCR de saules par rapport à une culture de maïs et de miscanthus.

En ce qui concerne les nématodes, il n'existe pas de différence significative de l'abondance et de la diversité entre les différents types de gestion de sol (Schrama *et al.* 2016). En revanche, les conditions plus stables offertes par les TCR de saules permettent d'abriter des nématodes plus matures par rapport à une culture de maïs.

Les acariens semblent aussi se satisfaire des conditions écologiques fournies par les TCR (Minor *et al.* 2004). En effet, 28 espèces d'*Oribatida* et 35 espèces de *Gamasida* sont présentes dans un TCR de saules alors qu'il y en a 10 à 31 *Oribatida* et 7 à 20 *Gamasida* dans un champs arbustif abandonné. L'absence de labour lors de la mise en place d'un TCR est mise en avant pour expliquer l'augmentation de la diversité des acariens. En sachant que les acariens, qui régulent les populations microbiennes, sont des décomposeurs et luttent contre les parasites des plantes. Cette hausse de la diversité dans un sol est bénéfique pour maintenir un équilibre dans l'écosystème.

Durant 10 ans, Allegro et Sciaky (2003) ont suivi des insectes (carabes) sur des TCR d'âges différents. Selon cette étude, la richesse spécifique et l'indice de Shannon-Wiener n'est pas corrélé avec l'âge du TCR de peupliers. Par conséquent, la diversité des carabes n'est pas liée à l'âge du TCR. Une méta-analyse en Allemagne (Muller-Kroehling *et al.* 2020) indique que d'autres facteurs que la gestion du sol jouent un rôle important sur l'établissement des carabes qui sont pour la plupart des prédateurs très mobiles.

2.3. La mésofaune et la macrofaune de la strate arbustive

Un TCR âgé de quelques années présente des arbres aux parties aériennes hautes de plusieurs mètres. La végétation ainsi développée abrite une biodiversité particulière par rapport à l'état initial de la plantation. Les arthropodes ailés ou non occupent la strate arbustive et sont des organismes cruciaux par leur importance dans les réseaux trophiques avec leur régime alimentaire. Les hyménoptères sont après les coléoptères, l'ordre le plus diversifié des insectes avec 120.000 espèces décrites. Même si certaines de ces espèces sont prédatrices de végétaux, d'autres sont parmi les meilleures pollinisatrices du monde animal.

Les abondances des grands et des petits hyménoptères sont significativement plus fortes dans un TCR de saules par rapport à un champ conventionnel et un champ laissé à l'abandon (Rowe *et al.* 2011). Pour les invertébrés volants, 14 espèces ont été observées sur les sites étudiés au Royaume-Uni à l'aide de « pièges jaunes ». Les autres ordres biologiques sont assez similaires en abondance entre les différents milieux. Ces insectes volants sont liés à la canopée de la TCR et non pas à la végétation du sol, ce qui implique une pollinisation plus importante dans les strates arbustives que dans la végétation

de sol (Rowe *et al.* 2011). La végétation du sol peut avoir un rôle d'abri pour d'autres types d'insectes et mériterait des recherches plus approfondies.

Un point essentiel est le fait que la diversité génétique du saule dans un TCR va augmenter la diversité des arthropodes dans ce bocage énergétique car, une forte diversité génétique chez le saule permettra d'augmenter le nombre de micro-habitats et donc, à plusieurs espèces de cohabiter dans une parcelle (Muller *et al.* 2018). Cette étude montre qu'au niveau de la parcelle, la richesse spécifique totale des insectes a augmenté significativement avec une hausse de la diversité génétique des saules ($p=0,04$). Cette même étude montre une hausse de 18 % de la richesse spécifique des insectes herbivores quand il y a 4 génotypes de saule au lieu d'un seul génotype dans une parcelle ($P=0,03$). Cette corrélation est également positive entre la richesse spécifique des arthropodes et l'arbre en lui-même. En effet, dans les parcelles avec 3 ou 4 génotypes de saule, un arbre abrite plus d'espèces d'arthropodes par rapport à une parcelle en mono-génotype ou même avec 2 génotypes différents (Muller *et al.* 2018). Le génotype du saule explique 11,4 % de la variance dans la composition des communautés d'arthropodes et le génotype de *Salix dasyclados* « Loden » montre la plus grande richesse spécifique pour les arthropodes (Muller *et al.* 2018). Ainsi, la mise en place d'un TCR avec plusieurs génotypes de saule peut améliorer la diversité des arthropodes de la strate arbustive.

3. Les vertébrés

3.1. Les mammifères

La vie du sol est intimement liée avec la vie de surface. En effet, les plantes fourniront un abri, un terrain de chasse et une source de nourriture pour les vertébrés.

Les mammifères de petite taille, comme la souris sylvestre, ont une capacité de mouvement relativement limitée par rapport à de grands mammifères. Dans des TCR de grandes tailles (55 à 100 ha), 77,5 % des individus capturés correspondent à la souris sylvestre (Pipas *et al.* 2002). L'établissement de population de ces petits mammifères va être étroitement lié à la composition de la végétation environnante. La souris sylvestre est plus abondante lorsqu'il y a présence d'un milieu boisé aux alentours du TCR (Giordano et Meriggi. 2009). Ce résultat suggère que la connectivité entre les parcelles boisées résiduelles par un TCR de peupliers est améliorée et permet une dispersion des rongeurs à travers ce corridor. Les micromammifères semblent favoriser les TCR par rapport à des îlots boisés largement fragmentés (Giordano et Meriggi. 2009). Ainsi, les TCR peuvent être un habitat compensatoire à proximité des terres agricoles cultivées de façon intensive. L'abondance des petits mammifères (souris à pattes blanches, souris sylvestre, campagnol des prés, belette...) peut être 2,5 fois plus importante dans un TCR par rapport à un site référence adjacent et couvert de végétation spontanée (Campbell *et al.* 2012). Aussi, l'abondance et la richesse spécifique est plus forte dans un

jeune TCR âgé de 2 à 3 ans (Pipas *et al.*, 2002 ; Giordano et Meriggi. 2009), ce qui suggère que la jeune plantation de TCR de saules fournit un habitat convenable pour les micromammifères. Les auteurs ont observé un changement de composition des espèces en fonction du temps : le campagnol des prés caractéristique des milieux ouverts est présent uniquement la première année, la population de souris à pattes blanche (*Peromyscus spp*) double entre la première et la troisième année. Cela peut être causé par l'abondance de la couverture végétale proche du sol qui fournit un abri contre les prédateurs et de la nourriture à ces mammifères. En effet, lorsque le TCR devient âgé, il existe très peu de végétaux de la strate herbacée mais plutôt des feuilles en décomposition. L'installation de TCR peut fournir une diversité d'habitats intéressante à ces petits mammifères (souris sylvestre, campagnol des prés, belette...) en comparaison à un champ conventionnel qui, de par les pratiques culturales (terre labourée et nue), ne fournit aucune protection en automne (Giordano et Meriggi. 2009).

La composition des espèces de petits mammifères change avec l'âge du TCR mais l'explication est complexe : la musaraigne, par exemple, est présente dans des parcelles jeunes et anciennes bien végétalisées mais absente chez de jeunes plantations entretenues. La composition des communautés de mammifères laisse penser que ces plantations de TCR sont un « complément » pour les milieux ouverts et non pas un remplacement des milieux forestiers. Une étude aux USA réalisée par Christian (1997), montre que les TCR sont très peu utilisés par les mammifères de taille moyenne par rapport aux forêts avoisinantes. La présence de lagomorphes (lièvre, lapin) est plus faible dans un TCR de peupliers que dans une zone boisée. Cette constatation est confirmée même si le TCR de peupliers est à proximité d'un espace boisé. L'absence d'arbres à portée nourricière pour ces mammifères et le manque de débris végétaux rendent non comparables le TCR à un milieu forestier pour les mammifères de taille moyenne. Ainsi le TCR n'augmente pas l'abondance et la diversité des espèces forestières à l'échelle du paysage. Le rôle de corridor écologique d'un TCR à proximité d'une forêt est fortement limité. Christian (1997) indique que ce type de plantation doit surtout se trouver en milieu ouvert et assez pauvre écologiquement. Dans cette étude, les TCR de peupliers sont de petites tailles et « en bordure », l'auteur estime qu'il est peu probable que les petites ou grandes plantations de TCR soient attractives pour les grands mammifères. Les mammifères de grandes tailles comme les chevreuils réagissent de la même façon que ce soit un champ ouvert ou bien un TCR de peupliers. Ces grands mammifères ne semblent pas sélectionner, voir évitent les plantations de peupliers (Christian *et al.*, 2018) et que l'installation d'un TCR est désavantageuse du point de vue de l'abondance chez les mammifères par rapport à un milieu boisé en place depuis plusieurs années. Ces éléments indiquent que la biodiversité des mammifères serait fortement affectée si un TCR remplaçait une forêt.

3.2. Les oiseaux

Les oiseaux sont les vertébrés sur lesquels sont basés le plus grand nombre d'articles scientifiques. Ces organismes sont considérés comme étant très importants lors des programmes de restauration de la biodiversité et occupent le sommet de la chaîne trophique. Pour la diversité α , la richesse spécifique a été utilisée dans de nombreuses études (Dhont *et al.*, 2007, Sage *et al.*, 2006, Berg. 2002, Campbell *et al.* 2012, Sage et Robertson, 1996, Wilson.1978, Goransson. 1994). Le suivi de 15 TCR allant de 0,2 ha à 8 ha dans l'état de New York montre que 79 espèces fréquentent le TCR comme zone de nourrissage et parmi lesquels 21 espèces ont nidifié (Dhont *et al.*, 2007). En comparant 22 TCR de saules à 22 champs ou prairies avoisinantes du nord de l'Angleterre, Sage *et al.* (2006), ont dénombré au printemps 37 espèces d'oiseaux au sein des TCR alors que seulement 21 espèces sont dénombrées sur un champ conventionnel témoin. Parmi ces 37 espèces, 11 espèces sont comptées tous les ans ce qui signifie que certaines espèces, généralistes dans la plupart des cas, apprécient la présence d'un TCR dans des zones agricoles. Le suivi des oiseaux en hiver montre que les TCR comptent 47 espèces alors que la zone contrôle prairiale et agricole en compte respectivement 24 et 39.

La richesse spécifique va être influencée par la hauteur de la végétation et l'âge du TCR et par la surface de la plantation (Sage et Robertson, 1996, Berg, 2002 ; Sage *et al.*, 2006 ; Dhont *et al.*, 2007). Les mesures de richesse spécifique, de densité de nids et le succès reproductif sont comparables dans quinze TCR par rapport à des habitats témoins du paysage de l'état de New York (Dhont *et al.*, 2007). En suède, Berg. (2002) montre que la hauteur de la plantation est un facteur majeur car 6 espèces sont associées à une plantation de faible hauteur (<1m) alors que 14 espèces sont associées à une plantation haute (>2m). Globalement, les espèces nichant au sol ou relativement bas dans la strate arbustive acceptent volontiers de nicher dans les TCR (Berg, 2002).

Dhont *et al.* (2007) ont montré qu'il n'existe pas de différence significative pour la richesse spécifique dans un TCR (surface comprise entre 0,2 et 6 ha) et d'autres types d'habitats comme des champs abandonnés, des broussailles, des zones suburbaines faiblement habitées et des forêts de feuillus matures composées principalement de hêtres et d'érables. En revanche, la richesse spécifique va être significativement plus forte dans une prairie abandonnée ou naturelle que dans un TCR. La mise en place d'un TCR n'aura donc pas d'impact significatif négatif sur l'avifaune et donc pas d'impact négatif par rapport au type de culture qu'il y avait auparavant.

A partir d'un TCR de peupliers mis en place sur un ancien site industriel de la carbochimie, Campbell *et al.* (2012) montre également que la richesse spécifique moyenne des sites accueillant un TCR n'est pas significativement différente par rapport à celle du site adjacent recouvert de végétation

spontanée. En revanche, l'abondance moyenne de toutes les espèces d'oiseaux combinées était 2 fois plus forte sur les sites avec un TCR (année 2) par rapport à un site de référence.

Le tableau 1 montre un recensement effectué au Royaume-Uni par Sage *et al.* (2006), les espèces observées sont communes. Sage *et al.* (2006) a montré qu'il existe une abondance et une richesse spécifique plus importantes dans un TCR récemment planté et dans un TCR de 5 ans récemment coupé par rapport à une zone agricole « témoin ». Le TCR de 5 ans récemment coupé contient entre mai et juin davantage de grives et de passereaux que la zone agricole témoin. Des résultats similaires sont montrés entre avril et juin pour les faisans et les fauvettes (Göransson, 1990). Par ailleurs, il existe un effet lisière où le nombre d'oiseaux par hectare est plus important qu'au centre du TCR (Sage *et al.*, 2006 ; Campbell *et al.* 2012).

La richesse spécifique des oiseaux est influencée par l'espèce d'arbre dans le TCR et il existe une plus grande diversité d'espèces d'oiseaux dans un TCR de saules par rapport à un TCR de peupliers (Sage et Robertson, 1996), ce qui est en partie expliqué par l'abondance d'insectes plus forte dans les plantations de saules (Kennedy et Southwood, 1984). Il semble aussi que même si la lisière va être un « ilot » de biodiversité plus important par rapport à l'intérieur d'un TCR, ce dernier reste toutefois un espace où il y a significativement plus d'oiseaux que dans une zone agricole. Par contre, toutes les études affirment qu'il ne faut pas remplacer une forêt par un TCR mais plutôt d'installer des petits espaces de TCR permettant d'améliorer l'écotone⁵.

⁵ Zone de transition entre deux écosystèmes, où les conditions d'environnement sont intermédiaires.

Tableau 1: Liste des espèces d'oiseaux recensés dans un TCR au Royaume-Uni
(Sage *et al.* 2006)

<i>Aegithalos caudatus</i>	Mésange à longue queue
<i>Alauda arvensis</i>	Alouette des champs
<i>Carduelis cannabina</i>	Linotte mélodieuse
<i>Carduelis carduelis</i>	Chardonneret élégant
<i>Columba palumbus</i>	Pigeon ramier
<i>Emberiza citrinella</i>	Bruant jaune
<i>Erithacus rubecula</i>	Rougegorge familier
<i>Fringilla coelebs</i>	Pinson des arbres
<i>Parus caeruleus</i>	Mésange bleue
<i>Parus major</i>	Mésange charbonnière
<i>Phylloscopus collybita</i>	Pouillot véloce
<i>Phylloscopus trochilus</i>	Pouillot fitis
<i>Pica pica</i>	Pie bavarde
<i>Prunella modularis</i>	Accenteur mouchet
<i>Regulus regulus</i>	Roitelet huppée
<i>Sylvia atricapilla</i>	Fauvette à tête noire
<i>Sylvia communis</i>	Fauvette grisette
<i>Troglodytes troglodytes</i>	Troglodyte mignon
<i>Turdus merula</i>	Merle noir
<i>Turdus philomelos</i>	Grive musicienne

4. Recommandations techniques pour la gestion en TCR en faveur d'une biodiversité

La filière bois-énergie implique de couper des arbres. Avec des espèces d'arbres à croissance rapide, le rendement de la production de bois est optimisé lorsque la fréquence de coupe est relativement courte, de quelques années (3-5 ans). Cette gestion en taillis courte rotation (TCR) permet de facilement récolter le bois et de le déchiqueter en plaquettes forestières pour être intégrées au mix énergétique de chaufferie biomasse. Entre deux récoltes de bois, le TCR peut être un lieu de vie pour des espèces animales et végétales. Parallèlement, ces cultures fournissent des services et des fonctions (Figure 1). Les TCR sont bénéfiques pour réduire le ruissellement des eaux par la création d'aménagements hydrauliques doux. Ils réduisent le phénomène de réchauffement grâce à une forte évapo-transpiration et grâce à la séquestration du dioxyde de carbone. D'un point de vue sanitaire, les TCR peuvent avoir un rôle dans la qualité des eaux et de l'air. Enfin les TCR peuvent être intégrés comme des éléments du paysage et leur lisière peuvent créer des zones récréatives pour les riverains.

Pour répondre aux multiples attentes de la société, la mise en place des cultures en TCR doit être réfléchi en amont pour définir les atouts, les limites et les besoins du territoire. Il est alors envisageable de placer les curseurs pour trouver un équilibre entre la prise en compte de la biodiversité et la sécurisation de la filière de valorisation énergétique. Le moment le plus critique dans la vie d'un TCR est la récolte, là où le bois est coupé. Les paragraphes suivants proposent des mesures compensatoires dans la gestion en TCR pour utiliser la ressource en bois et préserver la biodiversité (Figure 2). L'emplacement, le schéma d'implantation, le choix du mix de clones et les récoltes alternées mécanisées ou manuelles sont des leviers pour conserver l'attractivité d'un TCR au cours de son cycle de vie.

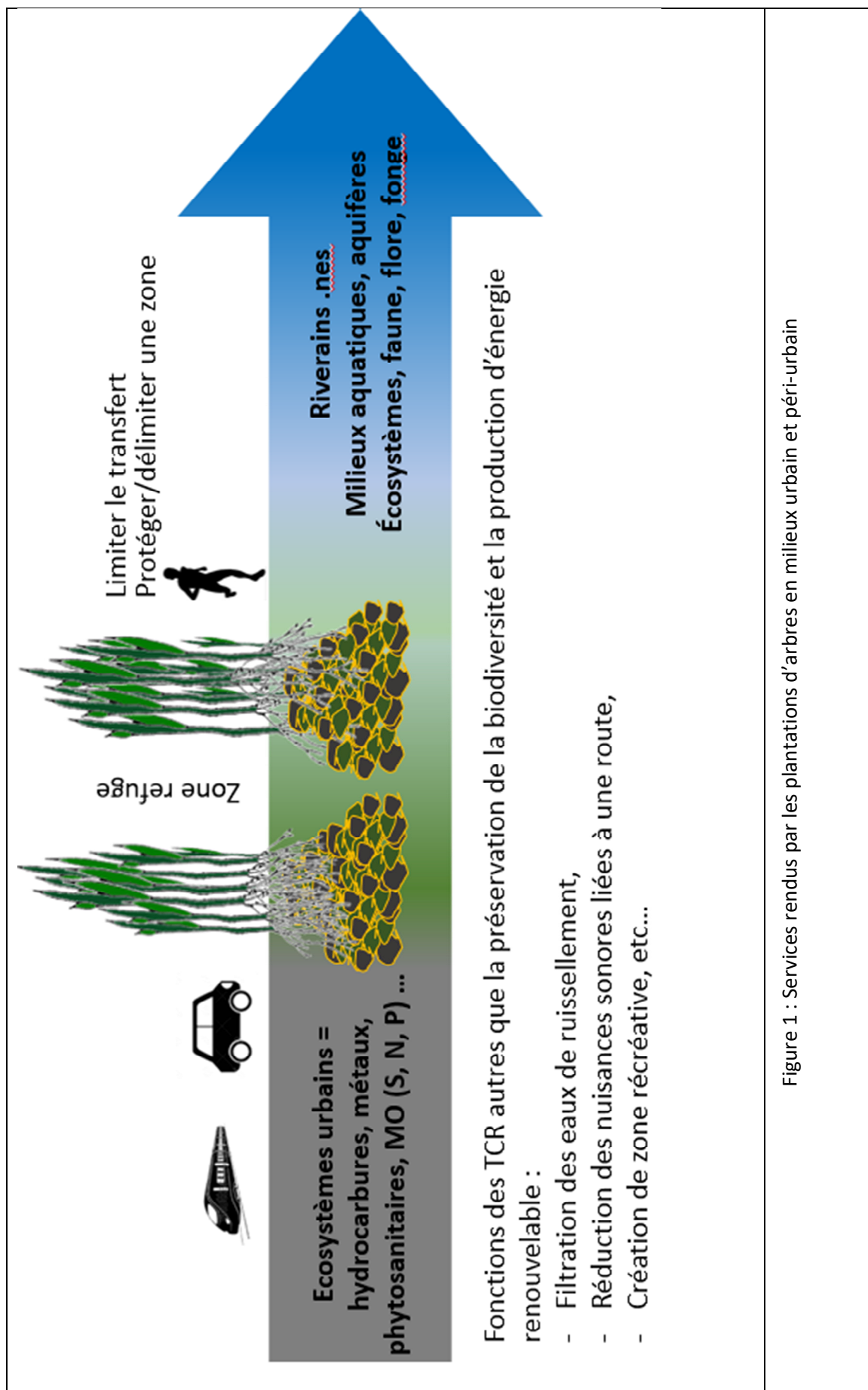


Figure 1 : Services rendus par les plantations d'arbres en milieu urbain et péri-urbain

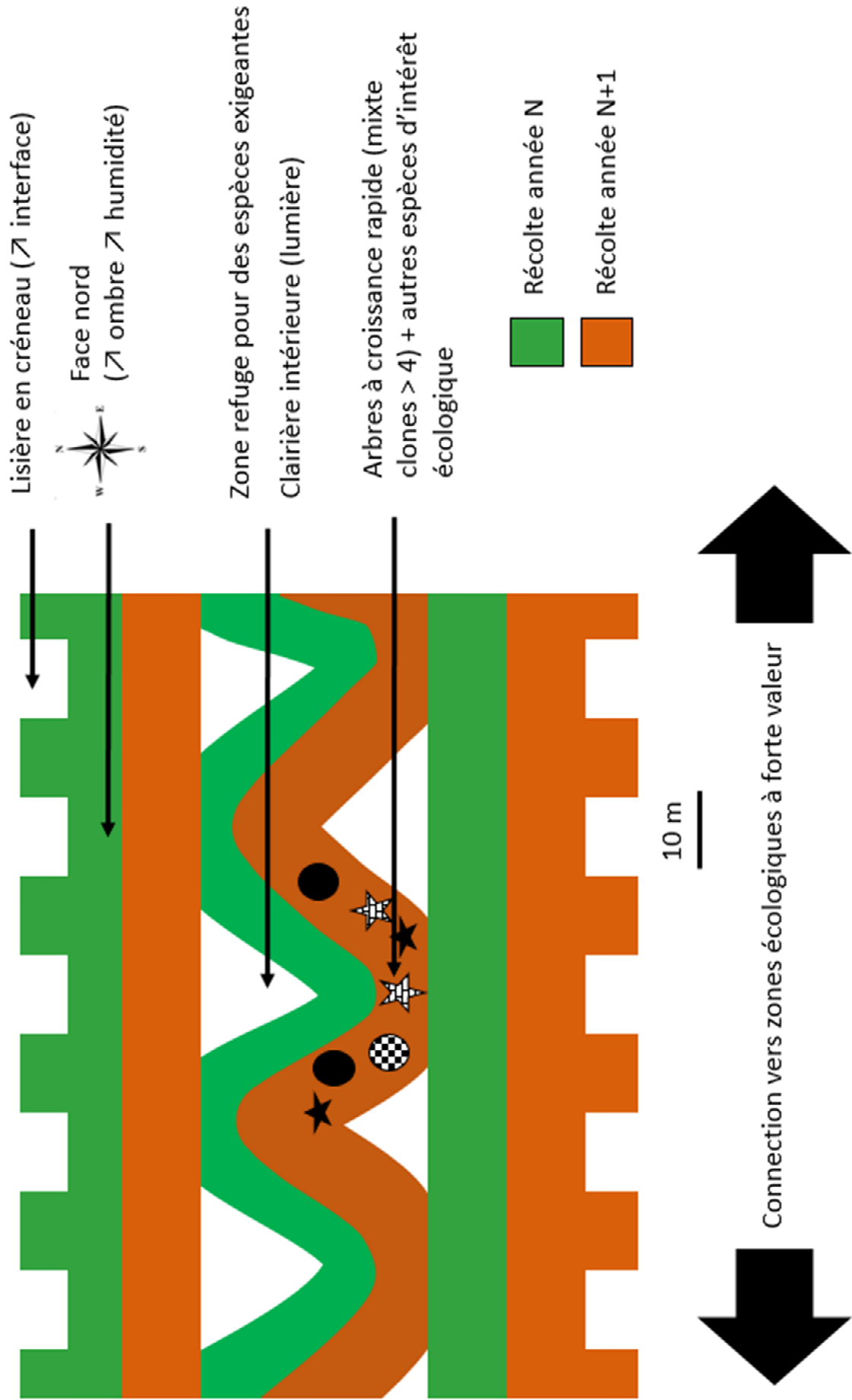


Figure 2 : Leviers potentiels proposés par New-C-Land pour exploiter au mieux l'attractivité d'un TCR pour la biodiversité

4.1. Localisation des TCR et effet lisière

Remplacer une forêt ou un bois en place depuis plusieurs années est une hérésie du point de vue de la sauvegarde de la biodiversité. Les TCR doivent être un « complément » pour les milieux ouverts et non un remplacement des milieux forestiers installés et gérés par l'homme depuis 4 siècles (Ordonnance de 1669 de Louis XIV). C'est pourquoi nous avons surtout axé la recherche bibliographique de ce travail sur la comparaison milieu agricole ouvert vs cultures agrémentées de TCR. Ce type de plantation doit surtout se trouver en milieux ouverts et assez pauvre écologiquement pour pouvoir observer le plus grand bénéfice sur la biodiversité (Christian, 1997). En milieu très homogène, le TCR fournit une culture structurellement distincte du milieu initial et améliore la biodiversité (Berg, 2002). Le TCR doit augmenter la complexité de l'écotone pour avoir un effet positif sur la biodiversité en créant un effet lisière (Christian, 1997 ; Weih *et al.*, 2003 ; Campbell *et al.* 2012). Les lisières fournissent un grand nombre de conditions environnementales et de niches écologiques au niveau local. Elles sont propices à la circulation des espèces. Des corridors écologiques de TCR peuvent fonctionner comme couloir pour des espèces forestières et d'habitats semi-ouverts ce qui peut maintenir une biodiversité régionale de bonne qualité. Une bande de TCR peut jouer le rôle de corridor écologique pour les musaraignes à condition d'entretenir peu la plantation pour assurer son rôle de « couloir » écologique (Girodano *et al.*, 2009). Cependant tous les insectes de surface ne peuvent utiliser les « couloirs » de TCR car certaines espèces sont très dépendantes du milieu forestier ou de certaines caractéristiques de la litière forestière (Müller-Kroehling *et al.* 2020). La disponibilité d'autres habitats, les conditions du site et le climat régional sont des facteurs importants pouvant influencer les espèces utilisant ces corridors.

Au moment de la conception du TCR, et plutôt que de créer des TCR à partir de schémas cultureux traditionnels (carré, rectangle), il doit être possible de créer des TCR dont la forme est plus propice pour la biodiversité. Une orientation Est-Ouest permet à la face Nord du TCR de conserver davantage d'humidité, comme ce qui est observé en agroforesterie. Cette humidité relative peut être bénéfique pour les vers et les mollusques. A l'inverse une orientation Nord-Sud peut casser les vents dominants, généralement de secteur Ouest dans le nord de la France et en Belgique.

Des zones refuges pour des espèces animales ou végétales doivent pouvoir être aménagées à l'intérieur d'un TCR. Par exemple, une clairière, un faussé, un talus, une marre, un tas de bois morts, un arbre perchoir, un bosquet de plantes mellifères, peuvent être un lieu propice à l'établissement d'une espèce aux exigences écologiques plus spécifiques. Ainsi, les TCR peuvent aider à sanctuariser des atolls de biodiversité. L'important est de travailler en concertation avec les acteurs locaux de la biodiversité et de prolonger les connexions écologiques existantes. Des guides techniques comme le PAGESA « Principes d'Aménagement et de Gestion des Systèmes Agroforestiers » et le projet portant

sur l'implantation de bocage énergétique comme le projet Tous EcoCitoyens (Interreg TEC !) doivent être inspirants.

D'autre part, toutes les métropoles ont des linéaires routiers et ferroviaires. Ces espaces hétérogènes aux multiples fonctions sont décrits pour le territoire de l'Eurométropole Lille-Kortrijk-Tournai dans le cadre du projet Likoto. En concertation avec les acteurs du territoire, il doit être envisagé d'émonder une partie des arbres existants dans ces linéaires routiers et ferroviaires et de densifier la surface par des plantations d'arbres à croissance rapide gérées en TCR.

4.2. Densité de plantation en simple et double ligne

La densité de plantation est le nombre de boutures par surface. La plupart des études porte sur une densité de plantation de 15.000 plants / ha pour le saule. En comparant des densités de peupliers de 1.000 pieds/ha et 7.500 pieds/ha, le projet CREFF montre que les arbres s'adaptent et deviennent plus compétitifs vis-à-vis du prélèvement de l'eau et de l'azote.

Peu d'études suivent l'influence de la densité de plantation sur la biodiversité, cependant l'intensité lumineuse diffusée par la strate arbustive est déterminante dans l'établissement au sol d'une strate herbacée. En effet, la végétation basse est soumise au développement de la couche canopée du TCR, laquelle réduit la disponibilité de la lumière (Laquerbe 2000). L'augmentation de la densité de plantation crée davantage d'ombre au sol et favorise l'établissement des espèces sciaphiles.

Un plan de gestion en « simple ligne » est recommandé pour les essences d'arbres avec une durée de rotation longue. L'écartement des plants permet un développement plus ample des arbres et de la canopée. Cependant, le plan de gestion en « double ligne », c'est-à-dire deux rangées d'arbres espacées de moins d'un mètre suivi par une allée plus large d'environ 1,5 m, permet d'augmenter la densité de plantation et de la production de biomasse ; il est privilégié dans le cas du saule. Le plan de gestion en « double ligne » augmente l'abondance des mammifères (Giordano *et al*, 2009), mais avec une densité apparente plus importante, il limite l'abondance et la diversité de la végétation spontanée.

4.3. Choix des essences et des clones

Une des premières questions à se poser concerne le choix de l'espèce d'arbre planté. Le saule (*salix spp.*) et le peuplier (*populus spp.*) sont les essences les plus fréquemment plantées, notamment en Europe et Amérique du Nord. Ces deux essences nécessitent un climat océanique tempéré aux précipitations moyennes à abondantes pour assurer un bon rendement de production de plaquettes forestières. Le contexte actuel de réchauffement climatique avec une fréquence plus importante des sécheresses, qui induit un stress hydrique, doit être pris en compte dans le choix des plantes dont la durée de vie est supérieure à 20 ans. Le robinier faux-acacia (*Robinia pseudoacacia*) peut-être une

alternative intéressante sur sols secs et s'adapte bien à un sol pauvre ou contaminé. Cependant le robinier faux-acacia est plus difficile à bouturer que le saule et le peuplier. Des tableaux comparatifs présentant les caractéristiques de chaque essence d'arbres ainsi que leurs conditions de croissance optimales sont facilement disponibles. Le saule reste souvent, dans le contexte pédoclimatique du Nord de la France et de la Belgique, un choix cohérent pour une culture de biomasse avec une valorisation énergétique.

Le choix du clone a une influence sur le rendement de biomasse et aussi sur la biodiversité de la strate herbacée (Birmele *et al.* 2015) ainsi que sur les oiseaux en période de reproduction (Dhont *et al.* 2007). En effet, les nichées de certaines espèces d'oiseaux sont significativement plus fréquentes chez les clones de saule S25 et S365 par rapport aux clones S301 (Dhont *et al.* 2004). Campbell *et al.* (2012) recommandent de planter 4 à 6 variétés de saules différentes pour améliorer la diversité structurelle et fonctionnelle tout en réduisant l'impact des ravageurs et des pathogènes (McCracken et Dawson. 1997 ; McCracken et Dawson. 2001). D'ailleurs, les variétés de saule sont l'objet d'une sélection variétale afin d'être plus diversifiées génétiquement et d'être plus adaptées aux conditions pédoclimatiques, aux pathogènes et aux ravageurs. Dans le cadre du projet WilWater, les variétés plantées sont Björn, Tora, Torhild et Olof en mélange et elles ont été plantées sur chaque parcelle afin de limiter le risque de maladies.

De façon anticipée et organisée, il peut être intéressant de prélever les boutures sur des arbres existants dans les parcs, sur les bords des routes et des cours d'eau et sur les friches avoisinantes du territoire. La gestion préalable « en têtard » des arbres doit fournir des branches droites idéales pour le bouturage. Ainsi, il y aura l'assurance que les variétés plantées sont adaptés aux conditions locales (Valentine *et al.*, 2009). Au-delà du mélange intraspécifique, il peut être envisagé de disséminer à l'intérieur du TCR différentes espèces d'arbres (érable, tilleul, orme, noisetier, prunelier). Ces arbres ne seraient pas coupés et auraient pour rôle de diversifier les habitats écologiques. En complément, il peut être intéressant d'implanter à proximité ou dans les TCR, des herbacées mellifères comme de la phacélie, de la bourrache et des arbustes attractifs pour les pollinisateurs.

4.4. Plantation mécanique vs manuelle

Les saules se bouturent très facilement grâce à une teneur naturelle en auxine (hormone de bouturage) très importante. Globalement, il suffit à l'automne ou au début du printemps d'enfoncer d'une vingtaine de centimètre dans le sol une branche fraîchement coupée. Les branches idéales ont un diamètre d'environ 3 cm et une longueur entre 1 m et 2 m.

La plantation mécanique est réservée aux surfaces plus importantes. Des sociétés privées louent leurs services et utilisent des planteuses mécaniques (planteuse STEP, planteuse à choux modifiée...). Leur

principal avantage est de pouvoir planter plusieurs hectares en quelques jours. Lors de la plantation, il n'est pas conseillé de faire un labourage profond (Les carnets de ValBiom n°4 – 2017) car cela impacte négativement les communautés d'acariens du sol, jouant un rôle de régulateur de population (Minor *et al.* 2004).

La plantation manuelle peut être envisagée pour les petites surfaces et les zones difficiles d'accès. Un pré-trou peut être réalisé à la tarière mécanique ou à main. Lorsque le sol est relativement humide, il est possible d'enfoncer directement à la main les boutures dans le sol. Ce mode de plantation respecte davantage la mésofaune et le macrofaune du sol, seule la zone de bouturage est impactée par le remaniement du sol. Ce mode de plantation à la main est accessible à tous et peut permettre l'implication d'associations, d'écoles et des riverains dans le projet de plantation.

4.5. La récolte

La finalité énergétique d'un TCR via la combustion des plaquettes forestières implique une récolte du bois en automne et en hiver. C'est à cette période que le bois est le moins humide, ce qui facilite le séchage. L'absence de feuilles a aussi l'avantage de limiter le phénomène de compostage pendant le stockage des plaquettes forestières. D'un point de vue écologique, une récolte à la fin de l'automne permet la chute naturelle des feuilles et la formation de la litière au sol. Cette litière reste la base de la chaîne alimentaire pour de nombreux organismes décomposeurs vivants dans le sol. Par ailleurs, une récolte à l'automne et au début de l'hiver est en dehors de la période de nidification. La diversité des communautés végétales au sein des plantations de peupliers dépend de caractéristiques abiotiques comme les conditions du sol et également du choix des catégories végétales que souhaitent préserver les gestionnaires de la biodiversité (Archaux *et al.* 2010).

L'itinéraire cultural d'un TCR est relativement simple et nécessite peu d'entretien. Chaque espèce de ligneux utilisée dans le cadre d'un TCR a un itinéraire cultural spécifique avec un « agenda » propre. La fréquence des récoltes est généralement de 3 à 7 ans pour un TCR de saules, elle est généralement de 7 ans pour un TCR de peupliers. Actuellement, il est convenu que la durée de vie d'un TCR est de 30 ans par crainte de baisse de rendement. La fréquence des récoltes impacte la hauteur des branches et la densité de la canopée, l'ensemble détermine la complexité structurelle du TCR (Berg 2002 ; Campbell *et al.* 2012). La durée entre deux récoltes peut ainsi influencer la végétation spontanée abritée par le TCR. De long cycles des récoltes (10 ans – 20 ans) privilégieront l'installation d'espèces forestières, des cycles de rotation court (3 ans – 5 ans) permettront le développement des espèces prairiales.

Sur un même site, il est possible fractionner la plantation du TCR en bandes. La gestion de ces bandes peut être échelonnée au moment de la plantation, mais surtout de la récolte. Cet échelonnage peut être programmé sur un intervalle de deux à trois années (N0 ; N+1 et N+2) pour créer artificiellement

des strates arbustives d'âges et de tailles différentes. Les récoltes fractionnées permettent de ne pas laisser le site « à blanc ». *In fine*, ces récoltes décalées profitent en priorité à l'avifaune nicheuse.

Concernant la récolte, le bois peut être récolté et broyé sur place pour devenir de la plaquette forestière. Cette dernière est alors chargée dans des remorques pour être acheminée vers un lieu de séchage puis de stockage. Une autre technique consiste à récolter les tiges entières et à les déposer à proximité de la parcelle pour la phase de séchage. Les tiges sont ensuite reprises pour être acheminées vers le site de valorisation. L'intervalle de temps entre ces deux étapes de récolte peut être mis à profit pour créer des zones de refuge pour les mésofaunes.

Par ailleurs, les parties aériennes des TCR sont par définition relativement jeunes (3-7 années au max) et les branches ont un diamètre de quelques centimètres. Ainsi, les techniques de coupage de branche s'apparentent davantage aux techniques de l'arboriculture. La récolte manuelle semble envisageable pour de petites surfaces (fascines, haies, bande de 3-5 m d'épaisseur...) en utilisant du matériel comme un sécateur coupe-branche à assistance électrique. La récolte manuelle peut avoir plusieurs avantages allant dans le sens de la préservation de la biodiversité : limiter la compaction du sol, récolter de façon sélective et préserver les arbres présentant un intérêt particulier, permettre la fuite de la petite faune, etc. Les récoltes manuelles sont à la portée d'agents occupant des emplois dans les espaces verts, de cantonniers, de citoyens volontaires souhaitant s'investir dans des chantiers verts. Une sensibilisation aux enjeux propres à chaque site doit pouvoir être donnée en quelques heures pour former les récolteurs. La généralisation des systèmes de géolocalisation et des applications pour smartphone (qui reste à développer) doivent permettre aux équipes de terrain, de fournir la filière bois-énergie en préservant la biodiversité à l'arbre près. La question de la rentabilité économique doit alors être redéfinie par la puissance publique et les collectivités au regard des attentes sociales, sanitaires, environnementales, paysagères, et énergétiques fournies par les TCR.

Conclusions et perspectives

Les études scientifiques montrent des effets positifs de la mise en place d'un TCR sur la biodiversité du point de vue des micro-organismes (champignons ectomycorrhiziens), de la faune du sol (les vers de terre, nématodes, acariens), de certains insectes ailés (hyménoptères), de l'avifaune et, dans une moindre mesure, de la diversité végétale.

La bibliographie disponible montre que l'abondance et/ou la richesse sont égales à plus élevées dans les TCR par rapport aux sites témoins (parcelle agricole, pâturage, habitat résiduel issu des zones urbaines et des bords d'une route). L'absence de labour, la non utilisation de phytosanitaires peuvent expliquer en partie ces observations. Rendre le paysage plus hétérogène par la présence de TCR contribue à une plus grande diversité des habitats et donc permet à davantage d'espèces végétales et animales de cohabiter. En revanche, l'abondance et la richesse spécifique sont plus faibles dans un TCR par rapport à une forêt de feuillus ou par rapport à une prairie naturelle.

Le TCR peut contribuer positivement à la biodiversité lorsqu'il est intégré au paysage de façon réfléchie, notamment en milieux ouverts agricole et industriel. Ainsi, le paysage entourant le TCR est aussi important que le TCR en lui-même. Les études soulignent l'importance des lisières offertes par le TCR. Des zones refuges (ex. : talus, marres, tas de bois morts, bosquets de plantes mellifères) peuvent être aménagées à l'intérieur d'un TCR.

Par ailleurs, les petites surfaces de TCR peuvent avoir un rôle important dans la continuité des corridors écologiques et dans l'amélioration de la diversité à l'échelle du paysage. La localisation des TCR doit aussi être réfléchie à l'échelle des territoires pour compléter les trames vertes, bleues et noires.

Ainsi, planter des arbres dans les milieux soumis aux activités humaines ne nuit pas à l'installation d'espèces végétales et animales. Toutefois, l'ombre créée par la strate arbustive du TCR et la compétition pour la lumière implique l'établissement d'espèces végétales différentes de celles des milieux ouverts. Pour le règne animal, qui est beaucoup plus dynamique dans l'espace, la diversité est d'autant plus complexe à analyser.

Le cycle de vie d'un TCR est une alternance entre une période de croissance et une récolte des parties aériennes tous les 3 à 7 ans pendant 20 à 30 ans. Le mélange des espèces d'arbres et/ou des clones a un effet protecteur par rapport aux maladies et aux ravageurs. Ainsi, la conduite d'un TCR ne nécessite ni travail du sol, ni utilisation de phytosanitaires. Par ailleurs, le mélange des espèces d'arbres et/ou des clones a un rôle important sur la biodiversité, notamment au niveau des populations d'arthropodes et aviaires. Des études montrent que les clones de saules présentent des différences morphologiques, notamment la taille et la forme des feuilles, ce qui diversifie les micro habitats pour de nombreux maillons de la chaîne alimentaire.

Des recherches dans le domaine du génie écologique permettraient de valider ou non l'impact des mesures compensatoires proposées dans le cadre de cette note sur la préservation et le développement de la biodiversité. Ainsi, il doit être envisagé de se servir de la densité d'un TCR pour créer en son centre des zones de refuge pour une ou des espèces plus exigeantes en matière d'habitat et de tranquillité. Par ailleurs, de nombreuses recommandations techniques sont envisageables pour limiter l'impact de la récolte du bois sur la biodiversité. En effet, la récolte manuelle à l'aide d'outils légers à assistance électrique et la montée en puissance des dispositifs de géolocalisation pour identifier des arbres d'intérêt peuvent être des leviers techniques pour gérer les TCR urbains. Il serait intéressant de pouvoir approfondir ces études sur des sites industriels récemment déconstruits, des zones agricoles en reconversion (zones de non traitement à proximité d'infrastructures sensibles). D'autres sites présentant des contraintes, comme les bords de routes et les linéaires ferroviaires, pourraient faire l'objet d'une densification de la strate arbustive et d'une gestion proactive en TCR.

Au-delà de la préservation de la biodiversité et de la production d'énergie renouvelable, il apparaît important d'associer aux plantations d'arbres gérées en TCR des fonctions environnementales, sanitaires et sociales. La filtration des eaux de ruissellement, la réduction des nuisances sonores liées à une route, la création de zones récréatives... doivent pouvoir trouver une valeur. Cette valeur permet de relativiser le rendement de production plus faible de plaquettes forestières. Chaque nouvelle plantation TCR doit être réalisée de façon à répondre aux attentes du territoire. Pour pouvoir proposer de nouveaux modèles de développement économiques basés sur la croissance verte, la puissance publique et les collectivités doivent disposer de démonstrateurs.

Bibliographie

- Allegro, G., & Sciaky, R. (2003). Assessing the potential role of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) as bioindicators in poplar stands, with a newly proposed ecological index (FAI). *Forest Ecology and Management*, 175(1-3), 275-284.
- Archaux, F., Chevalier, R., & Berthelot, A. (2010). Towards practices favourable to plant diversity in hybrid poplar plantations. *Forest Ecology and Management*, 259(12), 2410-2417.
- Baum S, Bolte A, Weih M. High value of short rotation coppice plantations for phytodiversity in rural landscapes. *GCB Bioenergy*. 2012;4(6):728-38.
- Berg, Å. (2002). Breeding birds in short-rotation coppices on farmland in central Sweden—the importance of Salix height and adjacent habitats. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 90(3), 265-276.
- Birmele, J., Kopp, G., Brodbeck, F., Konold, W., & Sauter, U. H. (2015). Successional changes of phytodiversity on a short rotation coppice plantation in Oberschwaben, Germany. *Frontiers in plant science*, 6, 124.
- Campbell, S. P., Frair, J. L., Gibbs, J. P., & Volk, T. A. (2012). Use of short-rotation coppice willow crops by birds and small mammals in central New York. *Biomass and bioenergy*, 47, 342-353.
- Christian, D. P. (1997). Wintertime use of hybrid poplar plantations by deer and medium-sized mammals in the Midwestern US. *Biomass and Bioenergy*, 12(1), 35-40.
- Christian, D. P., Hoffman, W., Hanowski, J. M., Niemi, G. J., & Beyea, J. (1998). Bird and mammal diversity on woody biomass plantations in North America. *Biomass and Bioenergy*, 14(4), 395-402.
- Clements RO, Murray PJ, Sturdy RG. The impact of 20 years' absence of earthworms and three levels of N fertilizer on a grassland soil environment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 1 juin 1991;36(1):75-85.
- Dhondt, A. A., Wrege, P. H., Cerretani, J., & Sydenstricker, K. V. (2007). Avian species richness and reproduction in short-rotation coppice habitats in central and western New York. *Bird Study*, 54(1), 12-22.
- Dhondt, A. A., Wrege, P. H., Sydenstricker, K. V., & Cerretani, J. (2004). Clone preference by nesting birds in short-rotation coppice plantations in central and western New York. *Biomass and Bioenergy*, 27(5), 429-435.
- Giordano, M., & Meriggi, A. (2010). Use by small mammals of short-rotation plantations in relation to their structure and isolation. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 20(2).
- Göransson, G. (1994). Bird fauna of cultivated energy shrub forests at different heights. *Biomass and Bioenergy*, 6(1-2), 49-52.
- Hrynkiwicz, K., Baum, C., Leinweber, P., Weih, M., & Dimitriou, I. (2010). The significance of rotation periods for mycorrhiza formation in Short Rotation Coppice. *Forest ecology and management*, 260(11), 1943-1949.
- Kennedy CEJ, Southwood TRE. The Number of Species of Insects Associated with British Trees: A Re-Analysis. *Journal of Animal Ecology*. 1984;53(2):455-78.
- Lagerlöf, J., Pålsson, O., & Arvidsson, J. (2012). Earthworms influenced by reduced tillage, conventional tillage and energy forest in Swedish agricultural field experiments. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 62(3), 235-244.
- Laquerbe, M. (2000). Species richness and phytomass in the understorey of cultivated poplar groves at the margin of the Garonne (South-West France). *Annals of Forest Science*, 57(8), 767-776.

- McCracken, A. R., & Dawson, W. M. (1997). Using mixtures of willow clones as a means of controlling rust disease. *Aspects of Applied Biology (United Kingdom)*. Disponible sur: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=GB1997033925>
- Minor, M. A., Volk, T. A., & Norton, R. A. (2004). Effects of site preparation techniques on communities of soil mites (Acari: Oribatida, Acari: Gamasida) under short-rotation forestry plantings in New York, USA. *Applied Soil Ecology*, 25(3), 181-192.
- Müller, M., Klein, A. M., Scherer-Lorenzen, M., Nock, C. A., & Staab, M. (2018). Tree genetic diversity increases arthropod diversity in willow short rotation coppice. *Biomass and Bioenergy*, 108, 338-344.
- Müller-Kroehling, S., Hohmann, G., Helbig, C., Liesebach, M., Lübke-Al Hussein, M., Al Hussein, I. A., ... & Müller, M. (2020). Biodiversity functions of short rotation coppice stands-results of a meta study on ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Biomass and Bioenergy*, 132, 105416.
- Pellegrino, E., Di Bene, C., Tozzini, C., & Bonari, E. (2011). Impact on soil quality of a 10-year-old short-rotation coppice poplar stand compared with intensive agricultural and uncultivated systems in a Mediterranean area. *Agriculture, ecosystems & environment*, 140(1-2), 245-254.
- Pipas, M. J., Engeman, R. M., Moser, B. W., & Witmer, G. W. (2002). Small mammal use of hybrid poplar plantations relative to stand age.
- Püttsepp, Ü., Rosling, A., & Taylor, A. F. (2004). Ectomycorrhizal fungal communities associated with *Salix viminalis* L. and *S. dasyclados* Wimm. clones in a short-rotation forestry plantation. *Forest Ecology and Management*, 196(2-3), 413-424.
- Rowe, R. L., Hanley, M. E., Goulson, D., Clarke, D. J., Doncaster, C. P., & Taylor, G. (2011). Potential benefits of commercial willow Short Rotation Coppice (SRC) for farm-scale plant and invertebrate communities in the agri-environment. *Biomass and Bioenergy*, 35(1), 325-336.
- Rytter, R. M., & Rytter, L. (1998). Growth, decay, and turnover rates of fine roots of basket willows. *Canadian journal of forest research*, 28(6), 893-902.
- Sage, R., Cunningham, M., & Boatman, N. (2006). Birds in willow short-rotation coppice compared to other arable crops in central England and a review of bird census data from energy crops in the UK. *Ibis*, 148, 184-197.
- Sage, R. B., & Robertson, P. A. (1996). Factors affecting songbird communities using new short rotation coppice habitats in spring. *Bird Study*, 43(2), 201-213.
- Schrama, M., Vandecasteele, B., Carvalho, S., Muylle, H., & van der Putten, W. H. (2016). Effects of first-and second-generation bioenergy crops on soil processes and legacy effects on a subsequent crop. *gCb bioenergy*, 8(1), 136-147.
- Stauffer, M., Leyval, C., Brun, J. J., Leportier, P., & Berthelin, J. (2014). Effect of willow short rotation coppice on soil properties after three years of growth as compared to forest, grassland and arable land uses. *Plant and soil*, 377(1-2), 423-438.
- Valentine J, Duller C J, Hinton-Jones M, Tubby I, Fry D A, Slater F M, Sherborne A, Jones E, Heaton R, Farrell J, Horne B, Green C G, Powell H, 2009. The development of sustainable heat and power fuelled by biomass from short rotation coppice in Wales. Aberystwyth University Report of the Helyg i Gymru / Willow for Wales 2004-2008 project. 92pp. <http://www.willow4wales.co.uk/>
- Vanbeveren, S. P., & Ceulemans, R. (2019). Biodiversity in short-rotation coppice. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 111, 34-43.

Verheyen, K., Buggenhout, M., Vangansbeke, P., De Dobbelaere, A., Verdonckt, P., & Bonte, D. (2014). Potential of short rotation coppice plantations to reinforce functional biodiversity in agricultural landscapes. *Biomass and bioenergy*, 67, 435-442.

Wilson, J. (1978). The breeding bird community of willow scrub at Leighton Moss, Lancashire. *Bird Study*, 25(4), 239-244.

Xue, K., van Nostrand, J. D., Vangronsveld, J., Witters, N., Janssen, J. O., Kumpiene, J., ... & Zhou, J. Z. (2015). Management with willow short rotation coppice increase the functional gene diversity and functional activity of a heavy metal polluted soil. *Chemosphere*, 138, 469-477.

Sitographie

CREFF - Guide technique Taillis à courte et à très courte rotation. Disponible sur: https://cibe.fr/wp-content/uploads/2017/02/2012_Guide-technique-CREFF_20022012.pdf

Etat des lieux de la filière des Taillis à (très) courte rotation (TCR et TtCR) en Wallonie Et Etude économique du Taillis à très courte rotation, Disponible sur : http://bois-energie.ofme.org/documents/Combustible/20130812_VALBIOM_TtCR-en-Wallonie.pdf

Innobioma : Le taillis très courte rotation de saule. Disponible sur: https://normandie.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Normandie/506_Fichiers-communs/PDF/ENERGIES/innobioma-f2-saule_web.pdf

Le taillis de saule à très courte rotation: Guide des bonnes pratiques agricoles. Disponible sur: <https://www.aile.asso.fr/wp-content/uploads/2008/01/wilwater-guidetechnique.pdf>

Les bandes ligno-cellulosiques, un atout pour la biodiversité. Disponible sur: https://normandie.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Normandie/506_Fichiers-communs/PDF/ENERGIES/innobioma-f5-biodiversite_web.pdf

Les carnets de valbiom n°4 – 2017 : <https://valbiomag.labiomasseenwallonie.be/news/le-taillis-courte-rotation-pour-mechauffer-ou-vendre-du-combustible-bois-pensez-y>

Likoto : La valeur environnementale des talus de l'Eurométropole Lille-Kortrijk-Tourna]. Disponible sur: <https://la-piste-de-likoto.org/wp-content/uploads/2019/01/la-valeur-environnementale-des-talus-de-Likoto.pdf>

PAGESA « Principes d'Aménagement et de Gestion des Systèmes Agroforestiers » Disponible sur: <http://www.arbreshaiespaysagesdaveyron.fr/fiches-et-docs-techniques/pagesa>

Tous Eco-Citoyens! (TEC!), projet Interreg. Disponible sur: <http://tous-eco-citoyens.over-blog.com/>

Wilwater : Les TtCR dans le Grand Ouest. Association Aile. Disponible sur: https://www.aile.asso.fr/wp-content/uploads/2007/11/10h20_ttc_r_gd_ouest.pdf