

Les taillis à courte rotation (TCR): pour une filière locale de production de chaleur.

Project No: IEE/13/574



***Critères de durabilité et
recommandations pour les taillis à
courte rotation***

WP 2 – D 2.4

Janvier 2014



Auteurs: Ioannis Dimitriou, Swedish University of Agricultural Sciences, Suède
Dominik Rutz, WIP Renewable Energies, Allemagne

Traduction: Laurie Scrimgeour, Communauté de Communes du Trièves, France

Contributions: Rita Mergner, WIP Renewable Energies, Allemagne
Ioannis Eleftheriadis, Centre for Renewable Energy Sources and Saving, Grèce
Stefan Hinterreiter, Biomassehof Achental GmbH & C. KG, Allemagne
Dagnija Lazdiņa, Latvian State Forest Research Institute "Silava", Lettonie
Ilze Dzene, Ekodoma, Lettonie
Željka Fištrek, EIHP, Croatie
Tomáš Perutka, Energy Agency of the Zlín Region, République Tchèque
Laurie Scrimgeour, Communauté de Communes du Trièves, France
Gordana Toskovska, Secondary School of Agriculture Car Samoil Resen, Macédoine

Contact: Ioannis Dimitriou
Swedish University of Agricultural Sciences
Email: ioannis.dimitriou@slu.se
Ullsväg 16, Box 7043,
756 51 Uppsala, Suède

Dominik Rutz
Email: dominik.rutz@wip-munich.de, Tel: +49 89 720 12 739
Sylvensteinstr. 2
81369 Munich, Allemagne
www.wip-munich.de

Le projet SRC+ est soutenu par la Commission Européenne dans son programme Intelligent Energy Europe. Le contenu de cette publication, n'engage que la responsabilité de son auteur et ne représente pas nécessairement l'opinion de l'Union européenne. Ni l'EACI ni la Commission européenne ne sont responsables de l'usage qui pourrait être fait des informations qui y figurent. Le projet SRC+ a une durée de Mars 2014 à Avril 2017 (contrat numéro: IEE/13/574)



Cofinancé par le programme Énergie intelligente-Europe de l'Union européenne

SRCplus website: www.srcplus.eu

Sommaire

1	Introduction	4
1.1	Caractéristiques générales des TCR	4
1.2	Durabilité des TCR	5
1.3	Synergies avec les services agricoles et les écosystèmes	5
2	Changement dans l'affectation des sols	6
2.1	Impacts des changements dans l'affectation des sols	6
2.2	Recommandations sur les changements dans l'affectation des sols	8
3	Phytodiversité	9
3.1	Impacts sur la phytodiversité	9
3.2	Recommandations sur la phytodiversité:	10
4	Zoodiversité	12
4.1	Impacts sur la diversité animale	12
4.2	Recommandations sur la zoodiversité	14
5	Sol	16
5.1	Impacts sur le sol	16
5.2	Recommandations liées au sol	17
6	Eau	18
6.1	Impacts sur l'eau	18
6.2	Recommandations sur l'eau	20
7	Paysages	20
7.1	Impacts sur le paysage	20
7.2	Recommandations sur les changements paysagers	20
8	Conclusion	23
	Références	24

1 Introduction

Le projet SRCplus met en avant la production durable de taillis à courte rotation (TCR) dans différents pays cibles en Europe. Ce rapport présente les aspects à prendre en compte pour mettre en place une production durable de TCR, tenant compte des aspects environnementaux, écologiques et économiques. L'objectif de ce rapport est de proposer un aperçu général de la culture durable de TCR afin de permettre à des propriétaires de plantations et autres acteurs intéressés d'avoir des informations sur les méthodes pour mettre en place et gérer des plantations de TCR de la manière la plus durable possible.

Ce rapport prend en compte tous les effets bénéfiques qui peuvent être apporté à l'environnement grâce aux plantations de TCR ainsi que les méthodes de gestion culturale des TCR et leurs interactions avec les bénéfices environnementaux obtenus. Ainsi, un certain nombre de recommandations pour la culture de TCR ont été développés délivrant un aperçu des éléments à prendre en compte pour réaliser une production durable de TCR. Dans la littérature consacrée au sujet, les résultats des études conduites concernent essentiellement des TCR de saule et de peuplier car ce sont les deux espèces les plus répandues en Europe.

Cependant, dans ce rapport, nous avons fait l'effort de rajouter également des résultats d'études concernant les impacts sur la durabilité dans des plantations de TCR comprenant d'autres espèces, tels que l'aulne, le frêne, le bouleau, l'eucalyptus et l'acacia faux-robinier. Malgré ceci, ce sont les impacts généraux des TCR et les recommandations générales qui sont mis en avant dans ce rapport pour un large panel de régions européennes.



Figure 1: Plantation TCR de peuplier, planté dans un paysage agricole. Les différences morphologiques et physiologiques entre les TCR et un champ agricole apportent des résultats variables sur l'environnement (Photo: Nils-Erik Nordh)

1.1 Caractéristiques générales des TCR

Les TCR pérennes sont des espèces boisées tels que le saule, le peuplier, l'acacia, le robinier, etc. Ils sont une excellente alternative aux cultures annuelles et peuvent être complémentaires au système agricole en place.

En général, la culture de TCR se définit comme une pratique agricole pauvre en intrants. Par conséquent, grâce à un apport limité de produits chimiques et également grâce au fait que ce sont des cultures étalées sur une longue période entraînant de fait des interventions limitées sur la culture, peu d'émissions de gaz à effets de serre sont engendrées. L'utilisation des pesticides est négligeable et dans la plupart des cas non-existante. Ceci n'est pas lié à l'absence de ravageurs et maladies, mais au fait que ce sont des cultures à faible valeur économique comparées à d'autres cultures agricoles traditionnelles et car la

biomasse produite est utilisée pour produire de l'énergie. L'utilisation d'engrais est limitée comparée à une culture agricole traditionnelle : il n'est pas d'usage courant de mettre des engrais sur des cultures d'arbres. Les cultures concernées sont pérennes et poussent pour plusieurs années avant d'être récoltées et profitent donc des nutriments des feuilles et systèmes racinaires recyclés dans le sol. Même dans les cas où une fertilisation azotée est recommandée, la dose préconisée (environ 80kg d'azote par hectare et par an) est significativement plus basse que pour des cultures agricoles conventionnelles.

De plus, à cause de contraintes techniques et physiologiques (par exemple, la hauteur des arbres), le matériel existant ne permet pas une fertilisation tous les ans quand la densité de plantation est élevée comme dans le cas des TCR de saule et de peuplier. Le labour est également effectué une seule fois lors de la plantation et aucune autre intervention n'a lieu sur le sol jusqu'à la fin de la plantation qui a lieu plusieurs décennies plus tard.

1.2 Durabilité des TCR

En plus des avantages généraux des TCR par rapport à d'autres cultures conventionnelles, ces cultures peuvent apporter des avantages environnementaux et écologiques spécifiques qui pourront être optimisés si certaines actions et décisions sont prises lors de la mise en place du projet. Dans le rapport ci-dessous, un résumé des impacts des TCR sur l'environnement (biodiversité, sol, eau) sera présenté ainsi qu'une liste des pratiques à prendre en compte pour assurer un impact positif sur l'environnement.

Puisqu'il est également important de ne pas oublier que dans la notion de durabilité se trouve la dimension économique d'un projet, les actions recommandées prennent toujours en compte l'objectif à court terme de l'agriculteur de réaliser le plus de bénéfices possibles. Les perspectives de la société de réaliser une plus-value environnementale à long terme sont aussi considérées.

Au niveau des impacts sociaux, ce rapport prend en compte les changements paysagers qui peuvent survenir lorsqu'une production de TCR est implantée dans une région. Les éléments morphologiques d'une plantation de TCR diffèrent des autres cultures plantées sur des terres agricoles (où il est prévu de planter des TCR dans le contexte européen), car les espèces d'arbres à croissance rapide utilisées peuvent rapidement atteindre une certaine hauteur (plusieurs mètres dès 2-3 ans). Ceci aura un impact sur la perception du public envers les TCR. Ceci sera d'autant plus important si les TCR sont plantés proche des utilisateurs de plaquettes (privés ou publics) car les TCR pourraient devenir prédominants dans cette zone. Le rapport prendra ces éléments en considération et proposera des solutions pour minimiser les impacts négatifs au bénéfice des impacts positifs sur le paysage des plantations de TCR.

1.3 Synergies avec les services agricoles et les écosystèmes

Si les TCR sont gérés de manière durable, ils peuvent générer des synergies significatives avec d'autres pratiques agricoles, les services écosystémiques et les mesures en place de protection de la nature.

En plus d'être des cultures énergétiques, les TCR offrent de nombreux bénéfices comparés aux cultures annuelles. Ils permettent d'améliorer la qualité de l'eau, favorisent la biodiversité, mettent en place des services écosystémiques (chasse, apiculture, ressources en eau, protection contre les incendies), peuvent diminuer la propagation de maladies animales entre exploitations, prévenir l'érosion, réduire les intrants chimiques et limiter le réchauffement climatique grâce au stockage de carbone. Ces avantages doivent être mis en avant pour produire des TCR durables qui peuvent avoir un impact favorable sur l'environnement. Les aspects de durabilité des TCR doivent être pris en compte, et notamment grâce à leur effet sur les terres marginales et sur les éléments structurels du paysage, en continuité des champs, routes et lignes électriques.

2 Changement dans l'affectation des sols

2.1 Impacts des changements dans l'affectation des sols

L'impact des TCR sur l'environnement dépend grandement de l'usage précédent des sols où ils seront plantés. Les impacts sur les changements dans l'affectation des sols, classés en deux catégories, directs ou indirects, se trouvent parmi les impacts les plus critiques dans toute filière de culture énergétique. Ceci dû au fait qu'il va y avoir plus en plus de concurrence sur l'usage possible des terres agricoles. Le but de ce rapport n'est pas de présenter tous ces impacts dans le détail, mais surtout de se concentrer sur les effets directs sur le changement d'affectation des sols liés à la culture de TCR. Les changements indirects ne seront pas pris en compte dans ce rapport.

Afin de proposer des recommandations sur les cultures durables de TCR, la précédente affectation des sols jouera un rôle crucial sur les effets positifs ou négatifs. Une distinction est faite entre les cultures de TCR qui sont prévues sur:

- **Terres à usage agricoles** : différents types de terres agricoles (terres labourées), dépendant de la qualité des sols et de la réserve en eau
- **Prairies**: une distinction doit être faite entre les prairies gérées de manière extensive ou intensive
- **Forêts** : dans de nombreux pays, les TCR ne seront pas implantés sur des terres classifiées comme des forêts (pour des raisons légales et environnementales)
- **Terres marginales** : il existe plusieurs définitions de terres marginales. Certaines terres classées comme marginales ont une valeur écologique importante. Les TCR pourront être intéressants sur des pentes raides (prévention de l'érosion), dans des zones inondables, sous des lignes à haute tension, etc.
- **Terres protégées** : la culture de TCR sur ces terres dépendra de la législation concernant ces terres et des objectifs liés à la plantation de TCR.

Afin de produire des TCR apportant une production rentable de biomasse, les terres agricoles très fertiles sont les plus appropriées car les rendements à l'hectare seront les plus élevés (ainsi que les profits pour les agriculteurs) si une bonne gestion est mise en place. Comme cité ci-dessus et expliqué plus en détail ci-dessous, la mise en place de TCR sur de tels terres semble apporter des impacts positifs en terme de qualité des sols et de l'eau et en terme de biodiversité, en comparaison aux cultures agricoles conventionnelles qui sont généralement cultivées dans ces terres fertiles.

Cependant, dans le contexte actuel des prix du bois et de l'énergie, les TCR sont moins compétitifs que des cultures annuelles dans de nombreuses régions et les agriculteurs sont donc plutôt enclin à mettre en place des TCR sur des terres agricoles abandonnées ou sur des prairies. Transformer une prairie en culture de TCR peut être une solution controversée si l'on prend en considération les efforts réalisés dans l'agriculture européenne pour préserver ces espaces et minimiser la disparition de ces écosystèmes qui stockent le carbone et qui sont des réserves de biodiversité importantes. Les TCR sont des cultures pérennes dans lesquelles peu d'intrants chimiques sont ajoutés : les méthodes de cultures des TCR ressemblent donc plus à des prairies que toute autre culture arable et les conséquences sur la qualité des sols et de l'eau ne devraient pas être trop grandes. Dans la suite de ce rapport, des comparaisons pertinentes seront apportées et analysées car les changements dans l'affectation des sols doivent être réalisés de manière prudente afin de ne pas contrer les mesures environnementales mises en place.

En général, l'impact des TCR sur les forêts est plutôt négatif. En conséquence, de nombreux pays ont élaboré des textes de loi interdisant la culture de TCR sur les forêts.

Les trois types de sols (agricole, prairie, forêt) peuvent être gérés de manières différentes. En fonction de la gestion choisie, ainsi que du sol et des conditions climatiques, toutes ces

terres peuvent être qualifiées comme « marginales ». Il existe différentes définitions du terme marginal, qui varieront en fonction des objectifs économiques visés, de la fertilité, des risques.

Les terres marginales pourraient être, par exemple, des sols contaminés (modérément ou à forte échelle), des zones inondables, des terres sous des lignes à haute tension, des terres en bordure de chemin de fer et des terres où il y a des risques d'érosion. Ces types de terrain peuvent créer des opportunités, surtout car les TCR peuvent tolérer et pousser dans des conditions peu favorables (sols contaminés, conditions anaérobiques, sols peu fertiles, zones inondées). Dans ces zones, il arrive qu'aucune autre culture que les TCR puissent être cultivée et dégager un revenu. Même si la production de biomasse prévue et donc les rendements sont peu élevés, il y a des sites où la plantation de TCR peut être intéressante car elle n'entre pas en compétition avec des cultures arables et peut apporter des bénéfices environnementaux lorsque les pratiques de cultures sont optimisées. Cependant, dans certaines zones, les terres marginales à haute valeur environnementale par exemple, la culture de TCR pourra générer des effets négatifs sur l'environnement.

De plus, les trois types de terre (agricole, prairie, forêt) peuvent aussi être dans des zones classées, selon différentes classifications locales, nationales ou européennes. Dans le cas où ce statut est lié à des écosystèmes, habitats et espèces protégés, la culture de TCR aura des impacts négatifs. Dans les zones protégées pour des questions de paysages, la culture de TCR peut avoir un impact positif ou négatif. En général, il faudra évaluer l'impact d'une culture de TCR en fonction des objectifs visés par les mesures de protection mises en place.

Un résumé des différents impacts de la mise en place de TCR sur les trois types de terres est présenté dans le Tableau 1.

Tableau 1: Impacts de la mise en place de TCR sur terres agricoles, prairies ou forêts (Adapté de BUND 2010)

Critères	terres agricoles	prairies	forêt
Utilisation de pesticides	Pendant la mise en place et l'arrachage: similaire à une culture conventionnelle. Pendant la période de rotation: pas nécessaire.	Pendant la mise en place et l'arrachage: similaire à une prairie conventionnelle. Pendant la période de rotation: pas nécessaire.	Plus importante
Utilisation d'engrais	Beaucoup moins importante	Beaucoup moins importante	Plus importante
Erosion des sols	Beaucoup moins importante	Pendant la mise en place et l'arrachage: plus importante qu'une prairie conventionnelle. Pendant la période de rotation: pareil à une prairie	Un peu plus importante
Biodiversité	Normalement beaucoup plus élevée que sur des terres agricoles intensives. Sur des terres extensives: biodiversité plus ou moins élevée	Dépend de l'intensité de la prairie utilisée et sur la composition des espèces	Dépend du type de forêt et du type de TCR; comparé à une forêt naturelle la biodiversité est moindre.
Climat et eau	Plus grande évaporation, plus grande interception, plus grande protection contre le vent et	Plus grande évaporation, plus grande interception, plus grande protection contre le vent et	Impacts plutôt négatifs

	modération des écarts de température, diminution des poussières et des polluants	modération des écarts de température	
Séquestration de carbone	Beaucoup plus importante	Egale ou plus haute, dépendant de la gestion choisie	Stockage de CO ₂ beaucoup moins important mais séquestration annuelle plus importante

Un facteur important, qui influera sur la durabilité de l'usage des sols, sera la production d'énergie par hectare des TCR en comparaison avec d'autres cultures et ainsi le potentiel pour contribuer à la diminution du réchauffement climatique. Même si les chiffres varieront beaucoup en fonction du site, des moyennes sont présentées dans le Tableau 2. De plus, le Tableau 3 présente des chiffres sur la balance énergétique.

Tableau 2: rendement énergétique annuel TCR, cultures énergétiques, forêt en kWh/ha

TCR	Maïs (biogaz)	Colza (biodiesel)	Forêt
16,000 – 60,000	37,000 – 55,000	11,000 – 21,000	10,000 – 27,000

Tableau 3: balance énergétique, ratio entrée/sortie d'une sélection de plantes (Börjesson & Tufvesson 2011)

TCR (saule)	Maïs (plante entière)	Colza (plante entière)	Blé (paille incluse)
24	11	9	11

Outre le type de terre cultivée, la forme et la taille des nouvelles plantations de TCR auront un grand impact sur ces éléments. Afin d'être viable économiquement et en fonction de la location précise choisie (il peut y avoir des différences entre pays européen), une taille minimum de 2 à 5 hectares est nécessaire.

2.2 Recommandations sur les changements dans l'affectation des sols

Les recommandations suivantes peuvent être données pour minimiser l'impact négatif sur les changements dans l'affectation des sols:

- Les enjeux des terres protégées doivent être respectés. On évitera de planter des TCR sur des terres protégées pour des raisons de protection des habitats et de biotopes.
- En général, le peuplier et le saule pousseront mieux que des cultures annuelles sur des terres agricoles marginales très humides et régulièrement inondées. Ces zones sont favorables pour les TCR car elles apportent plusieurs bénéfices environnementaux.
- La culture de TCR sur des zones humides ou des tourbières (sans usage agricole) sera à éviter. Cependant, sur des zones humides ou tourbières à usage intensif, les TCR sont une bonne solution pour séquestrer du carbone.
- La plantation de TCR sur des forêts sera à éviter car les impacts sont généralement négatifs.

- La culture de TCR dans des paysages d'agriculture intensive avec peu de zones arborées et d'éléments structurels (haies) sera à favoriser. En général, la culture de TCR dans ces zones est positive car elle ajoute un élément structurel. Cependant, certaines espèces (grande outarde) dépendent d'espaces ouverts.
- Les zones les plus adaptées pour les TCR sont les terres agricoles intensives, mais cela se fera en remplacement d'autres cultures.
- L'impact des TCR sur des prairies extensives est souvent négatif. Du coup, les impacts devront être évalués de manière précise et la zone exclue pour des plantations de TCR en cas de possibles impacts négatifs.
- La forme et la taille de la plantation prendront en compte les caractéristiques générales du paysage. D'un point de vue environnemental, des parcelles plus petites et hétérogènes seront à privilégier.
- Si cultivés sur des prairies, il sera préférable de mettre en place les TCR sans labour (plantation directe).
- Les TCR sont très adaptés pour la phytoremédiation des sols contaminés (carrières, décharges).
- Dans les zones de protection de l'eau, la culture de TCR peut contribuer à améliorer la qualité des nappes phréatiques.
- Dans les zones en bordure d'eau (rivières, lacs, etc) les TCR peuvent contribuer à limiter l'érosion des sols et apporter un élément structurant.

3 Phytodiversité

3.1 Impacts sur la phytodiversité

Une série d'expérimentations a été conduite dans des champs de TCR, principalement en Suède et Allemagne, pour mesurer les impacts des TCR sur la phytodiversité en comparaison avec des cultures céréalières et fourragères sur des terres agricoles, mais aussi sur les différences entre TCR et forêts. Un résumé des résultats est présenté ci-dessous :

- Les TCR peuvent profiter à la diversité écologique des paysages agricoles en apportant un élément structurel supplémentaire.
- Les TCR créent des habitats avec une composition d'espèces différentes de terres avoisinantes et peuvent donc augmenter la diversité écologique, surtout dans les zones dominées par les terres arables et les forêts de conifères.
- La composition des espèces dans les TCR est faite d'un mélange d'espèces de zones de prairie et de zones boisées et d'espèces rudérales (les premières espèces à coloniser des sites perturbés) ainsi que des espèces de zones de terres arables.
- Les espèces présentes dans les TCR sont trois fois plus importantes que dans les terres arables et dans certains cas ont relevé plus d'espèces que dans des forêts de conifères et forêts mixtes.
- La contribution des TCR à la diversité écologique sur un paysage agricole changera au cours du temps. Lorsque l'irradiation vers les plantes au sol baisse, le pourcentage d'espèces forestières augmente. Le type de TCR planté, la densité de plantation et l'âge de rotation aura donc une influence sur la phytodiversité.
- Les plantations de saule sont plus adaptées pour favoriser les espèces forestières que les TCR de peupliers, où il y a une irradiation plus forte et variée.

3.2 Recommandations sur la phytodiversité:

Les recommandations suivantes peuvent être données pour minimiser l'impact négatif sur la phytodiversité:

- L'implantation de TCR dans les zones à haute valeur environnementale est à proscrire (par exemple zones protégées, zones avec des espèces rares, zones humides, tourbières, mares, ...)
- Une grande hétérogénéité structurelle crée des habitats pour des plantes avec des exigences différentes et accroît donc la diversité. Une grande hétérogénéité structurelle dans une plantation TCR peut être obtenue par:
 - La plantation de différentes espèces d'arbres et de clones
 - La récolte en décalé pour qu'il y ait des arbres d'âges différents dans une même zone.
- Les bordures de TCR ont une plus grande diversité d'espèces. Planter plusieurs petites plantations de TCR au lieu d'une grande est donc recommandé car les petites plantations ont proportionnellement des bordures plus longues que des grandes plantations. Si ceci n'est pas possible, il faut privilégier des longues plantations rectangulaires qui fourniront déjà plus de bénéfices en termes de diversité écologique.
- Une augmentation des espèces forestières du sol peut être atteinte en augmentant l'irradiation atteignant la végétation du sol. Ceci peut être réalisé en instaurant de plus longues périodes de rotation, une plus grande densité de plantation et en plantant du saule plutôt que du peuplier. Une autre possibilité est d'aligner les plants dans des rangées est-ouest et ainsi diminuer l'irradiation en créant de l'ombre.
- Les bords des plantations, qui sont nécessaires pour faciliter la récolte, doivent être aussi larges que possible afin de favoriser l'installation des fleurs indigènes qui attirent des insectes. L'entête de la tondeuse/faucheuse doit être ajusté pour maximiser les bénéfices environnementaux.



Figure 2: Culture de peuplier en TCR : la diversité de clones à croissance variée crée de la diversité dans le paysage (Photo: Norbert Lamersdorf)



Figure 3: Bordure d'un TCR de saule à côté d'une culture de blé d'hiver : l'accroissement de la phytodiversité est évident (Photo: Nils-Erik Nordh)



Figure 4: Parcelles de TCR de saule avoisinantes séparées par des larges bordures favorisant la croissance d'autres espèces (Photo: Nils-Erik Nordh)



Figure 5: Parcelle de TCR de saule avec plusieurs clones différents: le nombre d'espèces dans la plantation pourra augmenter (Photo: Martin Weih)

- La composition des espèces dans les TCR est influencée par l'irradiation (voir ci-dessus) et le type de sol. Les sols riches en humus et en nutriments verront l'installation de plantes indicatrices de nitrogène. Un sol plus acide sera plus favorable pour d'autres espèces.
- Les proportions de couverture par différentes espèces sont plus hétérogènes et plus grandes que sur des terres arables.
- Plus les alentours de la plantation TCR sont diversifiés, moins la proportion d'espèces des TCR sera grande vis-à-vis de l'environnement global (gamma-diversité, par exemple le nombre total d'espèces dans un environnement).
- Plus le nombre d'habitats sera grand plus la gamma-diversité sera grande et le plus bas sera la proportion d'espèces dans la plantation de TCR.
- La composition des espèces dans la «banque de graines» du sol a peu d'influence sur la végétation actuelle dans les TCR et cette influence diminue avec la durée utile de la plantation TCR.



Figure 6: Plantation de TCR de peuplier utilisé pour la production de biomasse et aussi pour faire pâturer le bétail. (Photo: Ioannis Dimitriou)



Figure 7: Plantation de TCR de saule intégré dans un paysage de grandes cultures : les TCR ajoutent de la diversité dans les espèces présentes dans le paysage. (Photo: Nils-Erik Nordh)

4 Zoodiversité

4.1 Impacts sur la diversité animale

Des informations similaires à celle sur la diversité écologique ont été recueillies et analysées. Les TCR de saule en Suède sont connus pour attirer les chevreuils et de nombreuses plantations de TCR en Suède sont des réserves de chasse. De plus, les sangliers s'installent dans les terres agricoles, ce qui est un indicateur de l'augmentation de la présence de mammifères. Les cervidés, lièvres et lapins peuvent causer des dommages aux plantations de TCR et parfois une augmentation de leur présence peut être négatif et résulter dans la mort de la plantation. Cependant, le nombre de lièvres pourrait davantage décliner si les plantations de TCR deviennent courantes car cette espèce préfère les paysages agricoles mixtes et ne va pas s'épanouir dans des plantations denses de taillis.



Figure 8: Chevreuil entrant dans une plantation de TCR de saule pour se nourrir et trouver refuge (Photo: Nils-Erik Nordh)

Il y a des discussions sur l'augmentation du nombre d'oiseaux dans les zones avec des nouvelles plantations de TCR. Une liste détaillée des résultats trouvés se trouve ci-dessous:

- Les TCR sont généralement plus riche en faune aviaire comparé à d'autres terres arables mais ne contiennent que très peu d'espèces reproductrices spécialisées.
- Les TCR ne mettent pas en danger les espèces communes qui sont présentes dans les taillis.
- Les espèces reproductrices en voie de disparition sont présentes à petite échelle et surtout dans les jeunes plantations de TCR ou sur les bordures des plantations.
- L'adéquation des TCR comme habitat pour les oiseaux dépend fortement en général sur l'âge et la structure des saules/peupliers plantés, et différentes espèces d'oiseaux sont donc associées aux différents âges de la plantation.
- Au fur et mesure que la plantation vieillit et que les arbres prennent de la hauteur, la composition des espèces d'oiseaux présents passe d'espèces habitués aux milieux

ouverts à des oiseaux qui nichent dans les taillis puis à des oiseaux présents dans les milieux forestiers.

- Le plus grand nombre et la plus grande diversité d'oiseaux ont été trouvés dans des plantations de 2 à 5 ans.
- Le nombre et la diversité aviaire dépend également de la densité de plantation et de l'augmentation de la présence de mauvaises herbes.
- Le différent nombre d'espèces d'oiseaux reproducteurs est lié à de nombreux autres facteurs tels que la variété des tailles aréolaires, l'intensité de la conduite de la plantation, le contexte paysager et la diversité aviaire de la région. Le contexte paysager sera essentiel pour déterminer l'impact des TCR sur la diversité aviaire dans les zones agricoles.
- L'effet global sur la diversité animale dépendra beaucoup de ce que les TCR remplacent et du contexte paysager des environs.

Si des TCR (par exemple 20%) sont introduits dans une région homogène et gérée de manière intensive, alors il y aura plus:

- D'oiseaux reproducteurs car les TCR apporteront de nouveaux habitats.
- D'oiseaux reproducteurs associés aux milieux forestiers si certaines zones de TCR atteignent des hauteurs d'arbres (environ 8 m pour du saule et du peuplier).
- D'oiseaux vivants dans des habitats d'arbustes si certaines zones de TCR atteignent le stade d'arbustes avec une grande augmentation en taille et densité (environ 1 m pour du saule et du peuplier).
- Peu de changements pour les oiseaux qui vivent dans les milieux ouverts.
- Les espèces d'oiseaux reproductrices qui ont besoin d'écotones et qui apprécient les bordures (entre arbres/arbustes et milieux ouverts) augmenteront avec des parcelles de TCR de petite taille et oblongues.
- Il y aura plus d'espèces d'oiseaux qui profitent de petits espaces de prairies naturelles et d'espaces non tondus comme les bordures des TCR.
- Un peu plus d'espèces en voie de disparition, grâce à certaines structures associées aux TCR (herbes hautes, écotones) ou une richesse structurelle relativement plus élevée.

Un autre impact positif apporté par les TCR est la diversité des invertébrés présents, tels que les vers de terre, les araignées, scarabées et papillons : espèces qui ont été trouvées dans des TCR au niveau de la biomasse du sol et dans le sol. Une augmentation des vers de terre dans les plantations de TCR mises en place depuis plusieurs années a été constatée (en comparaison avec des cultures agricoles) grâce au faible apport en pesticides. Cependant, si les TCR sont gérés de manière intensive ce bénéfice sera perdu.

Les TCR peuvent apporter un service écosystémique spécifique pour l'apiculture car les TCR proposent les bénéfices suivants pour les abeilles (à miel, solitaires et communes):

- Les abeilles qui sont sensibles aux produits agrochimiques se plairont plus dans les TCR que dans une culture annuelle où il y a plus d'apports d'intrants chimiques.
- Le saule apporte un pollen tôt en saison pour les abeilles ce qui est important après la période hivernale.
- Les résines des bourgeons d'aulne et de peupliers sont une source importante de propolis. La propolis est une mixture résineuse que les abeilles récoltent sur les bourgeons des arbres, sur les coulées de sève et autres sources botaniques. La

propolis est utilisée par les abeilles comme un matériel antiseptique pour la bonne hygiène de la ruche et comme mastic pour boucher les trous dans la ruche.

- La végétation au sol dans les TCR apporte une source importante de nectar.
- Les fleurs du robinier produisent des quantités importantes de nectar, apportant une provision importante d'alimentation pour les abeilles.
- La plupart des TCR requiert des zones d'accès et de retournement pour les machines de récolte: il est possible de planter des espèces mellifères sur ces zones pour les abeilles.



Figure 9: La pollinisation est un service écosystémique important apporté par les fleurs du saule (Photo: Nils Erik-Nordh)

4.2 Recommandations sur la zoodiversité

Les recommandations suivantes peuvent être données pour minimiser l'impact négatif sur la zoodiversité:

- Il faut privilégier les TCR qui favorisent les "effets de lisière", bénéfiques à une plus grande biodiversité.
- Il faut utiliser différentes variétés de clones.



Figure 10: Une plantation de saules avec deux clones différents : les différentes morphologies peuvent avoir un impact sur la diversité animale et apporter plus de dynamisme au paysage. (Photo: Nils-Erik Nordh)



Figure 11: Une plantation de saule, récoltée à différents âges peut apporter des avantages pour la diversité animale. (Photo: Pär Aronsson)

- Il faut privilégier des rotations de récolte dans des zones de classes d'âges différentes.
- Les grosses parcelles de TCR doivent être séparées par exemple par une haie ou un talus.
- Si possible, et dans les plantations de saule, il est préférable de choisir des hybrides de saule (*Salix* sp.) qui fleurissent à différents époques.
- L'usage des pesticides est à éviter. Des mesures de lutttes biologiques sont à privilégier pour contrôler les ravageurs.
- Un pourcentage de la zone de TCR devrait être réservé pour des petits habitats comme par exemple des zones enherbées.
- Des nouvelles plantations de TCR ne devraient pas être établies dans des zones riches en biodiversité telles que les zones humides, les prairies humides, les jachères arides et les prairies semi-naturelles.



Figure 12: Une tour de chasse en bordure d'un TCR de saule : le gibier est attiré par les champs de saules. (Photo: Ioannis Dimitriou)

5 Sol

5.1 Impacts sur le sol

Lorsqu'ils sont implantés dans des zones agricoles, il a été démontré que l'un des grands avantages des TCR est qu'ils ont un effet positif sur la qualité des sols par rapport aux cultures agricoles. Une liste détaillée des avantages liés au TCR est présentée ci-dessous, tirée d'observations faites sur des plantations de TCR établies de longue date (plus de 15 ans) dans une zone agricole:

- Le stockage de carbone (C) dans la matière organique du sol est plus important dans les TCR que dans des cultures conventionnelles telles que les céréales et les fourrages.
- La stabilité de la matière organique des sols est plus haute dans les TCR que dans des cultures conventionnelles et permet de séquestrer du carbone (C) dans sol.
- L'érosion des sols est moins importante dans les TCR que dans les cultures agricoles conventionnelles.
- Le niveau d'azote contenu dans le sol est plus élevé et la disponibilité en azote pour la croissance des plantes plus bas (dû à un ratio carbone/azote de la matière organique du sol plus élevé) dans les TCR que dans les cultures conventionnelles.
- La disponibilité en phosphore est plus basse dans les TCR que dans les cultures agricoles conventionnelles.
- La masse volumique du sol est un peu plus élevé dans les TCR que dans les cultures agricoles conventionnelles.
- Le pH du sol peut être un peu plus bas dans les TCR que dans les cultures agricoles conventionnelles.
- L'activité microbienne est un peu plus basse dans les TCR et contribue à plus d'accumulation de matière organique dans les TCR dans les cultures agricoles conventionnelles.
- Les concentrations en cadmium (Cd) dans le sol sont plus basses dans les TCR que dans les cultures agricoles conventionnelles.



Figure 13: Plantations de TCR de saule (en arrière-plan) à côté de terres labourées (photo prise en automne). (Photo: Nils-Erik Nordh)

De plus, le tassement du sol peut être moins élevé dans les TCR que dans d'autres cultures car il y a beaucoup plus souvent de récoltes dans ces dernières. Le tassement du sol peut être évité si les récoltes sont effectuées pendant l'hiver quand le sol est gelé et à un moment où les demandes en bois énergie sont aussi les plus fortes. De plus, un nombre plus important de mycorhizes (entre le champignon et la racine de la plante, l'ectomycorhize) est présent sous les TCR de peupliers, saules, bouleaux et eucalyptus que dans les cultures conventionnelles ce qui est bénéfique pour le cycle des éléments nutritifs.

5.2 Recommandations liées au sol

Les recommandations suivantes peuvent être données pour minimiser l'impact négatif sur le sol:

- Les TCR peuvent être cultivés dans des champs avec un taux de matière organique faible afin d'en accroître le contenu et ainsi améliorer la fertilité et le stockage de carbone dans le sol.
- Les TCR doivent être cultivés de préférence dans les zones avec un risque élevé d'érosion (vent ou sol), par exemple dans des zones avec du relief, afin de limiter la perte des couches supérieures du sol et des nutriments par l'eau et le vent.
- Il est intéressant d'encourager l'épandage de boues de station d'épuration sur les TCR afin d'éviter les pertes de nutriments dans la culture et car les TCR peuvent avoir une action efficace de phytoremédiation sur les métaux lourds.
- Les TCR doivent être utilisés comme solution pour la phytoremédiation de concentrations élevées de Cd causés par l'utilisation à long terme de fertilisants à base de phosphore contenant du Cd et également pour d'autres sources de pollutions.
- Les TCR doivent être implantés dans le même endroit pour au moins 3 cycles de récolte afin de pouvoir apporter une amélioration sur la qualité du sol, le stockage de carbone et l'absorption de cadmium.
- Dans les pays où les sols gèlent en hiver, il est préférable de récolter les TCR en hiver quand le sol est gelé afin d'éviter de compacter les sols.



Figure 14: Dans une plantation de saule, le sol est enrichi en carbone par les chutes des feuilles (Photo: Ioannis Dimitriou)



Figure 15: Une plantation de TCR nouvellement implantée pour restaurer un champ d'extraction de tourbe, utilisé également pour lutter contre l'érosion du vent. (Photo: Ioannis Dimitriou)



Figure 16: L'épandage de boues d'épuration (ici avec un mélange de bois et de cendre) est une pratique commune en Suède. (Photo: Ioannis Dimitriou)



Figure 17: Plantation récente de peupliers pour la phytoremédiation et la restauration de zones polluées. (Photo: Ioannis Dimitriou)



Figure 18: Récolte de TCR de saule en hiver afin de minimiser le tassement du sol et l'extraction de nutriment dans les pousses tout en répondant au besoin fort de la saison en bois de chauffage (Photo: Ioannis Dimitriou)

6 Eau

6.1 Impacts sur l'eau

Les recherches effectuées sur l'impact des TCR sur l'eau se sont concentrées essentiellement sur des questions de qualité telles que la perte en nutriments dans les nappes phréatiques (en général l'impact est positif) mais aussi sur la quantité d'eau qui s'infiltre dans les nappes phréatiques et les eaux de surface (en général l'impact est négatif, surtout dans les zones où l'eau est rare en été). Un résumé détaillé des recherches effectuées qui comparent les effets de TCR en comparaison avec des cultures agricoles conventionnelles est présenté ci-dessous:

- Le lessivage de $\text{NO}_3\text{-N}$ (nitrate/nitrite) dans les nappes phréatiques est beaucoup moins important dans les TCR que dans les cultures traditionnelles.
- Le lessivage de $\text{PO}_4\text{-P}$ (phosphate) dans les nappes phréatiques est égal, et dans certains cas légèrement plus élevé, dans les TCR que dans les cultures traditionnelles.

- Cet accroissement léger de lessivage de PO₄-P dans les nappes phréatiques n'est pas lié à l'épandage de boues d'épuration.
- L'implantation de TCR comme brise-vent a tendance à réduire la diffusion de pollution par les pesticides.
- Beaucoup moins d'eau est drainée des nappes phréatiques dans une plantation de TCR comparé à une prairie mais cet effet négatif sur la nappe phréatique sera plus modéré dans un bassin versant avec 20% de TCR.
- Après une récolte, il y aura une meilleure recharge de la nappe phréatique dans la première année de reprise car moins d'eau sera perdue par l'évapotranspiration et l'interception.



Figure 19: Une plantation de TCR de saule plantée près d'un lac dans une zone de cultures agricoles intensives afin d'agir comme zone tampon entre les cultures et le lac et prévenir la pollution du lac (Photo: Ioannis Dimitriou)



Figure 20: Une plantation de TCR de saule (dans le fond) en Suède irriguée par les boues de la station d'épuration (Photo: Pär Aronsson)

6.2 Recommandations sur l'eau

Les recommandations suivantes peuvent être données pour minimiser l'impact négatif sur l'eau:

- Les TCR doivent être cultivés dans des champs proches de sources de N (azote) (par exemple élevages, zones vulnérables à l'azote, zones de traitement des eaux usées, etc) afin de limiter le ruissellement en azote vers l'eau dans les environs.
- Les TCR doivent être cultivés dans des zones inondables ou potentiellement inondables.
- L'application de boues d'épuration ne nuit pas à la qualité de l'eau et est donc à encourager.
- Des récoltes plus rapprochées permettent d'augmenter la recharge des nappes phréatiques et est donc à encourager afin de minimiser l'impact négatif sur la baisse des niveaux des nappes phréatiques.

7 Paysages

7.1 Impacts sur le paysage

Il est important de prendre en compte l'impact qu'une plantation potentielle de TCR pourra avoir sur le paysage, surtout si un grand nombre de plantations sont implantées proches les unes des autres afin d'approvisionner un utilisateur important de plaquettes. Ceci aura de l'importance pour que les TCR soient bien acceptés comme nouvelle culture dans un paysage agricole, malgré le fait que les arguments environnementaux positifs mentionnés ci-dessus aient déjà été avancés en faveur des TCR.

7.2 Recommandations sur les changements paysagers

Dans la prochaine partie, un nombre de facteurs à prendre en compte afin de minimiser l'impact sur le paysage apportés par une plantation de TCR dans un projet de développement de TCR, sont considérés. Les critères mentionnés ci-dessus sur les impacts environnementaux sont également pris en compte.

- La plantation de TCR dans des champs proches de zones de forêts permet de conserver une continuité paysagère intéressante et sera donc à privilégier. Cependant, la plantation de TCR dans des zones très boisées est à éviter car la forêt deviendrait prédominante dans le paysage et trop homogène.
- Lorsque les TCR sont récoltés, cela apporte de la diversité dans le paysage, ce qui crée un dynamisme dans le paysage, d'autant plus lorsque la plantation se remet à pousser.
- Il n'est pas recommandé de planter des TCR proche de sites culturels importants.
- Pour des raisons économiques et de gestion, il est préférable de planter des TCR en groupe. L'agriculteur pourra choisir de planter différents clones qui auront une croissance différente et seront de couleurs différentes notamment pendant l'automne. Des grands interstices entre les champs créent également des opportunités pour des activités de loisirs (randonnées, etc).
- Les TCR sont très adaptés pour les bords de routes très fréquentées car ces zones sont peu souvent utilisées. Cependant, des mesures pour garantir la sécurité des usagers sont à prendre en compte. Afin de garantir une bonne visibilité pour les conducteurs, il est important de laisser des bordures importantes au niveau des intersections et virages.

- Sur les routes où la circulation est peu dense, en zone rurale par exemple, l'impact des TCR sur la circulation est plutôt faible. Une bordure est à prévoir pour une gestion plus facile (retournement des machines, etc.) à côté des champs donc l'impact des TCR sur l'ouverture sur les paysages n'est pas élevé.
- Les plantations de TCR doivent se situer proche de l'utilisateur final afin de réaliser des économies grâce à des coûts de transport moins élevés. Si l'utilisateur, de plus, est un établissement de grande taille, la plantation de TCR dans les environs sera la bienvenue pour verdifier l'environnement industriel global.
- Dans les paysages agricoles ouverts et dans les zones de monoculture, les TCR peuvent apporter une variation dans le paysage mais aussi une protection contre le vent ce qui peut avoir un impact positif sur la productivité de l'exploitation agricole.
- Les TCR doivent être implantés dans les zones où ils auront le moins d'impact paysager (par exemple : proche d'une forêt, dans une zone de colline, loin de sites culturels importants) et d'une manière qui s'adaptera à l'environnement global (par exemple : des plus petites parcelles dans des zones forestières, des plus grandes parcelles dans des paysages agricoles ouverts, adapté aux courbes de niveau dans les zones de collines, etc).



Figure 21: Une plantation rectangulaire de TCR établie dans un paysage agricole proche de la forêt existante pour faire une transition douce dans le paysage. (Photo: Nils-Erik Nordh)



Figure 22: Une parcelle de TCR de saule, récemment récoltée, placée entre deux espaces forestiers. Après plusieurs années de croissance le changement sur le paysage sera minimal, lorsque la récolte aura eu lieu, la diversité des paysages sera plus grande (et les effets positifs engendrés également). (Photo: Nils-Erik Nordh)



Figure 23: La plantation de TCR de saule de différents âges et de clones différents apporte de la diversité dans le paysage grâce à des hauteurs et couleurs diversifiées, qui sont bien appréciées par le voisinage. (Photo: Nils-Erik Nordh)



Figure 24: Les champs de TCR proche des grandes routes doivent être pourvus de grandes bordures pour laisser de la visibilité aux conducteurs. (Photo: Nils-Erik Nordh)



Figure 25: Une plantation de TCR de saule en milieu rural : malgré le fait que le champ soit long, la visibilité sur la route n'est pas affectée car la bordure du champ est large pour faciliter la gestion du travail sur la parcelle. (Photo: Nils-Erik Nordh)



Figure 26: Une plantation de TCR proche d'une unité de chauffage permet des économies de coût de transport mais verdit aussi l'environnement global des sites industriels. (Photo: Nils-Erik Nordh)



Figure 27: TCR de saule planté entre des champs arables et des forêts pour apporter une diversité dans le paysage et une protection contre le vent. (Photo: Nils-Erik Nordh)



Figure 28: Une plantation de TCR de saule de 2 ans (au fond) dans un paysage agricole, et présence d'une éolienne. (Photo: Ioannis Dimitriou)

8 Conclusion

La culture et l'utilisation de TCR peuvent globalement être considérées positives car les TCR sont une source d'énergie renouvelable avec un cycle de vie relativement court et fermé, en comparaison avec les énergies fossiles.

Cependant, la plus grande contrainte du développement de TCR va être l'augmentation de potentiels conflits d'usage sur les terres disponibles, soit avec d'autres cultures agricoles soit à cause d'enjeux environnementaux. Ainsi, l'impact de la nouvelle affectation de l'usage des sols est une donnée importante qui devra être mesurée pour chaque cas individuel de projet de plantation. Les conditions de plantation pourront être optimisées en suivant les recommandations dans ce rapport. Souvent le résultat sera très positif, surtout quand les TCR sont cultivés dans des zones de paysages d'agriculture intensive. Cependant, dans certaines zones et dans plusieurs cas de figure, la plantation de TCR pourra également avoir des impacts négatifs et il faudra donc éviter ou minimiser ces conséquences.

Il a été reconnu que toute nouvelle plantation de TCR (comme tout changement de culture) ne se fera pas sans compromis. Le défi est d'identifier les zones qui auront le moins d'impacts négatifs et qui pourront maximiser les effets positifs.

Le présent rapport n'a pas vocation à donner des réponses à des cas individuels et à proposer une solution unique. Il présente plusieurs recommandations et critères qui permettront à toute personne intéressée qui souhaite mettre en place des TCR de se faire sa propre opinion sur le sujet et de décider si oui ou non il va de l'avant dans son projet.

Références

- Baum, C., Leinweber, P., Weih, M., Lamersdorf, N., Dimitriou, I., (2009) Effects of short rotation coppice with willows and poplar on soil ecology. *Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research* 3 (59): 183-196.
- Baum S, Bolte A, Weih M (2012) High value of short rotation coppice plantations for phytodiversity in rural landscapes. *Global Change Biol Bioenergy* 4(6):728-738
- BfN (Hildebrandt C., Ammermann K.) (2012) Energieholzanbau auf landwirtschaftlichen Flächen. – Bundesamt für Naturschutz
- Börjesson, P., Tufvesson L. (2011) Agricultural crop-based biofuels – resource efficiency and environmental performance including direct land use changes. *Journal of Cleaner Production*; 19(2–3), 108–120.
- BUND (2010) Kurzumtriebsplantagen für die Energieholzgewinnung – Chancen und Risiken. BUND Positionspapier
- Dimitriou, I., Mola-Yudego, B., Aronsson, P., Eriksson, J., (2012). Changes in organic carbon and trace elements in the soil of willow short-rotation coppice plantations. *Bioenergy Research* 5(3) 563-572.
- Dimitriou, I., Mola-Yudego, B., Aronsson, P., (2012). Impact of willow Short Rotation Coppice on water quality. *Bioenergy Research* 5(3) 537-545.
- Dimitriou I, Baum C, Baum S, Busch G, Schulz U, Köhn J, Lamersdorf N, Leinweber P, Aronsson P, Weih M, Berndes G, Bolte A (2011) Quantifying environmental effects of Short Rotation Coppice (SRC) on biodiversity, soil and water. *IEA, IEA Bioenergy* 43
- NABU (2012) Naturschutzfachliche Anforderungen für Kurzumtriebsplantagen. - NABU-Bundesverband und Bosch & Partner GmbH