



Guide technique

Taillis à courte et à très courte rotation



Contenu

1	INTRODUCTION ET DEFINITION.....	3
2	CADRE JURIDIQUE.....	4
2.1	Statut de la parcelle	4
2.2	Aides disponibles	4
2.2.1	Activation des droits à paiement unique (DPU) normaux.....	4
2.2.2	Aides aux cultures énergétiques hors jachère (article 23 à 42 du règlement (CE) n°1973/2004 de la Commission du 29 Octobre 2004)	4
2.2.3	Implantation de couverts ligneux sur jachère en application de l'article 148 du règlement (CE) n°1973/2004	5
2.3	Conditionnalités de ces aides.....	6
2.4	Cas des parcelles en fermage	6
3	PHASE INITIALE.....	6
3.1	Choix du site.....	6
3.2	Choix des espèces et des plants	8
4	PRODUITS	12
5	GESTION DE PLANTATION	13
5.1	Préparation du site	13
5.2	Implantation	13
5.2.1	Techniques d'implantation	13
5.2.2	Écartement des plants.....	14
5.3	Itinéraire culturel	15
5.4	Recépage	17
5.5	Désherbage	17
5.5.1	Désherbage chimique.....	18
5.5.2	Désherbage mécanique.....	18
5.5.3	Autres méthodes.....	19
5.6	Fertilisation.....	19
5.7	Protection contre les animaux sauvages.....	20
5.7.1	Les cervidés (cerf, chevreuil ..).....	20
5.7.2	Les petits et moyens mammifères	21
5.7.3	Les sangliers	21
5.8	Maladies et parasites	22
5.8.1	La rouille.....	22
5.8.2	La chrysomèle	23
5.8.3	La petite saperde du peuplier	23
5.8.4	Le taupin.....	23

6	RECOLTE	24
6.1	Techniques manuelles.....	24
6.2	Technique mécanisée forestière (TCR)	24
6.3	Technique mécanisée agricole (TTCR)	24
6.3.1	Récolte à l'ensileuse.....	25
6.3.2	Récolte en tiges entières.....	25
6.3.3	Le système « biobaler »	26
6.3.4	Adaptation d'une tête d'ensilage sur tracteur.....	27
7	METHODES DE STOCKAGE ET DE SECHAGE POUR LA BIOMASSE ISSUE DE TCR/TTCR	28
7.1	Avantages tirés d'un stockage et d'un séchage efficaces	29
7.2	Technique de stockage et de séchage.....	29
7.2.1	Stockage technique.....	29
7.2.2	Stockage naturel	29
8	RECONVERSION DES TERRAINS	31
9	PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT	31
9.1	Energie et gaz à effet de serre	31
9.2	Biodiversité.....	32
9.3	Sols.....	32
9.4	Paysages.....	33
9.5	Recommandations globales.....	33
10	EVALUATION ECONOMIQUE	34
11	CONTACTS	35
	Les partenaires du projet CREFF.....	35
	Les experts extérieurs.....	37
	BIBLIOGRAPHIE	39

1 INTRODUCTION ET DEFINITION

En raison d'une hausse accélérée des prix des énergies fossiles et d'un besoin croissant en matières premières durables, le bois-énergie se présente comme une nouvelle opportunité en tant qu'énergie renouvelable. La culture d'arbres à croissance rapide est une voie d'approvisionnement intéressante pour répondre aux demandes en biomasse croissantes. C'est pour cette raison qu'elle se situe de plus en plus dans le champ de vision des agriculteurs et des sylviculteurs depuis quelques années.

Le bois provenant de « forêts - énergie » ou de taillis à courte (TCR) ou à très courte rotation (TTCR), spécialement à vocation de valorisation énergétique (plaquettes, granulés), peut être un moyen d'approvisionner une chaudière en bois déchiqueté.

Que sont les TCR/TTCR ?

Le concept de la forêt - énergie n'est pas nouveau. Il s'agit de la forme moderne de l'ancien taillis simple à courte rotation, connu en Europe centrale depuis 2000 ans et exploité pour la production de bois de chauffage. En général, il s'agit d'espèces qui rejettent de souche telles que le peuplier, le saule, le robinier ou l'eucalyptus qui sont exploitées avec des rotations de 2 à 4 ans pour les TTCR et 5 à 10 ans pour les TCR. Par conséquent, on parle de plantations à rotation rapide.



Selon le principe de "planter une fois, récolter plusieurs fois", on produit du bois sur une période de 20 - 25 ans, de préférence sur des terrains agricoles non valorisés car plutôt marginaux (trop humides, trop secs, trop éloignées de l'exploitation...).

Cette méthode d'exploitation du sol est intéressante du point de vue du climat (dans le pire des cas neutre en CO₂), de la dépendance diminuée vis-à-vis des énergies fossiles et de la protection de l'environnement en comparaison avec des produits agricoles conventionnels. En outre, une fois le démarrage de la plantation assuré, les TCR-TTCR constituent une source de revenu prévisible à faible charge de travail.

Le présent itinéraire technique vise à donner une brève vue d'ensemble des dimensions techniques, économiques et écologiques des TCR et TTCR et à soutenir les agriculteurs intéressés dans leur décision d'investir dans le domaine des TCR/TTCR. Il contient des conseils pratiques pour l'installation et la gestion de parcelles de TCR - TTCR. Vous y trouverez aussi des informations sur les techniques de récolte, de stockage et de séchage de la biomasse, ainsi que sur le cadre juridique et sur l'aspect environnemental.



Qu'est ce que le projet CREFF ?

(Cost Reduction and Efficiency improvement of short rotation coppice)

CREFF est un projet franco-allemand sélectionné dans le cadre de l'ERA-Net Bioenergy et cofinancé par l'ADEME (France) et le FNR (Allemagne). Son objectif principal est de déterminer les conditions optimales pour réussir l'implantation de TCR - TTCR sur des parcelles marginales en minimisant les coûts autant que possible, de la préparation du terrain à l'utilisation des produits de la récolte.

Les encadrés CREFF que vous trouverez au long de ce guide vous indiquent certaines constatations ou informations mis en évidence par les partenaires de CREFF au cours de leur travail dans le cadre du projet.



Les paragraphes accompagnés du logo CREFF présentent des résultats directs des partenaires du projet.

2 CADRE JURIDIQUE

Le cadre juridique de l'installation et de la gestion des TTCR/TCR au niveau national et international est réglé comme suit.

2.1 Statut de la parcelle

Dans la note d'information REF PAC 2009, il est précisé que les plantations d'espèces forestières cultivées à courte rotation (TCR/TTCR) sur terres agricoles, n'induisent **aucun changement de destination des terres**, à condition d'être récoltées au moins une fois, au plus tard la 20^{ème} année. Celles-ci restent donc **agricoles** et sont simplement valorisées par l'implantation de cultures ligno-cellulosiques.



2.2 Aides disponibles

Il existe trois types d'aides financières applicables aux plantations TCR/TTCR :

2.2.1 Activation des droits à paiement unique (DPU) normaux

Selon le nouveau règlement (CE, n° 73/2009, article 34, paragraphe 2), toute surface agricole, valorisée par la plantation de cultures ligno-cellulosiques (donc les TCR et TTCR) peuvent bénéficier des DPU normaux.

2.2.2 Aides aux cultures énergétiques hors jachère (article 23 à 42 du règlement (CE) n°1973/2004 de la Commission du 29 Octobre 2004)

Ce régime d'aide est **cumulable sur une même parcelle avec l'activation de DPU normaux** mais pas de DPU jachère. Le montant d'aide annuel est de 45 euros par ha. Il est toutefois plafonné en surface au niveau communautaire, à hauteur d'1,5 million d'ha (surface maximale garantie). Ce régime autorise l'utilisation à courte rotation - 20 ans au maximum - d'espèces forestières.

Au sein de l'aide aux cultures énergétiques, deux cas de figure sont envisagés :

- l'installation d'une plantation à courte rotation en vue de **livrer à un premier transformateur** la production de la matière première ligno-cellulosique à des fins énergétiques. Un contrat-type (délivré par l'ONIOS) doit être complété par les parties, puis adressé à la DDAF et à l'ONIOS au plus tard à la date limite de dépôt des déclarations PAC annuelles.
- l'utilisation d'une plantation à courte rotation pour **la production et l'utilisation d'énergie à la ferme** (combustible, carburant, électricité et biogaz) : dans ce cas, le contrat est remplacé par un engagement du producteur à tenir une comptabilité matière spécifique avec obligation de pesée ou de cubage de la récolte. Cet engagement est à souscrire sur un imprimé type (délivré par l'ONIOS) à adresser à la DDAF et à l'ONIOS, au plus tard à la date limite de dépôt des déclarations PAC annuelles.

2.2.3 Implantation de couverts ligneux sur jachère en application de l'article 148 du règlement (CE) n°1973/2004

Lorsque ces couverts ligneux sont déclarés en gel industriel, ils permettent l'activation de DPU jachère. La conclusion par l'exploitant d'un contrat de culture et d'achat n'est pas obligatoire. Le contrat est remplacé par une déclaration écrite aux termes de laquelle



le producteur s'engage à ce que, en cas d'utilisation dans son exploitation agricole ou de vente des matières premières concernées, celles-ci soient affectées aux utilisations prévues par l'annexe XXIII du règlement précité. Cette dernière définit la liste des produits finis autorisés élaborés à partir de cultures sur jachère. Pour les espèces ligneuses, il s'agit notamment des chapitres suivants, extraits de la nomenclature combinée communautaire :

- 44 "Bois, charbon de bois et ouvrages en bois",
- 47 "Pâtes de bois ou d'autres matières fibreuses cellulosiques, papier ou carton à recycler (déchets et rebuts)",
- 48 "Papiers et cartons ; ouvrages en pâte de cellulose, en papier ou en carton".

Cette déclaration est à adresser à la DDAF et à l'ONIOS, au plus tard à la date limite de dépôt des déclarations de surfaces annuelles.

En aucun cas, les plantations ne doivent s'apparenter à un boisement forestier. Elles sont considérées comme des productions de matières premières sur une période de rotation maximale de 20 ans.

Le dispositif autorise néanmoins une assez grande diversité d'utilisation des produits obtenus, qu'il s'agisse de billons, de plaquettes ou de produits destinés à la trituration.

2.3 Conditionnalités de ces aides

La même note d'information définit les bonnes conditions agricoles et environnementales suivantes :

- Lorsqu'un paillage est installé, celui-ci doit être biodégradable
- L'écartement entre les rangs doit être suffisant pour permettre le passage d'un engin de désherbage mécanique
- L'utilisation d'un herbicide est possible en préparation du terrain et jusqu'à la fin de la 2ème année de culture après plantation ou après récolte. A partir de la 3ème année d'un cycle de culture, seul le désherbage mécanique est autorisé.



2.4 Parcelles en fermage

La réglementation est peu précise dans le cas d'une parcelle en fermage. Toutefois, un accord du propriétaire des terres est essentiel pour éviter tout litige éventuel par la suite.

3 PHASE INITIALE

3.1 Choix du site

	<u>Quels sont les sites concernés ?</u>
<p>Le choix du site est d'une importance majeure dans la démarche d'installation de la plantation. Toutefois, la culture de TCR-TTCR ne remplacera jamais les cultures alimentaires sur les meilleurs sites. C'est pourquoi ce type de plantation est plutôt destiné à des parcelles qui ne sont pas ou très peu valorisées. Il peut s'agir, par exemple, de parcelles trop humides, trop sèches pour y faire pousser des cultures « classiques », ou encore trop éloignées du siège de l'exploitation pour s'y déplacer régulièrement. Dans ce dernier cas, ce sont parfois de bonnes parcelles, qui peuvent donner des rendements intéressants.</p>	

3.1.1 Contexte pédoclimatique

Des expérimentations menées sur sept plantations de saule, situées en Bretagne et dans les Vosges, ont montré que le rôle joué par l'environnement (composition du sol, climat) était difficile à prévoir. D'un côté, même clone se développera différemment selon les conditions auxquelles il est soumis. D'un autre côté, il est également ressorti que deux plantations, présentant des conditions pédoclimatiques équivalentes, composées des mêmes clones, ne donneront pas systématiquement des rendements similaires.

En revanche, il a été mis en évidence que, quelles que soient les conditions, les clones les plus productifs sont toujours les mêmes. En conséquence, choisir une espèce et des plants adaptés est d'une importance capitale pour réussir sa plantation (Cf. § 3.2)

3.1.2 Antécédent cultural

Des mesures réalisées sur quatre parcelles de TTCR de saule (deux anciennes prairies et deux anciennes cultures de maïs) ont montré que les arbres implantés sur une ancienne prairie utilisent plus efficacement l'eau disponible et contiennent plus de matière organique, mais sont aussi moins riches en azote.

Cela s'explique notamment par le fait que le sol des anciennes prairies, n'ayant pas été travaillé ni fertilisé depuis plusieurs années, est potentiellement moins favorable pour le développement des arbres. Cela encourage une utilisation de l'eau plus efficace par la plante.

Quoi qu'il en soit, aucun effet évident de l'antécédent cultural sur le rendement n'a été observé. Cependant, les plantations concernées ayant des âges différents, l'interprétation des résultats a pu être en partie faussée. La réalisation de mesures sur des parcelles supplémentaires permettrait de conclure sur cette question de manière plus précise.

3.1.3 Limites des parcelles marginales

Planter des TCR-TTCR peut être un bon moyen de valoriser une parcelle délaissée. Toutefois, certaines limites doivent être prises en compte avant de prévoir l'installation d'une telle plantation :

- Les surfaces inférieures à 0,5 ha ne peuvent être récoltées que de manière manuelle ou mécaniquement à des frais très élevés.
- Plantation et récolte mécaniques ne sont plus possibles lorsque la pente dépasse les 10%.
- Les sols présentant un fort taux d'argile (>75%) doivent être évités : si le printemps est humide, l'engorgement de la parcelle peut poser des difficultés pour la préparation du sol, l'implantation des boutures et le désherbage. Par ailleurs, si l'été est sec, le sol risque de se compacter et de former de larges crevasses, néfastes pour le développement des racines.
- Un fort taux de sel dans le sol est très défavorable pour les plants.
- Une bonne accessibilité de la parcelle doit être garantie (Attention ! Comme la récolte se fait normalement en hiver, les chemins doivent être porteurs même en cas de période de pluies prolongée).
- Une distance de sécurité de 30 m entre la plantation et des drains éventuels devra être respectée afin d'éviter des endommagements.



Par ailleurs, certains facteurs peuvent favoriser un site en regard d'un autre :

- Une bonne exposition au soleil permet une meilleure utilisation de l'énergie et des rendements meilleurs.
- Une forme rectangulaire permet une exploitation optimale de la surface.

Enfin, les conditions microclimatiques sont également à prendre en compte dans le choix du site :

- Les vallées profitant de températures plus élevées et permettant de longues périodes végétatives sont particulièrement adaptées
- Les zones à conditions plus extrêmes telles que les zones d'accumulation d'air froid ou de neige mènent à des risques d'échec plus accentués

En fonction des caractéristiques des parcelles choisies, on pourra déterminer quelles espèces sont les plus adaptées à chaque site pour permettre la réussite de la plantation.

3.2 Choix des espèces et des plants

D'après la littérature mondiale, la production annuelle moyenne de ce type de plantation est généralement de l'ordre de 8 à 15 tonnes sèches par hectare selon l'espèce ou le clone utilisé, le site, la région et les modalités de gestion de la plantation.

3.2.1 Espèces utilisées

A l'heure actuelle, les espèces les plus souvent rencontrées en TCR - TTCR sont les saules (*Salix* spp., environ 20 000 ha en Suède, 3000 ha en Grande Bretagne), les peupliers (*Populus* spp., environ 6 000 ha en Italie) et les eucalyptus (*Eucalyptus Globulus*, environ 1 million d'ha en Espagne et au Portugal).

Cependant, en fonction des caractéristiques du site, d'autres espèces peuvent donner des bons rendements. Saules et peupliers, très utilisés en Europe du Nord, sont intéressants sur des parcelles bien pourvues en eau. Néanmoins, ces dernières années, des étés de plus en plus chauds auront soumis les plantations existantes à un stress hydrique plus ou moins intense. Sous ces conditions, le robinier faux acacia (*Robinia Pseudoacacia*) utilisé depuis peu en France, ainsi que l'eucalyptus, sont plus performants. En effet, sur des sites secs, il a été montré que le robinier produisait plus de biomasse et avait une meilleure efficacité d'utilisation de l'eau que le saule ou le peuplier. Par ailleurs, il donne de bons résultats sur des sols pauvres, qu'il peut contribuer à enrichir en azote. Cependant c'est une espèce difficile à bouturer et considérée comme invasive. Enfin, lorsqu'il est planté sous de fortes densités, il est facilement affecté par la compétition en eau.

L'aulne (*Alnus spp.*), qui n'a pas été l'objet de sélection génétique accrue comme les autres espèces, est moins fréquemment utilisé. Il peut néanmoins être intéressant, notamment en mélange avec une autre espèce. Cependant, il peut être déconseillé d'en implanter dans les régions fortement touchées par le parasite *Phytophthora Alni*.

3.2.2 Choix des plants

D'un point de vue de lutte contre les pathogènes, il est préférable d'utiliser plusieurs clones différents plutôt que d'installer une plantation monoclonale.



Du point de vue de la compétition entre les différents clones, la réponse est moins évidente. C'est pourquoi des essais ont été réalisés dans une plantation de peupliers en Indre (36). Le développement de blocs monoclonaux et de blocs à différents degrés de mélange a été comparé. Il a ainsi été montré que, à l'échelle des clones, les clones les plus productifs le sont encore plus en mélange mais que les clones les moins performants subissaient plus fortement la compétition dans ces conditions. Toutefois, à l'échelle de la plantation, le rendement n'est pas affecté par le mélange, la surexpression des clones performants compensant la répression des autres.

En conclusion, il est préférable de choisir un mélange clonal.

3.2.3 Tableau comparatif

Le tableau sur les deux pages suivantes présente plus précisément les caractéristiques de chaque espèce et leurs conditions de croissance optimales.

Des informations plus spécifiques à la culture en taillis à courte ou à très courte rotation y sont également présentées.

Caractéristiques et conditions optimales		Saule	Peuplier	Aulne	Robinier faux acacia	Eucalyptus
Aspect						
Températures moyennes	Annuelle	> 7 °C	> 7 °C	> 10 °C	> 8°C	-
	Période végétative	> 13 °C	> 13 °C	> 15 °C	-	-
Précipitations	Annuelles	600 - 1000 mm	600 - 1000 mm	1000 mm	> 400 mm	600 – 1000 mm
	Période végétative	> 300 mm	> 300 mm	> 480 mm	-	-
Types de sols		Limoneux argileux à sableux	Limoneux argileux à sableux	Argilo-limoneux, argileux ou sableux, alluviaux	De préférence sableux ou sablo -argileux	Sableux ou argilo -sableux
pH du milieu		5.5 - 6.5	5.5 - 7	> 4.5	Indifférent	< 7
Altitude adaptée		< 1300 m	< 600 m	< 1800 m	< 1600 m	< 400 m
Parcelle	en pleine lumière	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable
	fortement exposée au vent	Neutre	Très défavorable	Neutre	Neutre	Défavorable
	fortement exposée au gel	Neutre / Défavorable	Gelées tardives très défavorables	Gelées tardives très défavorables	Neutre	Gel brutal et intense très défavorable
	irriguée	Favorable	Favorable	Favorable	Neutre / Défavorable	Neutre / Défavorable
Sol	hydromorphe / asphyxiant	Défavorable	Défavorable	Défavorable	Très défavorable	Très défavorable
	marécageux	Neutre / Défavorable	Défavorable	Neutre	Très défavorable	Défavorable
	frais à humide	Favorable	Favorable	Favorable	Neutre / Défavorable	Neutre / Défavorable
	bien aéré	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable
	filtrant	Très défavorable	Très défavorable	Très défavorable	Favorable	Favorable
	sec	Très défavorable	Très défavorable	Très défavorable	Favorable	Favorable
	profond	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable
calcaire actif	Neutre	Neutre	Défavorable	Défavorable	Très défavorable	
Disponibilité en eau	Eau peu ou pas disponible	Défavorable	Défavorable	Défavorable	Favorable / Neutre	Favorable / Neutre
	Bonne disponibilité dans le 1 ^{er} m de sol	Favorable	Favorable	Favorable	Neutre	Neutre
	Connexion à l'eau souterraine	Favorable	Favorable	Favorable	Neutre	Neutre

Conditions optimales et caractéristiques		Saule	Peuplier	Aulne	Robinier faux acacia	Eucalyptus
Risques d'engorgements	Ennoyages saisonniers ponctuels	Neutre	Neutre	Neutre	Défavorable	Neutre / Défavorable
	Ennoyages saisonniers fréquents	Neutre / Défavorable	Neutre / Défavorable	Neutre / Défavorable	Très défavorable	Très défavorable
	Engorgements permanents	Défavorable	Très défavorable	Défavorable	Très défavorable	Très défavorable
Attaques extérieures	Risques sanitaires	Rouille	Rouille	<i>Phytophthora alni</i>	Pas de risque sanitaire majeur	Pas de risque sanitaire majeur
	Autres risques	Abrouissement sur parcelles réduites	Abrouissement sur parcelles réduites	Attaques de cervidés	Sensible au gui	-
Autres caractéristiques spécifiques		Valorise bien l'irrigation	Développement de drageons sur des sites à sols peu profonds	Peut contribuer à enrichir des terrains pauvres en azote	Peut contribuer à enrichir des terrains pauvres en azote	Arbre à feuilles persistantes en hiver
		Résistant au froid (jusqu'à -30°C ponctuellement)		Craint la concurrence (espèce de pleine lumière)	Espèce pionnière : développement de drageons	Croissance quasi-continue
		Fort taux de rejet		Présence d'épines		
Plantation en TCR / TCCR	Densité de plantation (plants / ha)	10 000 – 20 000	5000 – 15 000	4000 – 8000	1250 – 12 000	1250 – 5000
	Longueur des rotations	2 à 4 ans	2 à 20** ans	7 à 20 ans	3 à 10 ans	2 à 10 ans
	Hauteur moyenne à la récolte	3.5 à 5 m	Plus de 12 m		2 à 5 m	
	Rendement moyen	7 à 12 t MS/ha/an *	7 à 15 t MS/ha/an	6 à 10 t MS/ha/an	6 à 10 t MS/ha/an	5 à 12 tMS/ha/an
	Coûts d'installation	Bas - moyens	Bas - moyens	Elevés	Elevés	Elevés
	Destination possible de la biomasse produite	Bois - énergie	Bois - énergie ; Industrie	Bois - énergie ; Industrie	Bois - énergie ; Industrie ; Piquets	Bois - énergie ; Industrie
	Teneur en eau	50 – 55 %	50 – 55 %		15 – 40 %	45 – 50 %
	Plants	Boutures	Boutures, plançons	Plants racines nues	Plants racines nues	Boutures, plançons
	Matériel végétal recommandé	Clones suédois, anglais	Clones italiens	Aulne glutineux	Variétés hongroises	<i>Gunii</i> ou <i>Gundal</i>

* Tonnes de matière sèche par hectare et par an

** Pour le bois industriel, la durée de rotation est généralement plus longue

4 PRODUITS

Il est important de s'assurer le débouché de la biomasse produite avant même l'installation de la plantation.

En effet, la ligne de production peut influencer l'arrangement de la plantation, mais aussi le choix de l'espèce, le choix des techniques de récolte et de stockage et finalement les coûts.

Actuellement, deux lignes de production sont établies pour les TCR et TTCR : le bois énergie et le bois industriel.

Ligne de production	Utilisation
Bois industriel	Pâte à papier, contreplaqué, panneaux isolants en fibre de bois, papier, carton, emballages légers
Bois énergie	Plaquettes (bois déchiqueté), granulés, briquettes, production de carburants synthétiques

Source : „Anlage und Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen in Baden-Württemberg“, 2008



Foto: Nahm, F

Contrairement aux TCR, qui présentent plus de souplesse, les TTCR ne peuvent pas être dédiés à un débouché industriel. En effet, dans le cas du bois industriel, des diamètres de tiges plus grands doivent être atteints. Il en résulte une plantation avec une densité plus réduite, car les arbres ont besoin de plus d'espace de croissance, et une durée de rotation supérieure à 5 ans.

Plaquettes forestières



Connaître le débouché de son produit

Au moment de l'installation, le débouché futur (énergie ou industriel) et le ou les consommateurs (industrie, collectivité, particulier, autoconsommation) du bois produit doivent être connus. Si le produit est vendu, un contrat signé à l'avance permet de garantir la vente de son bois. De plus, certaines industries ou collectivités aident à l'installation de plantations de TCR - TTCR. En échange, le producteur s'engage à leur vendre la biomasse produite.

Toutefois, le lieu de production et le lieu de consommation ne doivent pas être trop éloignés : au delà de 30 km, les frais de transports occasionnés peuvent facilement dépasser l'aide financière éventuellement reçue. Il est donc plus intéressant, sur le plan économique comme sur le plan environnemental, de trouver un lieu de consommation des produits le plus proche possible de la parcelle.

5 GESTION DE PLANTATION

5.1 Préparation du site

Les travaux de préparation du site sont extrêmement importants puisqu'ils conditionnent le développement de la culture pour les 20 années qui suivent.

L'objectif est de travailler le sol comme pour une culture de printemps afin d'avoir un sol propre (absence d'adventices). L'itinéraire de préparation de la parcelle doit tenir compte du précédent cultural et de la flore présente sur la parcelle : si le taillis va être implanté sur une prairie, du glyphosate va être appliqué; si le sol est compacté un décompactage sera effectué. Dans le cas d'une ancienne culture, un faux semis peut permettre de supprimer une partie des adventices.

Le labour est ensuite une phase importante. Devant la planteuse, un deuxième labour ou un hersage est effectué.



Une solution alternative : la plantation en bandes

Dans le cas de prairies situées dans des zones plus sensibles (terrain humide, en pente...), la préparation du terrain peut être faite uniquement sur des bandes de 1 m de large. Ainsi, la portance du sol est maintenue sur les zones où circulent les machines. La prairie est partiellement conservée sans compromettre la réussite de la plantation.

Il faut cependant labourer bien droit (en utilisant un GPS, par exemple) pour éviter qu'ensuite les boutures ne soient plantées à côté de la bande labourée.

5.2 Implantation

5.2.1 Techniques d'implantation

Les boutures doivent être implantées de manière verticale dans la terre. Elles ne doivent pas dépasser de plus de 2 cm du sol. L'écorce doit impérativement rester intacte afin que le système racinaire puisse se développer de manière correcte. Juste après l'implantation, la terre doit être ramenée autour des boutures pour éviter son assèchement et permettre la reprise des plants.



Développement des boutures peu après l'implantation

L'implantation peut être manuelle ou mécanisée :

- Une **implantation manuelle** n'est intéressante que sur des parcelles de taille très réduite ou difficilement accessibles. Cependant cette méthode est peu performante sur des surfaces importantes et mène à des coûts élevés.
- Une **implantation mécanique** permet de réduire les coûts, notamment sur des surfaces importantes. Il existe des machines de plantation spécifiques, mais la plantation peut également être réalisée avec d'autres machines (planteuse à choux, à tabac).

En France, en Allemagne et en Autriche il existe un certain nombre de prestataires de service d'implantation. De manière générale, ils proposent des prix incluant les boutures, le transport et la plantation. Les prix sont avant tout dépendants de la surface des parcelles : plus la surface est grande, plus l'opération devient rentable. Mais la vitesse de fonctionnement des différentes machines doit également être prise en compte dans le calcul.

Certains proposent également de ne fournir que les boutures, pour les agriculteurs qui souhaiteraient réaliser l'implantation avec leur propre matériel.

5.2.2 Densité d'implantation

La densité d'implantation doit dépendre de plusieurs facteurs : la durée envisagée de la plantation (TCR ou TTCR ?), l'espèce choisie, la gestion future de la plantation...

Une implantation dense permet une production de biomasse plus importante sur une surface équivalente. Toutefois, si le taillis est trop dense, la compétition risque d'être trop importante et de limiter la croissance. Des essais sur une plantation de peupliers âgée de deux ans située en Seine-et-Marne (77) ont montré qu'après deux ans, les arbres utilisaient l'eau plus efficacement sur la plantation la moins dense (1000 arbres/ha) et la compétition pour l'azote était moins importante. En situation plus dense (7500 arbres/ha), les arbres étaient plus hauts mais les tiges étaient moins épaisses et présentaient moins de branches. Néanmoins, après deux saisons de croissance, l'effet était non significatif.

En conséquence, si l'effet de la densité doit encore être surveillé sur des rotations plus longues, une forte densité semble être adaptée pour augmenter la productivité des TTCR.

5.2.3 Écartement des plants

La disposition des boutures en lignes simples ou doubles et l'écartement interligne dépendent généralement des espèces ou des clones, de la longueur de rotation, du site, de la ligne de production (diamètre visé) et des techniques de récolte.

Dans le cas d'une très courte durée de rotation, les **lignes doubles** (cf. schéma 1) permettent d'augmenter la densité de la plantation. De plus, si la plantation est bien développée, la fermeture des cimes limite les problèmes de désherbage, car les arbres font suffisamment d'ombre pour empêcher le développement des mauvaises herbes. En revanche, le désherbage des interlignes devient plus

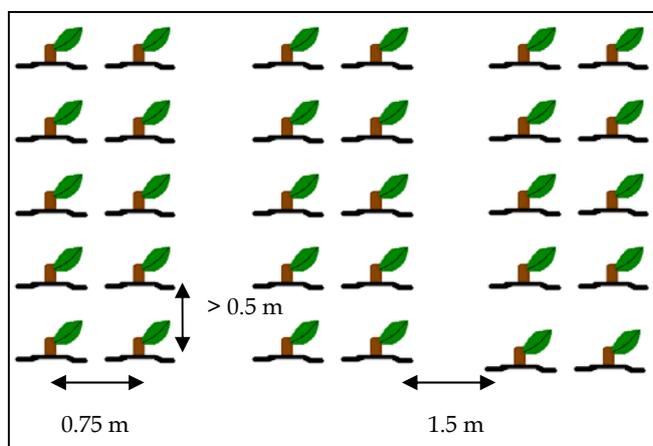


Schéma 1 : Plantation des boutures en lignes doubles

difficile, car on ne peut pas circuler avec une machine dans l'interrang. Cela peut donc provoquer des problèmes d'adventices si la plantation ne se développe pas comme attendu. Ce type d'arrangement a tendance à régresser et n'est plus recommandé par les professionnels.

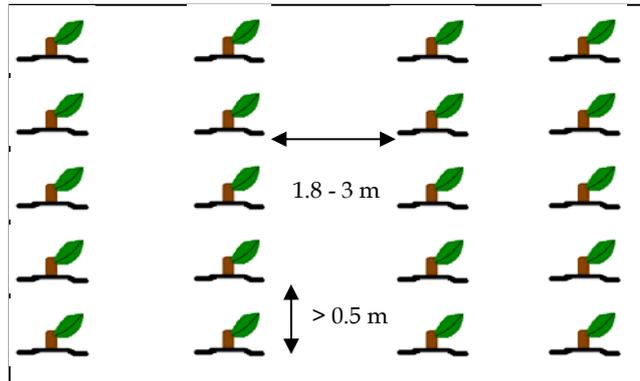


Schéma 2 : Plantation des boutures en lignes simples

Les lignes simples (cf. Schéma 2) sont recommandées pour toutes les espèces avec des durées de rotation plus longues, ainsi que pour des clones avec une croissance juvénile extrême pendant les trois premières années.

5.3 Itinéraire cultural

Le tableau suivant présente l'itinéraire cultural classique préconisé pour une parcelle « normale ». Ce qui est présenté ici n'est pas figé, mais doit être adapté au cas de chaque parcelle. Selon la situation, les interventions pourront se faire plus ou moins tard, certaines ne sont pas nécessaires. Les opérations indispensables sont indiquées en gras.

Préparation du terrain

Période	Opérations	Objectifs et techniques
	Aménagement de la parcelle	Fossés (création, curage, etc.) Broyage d'une friche
Juin - Décembre	Herbicide total en plein	Traitement au glyphosate pour éliminer les plantes vivaces
	Fertilisation de fond	Si nécessaire, environ 100 u de P ₂ O ₅ et K ₂ O par ha
Octobre - Décembre	Labour profond (≥ 40 cm)	Ameubler les 1 ^{ers} horizons, détruire une semelle de labour préexistante Permet de mettre en place facilement les boutures

Année 1

Période	Opérations	Objectifs et techniques
	Herbicide total en plein	Seulement nécessaire dans le cas de reverdissement persistant
Mars - Mai	Labour ou hersage	Favorise l'implantation des boutures
Mars - Mai	Plantation des boutures	Bien enfoncées, dans un sol bien préparé (boutures de 20 à 30 cm de long). Une implantation après mai est beaucoup plus risquée en termes de survie de la plantation (qualité des boutures, risque de chaleur trop élevée pour une bonne reprise...)
Mars - Mai	Herbicide de prélevée sur ligne de 1 m de large (1/3 de la surface traitée)	Immédiatement après la plantation pour éviter toute concurrence lors du démarrage de la bouture Au moment d'application, les bourgeons doivent être complètement fermés
	Entretien ponctuel sur ligne (binage, herbicide)	Rarement nécessaire dans le cas d'une bonne préparation de la parcelle
Mai - Juillet	Sarclage mécanique entre les lignes	2 passages (fin mai/ début juin et juillet) sont nécessaires en 1 ^{ère} année afin de maintenir le sol propre entre rang
Octobre - Décembre	Recépage éventuel	Permet une meilleure gestion des adventices. Attention : à ne pas faire dans tous les cas ! (cf. § 5.4)

Année 2

Période	Opérations	Objectifs et techniques
Décembre	Herbicide sur ligne	Pas nécessaire si les adventices sont peu présents et ne font pas concurrence aux plants. Autrement, utiliser le même produit qu'à la plantation mais l'épandre plus tôt
	Fertilisation azotée	Avant tout pour l'augmentation de rendement des saules : +- 100 unités N/ha
	Sarclage mécanique entre les lignes	Un seul passage suffit en début de 2 ^{ème} année

Année 3 - 10

Période	Opérations	Objectifs et techniques
Octobre - Décembre	Coupe - Fin de première rotation	Récolte de préférence en hiver, quand les arbres n'ont plus de feuilles.

5.4 Recépage

Le recépage consiste à effectuer une première coupe en fin de première année afin de stimuler la vigueur du plant. L'intérêt est de stimuler la souche et les racines, ce qui mène notamment à un développement du nombre de rejets. Les arbres sont plus buissonnants, ce qui permet une meilleure gestion des adventices.

Cependant, cette opération ne doit pas être systématique. Si la pousse des plants a été très bonne la première année, effectuer un recépage n'a aucun intérêt. L'effet peut au contraire s'avérer négatif. Quant aux parcelles où la croissance a été très faible, un recépage risquerait surtout d'achever les plants. Un recépage ne peut pas rattraper un échec.

En conclusion, cette intervention est réservée à des parcelles donnant des résultats moyens : des arbres qui ne sont pas aussi développés qu'ils devraient l'être, mais qui sont tout de même suffisamment forts pour avoir une reprise normale après la coupe.

5.5 Désherbage

Après la plantation, il est important d'éviter que les plants soient en concurrence avec des adventices qui pourraient les étouffer. Cela peut compromettre les rendements pour les 20 années suivantes.

Les méthodes de désherbage sont variées et souvent complémentaires. C'est une bonne combinaison de ces différents types de méthodes qui permet un contrôle effectif des adventices avant que le plant atteigne un stade non concurrentiel.



A gauche : Parcelle sans aucun désherbage chimique, quelques passages mécaniques en fin de printemps – début d'été.

A droite : Parcelle correctement désherbée

5.5.1 Désherbage chimique

La culture de TCR/TTCR ne possède pas d'homologation propre, mais elle est assimilée au groupe des ligneux. Par conséquent, les herbicides homologués forêt peuvent être utilisés.

Avant la plantation, un traitement avec un herbicide total (glyphosate) permet de nettoyer au maximum la parcelle. Après la plantation, un traitement en prélevée permet d'éliminer les adventices potentiellement restants. Il doit être appliqué les jours suivant l'implantation des boutures. **Gardenet** de Dow Agrosiences (composition *Oxyfluorène* et *Propyzamide*) est l'herbicide utilisé à ce jour (Prix approximatif : 90 €/litre).

5.5.2 Désherbage mécanique

Avant la plantation, le labour permet de détruire la plupart des adventices restants dans le sol (par exemple rhizomes ou tous autres organes reproducteurs souterrains). Un faux semis permet aussi de faire germer les graines d'adventices restantes.

Après la plantation, un hersage ou un passage au cultivateur permettent d'éliminer les adventices lorsqu'elles sont encore petites. On peut également envisager un binage en cas de plantations en lignes simples. Cependant il est beaucoup plus difficile à mettre en œuvre lorsque la plantation est arrangée en doubles lignes, car il est très difficile d'intervenir sur le double rang. En cas de recépage, le passage du broyeur permet de contrôler les repousses avec efficacité.

Il faut toutefois noter qu'un désherbage uniquement mécanique donne rarement des résultats satisfaisants, notamment sur des anciennes prairies. La seule solution serait de passer très régulièrement sur la parcelle (tous les 10-15 jours au moins) et d'avoir une plantation en simples rangs ou un moyen de désherber dans le petit interrang pour celles en doubles rangs. Mais malgré cela, on observe toujours des adventices qui poussent sur le rang même et qui étouffent les plants.

5.5.3 Autres méthodes

- Paillage plastique

La méthode de la mise en place d'un paillage plastique est très efficace. L'expérience a montré qu'il tenait suffisamment longtemps pour permettre une bonne gestion de la concurrence herbacée (le paillage tient en place plus d'un an). C'est également une méthode pour laquelle il n'y a pas de problème sur le double rang. Toutefois cela nécessite un aménagement de la parcelle en conséquence : augmenter l'écart entre les doubles rangs (plus 1 m 50 mais 1 m 80) pour pouvoir entretenir l'espace sans paillage. Enfin, elle entraîne aussi des coûts très importants (1000 - 1500 euros/ha avec une mise en place mécanique). C'est pourquoi cela reste une technique réservée à des cas particuliers où les produits chimiques ne peuvent pas être utilisés (par exemple dans des zones de captage d'eau potable).



L'utilisation d'un paillage biodégradable fait partie des bonnes conditions agro-environnementales concernant les TCR/TTCR (Note REF PAC 2009).

- Implantation d'un couvert végétal

L'implantation sur la parcelle d'un autre couvert végétal à faible efficacité d'utilisation de l'eau est une technique qui n'est pas encore optimisée.

Cela peut être envisagé afin de limiter les adventices, mais cette implantation doit être postérieure à la plantation des boutures, de manière à éviter tout étouffement. De plus, si ce type de couvert ne semble pas limiter le taux de reprise des plants, il provoque tout de même une concurrence en eau et nutriments, ce qui limite la croissance de la plantation.

- Epannage d'un compost végétal

Les essais réalisés avec cette technique ont donné des résultats très satisfaisants : hauteur et vigueur des plants remarquables, précocité renforcée, salissement faible. Cependant, pour éviter un impact négatif sur le taux de reprise, l'implantation doit être réalisée après l'épandage afin d'éviter de recouvrir les boutures. De plus, on observe un nombre accru d'insectes avec cette méthode, ce qui oblige à une surveillance insecticide importante en 2^{ème} année.

5.6 Fertilisation

5.6.1 Fertilisation chimique

La fertilisation ou l'irrigation (autre qu'avec des boues d'épuration) n'est pas très intéressante : même si les résultats sont impressionnants (les arbres sont très beaux), le bilan financier est très faible voire même déficitaire. Une plantation sur laquelle on applique des fertilisants est très dépendante des aides européennes et locales.



5.6.2 Epandage de boues d'épuration

L'efficacité d'un épandage de boues d'épuration dépend fortement de la météo. Il est important qu'il pleuve dans les quelques jours suivant l'épandage. Sinon, les boues ne pénètrent pas correctement dans le sol. L'efficacité de ce type de technique est donc très aléatoire.

5.6.3 Epandage d'eaux usées

Un test comparatif a été effectué sur une plantation de saule de 4 ha, dans le Loiret (45). La moitié de la plantation a été irriguée avec des eaux usées, l'autre non.

Dès la première récolte, les effets significatifs de l'épandage ont été montrés : les plants irrigués sont plus riches en azote et ont produit plus de biomasse (ils sont plus lourds). L'épandage d'eaux usées sur une parcelle de saule est donc un bon moyen d'augmenter le rendement de sa plantation dès la première récolte, tout en valorisant un déchet.

5.7 Protection contre les animaux sauvages

Les animaux sauvages (lapins, lièvres, cerfs...) peuvent parfois causer des dommages significatifs sur les plantations, particulièrement en première année. La mise en place de protections adaptées peut s'avérer nécessaire.

5.7.1 Les cervidés (cerf, chevreuil ...)

Si la pression des cervidés est vraiment forte, l'installation d'une clôture peut être envisagée.

Comme ces espèces sont capables de sauter haut, une hauteur de 200 à 250 cm (pour compenser une éventuelle déclivité du terrain) peut être nécessaire. La pose d'un treillis métallique fixé avec des fils de fer au dessus est la meilleure solution : la protection est bonne, les coûts d'entretien sont bas et la durée de vie est élevée (15-20 ans avec un bon entretien). Un ancrage en fer peut également être utile pour éviter le passage sous la clôture.

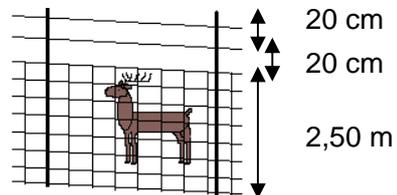


Schéma 3 : Clôture adaptée aux cervidés

Le treillis peut être efficacement électrifié par l'ajout de 2-3 fils supplémentaires et assurer ainsi une protection suffisante. Les fils électrifiés sont fixés à l'extérieur, au bas et au sommet de la clôture.

Toutefois l'installation d'un tel dispositif doit être vraiment nécessaire au regard de l'ampleur des dégâts ou de la taille de la parcelle, car il occasionne un impact sur le paysage, un coût d'investissement élevé et une perte de surface. Selon la région, la fédération des chasseurs va parfois aider au financement de telles installations.

L'utilisation de répulsifs est également une technique efficace, mais leur effet est temporaire. Cela peut éventuellement servir de « méthode tampon » pour éviter l'abrouissement des boutures la première année de plantation.

5.7.2 Les petits et moyens mammifères

Pour les lièvres et lapins, l'utilisation de répulsifs peut parfois suffire. Sinon un flexinet type mouton est efficace et facile à poser. Il s'agit d'une clôture électrique de 50 cm de haut en forme de grillage à mouton.

Deux fils tendus à une hauteur de 15 et 30 cm suffisent généralement pour le blaireau (utiliser au moins un ruban bien visible). Toutefois un autre fil au ras du sol peut être nécessaire, car ces animaux peuvent creuser pour franchir les obstacles.

En ce qui concerne le campagnol, les meilleures techniques de lutte consistent à la fois à favoriser l'installation ou le maintien de ses prédateurs naturels et à défavoriser son habitat. Cela consiste en quelques mesures qui peuvent être réalisées sur ou aux alentours de la parcelle :

- Favoriser le maintien des haies
- Broyer les refus en automne
- Eviter les fauches tardives
- Travailler le sol
- Entretien des talus

5.7.3 Les sangliers

Les sangliers sont habitués à forcer les clôtures. En ce qui concerne les clôtures électrifiées, un temps d'adaptation est nécessaire. Au premier contact, il arrive souvent que l'animal les franchisse. Il est donc recommandé dans la mesure du possible de clôturer les parcelles à protéger avant la plantation.

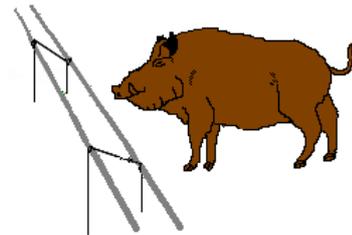


Schéma 4 : Clôture en deux fils décalés adaptée aux sangliers

Si la conformation du terrain le permet, une disposition en deux fils décalés (Cf. schéma 4) est assez efficace, car l'animal approche sa tête du fil du haut et est piqué aux pattes, qui sont plus sensibles que le reste du corps.

Si cela s'ajuste mieux à votre environnement, une clôture droite a l'avantage de s'adapter à pratiquement toutes les situations.

Quelle que soit la configuration choisie, les deux fils doivent être placés respectivement à 25-30 cm et 50-60 cm du sol sont normalement suffisants, mais il arrive que certains individus apprennent à les sauter. Dans ce cas, on peut ajouter un ruban supplémentaire à au moins 60 cm du sol.

Il est conseillé d'utiliser pour les fils conducteurs inférieurs un câble d'acier et pour les supérieurs un ruban bien visible.

5.8 Maladies et parasites

Il arrive que certaines plantations soient envahies par des maladies ou des parasites. Vous trouverez ci-dessous les cas les plus souvent observés et les moyens de lutte existants. D'autres insectes défoliateurs non décrits ici ont été repérés sur des parcelles de TCR - TTCR en quantités non significatives. Aucun moyen de lutte n'a alors été mis en place.

5.8.1 La rouille

La rouille est un champignon foliaire. Les saules et peupliers y sont assez sensibles (surtout le peuplier). Toutefois la sensibilité de la plantation dépend des clones qui la composent, certains étant plus résistants que d'autres. Par exemple, les hybrides de peupliers interaméricains (P. Deltoïde x P. Trichocarpa), ont du être abandonnés au profit des euraméricains (P. Deltoïde x P. Nigra), moins sensibles.

Au printemps, les conditions climatiques jouent un rôle dans la dissémination des rouilles : avec des conditions sèches et chaudes (>25°C), l'évolution de la maladie peut être ralentie voire bloquée, tandis que des températures moyennes et une hygrométrie importante auront tendance à la favoriser. Le risque est également plus élevé sur les jeunes arbres.

Les dégâts occasionnés dépendent de l'époque et de l'ampleur de l'attaque. Une attaque importante et précoce (juin, juillet) va provoquer des dégâts d'autant plus importants, avec des conséquences sur la croissance de l'année en cours mais aussi de l'année suivante la plupart du temps.

Le meilleur moyen de lutte est préventif : implanter des clones résistants ou tolérants et éviter les plantations monoclonales. Le contrôle de la végétation herbacée tout au long de la période de végétation permet également de limiter les risques.

Par ailleurs, l'utilisation de traitements chimiques, qui sont souvent très coûteux, doit être bien réfléchi selon l'intensité et la précocité de l'attaque.

Il faut savoir que les clones italiens de peupliers n'ont pas été sélectionnés sur le facteur « résistance ou tolérance à la rouille », car il n'y a pas de rouille en Italie. L'effet que la rouille peut avoir sur ces clones est donc peu connu.



L'effet de la rouille :
1 - Sur la feuille
2 - Sur l'arbre

5.8.2 La chrysomèle

La chrysomèle fait partie de l'ordre des coléoptères et de la famille des chrysomélidés. C'est un insecte défoliateur, l'adulte mange la bordure du feuillage, et la larve, dont les dégâts sont plus importants encore, mange le limbe. Les feuilles tombent prématurément et les arbres, si l'infestation se maintient, perdent de leur vigueur année après année.



Les TCR - TTCR sont plus vulnérables à la chrysomèle que les forêts. En cas d'épidémie, les dégâts peuvent être très importants.

Chrysomèles dévorant une feuille de peuplier

Si l'attaque a lieu quelques mois avant la récolte prévue, la coupe de la parcelle peut permettre de stopper l'infestation. Sinon, une intervention chimique peut s'avérer nécessaire. Des produits existent, à base de *Bifenthrine*, de *Deltaméthrine* ou de *Lambdacyhalothrine*. Néanmoins, dans la mesure du possible, il faut éviter de traiter chimiquement, car les produits risquent aussi de toucher les prédateurs.

Par ailleurs, les hivers froids sont fatals aux adultes, qui ne sont pas protégés.

5.8.3 La petite saperde du peuplier

La petite saperde est un insecte xylophage qui s'attaque surtout aux jeunes plantations de saule ou de peuplier. Il se repère au renflement sur la tige du plant infesté et le trou en forme de fer à cheval qui l'accompagne.

Les dégâts occasionnés peuvent être assez importants. La croissance générale de la plantation peut être ralentie voire stoppée. Il existe des moyens de lutte préventive : contrôler l'état sanitaire des plants sortant de pépinière et maintenir sa parcelle propre. En cas d'infestation, il est préconisé de couper et brûler les rameaux atteints.

5.8.4 Le taupin

Les taupins sont des insectes coléoptères dont la larve vit dans le sol et se nourrit des racines de plants et cultures divers.

Dans le cas des TCR - TTCR, les attaques de taupins ont été observées sur des anciennes prairies, la lutte s'est donc concentrée sur ce type de parcelle, avec l'application d'insecticides adaptés à titre préventif.

A ce jour, des techniques de lutte alternative sont en cours de développement (piégeage à l'aide de phéromones...), mais les résultats ne donnent pas autant satisfaction qu'avec une lutte chimique.

6 RECOLTE

La récolte doit normalement être faite en hiver, lorsque les arbres n'ont plus de feuilles et sont hors sève. Ainsi, les exportations d'éléments minéraux sont minimales. Dans le cas d'une récolte mécanisée, le terrain doit toutefois être suffisamment portant pour permettre le passage des machines. Une période de gel peut par exemple être une bonne occasion pour réaliser sa récolte.

Généralement, trois types de méthodes de récolte sont utilisés dans les cultures TCR et TTCR : la récolte manuelle, qui peut être réalisée sur TCR comme sur TTCR, la récolte forestière, adaptée aux TCR, et la récolte agricole, adaptée aux TTCR. Dans ce qui suit, les caractéristiques des différentes méthodes sont mises en évidence.

6.1 Techniques manuelles

La récolte est réalisée à la tronçonneuse ou éventuellement à la débroussailleuse pour des arbres de petits diamètres.

Ce type de récolte n'est réalisé que dans les cas où les techniques mécanisées ne peuvent être utilisées pour des raisons techniques ou économiques :

- versants avec une pente de plus de 10 %,
- très petites parcelles à faible densité (TCR)...

Sinon, ces techniques demandent trop de temps pour être rentables.



6.2 Technique mécanisée forestière (TCR)

Lorsque la rotation de la plantation dépasse 5 - 6 ans, les diamètres des troncs atteignent entre 6 et 12 cm. Il s'agit de petits arbres que l'on récolte donc de la même manière que les forêts « classiques », avec une abatteuse - fagoteuse.

Si les arbres sont destinés à l'industrie, on garde les billons et on ne broie que les cimes. Sinon, l'arbre entier est broyé.



6.3 Technique mécanisée agricole (TTCR)

Les TTCR ayant pour vocation de produire un grand nombre de rejets de petite dimension, les diamètres des tiges dépassent rarement les 5 cm et ne doivent pas aller au-delà de 7 cm. La récolte se fait avec des machines dont le fonctionnement est très proche des machines agricoles classiques.

Il existe plusieurs machines de récolte des TTCR.

6.3.1 Récolte à l'ensileuse

Il s'agit de la technique la plus utilisée en Europe.

La machine de récolte est une ensileuse classique dotée d'une tête de récolte adaptée à la coupe de TTCR.

La récolte doit être effectuée impérativement hors sève. Avec cette technique, les arbres sont aussitôt broyés et donnent des plaquettes à 50 - 55% d'humidité. Elles peuvent alors être stockées pour séchage ou utilisées presque aussitôt dans des chaudières industrielles, qui peuvent accepter un combustible au taux d'humidité élevé.

L'avantage de ce type de technique est qu'elle utilise une machine au fonctionnement connu : on peut faire en sorte de ne louer que la tête par exemple, et faire soi-même la récolte avec une ensileuse locale.

L'inconvénient est que l'ensemble de l'équipement est assez lourd, ce qui convient moins bien aux terrains peu portants en hiver.

Une tête adaptée coûte environ 85 000 € à l'achat.



6.3.2 Récolte en tiges entières

Cette technique est plus récente. Il n'existe actuellement que deux machines de ce type en Europe : l'une se situe en Irlande et l'autre est en France. Elle appartient à la CUMA Breizh-Energie, en Bretagne.

Avec la technique de récolte en tiges entières, les arbres ne sont pas broyés aussitôt mais empilés, par exemple sur le bord de la parcelle, et laissés ainsi pendant plusieurs mois pour séchage.

L'inconvénient de cette méthode est que les deux opérations récolte - broyage sont séparées dans le temps. Cela entraîne des coûts plus élevés.

En revanche, cette machine a l'avantage d'être moins lourde que l'ensileuse, donc plus adaptée à des terrains moins portants.

De plus, dans des cas extrêmes, elle peut permettre une plus grande souplesse dans la période de récolte.



En effet, il s'agit de la seule technique qui permet de récolter les TTCR en feuilles, donc hors période hivernale, ce qui peut être très intéressant pour les terrains très humides, dans lesquels il est impossible d'entrer avec une machine durant toute la période hivernale. Elle permet également de couper des diamètres importants (mais ce n'est pas très conseillé, car cela prend du temps).

Par ailleurs, des analyses ont montré que même après deux ans, la saison de coupe n'avait pas d'effet significatif ni sur le rendement (pas de différence de hauteur de tiges ni de nombre de tiges), ni sur l'efficacité d'utilisation de l'eau. Néanmoins, il semblerait que la quantité d'azote contenue dans le bois diminue récolte après récolte, et le recul est faible concernant l'effet d'une récolte en feuille sur la fertilité du site. En effet, même si la plus grande part des feuilles tombe lors de la récolte ou de la période de séchage, les arbres sont coupés en période végétative. Il y a donc globalement beaucoup plus d'exportations d'éléments minéraux.

La récolte en feuille doit donc être réservée à des cas extrêmes, où il est impossible de faire autrement. Le mieux est d'essayer de trouver un compromis entre avoir une portance suffisante sur la parcelle et avoir le moins de feuilles possible sur les arbres.

Dans le cas de TTCR de saules, un épandage d'eaux usées ou de boues de station d'épuration pourrait compenser ces pertes ; pour cela, il faut connaître les besoins minéraux des sols et la composition des effluents (faire un bilan minéral).

Enfin, le dernier intérêt de ce mode de récolte est dans la qualité des plaquettes ainsi produites après séchage (Cf. le chapitre suivant).

Le coût de l'investissement dans une telle machine est de l'ordre de 170 000 €.

6.3.3 Le système « biobaler »

Le « biobaler » est une nouvelle machine de récolte qui broie les arbres qu'elle coupe et en fait des petites balles de plaquettes.

Ce système étant très récent, on n'a que très peu de recul sur son fonctionnement.

Cependant il semble ressortir que cette machine a l'avantage d'être très légère et maniable, et d'entraîner des coûts de récolte peu élevés. De plus, cela facilite le stockage.



Par ailleurs, des tests comparatifs sur des clones de peupliers ont permis de montrer que la repousse des plants après récolte et leur vitalité par la suite étaient les mêmes pour une récolte à l'ensileuse, à la tronçonneuse ou au biobaler.

En revanche, des réserves ont été émises sur la qualité des plaquettes ainsi produites, et donc sur leurs débouchés.

6.3.4 Adaptation d'une tête d'ensilage sur tracteur

Il s'agit d'une technique inspirée des machines de récolte de la canne à sucre. Une tête d'ensileuse est accrochée à un tracteur, éventuellement doté de chenilles.

Une fois encore, c'est un système récent, sur lequel on n'a que peu de recul.

Néanmoins, ce système a l'avantage d'être nettement moins lourd qu'une ensileuse classique, ce qui est avantageux sur des parcelles humides. C'est aussi un système apparemment moins coûteux. Enfin, les chenilles permettent également de limiter l'impact sur la parcelle.



La récolte : souplesse d'action

Les TCR et TTCR ont pour avantage de présenter une souplesse au niveau des modalités de récolte que les cultures annuelles n'ont pas.

- Si, l'année prévue de la récolte, la météo empêche la programmation de la récolte ou encore les arbres n'ont pas la taille prévue, il est toujours possible de reporter la récolte à l'année suivante.

- En fonction de la situation de la parcelle, la destination des produits et la période optimale de récolte dans l'année, un choix rationnel pourra être fait parmi les différents systèmes existants.

S'il existe plusieurs techniques, c'est qu'elles n'ont pas les mêmes objectifs, ni les mêmes spécificités, ni les mêmes coûts. Il n'y a pas de technique « miracle », seulement chacune a ses avantages et ses inconvénients.

Néanmoins, pour la production de plaquettes en grandes quantités, les techniques mécanisées sont les plus recommandables.

Résumé des coûts en fonction du mode de récolte (sans les coûts de transport) :

Machine de récolte	Vitesse d'exécution (ha/h)	Coût à l'heure (€/h)	Coût (€/ha)
Abatteuse - Fagoteuse (récolte forestière)	0.1	95	950
Ensileuse	0.3 - 1	250	250 à 830
Récolteuse tiges entières	0.2 - 0.5	160 à 900	840 à 1800

(D'après : „Anlage und Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen in Baden-Württemberg“, 2008 et „Guide des bonnes pratiques agricoles – Projet Wilwater“, 2007)

7 METHODES DE STOCKAGE ET DE SECHAGE POUR LA BIOMASSE ISSUE DE TCR/TTCR



Stockage et séchage sont deux processus différents. Alors que le stockage vise le maintien des caractéristiques de la biomasse, le séchage a comme objectif la réduction de la teneur en eau du bois.

Dans le cas de la biomasse produite par des TCR ou TTCR cependant, un stockage adapté mène également à une réduction de la teneur en eau, ce qui a, inversement, une influence sur la préservation des propriétés du produit. Il en résulte que les processus de stockage et de séchage ne peuvent pas être clairement séparés dans le domaine des TCR et TTCR.

Après la récolte, la biomasse fraîchement extraite a une teneur en eau très élevée. Généralement, les bois de peupliers, saules et eucalyptus ont une teneur en eau qui s'échelonne entre 40 et 50 %, tandis que le bois de robinier peut contenir jusqu'à 40% d'eau.

Lorsque le bois produit a pour objectif d'être broyé et très rapidement brûlé dans une chaudière industrielle, la biomasse n'a pas ou très peu besoin d'être stockée et séchée. Ce type de chaudière peut supporter des taux d'humidité très élevés (plus de 45%). De plus, il arrive souvent que les plaquettes très humides soient mélangées avec du bois plus sec pour avoir un mélange au taux d'humidité adéquat pour la chaudière industrielle.

Lorsque la biomasse est produite à des fins industrielles, les besoins en stockage et ou séchage dépendent de la destination finale du bois et de l'activité de l'industrie qui l'achète.

Enfin, lorsque le bois produit est destiné à être brûlé dans des chaudières de faible ou moyenne puissance (particuliers ou collectivités), qui ne tolèrent pas de combustible à plus de 25 - 30% d'humidité, une réduction de la teneur en eau est nécessaire.

Cependant, quelles que soient les raisons qui mènent au stockage et au séchage du produit, cette opération doit être réalisée efficacement pour offrir tous ses avantages.

7.1 Avantages tirés d'un stockage et d'un séchage efficaces

Une basse teneur en eau de la biomasse mène à :

- La conservation de la qualité du matériel sur une longue durée,
- La compensation entre une production saisonnière de biomasse ligneuse et une demande ou utilisation continue sur la période hivernale voire même sur l'année,
- La réduction du poids du combustible à transporter,
- L'augmentation de la puissance calorifique de la biomasse et donc des bénéfices, les prix étant couramment liés au taux d'humidité du combustible,
- La réduction des pertes en substance par la dégradation microbienne (moisissures) lors du stockage.



Néanmoins, les modalités du stockage et séchage doivent être adaptées au devenir du produit et au type de consommateur concerné.

Le choix de la technique de séchage la plus adaptée dépend du devenir du produit, de la place et du matériel disponibles et des conditions climatiques sur le lieu de stockage.

7.2 Technique de stockage et de séchage

Fondamentalement, le stockage technique et le stockage naturel sont distingués.

7.2.1 Stockage technique

Le stockage technique est indépendant des conditions climatiques. Généralement, des sources de chaleur externes sont utilisées.

En raison des coûts d'investissement très élevés, cette technique est avant tout utilisée dans le domaine industriel. C'est pourquoi ici nous mettrons surtout l'accent sur les techniques de stockage naturel.

7.2.2 Stockage naturel

Les phases de stockage et de séchage naturels sont liées avant tout à la chaleur solaire et à un processus de réchauffement dû à une activité microbiologique. Elles sont donc très dépendantes des conditions climatiques. Les coûts d'investissement sont quant à eux plus réduits.

On différencie le stockage en arbres entiers et le stockage sous forme de plaquettes. Les techniques les plus répandues ainsi que leurs avantages et inconvénients sont listés dans le tableau qui suit.



Stockage en arbres entiers et plaquettes en tas.

Techniques	Avantages	Inconvénients
Séchage en arbre entier en pile ou en fagots le long du champ	<ul style="list-style-type: none"> - Séchage très efficace (la teneur en eau peut diminuer jusqu'à 20 - 25 %) - Coûts directement liés au stockage très réduits - Flexible : le bois peut être broyé en fonction des besoins 	<ul style="list-style-type: none"> - Broyage dans un second temps après la récolte : entraîne des coûts supplémentaires - Peut nécessiter des surfaces importantes
Séchage de plaquettes en tas à l'air libre	<ul style="list-style-type: none"> - Coûts directement liés au stockage très réduits - Séchage efficace en été ou dans des zones à faible pluviométrie 	<ul style="list-style-type: none"> - La qualité du séchage dépend directement du volume des précipitations - Si précipitations importantes : humidification du tas et pertes importantes par fermentation
Séchage de plaquettes en tas sous une bâche respirante	<ul style="list-style-type: none"> - Evite de mobiliser un bâtiment - Séchage efficace dans des conditions météorologiques adaptées - Peut être réutilisée plusieurs fois 	<ul style="list-style-type: none"> - La pluie peut réhumidifier le tas par la base - En cas de neige ou de pluviométrie importante, la bâche se comporte comme une bâche agricole classique - Coûts élevés - Problèmes potentiels avec des tas à taux d'humidité très élevés
Séchage de plaquettes en tas sous abri	<ul style="list-style-type: none"> - Séchage efficace - Pas de réhumidification par le sol ou les côtés 	<ul style="list-style-type: none"> - Mobilisation d'un bâtiment - Coûts élevés si le bâtiment est construit dans ce but



Stockage et séchage : évitez les erreurs

Lors d'un stockage de plaquettes forestières en tas, il se produit un auto-échauffement qui permet d'amorcer la phase de séchage. Cependant, lors de cette phase, il est important que la vapeur d'eau issue des plaquettes puisse s'échapper, sinon le tas fermente et se transforme en compost.

C'est pour cette raison qu'il est déconseillé d'utiliser des bâches agricoles classiques : avec un tel système, la vapeur d'eau ne peut pas s'échapper du tas, se recondense et humidifie à nouveau le tas. Le séchage est inexistant dans ces conditions.

C'est pour des raisons similaires qu'il est conseillé, dans le cas d'un séchage sous abri, de préférer si possible un hangar possédant uniquement un toit ou ayant au moins un côté ouvert. Ainsi, la vapeur d'eau ne s'accumule pas dans l'abri et ne risque pas de se recondenser sur le tas. Le séchage est plus efficace.

Dans le cas du séchage des plaquettes en tas, voici l'humidité minimale moyenne observée à la fin d'une phase de stockage :

Technique employée	Air libre	Sous bâche respirante	Sous abri
Taux d'humidité	35%	25%	20%

(D'après : „Evolution des caractéristiques physicochimiques des plaquettes forestières en fonction des modalités de stockage“, Johann Ast, 2009)

8 RECONVERSION DES TERRAINS

Il existe deux façons de reconvertir sa parcelle. La première consiste à la replanter en futaie, avec une rotation de moins de vingt ans. C'est assez simple, et peu onéreux.

La deuxième façon est de la reconvertir en culture agricole. Pour cela, il faut broyer les souches et les racines restantes. Cette opération peut se réaliser avec un cultivateur (plusieurs passages), un rotavator, ou encore avec les mêmes fraises que celles qui sont utilisées dans le domaine forestier et l'arboriculture. Les rhizomes seront détruits jusqu'à une profondeur de 35-40 cm. Plus l'allure est lente, mieux les systèmes racinaires sont broyés. Cependant, il faut veiller à ce que le sol soit sec jusqu'à une profondeur de labour de 40 cm au minimum afin d'éviter des consolidations profondes du sol qui sont néfastes.



Le choix du matériel utilisé va dépendre des espèces implantées et de l'âge de la plantation à la reconversion.

L'exploitation de maïs sur les surfaces fraîchement reconverties est plus favorable en première année que celle d'autres céréales estivales. Il faut toutefois compter sur une année blanche avant de remettre la parcelle en culture.

Le coût d'une reconversion en culture agricole peut s'élever jusqu'à 1000€/ha.

9 PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

D'un point de vue protection de l'environnement, les TCR et TTCR offrent de grandes opportunités, car ils peuvent être considérés comme moins polluants que les cultures classiques.

9.1 Energie et gaz à effet de serre

Lors de la production de TCR - TTCR, la plus grande source de consommation d'énergie est la récolte et le transport des plaquettes. Le bilan énergétique peut donc être optimisé en faisant en sorte de limiter le transport du bois produit (notamment en réduisant la distance qui sépare la parcelle du lieu de consommation).

Cependant, le bilan énergétique d'un TCR - TTCR est très favorable par rapport aux cultures annuelles classiques. De plus, lors de la combustion, la quantité de CO₂ libérée par le bois est égale à celle absorbée lors de sa croissance. La combustion de bois est donc neutre en termes de bilan carbone.

9.2 Biodiversité

Le « gain de biodiversité » d'une parcelle de TCR - TTCR doit être évalué par rapport aux précédents de la parcelle.

Même si un travail du sol et des opérations de désherbage chimiques et mécaniques ont lieu la première année, très peu d'actions sont effectuées sur la parcelle au cours des années suivantes. Il est donc observé au sein d'une plantation de TCR - TTCR une flore plus diversifiée que sur une culture annuelle : apparition de vivaces, puis, au bout de quelques années, d'une flore un peu plus forestière. Cette flore est toutefois perturbée lors de la récolte.

En revanche, en comparaison avec une prairie permanente, la biodiversité végétale est beaucoup moins développée sous un taillis à courte rotation.



En ce qui concerne la biodiversité animale, l'environnement général de la parcelle doit être pris en compte : si la parcelle se situe dans une région de grandes cultures, elle va réellement constituer un abri pour le gibier. Mais s'il s'agit de régions plus boisées, l'impact risque d'être moins important, il s'agira simplement d'un milieu annexe de la forêt environnante.

Néanmoins les observations ont montré un impact globalement positif : augmentation du nombre d'espèces d'oiseaux et d'insectes, observations de chevreuils, lapins, perdrix, sangliers, et dans certaines parcelles retour très net d'une activité biologique du sol (lombrics).

9.3 Sols

Comme il n'y a qu'un seul labour effectué en une vingtaine d'années et que l'utilisation d'engrais et d'herbicides est très réduite, le sol est soumis à une pression beaucoup moins importante que pour de l'agriculture intensive. En outre, l'érosion, le lessivage de nutriments ainsi que la consolidation du sol sont très réduits par rapport à des systèmes d'exploitation de plantes non pérennes.

De plus, la récolte se fait généralement en hiver, les feuilles restent donc sur les sols et permettent une accumulation d'humus prononcée et un retour à la terre d'une partie des nutriments absorbés par la plante. Dans le cas particulier où la récolte se fait à une autre période de l'année, les exportations plus importantes peuvent être compensées par l'épandage d'effluents et boues d'épuration.

9.4 Paysages

L'intégration des TCR - TTCR dépend du type de paysage dans lequel il est implanté.

Ce type de plantation semblerait bien s'accorder avec un paysage de bocages, dans lequel il est moins visible. En revanche dans un paysage de plaine où il est plus visible, le taillis risque de s'intégrer plus difficilement.

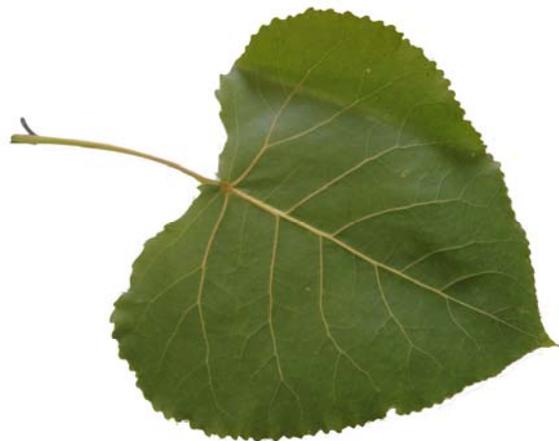
Cependant, il est intéressant d'utiliser ce type de plantation, aménagée selon la topographie et la forme de la parcelle, pour améliorer certains paysages trop ouverts.



9.5 Recommandations globales

Les agences de protection de la nature réclament le respect des relations écologiques et la définition d'un cadre bien précis pour l'établissement de TCR/TTCR :

- Pas de conversion de terrains à haute valeur environnementale (prairies à haute valeur, etc.),
- Utilisation d'espèces d'arbres domestiques (peuplier, saule, aulne) et promotion de la diversité génétique,
- Éviter les monocultures à grande échelle.



10 EVALUATION ECONOMIQUE

Au cours de la vie d'un TCR-TTCR, des dépenses sont nécessaires à chaque étape de la plantation. Les coûts prévus dépendront de différents facteurs comme la qualité des sols, la fréquence de la récolte (période de rotation), les techniques de récolte et les machines, la distance de transport, etc. Ces coûts seront variables selon les années, contrairement à une culture annuelle classique.

Le tableau situé page suivante présente les coûts engendrés par les différentes étapes de travail et leur fréquence au cours des 20 ans de vie de la plantation.



Etapes	Fréquence au cours de la vie du TCR (environ 20 ans)	Commentaires
Préparation de la parcelle	Une seule fois	L'année de la plantation ou l'année précédente
Plantation	Une seule fois	Première année
Récolte	Plusieurs fois	La fréquence dépend de la période de rotation choisie
Désherbage	Plusieurs fois (si nécessaire)	Peut être réalisé chimiquement et /ou mécaniquement après chaque récolte
Transport	Plusieurs fois	Chaque année de récolte. Si une période de stockage est prévue, un second transport du lieu de stockage jusqu'au lieu de consommation doit éventuellement être prévu.
Stockage	Plusieurs fois	Chaque année de récolte si le bois produit n'est pas transporté directement chez le consommateur.
Reconversion de la parcelle	Une seule fois	A la fin de la vie du TCR - TTCR

Les coûts annuels, comme par exemple, le cas échéant, les coûts de fermage, ne doivent pas être oubliés.

Toutes les informations concernant l'aspect économique des TCR - TTCR seront disponibles dans l'évaluation économique réalisée par le projet CREFF.

11 CONTACTS

Les partenaires du projet CREFF



France

- Institut Nationale de la Recherche Agronomique INRA Nancy



Dr. Nicolas Marron (Coordinateur):

+33-(0)3 83397330

marron@nancy.inra.fr

Laureline Bès de Berc

+33 - (0)3 83394035

lbesdeberc@nancy.inra.fr

Allemagne

- UNIQUE forestry consultants GmbH



Dr. Axel Weinreich

axel.weinreich@unique-forst.de

MSc Laura Van den Kerchove (coordination assistance)

Laura.vdkerchove@unique-forst.de

+49 - (0)761 208534-0

- Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA)



Dr. Udo Hans Sauter

udo.sauter@forst.bwl.de

Dr. Frank Brodbeck

frank.brodbeck@forst.bwl.de

Michael Nahm

Michael.nahm@forst.bwl.de

+49-(0)761-4018-0

- Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg (HFR)



Prof. Dr. Stefan Pelz

pelz@consence.org

Prof. Dr. Thorsten Beimgraben

beimgraben@hs-rottenburg.de

MSc Jan Focke

focke@hs-rottenburg.de

+49-(0)7472-951-240

- Institut für Energiewirtschaft und Rationelle
Energieanwendung - Universität Stuttgart
(IER)

IER

Dr. Ludger Eltrop

ludger.eltrop@ier.uni-stuttgart.de

Dr. Andreas König

Andreas.könig@ier.uni-stuttgart.de

Stefanie Haid

Stefanie.haid@ier.uni-stuttgart.de

+49-(0)711-685878-0

Les experts extérieurs

Tous ceux qui, en acceptant de transmettre leurs connaissances et leurs retours d'expériences, ont aidé à la rédaction de ce guide.

➤ **Alain Berthelot, FCBA Nord-Est**

FCBA Station Nord-Est,
Route de Bonnencontre
21 170 Charrey sur Saône

Tél. : 03 80 36 36 20

alain.berthelot@fcba.fr



INSTITUT
TECHNOLOGIQUE

➤ **Antoine Dalle, Salix**

Salix Energie
33 route d'Attigny
08 300 Thugny-Trugny

Tél. : 03 24 38 17 79

a.dalle@salix-energie.fr



➤ **Bertrand Decoopman, Chambre d'agriculture du Finistère**

Chambres d'agriculture de Bretagne
Pôle Agronomie
5 allée Sully
29 322 Quimper CEDEX

Tél. : 02 98 69 38 30

06 88 21 98 56

bertrand.decoopman@finistere.chambagri.fr



CHAMBRE
D'AGRICULTURE
BRETAGNE

➤ **Flavien Di Cintio et Eric Meurin, Chambre d'agriculture des Vosges**

Chambre d'Agriculture des Vosges
Service forêt
17 rue André Vitu
88 026 Epinal

Tél. : 03 29 29 23 23

eric.meurin@vosges.chambagri.fr



CHAMBRE
D'AGRICULTURE
VOSGES

➤ **Jean Gauvin, INRA Orléans**

INRA
2163 avenue de la Pomme de Pin
45 075 Orléans CEDEX 2
Tél. : 06 76 40 64 25
Jean.Gauvin@orleans.inra.fr



➤ **Aurélie Leplus, AILE**

Association AILE
73, rue de Saint-Briec - CS 56520
35065 RENNES Cedex
Tél. : 02 99 54 63 23
aurelie.leplus@aile.asso.fr



➤ **Nicolas NGuyen The, FCBA Sud-Est**

FCBA Station Sud-Est
Domaine universitaire - BP251
38 004 Grenoble CEDEX 9
Tél. : 04 76 15 40 70
nicolas.nguyen-the@fcba.fr



➤ **Antonio Pereira et Cécile Dechaux, Chambre d'agriculture de Haute-Marne**

Chambre d'agriculture de Haute-Marne
Service APVA
26 avenue du 109ème RI
52 000 Chaumont
Tél. : 03 25 35 03 22
06 03 91 96 41
apereira@haute-marne.chambagri.fr
cdechaux@haute-marne.chambagri.fr



➤ **Luc Picaut, Pépinière Naudet**

Pépinière Naudet
Rue Champ Grimault
89 600 Chéu
Tél. : 03 86 43 89 30
06 47 71 16 15
l.picaut@pepinieres-naudet.com



BIBLIOGRAPHIE

- AILE, 2007. *“Impact environnemental des TTCR de saule”*. Projet Life Environnement Wilwater.
- AILE, 2007. *“Le taillis de saule à Très Courte Rotation – Guide des bonnes pratiques agricoles”*. Projet Life Environnement Wilwater.
- Alasia New Clones, 2008. *“Short rotation forestry for energetic biomass production”*.
- Ast, J., 2009. *“Evolution des caractéristiques physicochimiques des plaquettes forestières en fonction des modalités de stockage ”*.
- Berg E. & Brodbeck F., 2010. *“Anlage und Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen in Baden-Württemberg”*. FVA, LTZ.
- Bettinelli, M. *“Comment lutter contre le campagnol des champs ? ”*. FDGDEC.
- Biomasse Europa, 2008. *“Die Pappel im Kurzumtrieb als Energieholz ”*.
- Breton, L. et al., 2008. *“Insectes et maladies des peupliers hybrides dans les pépinières et les jeunes plantations”*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Direction de la protection des forêts, Division des relevés et des diagnostics.
- Chambre d’agriculture de l’Aude. *“Eucalyptus”*.
- Chambre d’agriculture de l’Yonne, 2010. *“Bilan de santé de la PAC : Evolutions 2010”*.
- Dallemand J.F. et al., 2007. *“Short rotation forestry, Short Rotation Coppice and perennial grasses in the European Union: Agro-environmental aspects, present use and perspectives”*.
- Dedryver, C.A. et al., 2009. *“Lutte contre les taupins : Etat des recherches et des connaissances techniques en France et dans l’UE et voies de recherche à privilégier ”*. INRA, Arvalis Institut du végétal.
- FCBA et al., 2009. *“Les taillis à courte rotation : une biomasse pour demain”*. Contenu de la journée technique du 16 juin 2009.
- Garcia, J. & NGuyen The, N., 2008. *“Espèces ligneuses pour la production de biomasse – Le robinier faux-acacia”*. FCBA. Fiches EnerBio, projet Culiexa
- Hilton B., 2004. *“Growing short rotation coppice – Best practice guidelines for applicants to DEFRA’s Energy Crop System”*.
- IDF, 2007. *“L’aulne glutineux, une essence à redécouvrir ”*

Lantmännen Agroenergi. *“Manual for SRC Willow Growers”*. Lantmännen Agroenergi, Sweden.

Lepus, A. & Nijsskens, P., 2005. *“Le taillis à très courte rotation de saule – Guide des bonnes pratiques ”*. AILE, Projet Valbiom.

Melin, F., 2008. *“Espèces ligneuses pour la production de biomasse – L’eucalyptus”*. FCBA. Fiches EnerBio, projet Culiexa

Melin, F. & NGuyen The, N., 2003. *“Fiches clonales eucalyptus – Eucalyptus Gundal”*. AFOCEL

Melin, F. & NGuyen The, N., 2003. *“Information eucalyptus 1 – Présentation générale de l’eucalyptus ”*. AFOCEL

Melin, F. & NGuyen The, N., 2003. *“Information eucalyptus 2 – Itinéraire technique et production ”*. AFOCEL

Ministère de l’alimentation, de l’agriculture et de la pêche, 2010. *“Arrêté du 13 juillet 2010 relatif aux règles de bonnes conditions agricoles et environnementales (BCAE)”*. Journal officiel de la république française, Décrets, arrêtés, circulaires - Textes généraux. Texte 55 sur 132.

Ministère de l’alimentation, de l’agriculture et de la pêche, 2010. *“Conditionnalité 2010 – Les BCAE en 2010”*.

Ministère de l’alimentation, de l’agriculture et de la pêche, 2006. *“Les maladies foliaires des peupliers”*. Département de la santé des forêts.

Ministère de l’alimentation, de l’agriculture et de la pêche, 2009. *“Note d’informations Ref/ PAC 2009”*. Direction générale des politiques agricoles, agroalimentaires et des territoires.

Robinet, D., 2008. *“Les parasites des TTRC de saule : La chrysomèle versicolore du saule (Plagioderà versicolora (Laich.)) ”*. Projet Valbiom.

Steiermark, 2009. *“Kurzumtrieb – Energieholz von Acker ”*.

Tubby I. & Armstrong A., 2002. *“Establishment and Management of Short Rotation Coppice”*. Forestry Commission Practice Note.

