

# Comment produire de la BIOMASSE en **agroforesterie**?



Pistes d'innovations en  
sytèmes agroforestiers et  
propositions d'aménagements

Daniele Ori  
Camille Béral

 AGROOF

**OUTILS DE  
REFLEXION**

avril 2012

## PREAMBULE

Cette brochure a été réalisée par **AGROOF** dans le cadre de l'action 4 – Biomasse du **PROJET DE RECHERCHE CASDAR** « Améliorer l'efficacité agroenvironnementale des systèmes agroforestiers » 2009-2011. Il ne s'agit pas de résultats de parcelles expérimentales mais d'un **OUTIL DE REFLEXION** autour d'aménagements agroforestiers imaginables pour produire de la biomasse (bois de chauffage, BRF).

A l'heure actuelle, il n'existe **PAS DE PROJETS AGROFORESTIERS A VOCATION PRODUCTION DE BIOMASSE SUFFISAMMENT ANCIENS** pour en obtenir des références concernant la production. **NOUS MANQUONS EGALEMENT DE RETOURS D'EXPERIENCES** sur leur faisabilité technico-économique (temps de travail, accessibilité du matériel...etc.). Cette brochure est donc une première réflexion menée la problématique suivante :

### COMMENT PEUT-ON PRODUIRE DE LA BIOMASSE EN AGROFORESTERIE ?

*Quels scénarios peuvent être imaginés, quels seraient potentiellement la quantité de biomasse produite, la rentabilité et les différents avantages et inconvénients de chacun des systèmes ?*

Pour répondre à ces questions, nous avons construit différents scénarios qui, *a priori*, seraient les plus intéressants dans un objectif de production de biomasse et qui semblent également les plus prometteurs selon les critères suivants:

- La quantité de biomasse produite
- La faisabilité technico-économique
- Le maintien d'une culture intercalaire

Pour calculer les productions de biomasse potentielles de chacun des systèmes, et leur rentabilité, nous nous sommes souvent basés sur des références de production obtenues à partir de systèmes **ESSENTIELLEMENT NON AGROFORESTIERS DURANT LE PROJET CAS DAR** (TTCR, TCR et exploitation de trognons isolés) que nous avons **EXTRAPOLEES EN CONDITIONS AGROFORESTIERES** à l'aide d'un modèle (LER SAFE) ou à l'aide d'entretiens avec les experts partenaires du projet dans le cadre de réflexion. Les données sur les T(T)CR sont issues des principaux documents sur le sujet produits par les instituts techniques comme le FCBA par ex. Les données sur les têtards et les arbres agroforestiers sont issues des suivis de trognons effectués par Mission Bocage et Arbres et Paysage 32 dans le cadre de ce projet CAS DAR. Les données sur les arbres agroforestiers proviennent des expériences menées par la Chambre d'Agriculture de Charente Maritime, la Chambre d'Agriculture du Gard et l'INRA de Montpellier, ainsi que du suivi de certaines exploitations traditionnelles de la part d'Agroof.

Etant donné l'extrapolation réalisée, nous avons formulé des hypothèses qui seront explicitées dans cette brochure de manière à ce que chacun identifie les limites mais également les potentiels de ces systèmes. Ainsi, les risques d'erreurs incombant à nos extrapolations d'un système non agroforestier à un système agroforestier ont été ajustés selon des **HYPOTHESES DE PRODUCTIVITE PRUDENTES**, incluant des hypothèses de production basses et moyennes.

Ces résultats de productivité et de faisabilité technico-économique, ainsi que les itinéraires techniques restent à valider voire à tester en conditions expérimentales et réelles avec **L'IMPLICATION ET LES RETOURS D'AGRICULTEURS** de manière à les préciser. Les retours de certains scénarios déjà plantés (encore trop jeunes) permettront d'affiner les réflexions et d'obtenir les premiers résultats concernant la faisabilité de ce type d'agroforesterie. Cependant, pour obtenir des références robustes affranchies des conditions pédoclimatiques, et configuration et des modes de gestion de chaque agriculteurs, il serait intéressant de multiplier ces parcelles de manière à pouvoir obtenir des références technico-économiques et des itinéraires techniques plus précis pour chaque type d'exploitation.

L'implication des agriculteurs intéressés est donc essentielle. Si vous êtes agriculteurs et que l'agroforesterie à vocation de production de biomasse vous intéresse n'hésitez pas à **CONTACTER AGROOF POUR PLUS D'INFORMATION ET DE CONSEIL**.

# SOMMAIRE

<b>PREAMBULE.....</b>	<b>1</b>
<b>SOMMAIRE .....</b>	<b>2</b>
<b>1. LA BIOMASSE, UNE ENERGIE RENOUVELABLE ET DURABLE .....</b>	<b>3</b>
Un contexte politique porteur.....	3
Biomasse énergie : une ressource intéressante valorisée sous plusieurs formes.....	3
<b>2. LA PRODUCTION DE BIOMASSE ARBOREE EN AGRICULTURE .....</b>	<b>5</b>
Le rôle de l'arbre en agriculture .....	5
Quelle biomasse arborée un agriculteur peut-il produire à partir des arbres hors forêt?.....	5
Quels systèmes permettent de produire de la biomasse ? .....	6
<b>3. PROPOSITION D'AMENAGEMENT POUR UNE AGROFORESTERIE AVEC ALIGNEMENT DE TAILLIS .....</b>	<b>10</b>
Présentation du système.....	10
Etude d'un scénario type.....	12
<b>4. PROPOSITION D'AMENAGEMENT POUR UNE AGROFORESTERIE CLASSIQUE AVEC BOURRAGE DE CEPEES .....</b>	<b>16</b>
Présentation du système.....	16
Etude d'un scénario type.....	18
<b>5. AGROFORESTERIE AVEC ALIGNEMENT DE TROGNES.....</b>	<b>22</b>
Présentation du système.....	22
Etude d'un scénario type.....	24
<b>BILAN .....</b>	<b>31</b>
<b>CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>32</b>
<b>SOURCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>34</b>

# 1. LA BIOMASSE, UNE ENERGIE RENOUVELABLE ET DURABLE

## UN CONTEXTE POLITIQUE PORTEUR

A l'heure où le **PRIX DES ENERGIES FOSSILES** atteint des records, et où le **CHANGEMENT CLIMATIQUE** apparait de plus en plus au cœur des enjeux planétaires, les **ALTERNATIVES** à ce type d'énergie sont de plus en plus nécessaires. A l'horizon 2020, l'Union Européenne s'est fixé pour objectif l'utilisation de **20% D'ENERGIES RENOUVELABLES DANS LA CONSOMMATION ENERGETIQUE GLOBALE**. Au niveau national, la loi de Programmation des Orientations de la Politique Énergétique (POPE) du 13 juillet 2005 fixe l'objectif de passer la part d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique finale à 23% d'ici 2020 (dont 10% dans les transports) (MEDTL, 2012).



Parmi l'ensemble des solutions alternatives présentées dans le Grenelle (énergie solaire, éolienne, hydraulique...etc.), la **BIOMASSE ENERGIE** (bois énergie, biocarburants, biogaz, déchets agricoles et alimentaires) est l'une des **PRINCIPALES ENERGIES RENOUVELABLES** pouvant se substituer à l'énergie fossile.

Photo Agroof

TABLEAU 1 – PRODUCTION D'ENERGIE PRIMAIRE D'ORIGINE RENOUVELABLE (INSEE, 2010)

	2009 (chiffres révisés en ktep)	2010 (chiffres provisoires en ktep)
<b>BOIS ENERGIE</b>	8997	10100
Hydraulique	4940	5421
<b>BIOCARBURANTS</b>	2256	2362
Déchets urbains renouvelables	1169	1196
Pompes à chaleur	1292	1649
Eolien	681	830
<b>BIOGAZ</b>	538	608
<b>RESIDUS AGRICOLES ET IAA</b>	371	381
Géothermie	89	90
Solaire thermique	51	59
Solaire photovoltaïque	15	49

## BIOMASSE ENERGIE : UNE RESSOURCE INTERESSANTE VALORISEE SOUS PLUSIEURS FORMES

### UNE RESSOURCE D'AVENIR

« La biomasse est la **FRACTION BIODEGRADABLE** des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture, y compris les substances végétales et animales, de la sylviculture et des industries connexes ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et ménagers » (DRIAAF Ile de France, 2008)

Elle est amenée à se développer dans les prochaines années. Le **TABLEAU 2** ci-dessous fixe les objectifs fixés par la France en termes de place de la biomasse énergie dans la production de chauffage et d'électricité à l'horizon de 2020.

TABLEAU 2 – OBJECTIFS CONCERNANT LA PLACE DE LA BIOMASSE ENERGIE DANS LA PRODUCTION DE CHAUFFAGE ET D'ELECTRICITE D'ICI 2020 (MEDTL, 2012)

	Etat en 2006	Horizon 2020
Production de chaleur	8,8 Mtep (hors biogaz)	15 Mtep (hors biogaz)
Production d'électricité	240 ktep (biogaz compris)	soit 1440 ktep

### SOURCES ET DEBOUCHES DE CETTE BIOMASSE ENERGIE

Il existe différentes sources d'énergie provenant de la biomasse :

- **Les biocombustibles (bois, pailles, etc.)** : Ils proviennent généralement de la biomasse lignocellulosique (Bois énergie, Miscanthus) qui par le biais de différents processus de transformation fournit de l'énergie, soit sous forme de **CHALEUR**, soit sous forme d'**ELECTRICITE**.
- **Les biocarburants** : Ensemble des produits carburant liquides, solides ou gazeux produits à partir de biomasse dans un but de **VALORISATION ENERGETIQUE DANS LE DOMAINE DU TRANSPORT**. Ils sont utilisés sous forme d'additifs ou de compléments des carburants fossiles.

- **Le biogaz :** Proviens de la dégradation anaérobie de la matière organique par l'action de bactéries. Ce processus permet la production d'un gaz, le biogaz, composée à 50 ou 70% de méthane et de dioxyde de carbone : c'est la méthanisation. Le méthane contenu dans le biogaz lui fournit ses **VERTUS ENERGETIQUES**.

La biomasse peut également être source d'une énergie autre que le chauffage, l'électricité et les carburants : la fertilisation. En effet, la biomasse utilisée à des fins de fertilisation et de maintien des sols permet de diminuer la dépendance aux intrants chimiques dont la synthèse est gourmande en énergie fossile.

- **Le BRF :** Ce sont le résultat du broyage frais de rameaux et petites branches vertes d'un diamètre inférieur à 7cm (avec ou sans feuilles), préférablement de feuillus (avec toutefois la possibilité d'utiliser 20% de conifères. Ils contribuent à l'aggradation des sols, c'est-à-dire qu'ils stimulent en fait l'activité biologique et la formation d'humus pour améliorer **LA FERTILITE** et la **STABILITE DES SOLS**.
- **Le compost :** Matière organique issue de la transformation naturelle (dégradation ou décomposition) de matières organiques (déchets animaux ou végétaux...) par des micro-organismes. Epandu sur une parcelle, il permet d'apporter des **ELEMENTS NUTRITIFS** et d'améliorer la **QUALITE DES SOLS**.

### D'OU PROVIENNENT-ILS ?

Les agriculteurs, **PRODUCTEURS DE BIOMASSE**, voient dans ce contexte de nouvelles voies de valorisation de leur production. Par l'ajustement des agrosystèmes et la création de nouvelles voies de valorisation de leur production, les agriculteurs diversifier leurs productions mais avec des effets variables sur la durabilité de leur exploitation. En effet, certaines productions comme les TCR sont très exigeantes en eau et nutriments. De même, l'exportation des résidus paillés peut être défavorable pour la protection des sols.

QUE VEUT-ON PRODUIRE ?		AVEC QUELLE BIOMASSE AGRICOLE PEUT-ON LE PRODUIRE ?		QUELS SYSTEMES PEUVENT PRODUIRE CETTE BIOMASSE	
PRODUIT	FINALITE	SOURCES	TRANSFORMATION	TYPE DE SYSTEME	REMARQUES
BIOCOMBUSTIBLES	Chaleur Electricité	Bois énergie	Combustion	TCR, TTCR, Taillis, Haies, AF, BTA	Cf. Partie suivante
		Plantes pérennes (Miscanthus...)		Plantations de miscanthus	Compétition avec la production de denrées alimentaires
		Pailles... etc.		Résidus de cultures...	Valorisation des déchets
BRF	Fertilisation, humification des sols	Biomasse arborée = rémanents menus	Broyage	TCR, TTCR, Taillis, Haies, AF, BTA	Intérêt agronomique mais impact agroécologique variable selon les itinéraires techniques
COMPOST	Fertilisant (Epanchage sur terres agricoles)	Résidus et déchets (animaux ou végétaux) de l'activité agricole	Dégradation et décomposition puis maturation	Tous systèmes agricoles	Valorisation des déchets. Le compost est considéré comme amendement.
BIOGAZ	Chaleur Electricité	Cultures (maïs, sorgho, lin, chanvre...etc.) Plantes pérennes (miscanthus, panic érigé...etc.) Plantes prairiales (fétuque...) Effluents d'élevage (...également : Déchets et effluents d'industries agro-alimentaires ; ordures ménagères)	Fermentation (Méthanisation)	Polyculture élevage, cultures énergétiques dédiées...	Valorisation des déchets Exportation de matière organique de la parcelle.
BIOCARBURANT	Carburant « Essence »	Biomasse lignocellulosique (bois, paille, résidus verts...etc.) Biomasse riche en sucre et amidon (betterave, canne à sucre, blé et maïs...etc.)	Fermentation (production d'éthanol)	Cultures dédiées, AF	Concurrence avec agriculture vivrière si utilisation de cultures dédiées Résidus paillés essentiels pour le sol... Concurrence avec la production de denrées alimentaires (sauf si utilisation de déchets = Ecobilan positif).
	Carburant « Gazole »	Biomasse oléagineuse (colza, tournesol, soja...etc.)	Transestérification (production d'esters d'huile végétale)	Cultures dédiées	Concurrence avec la production de denrées alimentaires (sauf si utilisation de déchets (huile ou graisse alimentaire usagé) Besoins énergétiques élevés pour la culture et la transformation Menace indirecte pour la forêt tropicale

Abrégiés : BRF : Bois Raméal Fragmenté, T(T)CR : Taillis (Très) Courtes Rotations, AF : Agroforesterie, BTA : Boisement de terres agricoles



## 2. LA PRODUCTION DE BIOMASSE ARBOREE EN AGRICULTURE

### LE ROLE DE L'ARBRE EN AGRICULTURE

Si la filière sylvicole a un rôle important à jouer dans la production de biomasse arborée (énergie renouvelable), la filière agricole doit également faire face aux enjeux qu'implique le changement climatique en s'y adaptant voire en l'atténuant en contribuant à la séquestration du carbone ou au remplacement des énergies fossiles et matériaux énergivores. De plus, elle doit faire face à de nombreux enjeux :

- Fournir toujours plus de **DENREES ALIMENTAIRES**,
- Préserver les **RESSOURCES NATURELLES ET LIMITER LES COÛTS DE PRODUCTIONS POUR L'AGRICULTEUR ET LA COLLECTIVITE**
- Assurer aux agriculteurs un **BON NIVEAU DE VIE**.

Dans ce contexte, l'arbre, dont l'intérêt pour une agriculture basée sur l'agrochimie a décliné progressivement face au pétrole bon marché, revient sur le devant de la scène agricole grâce à la nécessaire transition énergétique. Sa présence transversale permet de répondre aux différents enjeux de la durabilité des systèmes agricoles par ses différents rôles :

- **UN ROLE AGROECOLOGIQUE** : Réservoir de la biodiversité fonctionnelle (pollinisateurs et auxiliaires entomophages), amélioration de la qualité des sols et de l'eau, lutte contre l'érosion, séquestration du carbone, création d'un microclimat protecteur des cultures...etc.
- **UN ROLE SOCIAL** : Valeur patrimoniale et sentimentale des arbres, savoir-faire liés à l'entretien des arbres, création d'emplois pour leur entretien et leur coupe...
- **UN ROLE ECONOMIQUE** : Diversification et augmentation des revenus par la production de biomasse lignocellulosique (bois bûche, BRF, Bois d'œuvre) et de fruits. Production de bois énergie pour l'agriculteur et les collectivités (autoconsommation ou vente). Production de BRF pour une amélioration des sols agricoles. Valorisation du bois d'œuvre en menuiserie et ébénisterie. Alimentation des filières locales.

Mais remettre des arbres dans des parcelles agricoles, c'est aussi gérer les impacts négatifs comme la compétition pour la lumière ou l'eau. Faire de l'agroforesterie, c'est gérer son système sur le long terme. Et si la rentabilité de l'agroforesterie se mesure sur le long terme, pouvoir tirer une rentabilité intermédiaire par la valorisation de la biomasse arborée en la récoltant périodiquement serait un atout important.

### QUELLE BIOMASSE ARBOREE UN AGRICULTEUR PEUT-IL PRODUIRE A PARTIR DES ARBRES HORS FORET?

#### LE BOIS D'ŒUVRE



La plantation d'essences rares et de qualité, à condition d'être bien conduite et entretenue au fil des années, permet de produire **UN BOIS DE QUALITE**. Les utilisations qui en sont faites sont dites nobles : menuiserie, ébénisterie. Le bois d'œuvre est **AINSI VALORISE** d'un point de vue économique. Voici quelques exemples de prix du bois sur pied.

TABLEAU 3 – PRIX SUR PIED DE DIFFERENTES ESSENCES

ESSENCES	PRIX € AU M3 SUR PIED
Peuplier	25 – 50
Erable	160 – 380 et plus
Chêne	270 – 500 et plus
Frêne	140 _ 180 et plus
Châtaignier	19 – 210 et plus
Merisier	200- 400 et plus
Alisier, cormier, noyer	200 – 2000 et plus

(SOURCE : FORET DE BOURGOGNE, 2009 ET DE LA REVUE FORETS DE FRANCE JANVIER/FEVRIER 2011)

#### LE BOIS DE CHAUFFAGE ET AGRO-CARBURANTS DE SECONDE GENERATION

Dans le cadre du développement durable, le bois énergie apparaît comme une ressource très prometteuse :

- **UN BILAN C NUL** : Le CO2 rejeté lors de la combustion correspond à celui qui a été précédemment stocké dans le végétal au cours de sa croissance par l'intermédiaire de la photosynthèse.
- Une dynamisation des **FILIERES LOCALES** et la création d'**EMPLOIS** pour les travaux de taille et de coupe.
- La préservation et la valorisation d'un **PAYSAGE LOCAL**
- Des **SERVICES AGROECOLOGQUES** liés à la présence de l'arbre (préservation de la ressource en eau, effet brise-vent, etc.)

- Un **ATTRAIT ECONOMIQUE** important : En 2009, le prix du bois déchiqueté est de 4 cts €/kWh alors que le fuel domestique a un prix de 7 cts €/kWh.

### Le bois bûche



Généralement obtenu à partir des branches au diamètre supérieur à 20 cm, les volumes produits sont mesurés en stères (=empilement de bûches dans un volume d'un m<sup>3</sup>). Il représente encore 80% du bois énergie consommé en France (France Bois Forêt, 2012). C'est la forme de bois énergie qui demande le **MOINS DE TRANSFORMATION**, mais il présente le désavantage d'être **ENCOMBRANT** et d'avoir un rendement énergétique moins important que les plaquettes et les granulés.

### Les plaquettes (=bois déchiqueté)



Obtenus à partir d'un bois au diamètre inférieur à 25cm, de rémanents (écorce, brindille, houpier) déchiquetés. Les volumes produits sont mesurés en Mètre cube Apparent (MAP). L'utilisation de ces produits **DEPEND FORTEMENT DE L'ORGANISATION DE FILIERES AU NIVEAU LOCAL**, devant mettre en cohérence l'offre et la demande et organiser le marché. Cela nécessite des volumes relativement importants (suivant l'utilisation qui en est faite). Dans le cas de faibles chantiers d'abattage ou de taille, l'exploitation des rémanents n'est pas rentable économiquement pour de la vente mais peut être valorisé au niveau de l'exploitation.

### Les granulés ou pellets

Ils sont fabriqués à partir de sciures de bois compressées formant ainsi un **COMBUSTIBLE DENSE** dont la masse volumique est de 0,65 t/m<sup>3</sup>. Ils sont utilisés dans des chaufferies automatisées. Bruler 1m<sup>3</sup> de granulés fourni la même énergie que 3-4m<sup>3</sup> de plaquettes (CRPF Poitou Charente, 2009).

## LE BOIS RAMEAL FRAGMENTE



Les BRF sont le résultat du **BROYAGE FRAIS DE RAMEAUX** et petites branches vertes d'un diamètre inférieur à 7cm (avec ou sans feuilles). Il est généralement préférables d'employer des rémanents de **FEUILLUS**. Il est toutefois possible d'utiliser un peu de conifères à hauteur de 20%. (Asselineau et Domenech, 2007). Riches en nutriments, protéines, tissus lignifiés et polyphénols, une fois épandus sur les sols, les BRF contribuent à ce qu'on appelle : **L'AGGRADATION DES SOLS**. Ils stimulent en fait l'activité biologique et la formation d'humus pour améliorer la fertilité et la stabilité des sols.

S'ils suscitent de plus en plus l'intérêt de nombreux agriculteurs souhaitant maintenir et améliorer la vie de leurs sols, la **FILIERE D'APPROVISIONNEMENT (PRODUCTION ET DISTRIBUTION) RESTE ENCORE LE PRINCIPAL FACTEUR LIMITANT**. Les agriculteurs peinent à s'en procurer et le coût de production par rapport au volume demandé par hectare (entre 100 et 200 m<sup>3</sup>/ha) est très élevé, quasiment rédhibitoire.

## QUELS SYSTEMES PERMETTENT DE PRODUIRE DE LA BIOMASSE ?



BRF

Amélioration des sols



Bois déchiqueté et bois bûche

Chauffage, Electricité, Agro-carburants



Bois d'œuvre

Menuiserie, Ebénisterie

## BOISEMENT DE TERRES AGRICOLES

### DES TERRES AGRICOLES CONVERTIES

Les Boisements de Terres Agricoles consistent en la **CONVERSION DE TERRES AGRICOLES** en forêts par la plantation ou l'ensemencement. Le boisement arrive en **SUBSTITUTION DE L'ACTIVITE AGRICOLE**. Les densités de plantations sont d'environ 1000 arbres/ha.

**PRODUCTION :** Bois d'œuvre, Bois de chauffage

FIGURE 1 – BTA (CREDIT PHOTO :CRPF, NORD-PAS DE CALAIS PICARDIE)



### BIOMASSE PRODUITE

Les rendements varient d'un système à un autre. Le choix de tel ou tel système (choix des essences) va quant à lui dépendre des objectifs de l'agriculteur et des conditions pédo-climatiques de la parcelle destinée au boisement. A titre d'exemple, si un agriculteur a peu de temps à consacrer à sa plantation et s'il souhaite valoriser le foncier, il pourrait opter pour une boisement de douglas et cèdres qui demandent moins d'entretien. A l'inverse un agriculteur visant la rentabilité pourrait plutôt se tourner vers les TCR et les peupleraies.

TABLEAU 4 – PRODUCTIVITE DE DIFFERENTS BOISEMENTS (PICARD, 1996 ET CRPF ILE DE FRANCE ET DU CENTRE, 2012)

SYSTEME	DUREE DE LA ROTATION	RENDEMENT
Peupleraie	7 ans	10 à 12 tMS/ha/an
Frêne	10 ans	6 tMS/ha/an
Douglas	10 ans	3 à 5 tMS/ha/an
Cèdre	10 ans	4 à 5 tMS/ha/an
Chênaie	15 ans	3 à 4 tMS/ha/an

**Facteur d'influence :** Essences, conditions pédoclimatiques, hydrographie, configuration de la parcelle

### UNE ACTIVITE AGRICOLE SUBSTITUEE

Le boisement de terres présente plusieurs avantages et inconvénients détaillés dans le tableau ci-dessous.

⊗ INCONVENIENTS	☺ AVANTAGES
Conflit d'usage des terres (production agricole / production biomasse) Entretien parfois difficile Taux d'échec important (choix essences, manque entretien)	Intérêt paysager / Protection contre l'érosion / Rôle dans l'épuration des eaux / Valorisation de patrimoine foncier / Production du bois + Emplois / Accueil de gibier

## ARBRES TETARDS

### UNE CONDUITE PARTICULIERE

Essences dont la bille exploitable en bois d'œuvre est de 2 à 3 m.

Arbre **ETETE** afin d'obtenir la formation de nombreuses branches à partir de la tête.

**LES BRANCHES SONT REGULIEREMENT COUPEES**, favorisant l'apparition de rejets.

**PRODUCTION :** Bois de chauffage + agro-carburants de seconde génération + BRF + Bois d'œuvre

FIGURE 2 - ARBRES TETARDS (CREDIT PHOTO : C. SAVOURE)



### UNE PRODUCTION DE BOIS ENERGIE ELEVEE

La productivité de ces arbres est **TRES ELEVEE**. La production de bois énergie de chênes et frênes conduits en têtards a été mesurée dans le cadre du projet de recherche CasDAR « Agroforesterie » (2009-2011). Les mesures ont mis en évidence qu'un arbre têtard pouvait produire entre **28 ET 29 KG MS/ARBRE/AN**.

**Facteurs d'influence :** Essences, Âge, Conditions pédoclimatiques...etc.

### DES ARBRES TRADITIONNELS AUX NOMBREUX BENEFICES

⊗ INCONVENIENTS	☺ AVANTAGES
Gourmand en temps de travail Tailles parfois dangereuses	Forte productivité en bois énergie / Valeur patrimoniale et paysagère / Intérêts environnementaux (Vie des sols, biodiversité et corridors écologiques) / Lutte contre érosion / Bien être animal

## TAILLIS A (TRES) COURTES ROTATIONS (TCR/TTCR)

### DES CULTURES ENERGETIQUES DEDIEES

Cultures ligneuses à courte rotation et à **CROISSANCE RAPIDE** (saule, peuplier ou encore eucalyptus et robinier faux acacia).

Implantées à des **DENSITES TRES ELEVEE** :

- TCR peupliers : 1000 à 2000 arbres/ha.
- TTCR de peuplier : environ 10000 arbres/ha.

### PRODUCTION :

Bois de chauffage + agro-carburants de seconde génération

### UNE PRODUCTION DE BOIS ENERGIE ELEVEE ASSOCIEE A UNE GESTION INTENSIVE

Récolte tous les 6 à 8ans pour les TCR, et tous les 2 à 4 ans pour les TTCR pendant 20 à 30 ans. A chaque coupe effectuée, les tiges repoussent en cépée

Les techniques culturales employées sont généralement **INTENSIVES** : irrigation, fertilisation, gestion des adventices, emploi de matériel végétal génétiquement amélioré...etc.

La production de biomasse d'un tel système est élevée : de **8 A 20 T MS/HA/AN**

TABLEAU 5 – PRODUCTIVITE DE DIFFERENTES ESSENCES DE T(T)CR (SOURCE : FCBA, 2007 ET 2008)

ESSENCE	SYSTEME	RENDEMENT	FREQUENCE DE CHANTIER
Eucalyptus	TTCR	10 t MS/ha/an	2-3 ans
	TCR	12 à 18 t MS/ha/an	10ans
Peuplier	TTCR	10 à 12 t MS/ha/an	2-3 ans
	TCR	10 à 12 t MS/ha/an	7-10 ans
Robinier	TTCR	8 t MS/ha/an	2-3 ans
	TCR	8 t MS/ha/an	10 ans

**Facteurs d'influence** : Essences, Conditions pédoclimatiques, Densités de plantations.

### SUBSTITUTION A L'ACTIVITE AGRICOLE

⊗ INCONVENIENTS	☺ AVANTAGES
Conflit d'usage des terres (production agricole / production biomasse) / Forte exportation de matière organique posant des problèmes d'appauvrissement du sol à partir de la 2 <sup>ème</sup> ou 3 <sup>ème</sup> coupe (essentiellement pour les TTCR). / Nécessité alors d'utilisation de fertilisants pour compenser les exportations. / Problèmes phytosanitaires liés aux plantations monospécifiques.	Forte productivité en bois énergie Rôle dans l'épuration des eaux notamment en zone de captage Protection contre l'érosion en zone très sensible.

## LES HAIES

### LEUR RETOUR APRES DES ANNEES DE DISPARITION

On estime que 75% du linéaire a disparu entre 1900 et 2000 en raison de l'intensification des pratiques agricoles au sortir de la guerre. Toutefois, le phénomène d'arrachage tend à se stabiliser grâce d'une part aux politiques incitatives d'entretien, de protection et de plantations des haies et d'autre part grâce aux nouveaux débouchés énergétiques.

Plusieurs types de haies peuvent être distingués : Les haies buissonnantes (basses) principalement valorisées en BRF, les haies arbustives (arbres en cépées + buissons) valorisées en bois de chauffage, et les haies arborescentes (arbres de haut-jet, arbres en cépées et buissons) valorisées en bois d'œuvre, bois de chauffage et BRF.

### PRODUCTION :

Bois de chauffage provenant d'arbres broyés et recépés tous les 10-15ans + Bois d'œuvre (quand présence de bois de haut-jet dans la haie) + BRF



FIGURE 3 – TCR DE ROBINIER (CREDIT PHOTO : S. BARREAUD)



FIGURE 4 – HAIES ARBORESCENTE (SOURCE : LIAGRE, 2006)

### UNE MULTITUDES DE CONFIGURATION POUR DES BENEFICES ENCORE SOUS-ESTIMES

Une haie bien entretenue et exploitée sous forme de taillis peut produire en moyenne **3 t MS/KM/AN** (de 2 à 6 t MS/km/an voire 9 t MS/km/an) peut être exploitée tous les 10 à 15 ans en fonction de sa productivité. Selon les conditions pédoclimatiques, cette production peut varier de 2 à 9 tMS/ha/an (Liagre, 2006).

**Facteurs d'influence :** Essences, conditions pédoclimatiques, âge de la haie, homogénéité de la haie, largeur de la haie, structure.

### DE MULTIPLES INTERETS

⊗ INCONVENIENTS	☺ AVANTAGES
Réservoir à bioagresseurs / Emprise au pied des arbres avec compétition pour la lumière / Microclimat au nord des arbres avec zones froides	Intérêts environnementaux (Vie des sols, biodiversité et corridors écologiques) / Intérêt paysager / Lutte contre érosion et maintien de la qualité de l'eau / Effet brise-vent sur l'ensemble de la parcelle / Création d'un microclimat (bien être animal, protection des cultures)

## AGROFORESTERIE

### UNE ASSOCIATION TRADITIONNELLE...

Ces systèmes correspondent à **L'ASSOCIATION D'ARBRES ET DE CULTURES ET/OU ELEVAGE**. Parmi les systèmes traditionnels, on peut citer les pré-vergers, les peupleraies avec cultures intercalaires, l'association truffiers / vignes ou lavandes...

### ...MODERNISEE

Dans l'agroforesterie moderne, les arbres sont présents **EN ALIGNEMENT INTRAPARCELLAIRE** avec une densité allant **DE 50 A 200 ARBRES/HA** dans le cas de projets soutenus par la mesure 222 du PDRH. Les densités pourraient toutefois être supérieures (en ajoutant des essences de bourrage) ou légèrement inférieures (cas des parcelles de vignes par ex ou avec larges espacements en plaine céréalière).



FIGURE 5 – AGROFORESTERIE (SOURCE : C. DUPRAZ)

### PRODUCTION :

Bois d'œuvre + Bois de chauffage et BRF provenant des houppiers des arbres récoltés

### UNE PRODUCTION DE BIOMASSE VEGETALE PLUS IMPORTANTE

Les premiers programmes de recherche sur ces systèmes ont mis en évidence une **QUANTITE DE BIOMASSE PRODUITE PLUS IMPORTANTE** en associant arbres et cultures que lorsque les deux composantes sont séparées. Un arbre agroforestier produit ainsi plus de biomasse qu'un arbre forestier : le diamètre de son tronc et la biomasse raméale sont plus importantes. Ceci, pour plusieurs raisons :

- Un enracinement plus profond du fait de la compétition avec la culture
- Des arbres en situation de pleine lumière, avec peu de compétition entre eux
- Les arbres bénéficient des apports faits à la culture (fertilisation notamment)

### UNE ASSOCIATION GAGNANTE

⊗ INCONVENIENTS	☺ AVANTAGES
Microclimat → Augmentation des maladies foliaires fongiques en cas de forte densité / Baisse du rendement de la culture pendant la seconde moitié de la vie de l'arbre (compétition pour la lumière)	Plus productives que des parcelles agricoles et forestières séparées / Optimisation de l'utilisation des ressources (lumière, eau, nutriments...) / Intérêts environnementaux (fertilité des sols, biodiversité et corridors écologiques) et intérêt paysager / Lutte contre érosion, meilleure infiltration de l'eau / Effet brise-vent et création d'un microclimat (bien être animal, protection des cultures) / Séquestration de carbone / Diversification des produits et des revenus

### DES SYSTEMES AGROFORESTIERS A PRODUCTION DE BIOMASSE

Les premiers aménagements expérimentaux visaient principalement à la production de bois d'œuvre. La production de bois énergie se faisait uniquement par le biais de la valorisation d'arbres présentant des défauts lors d'éclaircies intermédiaires.

L'agroforesterie à finalité de production de bois énergie reste ainsi encore très peu développée. Pourtant plusieurs aménagements seraient potentiellement intéressants :

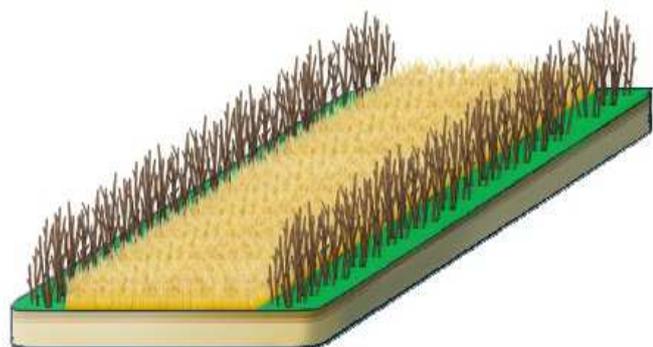
- L'agroforesterie basée sur l'alignement de trognes
- L'agroforesterie basée sur l'alignement de taillis intraparcellaire
- L'agroforesterie basée sur l'alignement de bourrage intercalé entre deux essences de haut-jet

Dans les scénarios suivants, nous avons distingué 2 types de productions : le BRF et le bois déchiqueté (Bois énergie). Sachant que pour le BRF, on recherche des tiges de moins de 7 cm de diamètres alors que pour le bois déchiqueté, on recherche des branches bien lignifiées de diamètre supérieur, les fréquences de coupe ne sont pas les mêmes. Ainsi, un taillis sera récolté plus rapidement pour la production de BRF (autour de 4 ans en moyenne) alors que pour du bois énergie, on attendra 7 ou 10 ans.

### 3. PROPOSITION D'AMENAGEMENT POUR UNE AGROFORESTERIE AVEC ALIGNEMENT DE TAILLIS

#### PRESENTATION DU SYSTEME

##### CONFIGURATION DU SYSTEME



**PRESENTATION :** Association d'une culture avec des alignements de taillis composés de plusieurs essences.

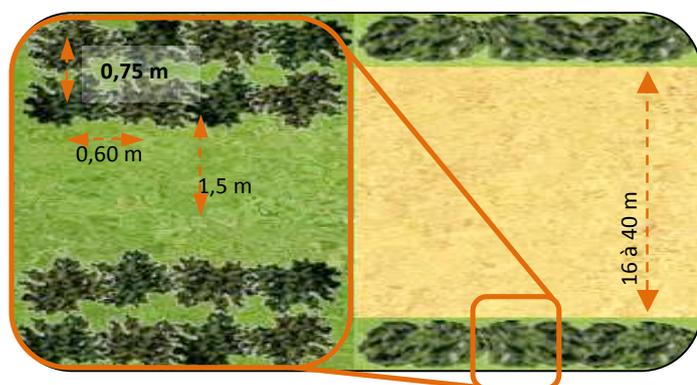
- **ESSENCES A CROISSANCE RAPIDE :** Peuplier, saule voire robinier faux acacia (risque drageonnement).
- **ESSENCES A CROISSANCE NORMALE :** châtaigniers, noisetiers, charmes, érables, chênes...

**DENSITE DE PLANTATION :** 800 à 2200 arbres /ha selon la largeur de la bande cultivée maintenue.

**DUREE :** 20 à 24 ans

**FREQUENCE DES CHANTIERS :** Tous les 4 ans

##### SCHEMA DE PLANTATION



##### ITINERAIRES TECHNIQUES

##### PLANTATION

QUAND ?	Où ?	COMMENT ?
<p><b>PREPARATION DU SOL</b> de septembre à avril.</p> <p><b>PLANTATION</b> possible jusqu'au mois de mai.</p>	<p>Pour les essences à croissance rapide, généralement on vise les parcelles alluviales, de sol fertile et profond.</p> <p>Une des clés de la réussite réside dans le <b>BON CHOIX DES ESSENCES</b> par rapport aux conditions pédoclimatiques.</p>	<p><b>PLANTATION : LABOUR PROFOND</b> sur la ligne ou sous solage suivi d'un travail superficiel, afin d'obtenir un sol propre et non abrasif pour le matériel de récolte.</p> <p>Il est conseillé de semer, sur la bande boisée, <b>UN COUVERT VEGETAL</b> adapté (gestion des adventives, biodiversité, apports azotés par légumineuses...).</p>

##### QUELLES ESSENCES ?

- Essence à croissance verticale et rejetant de souche.
- Les essences plus faciles à **BOUTURER** (ex peuplier) coûtent **MOINS CHER** et elles permettent une **PLANTATION MECANISEE**.

Quelques exemples : *Peuplier, saule, érables, platane, châtaignier, aulne, bouleau, frêne, noisetier ...*

## RECEPAGE

QUAND ?	COMMENT ?
L'hiver qui suit la plantation.	Le recépage est une taille drastique (5-10 cm de hauteur) qui permet de produire plusieurs <b>REJETS</b> par souche. La coupe peut se faire manuellement ou mécaniquement selon l'âge du pied. L'utilisation d'une <b>BARRE DE COUPE A SECTIONS</b> permet d'avoir une coupe plus propre que celle d'une <b>ENSILEUSE</b> , mais elle présente l'inconvénient de laisser les tiges au sol.

## RECOLTE

Exemples de machines utilisées pour la récolte des taillis

	Ensileuse	Récolte tiges entières
	Récolte et broyage au moyen d'une ensileuse équipée d'une tête de récolte adaptée.  SOURCE : PROGRAMME WILWATER – BRETAGNE 2007	Récolte des tiges entières et broyage à part.  SOURCE : PROGRAMME WILWATER – BRETAGNE 2007
VITESSE	Haute vitesse d'avancement : 0,3 à 1 ha/heure	Basse vitesse d'avancement : 0,2 à 0,5 ha/heure
QUAND ?	La récolte s'effectue de novembre à fin février, après la chute des feuilles	De l'automne au printemps, possibilité de couper tiges en feuilles.
OU ?	Sur sol portant	Possible sur parcelle relativement humides
INVESTISSEMENT	Investissement : 85 000 € pour la tête de récolte et 160 000 € pour l'ensileuse	Investissement : 170 000 €



## QUELS AVANTAGES ET INCONVENIENTS ?



### AVANTAGES ET INCONVENIENTS

☺ AVANTAGES	☹ INCONVENIENTS
Avantages agroenvironnementaux des haies Productivité de biomasse énergie supérieure à la surface plantée Récolte de la biomasse facile (passage des machines) Emploi d'espèces fixatrices d'azote pour limiter la compétition envisageable	Essences à croissance rapide → Risques de compétition pour les ressources en eau et minérales Organisation des chantiers de récolte à prévoir et étudier Accessibilité du matériel nécessaire Mesure 222 du PDRH applicable pour densités < 200 arbres/ha

### LES PRECAUTIONS TECHNIQUES

Plusieurs précautions techniques sont à prendre en compte :

- **CHOIX DES ESSENCES** : Les essences à croissance rapide ne sont pas forcément le bon choix sauf si le mélange est adapté aux conditions pédoclimatiques de la parcelle. De plus, les essences à croissance rapide sont plus compétitrices (eau, et nutriment) pour la culture voisine. Les rejets de peupliers pourraient également faire concurrence pour la lumière.
- **DIVERSITE D'ESSENCES** : Le mélange est recommandé. Cela permet de garantir une meilleure reprise grâce aux essences locales et de favoriser la biodiversité favorable à la lutte biologique par l'accueil des auxiliaires et la diminution des ravageurs. Cela permet également de limiter les problèmes phytosanitaires qu'on peut observer sur des plantations monospécifiques (cas des peupleraies en France).

### SCENARIO TYPE ETUDIE

Pour apprécier l'intérêt mais aussi les questions que posent ce type de système, nous avons imaginé un scénario type que nous avons étudié en détail. Les paragraphes suivant indiquent les hypothèses technico-économiques et les résultats techniques de ce scénario.

Le scénario agroforestier est comparé avec un scénario de TCCR conventionnel à 10 000 tiges/ha.

NOM DU SCENARIO RETENU : SCENARIO TAILLIS

Description des principales options techniques du scénario TAILLIS retenu:

CARACTERISTIQUES	DONNEES RETENUES	LIMITES
LARGEUR DE L'ALLEE CULTIVEE	22 m	
LARGEUR DE LA BANDE DE TAILLIS	3 m	
ESSENCES	Peuplier + saule	Seules essences pour lesquelles nous avons des informations en TTCR de référence. Elles nécessitent des conditions pédoclimatiques favorables (croissance rapide).
DENSITE AGROFORESTERIE/TTCR	2 144 / 10 000	tiges/ha
DUREE DE ROTATION ET FREQUENCE DE CHANTIERS	20 ans, récolte TOUS LES 4ANS POUR BRP	Au bout de 20 ans, les arbres sont replantés pour une nouvelle rotation. <b>2 ROTATIONS SE SUCCEDENT</b> . L'impact sur le sol serait évidemment à mesurer et à prendre en compte dans la réalité. Toutefois, nous avons ce choix afin de pouvoir comparer économiquement ce scénario avec les scénarios suivants se déroulant sur 40ans.

ESTIMATION THEORIQUE DE LA PRODUCTION

HYPOTHESES DE PRODUCTION

**NOTE EXPLICATIVE :** Les évolutions de rendements culturaux et de la quantité de biomasse produite ont été évaluées grâce au logiciel LER-SAFE. Les rendements (qtx/ha) sont donnés pour 1 ha agroforestier, c'est-à-dire sur la surface totale de la parcelle comprenant la surface cultivée et la surface arborée.

Afin d'estimer des plages de production réalistes, nous avons formulé des hypothèses de concurrence arbre/culture basse et haute :

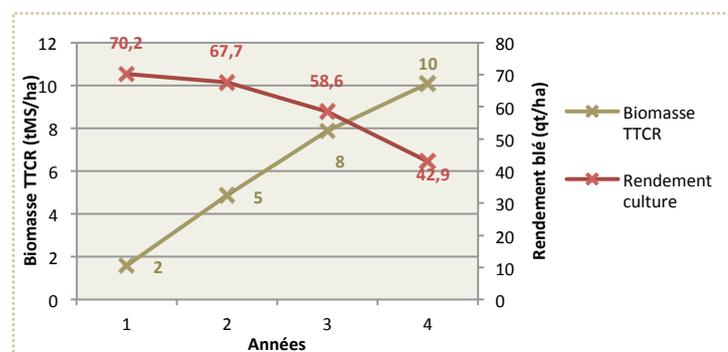
- HYPOTHESE 1** (Hypothèse basse – LER = 1) :
  - Les alignements de TTCR intraparcellaire bénéficient légèrement de la condition agroforestière et produisent **20% DE BIOMASSE** en plus (meilleur ensoleillement).
  - Le rendement de la culture intercalaire **EST FORTEMENT IMPACTE PAR LA COMPETITION** générée par l'alignement de TTCR.
- HYPOTHESE 2** (Hypothèse haute) :
  - Les alignements de taillis intraparcellaire bénéficient de la condition agroforestière et produisent **60% DE BIOMASSE** en plus que le témoin TTCR (meilleur ensoleillement).
  - Le rendement de la culture intercalaire **EST MOYENNEMENT IMPACTE PAR LA COMPETITION** générée par l'alignement de TTCR.

Afin d'évaluer la production d'un scénario agroforestier à vocation de biomasse il est nécessaire de le comparer aux scénarios d'assolements purs. Dans ce cas présent :

- TEMOIN FORESTIER** = TTCR classique de peupliers sur 1 ha avec une densité de 10 000 arbres/ha et une productivité **DE 10 TMS/HA/AN** (sachant qu'un TTCR peut produire de 10 à 12 tms/ha/an). En 4 ans, il produit donc **40 TMS/HA**.
- TEMOIN AGRICOLE** = Assolement de blé pur sur 1 ha dont la productivité moyenne sur 4 ans est **DE 80 QTX/HA**.

RESULTATS OBTENUS

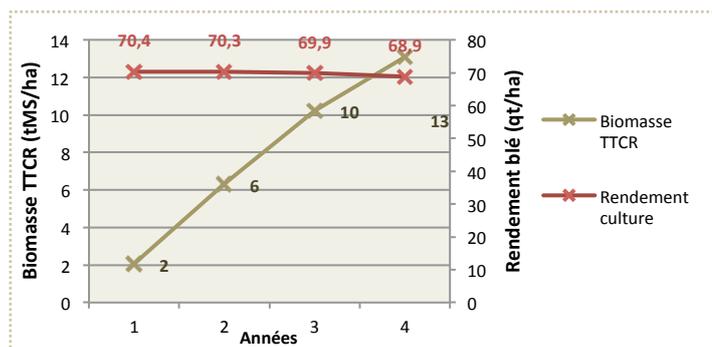
H1 HYPOTHESE BASSE : TAILLIS FAIBLEMENT PRODUCTIFS EN CONDITION AGROFORESTIERE + CULTURE FORTEMENT EN COMPETITION



<b>RENDEMENT CULTURAL MOYEN</b>	59,9 qtx/ha	75% du témoin agricole
<b>QUANTITE DE BIOMASSE</b>	10 tMS/ha	25% du témoin forestier
<b>BILAN</b>		= 100 % LER = 1
		<b>0% de biomasse en plus</b>

**RQ :** La surface occupée par la culture intercalaire est de 88. 12 % de la surface est occupée par le taillis. On pourrait réduire l'impact du taillis en élargissant la distance entre les lignes (ici à 25 m). Dans ce cas, la production de la culture serait plus forte, le taillis un peu moins.

**COMMENTAIRES** La **BIOMASSE TOTALE PRODUITE NE SERAIT PAS SUPERIEURE** dans ce système par rapport à un assolement de cultures pures et TTCR. Il s'agit du scénario de production minimale. En agroforesterie, il est rare d'avoir ce cas de figure.



## RENDEMENT

CULTURAL MOYEN 69,9 qtx/ha 87 % du témoin agricole

## QUANTITE DE BIOMASSE

13 tMS/ha 33% du témoin forestier

## BILAN

= 120 %  
(LER=1,2) 20 % de biomasse en plus

**RQ :** Dans ce scénario, la **SURFACE CULTIVEE PEUT ETRE MAINTENUE** à son maximum au fil des années. Ici 88% de la surface totale. Si l'on regarde le rendement moyen sur la surface cultivée seulement, on a un rendement de 79,4 qtx/ha, soit 98% du rendement témoin.

## COMMENTAIRES

La **BIOMASSE TOTALE PRODUITE EST ICI SUPERIEURE** en système agroforestier : 1 ha du système agroforestier produirait 20 % de biomasse (culture/arbres confondus) de plus que lorsque les deux composantes sont séparées. La baisse **DE RENDEMENT DE LA CULTURE EST MINIME (2%)** sur 4 ans. On peut toutefois imaginer un scénario qui serait plus élevé encore, notamment sur la composante taillis. En effet, des lignes de taillis en pleine lumière, bénéficiant de la proximité de la culture (eau et nutriment), pourraient sans doute produire davantage... En agroforesterie, il n'est pas rare de voir des arbres produisant des houppiers 2 à 3 fois plus importants (ici 1,6 fois).

## CALCUL THEORIQUE DE RENTABILITE

Sur la base des productions estimées, nous avons calculé les marges brutes, en valeur absolue et en valeur actualisée selon les hypothèses de production basse ou haute. Pour comparer ce scénario avec les suivants, nous avons décidé de faire les calculs sur 40 ans de production, en comparant le scénario avec le scénario agricole témoin ainsi que le scénario biomasse de référence.

Pour les calculs, nous avons du poser quelques hypothèses de base pour le prix de la biomasse ou du quintal de blé. La plupart de ces prix reflètent les cours actuels et pourraient donner lieu à des évolutions.

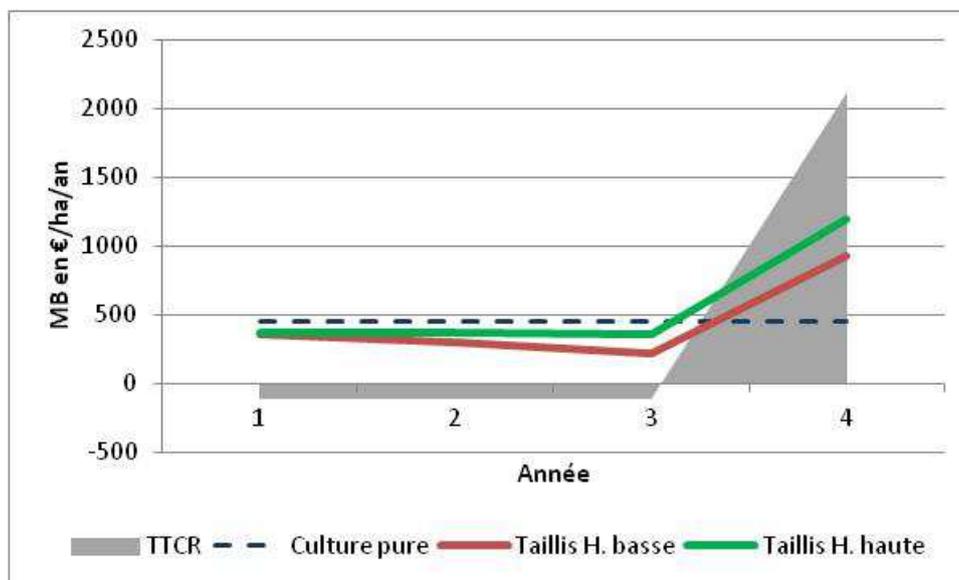
Données retenues pour les scénarios	Culture céréales	TTCR	Agroforesterie Taillis H. Basse	Agroforesterie Taillis H. Haute
Rendement moyen culture céréale (qtx/ha)	80	0	60	70
Marge brute céréale moyenne (prime incluse)	451 €	0	451 €	451 €
Biomasse ligneuse (tMS/an/ha)	0	9*	2.5*	3.3*
Coût installation arbres (€/ha total)		1740	293	293
Coût entretien arbres (€/ha total)		77	28	28
Coût chantier Broyage (€/chantier)		17225	3875	4169
Production MAP sec/an		36*	15*	20*
Prix vente MAP sec en euros/MAP		23	23	23
Production bois d'œuvre	0	0	0	0
Prix bois d'œuvre	0	0	0	0

\* Il s'agit ici de la valeur réelle et non théorique, prenant en compte le nombre de coupes possibles sur 40 ans ainsi que la phase d'installation.

Calcul d'une marge brute moyenne sur une révolution de 4 ans

Les calculs sont réalisés en rythme de croisière pour la production de biomasse (à partir de la 2<sup>ème</sup> ou 3<sup>ème</sup> coupe).

Le graphe indique l'évolution de la marge brute pendant les 4 années après une coupe, en la comparant avec le scénario agricole d'origine.



Le tableau suivant indique la moyenne de la marge brute sur les 4 années de la rotation, scénario par scénario :

	Culture pure	TTCR	Taillis H. basse	Taillis H. haute
MB absolue	451 €	445 €	450 €	572 €
MB relative (agri=100)	100	99	100	127

Avec un prix de plaquette à 23 € le MAP, les scénarios TTCR et Taillis H. Basse sont équivalents au scénario agricole d'origine. Le scénario agroforesterie avec une hypothèse haute est supérieur de 30% au scénario agricole. Le scénario agroforestier taillis se situerait ainsi entre 0 et 30 % au dessus de la valeur du scénario agricole. La valeur du MAP conditionne la rentabilité du scénario Taillis.

Les mêmes scénarios mais avec un prix de 30 € / MAP, prix relativement fréquent dans la réalité :

	Culture pure	TTCR	Taillis H. basse	Taillis H. haute
MB absolue	451 €	725 €	520 €	664 €
MB relative (agri=100)	100	161	115	147

Dès que le prix de la plaquette augmente, c'est le scénario TTCR pur qui en bénéficie directement. Les scénarios agroforestiers se situent alors entre +15 et +47 % de MB en plus par rapport au scénario agricole. La principale différence entre le scénario TTCR pur et les scénarios agroforestiers réside dans l'absence de marge négative en agroforesterie grâce à l'apport de la culture intercalaire.



## BILAN SUR CE SCENARIO



### LES PREMIERES CONCLUSIONS

La récolte de tiges issues de taillis recépés avec des fréquences de coupe réduites semble plus adaptée pour le BRF. Le scénario étudié permet la récolte de BRF tous les 4 ans. Imaginons un agriculteur souhaitant produire 200 MAP/an de BRF destinés à la vente : « **DE COMBIEN D'HECTARES DE CE SYSTEME A-T-IL BESOIN POUR ATTEINDRE CET OBJECTIF ?** »

- Dans l'hypothèse la moins favorable, il produit environ 15 MAP/ha/an. Il aurait donc besoin de **13.5 HA.**
- Dans l'hypothèse la plus favorable, il produit environ 20 MAP/ha/an. Il aurait donc besoin de **10 HA.**

Mais 200 MAP est la dose suffisante pour épandre sur un hectare. Si on imagine un apport tous les 5 ans, les surfaces imaginées permettent seulement de produire du BRF pour 5 ha. Pour répondre aux besoins de 50 ha, il faut imaginer la conversion de 100 à 135 ha en agroforesterie taillis. Pour de telles surfaces, l'impact des taillis sur le rendement de la culture intercalaire doit être mieux étudié. On peut supposer que pour maintenir une production agricole constante à l'hectare semé, il vaut mieux envisagé des écartements plus importants que ceux étudiés dans le scénario. Ce qui diminuerait du même coup les productions globales de BRF à l'hectare...

Ces résultats sont valables pour le scénario étudié utilisant des essences à croissance rapide comme le peuplier et le saule. Nous avons utilisé ces essences car c'étaient les seules références que nous avons en TTCR purs. Si on opte pour d'autres essences, la productivité serait moindre et sans doute à diviser par deux pour des essences comme l'érable, le charme, le châtaignier...

L'inconvénient majeur réside dans la durabilité du système. Si le produit obtenu convient parfaitement pour faire du BRF, il n'en reste pas moins que ce système reste très impactant sur la fertilité du milieu avec de fortes exportations d'éléments minéraux à prévoir. Ce phénomène

est maintenant mieux connu en TTCR pur, mais non étudié en agroforesterie. On peut imaginer que les taillis auront la possibilité de recycler les éléments qui échappent à la culture intercalaire. Cela serait à quantifier, notamment en système agricole conventionnel. En système bio, l'impact serait sans doute plus important car peu compensé par la fertilisation minérale. En optant pour des essences à croissance moins rapide, l'impact sera moins important sur le milieu mais le volume récolté sera moindre et les fréquences de récolte un peu plus longues (entre 4 et 7 ans). Mais la durabilité du système sur le long terme sera très certainement différente. A étudier donc...

Une alternative serait de disposer des arbres de haut jet intercalaires au sein du taillis (par ex tous les 20 m). Ces arbres auraient une fonction de production de bois d'œuvre mais également de contribution à la fertilité sur le long terme (voir scénario suivant).

#### **QUELLES PERSPECTIVES DE RECHERCHE?**

La démarche ici employée et qui sera discutée en fin de brochure, se base sur la modélisation et l'élaboration d'hypothèses prudentes. Les données les plus basses ont été sélectionnées de manière à ne pas surestimer le potentiel du système. En réalité on pourrait s'attendre à de bien meilleur rendement biomasse. En effet, les TTCR disposés en alignements seraient dans des conditions optimales (pleine lumière, moins de compétition souterraine intraspécifique) capables de produire sans doute jusqu'à 2 fois plus de biomasse qu'en TTCR classique. A condition que les essences choisies soient parfaitement adaptées aux conditions pédoclimatiques.

*Quelle quantité de biomasse produit réellement les alignements de TTCR en comparaison des TTCR classiques ? Quelle différence en fonction des itinéraires techniques, des conditions pédoclimatiques, des essences et des configurations ?*

Par ailleurs, il est également important de nuancer ceci avec le fait que l'interaction avec la culture intercalaire et donc l'impact sur son rendement, n'a pas encore été étudié en conditions réelles.

*Quel impact sur le rendement cultural ? Quel degré de compétition ? Quels itinéraires développer pour la limiter ?*

Ensuite, si dans le cas de la modélisation, nous avons choisi un TTCR de peuplier, dans la réalité il sera conseillé de mélanger les essences.

*Quel impact cela aurait-il sur la production et la faisabilité de récolte ? Quel impact cela aurait-il sur la biodiversité fonctionnelle et quel rôle cela pourrait-il avoir dans la lutte biologique ?*

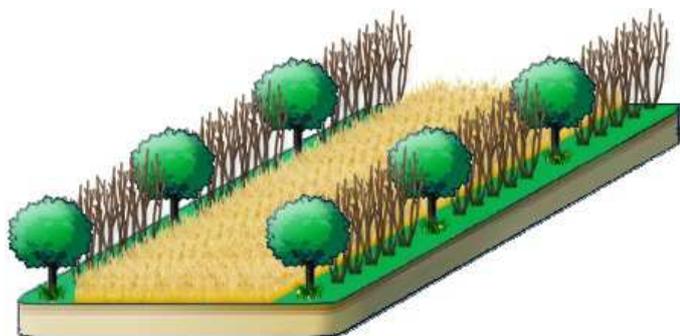
Enfin des questions pratiques se posent actuellement :

*Comment accéder au matériel nécessaire ? Quels conseils et accompagnement apporter aux agriculteurs ? Quand et comment la réglementation va-t-elle évoluer ?*

## 4. PROPOSITION D'AMENAGEMENT POUR UNE AGROFORESTERIE CLASSIQUE AVEC BOURRAGE DE CEPEES

### PRESENTATION DU SYSTEME

#### CONFIGURATION DU SYSTEME



**PRESENTATION :** Intercaler des taillis entre deux arbres de haut jet

#### ESSENCES :

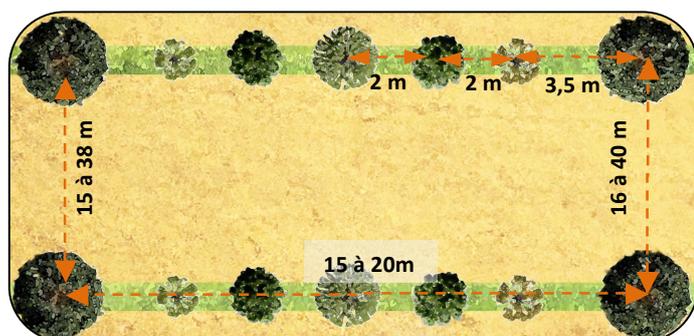
- Haut jet = Noyer, alisier, cormier, érable, chêne
- Cépées = cf. modèle précédent

**DENSITES DE PLANTATION :** 20 à 30 arbres de haut jet et 100 à 150 cépées/ha

**PRODUCTIONS POSSIBLES :** BRF, Bois énergie (éventuellement sous forme de bois bûche), Bois d'œuvre

**DUREE :** 35 à 50 ans avec regarni possible des essences à recéper avec des chantiers de récolte des cépées tous les 7 ans.

#### SCHEMA DE PLANTATION



#### ITINERAIRES TECHNIQUES

#### PLANTATION

##### QUAND ?

De la **MI-NOVEMBRE** à la **MI-MARS**, en dehors des périodes de gel, de vents forts et de sol trempé.

##### COMMENT ?

En **ALIGNEMENTS INTRAPARCELLAIRES** selon les principes de l'agroforesterie. Les arbres de cépées seront plantés sur la ligne entre les hauts-jets de façon à respecter le volume minimal d'épanouissement de chaque espèce et à faciliter l'exploitation.

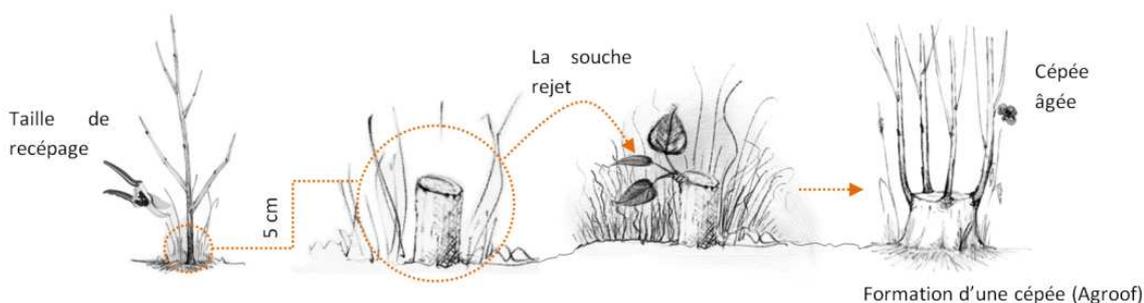
##### QUELLES ESSENCES ?

Le choix des essences se fera en fonction des **CONDITIONS PEDOCLIMATIQUES**, en privilégiant les **ESPECES LOCALES**.

**HAUT-JET :** Essences à bois précieux (noyer, cormier, merisier, alisier...).

**CEPEES :** Essences rejetant de souche et non drageonnantes (Peuplier, frêne, érable, châtaigner, charme...).

#### ENTRETIEN



QUAND ?	COMMENT ?
<p><b>HAUTS JET:</b> Les tailles de formation et l'élagage s'effectuent <b>CHAQUE ANNEE</b> et elles se terminent lorsque l'arbre présente un tronc droit et sans fourche avec la hauteur désirée pour la bille. La taille de début d'été est celle qui cicatrise le plus vite, et qui provoque le moins de départ de gourmands.</p> <p><b>CEPEES:</b> L'<b>HIVER</b> qui suit la plantation.</p>	<p><b>HAUTS JET:</b> La taille de formation a pour but de former l'axe du tronc en supprimant toutes les fourches. L'élagage consiste à couper des branches qui dépassent les 2 à 3 cm de diamètre, pour obtenir un tronc sans défaut, réduire l'ombre portée sur les cultures et permettre le passage des machines.</p> <p><b>CEPEES:</b> Par recépage manuel au sécateur la première coupe puis avec machines (scies portées ou tronçonneuses).</p>

## RECOLTE

QUAND ?	COMMENT ?
<p>En période de <b>REPOS VEGETATIF</b>, quand les arbres seront « hors sève », et donc moins sujets aux fermentations et aux attaques d'insectes. Les opérations de récolte se feront en tenant compte des <b>CULTURES INTERCALAIRES</b> présentes.</p>	<p>Que ce soit pour les hauts jets ou pour les cépées, les <b>METHODES DE RECOLTE SONT NOMBREUSES</b> et il est difficile de donner des préconisations spécifiques.</p> <p><b>CEPEES:</b> Pour les petits linéaires, la récolte et le broyage se feront manuellement : tronçonneuse et broyeur à alimentation manuelle feront l'affaire.</p> <p>Pour les gros chantiers, le broyage pourra se faire éventuellement avec une déchiqueteuse à grappin (Voir tableau).</p>



	DECHIQUETEUSE A ALIMENTATION MANUELLE	DECHIQUETEUSE A ALIMENTATION PAR GRAPPIN
<b>DIAMETRE MAXIMUM</b>	25 cm	45 cm
<b>DEBIT DE CHANTIER</b>	5 à 10 m <sup>3</sup> /heure	20 à 25 m <sup>3</sup> /heure
<b>MAIN D'ŒUVRE</b>	3 – 5 personnes	2 personnes, dont 1 opérateur spécialisé
<b>INVESTISSEMENT</b>	20 000 €	140 000 €



SOURCE : L'AVENIR DU BOIS DE HAIE (CUMA BASSE NORMANDIE)

## QUELS AVANTAGES ET INCONVENIENTS ?

☺ AVANTAGES	⊗ INCONVENIENTS
<p>Avantages des haies et de l'agroforesterie</p> <p>Possibilité de faire du <b>BOIS BUCHE</b> si l'exploitant est équipé de matériel de transformation adapté.</p> <p><b>COMPETITION SANS DOUTE MOINS ELEVÉE</b> pour la culture intercalaire par rapport au système précédent.</p>	<p>Essences à croissance rapide → <b>RISQUES DE COMPETITION</b> pour les ressources en eau et minérales, notamment vis-à-vis des arbres de haut jet (il faut s'attendre à une croissance plus faible des arbres de haut jet)</p> <p><b>GENE DES ARBRES DE HAUT-JET</b> pour la récolte des taillis et possibilité d'effet dépressif sur les cépées voisines des arbres de haut jet.</p> <p>Chantier pouvant être <b>GENANT POUR LA CULTURE INTERCALAIRE</b>. Bien adapté pour les prairies.</p> <p><b>ACCESSIBILITE DU MATERIEL</b> nécessaire</p>

### LES PRECAUTIONS TECHNIQUES :

- **CHOIX DES ESSENCES :** Les essences à croissance rapide ne sont pas forcément le bon choix, sauf si elles sont adaptées aux conditions pédoclimatiques.
- **MELANGE DES ESSENCES :** Mélanger les essences favorise la biodiversité, aide à la lutte biologique et limite les problèmes phytosanitaires qu'on peut observer actuellement sur les peupleraies monospécifiques en France.
- **ECARTEMENT :** Maintenir un écartement suffisant entre arbres de haut-jet pour faciliter le passage des machines.
  - **ACTUELLEMENT NOUS N'AVONS AUCUN RETOUR D'EXPERIENCE :** On peut imaginer 20 m comme un minimum entre les haut-jets. Cela dépendra de la maniabilité de la récolteuse utilisée. L'objectif est de maintenir un écartement taillis/arbre haut suffisant pour le contournement des arbres.

NOM DU SCENARIO RETENU : SCENARIO CEPEE

Pour évaluer la production d'un tel système agroforestier nous avons choisi le scénario suivant :

CARACTERISTIQUES	DONNEES RETENUES	LIMITES
LARGEUR DE L'ALLEE CULTIVEE	22 m	
ESSENCES	Peuplier (Cépées) Noyer (Haut-jet)	Seules essences pour lesquelles nous avons des informations. Elles nécessitent des conditions pédoclimatiques favorables. Il est conseillé de mélanger plusieurs essences.
DENSITE	135 cépées/ha 30 haut-jet/ha	
DUREE DE ROTATION ET FREQUENCE DE CHANTIERS	40 ans, récolte tous les 7 ans pour BOIS ENERGIE	

ESTIMATION THEORIQUE DE LA PRODUCTION

HYPOTHESES DE PRODUCTION

Sur l'intervalle d'une récolte de biomasse (ici 7 ans), nous avons formulé les hypothèses de production suivantes :

- HYPOTHESE 1** (Hypothèse basse – LER=1) :
  - Le bourrage de TCR bénéficie de la condition agroforestière et produit **20% DE BIOMASSE** en plus.
  - Le rendement de la culture intercalaire **EST FORTEMENT IMPACTE PAR LA COMPETITION** générée par l'alignement d'arbres de haut-jet+TCR.
- HYPOTHESE 2** (Hypothèse haute – LER=1.2) :
  - Le bourrage de TCR bénéficie de la condition agroforestière et produit **60% DE BIOMASSE** en plus.
  - Le rendement de la culture intercalaire **EST MOYENNEMENT IMPACTE PAR LA COMPETITION** générée par l'alignement d'arbres de haut-jet+TCR.

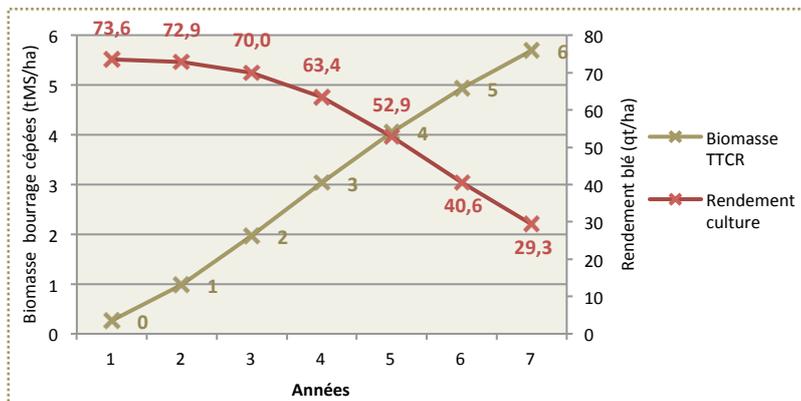
Nous avons comparé scénario agroforestier à vocation de biomasse il est nécessaire de le comparer aux scénarios d'assolements purs. Dans ce cas présent :

- TEMOIN FORESTIER**
  - TCR classique de peupliers sur 1 ha avec une densité de 2000 arbres/ha et une productivité de **10 TMS/HA/AN**
  - BTA : On se base à dire d'expert sur le fait que 30arbres/ha agroforestiers de 40ans produisent **45M<sup>3</sup> DE BOIS D'ŒUVRE** face à 200m<sup>3</sup> produit en témoin forestier après 40ans.
- TEMOIN AGRICOLE** = Assolement de blé pur sur 1 ha dont la productivité moyenne sur 7ans est **DE 80 QTX/HA**.

RESULTATS OBTENUS

**NOTE EXPLICATIVE** : Les évolutions de rendements culturaux et de quantité de biomasse produite ont été évaluées grâce au logiciel LER-SAFE. Les rendements (qtx/ha) sont donnés pour 1 ha agroforestier, c'est-à-dire sur la surface totale comprenant la surface cultivée et la surface arborée.

**H1** HYPOTHESE BASSE : TCR FAIBLEMENT PLUS PRODUCTIFS EN CONDITION AGROFORESTIERE + CULTURE FORTEMENT EN COMPETITION



<b>RENDEMENT CULTURAL MOYEN</b>	57,5 t/ha	72% du témoin agricole
<b>QUANTITE DE BIOMASSE</b>	Cépées : 5,7 tMS/ha	8% du témoin forestier
	Haut-jet : 45 m3/ha	20% du témoin forestier
<b>BILAN</b>	=100%	0% de biomasse en plus
	LER=1	

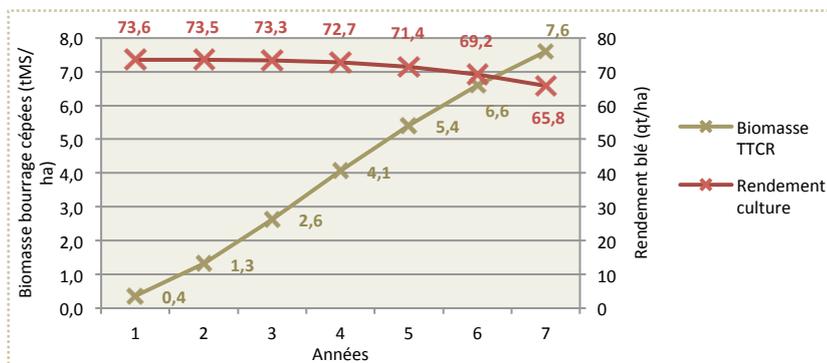
Dans ce scénario, la surface cultivée peut être maintenue les 5 premières années, elle réduit ensuite à 76% la 6<sup>e</sup> année et 44% la dernière

année. Si l'on regarde le rendement moyen sur la surface cultivée, on a un rendement de 68,8 qtx/ha, soit 86% du rendement témoin.

**COMMENTAIRES**

La **BIOMASSE TOTALE PRODUITE NE SERAIT PAS SUPERIEURE** dans ce système par rapport aux cultures pures. Une **CHUTE DE RENDEMENT DE LA CULTURE DE CEREALE DE 60 %** sur 4 ans avec une surface cultivée qui aura tendance à diminuer fortement à la 4<sup>e</sup> année en raison de la forte compétition des TCR intraparcellaires (on réduit la surface cultivée du fait de la baisse de rendement observée sur les bords de l'allée, proches des cépées).

**H2 HYPOTHESE HAUTE : BOURRAGE DE CEPEES MOYENNEMENT PLUS PRODUCTIFS EN CONDITION AGROFORESTIERE + CULTURE MOYENNEMENT EN COMPETITION**



<b>RENDEMENT CULTURAL MOYEN</b>	71,4 qtx/ha	89 % du témoin agricole
<b>QUANTITE DE BIOMASSE</b>	Cépées : 7,6 tMS/ha Haut-jet : 45 m3/ha	11 % du témoin forestier 20% du témoin forestier
<b>BILAN</b>		=120 % LER=1.2 20 % de biomasse en plus

Dans ce scénario, la **SURFACE CULTIVEE PEUT ETRE MAINTENUE** à son maximum au fil des années. Ici 92% de la surface totale. Si l'on regarde le rendement moyen sur la surface cultivée, on a un rendement de 77,6 qtx/ha, soit 98% du rendement témoin.

**COMMENTAIRES**

L'hypothèse formulée ici est que la **BIOMASSE TOTALE PRODUITE EST SUPERIEURE** en système agroforestier : 1 ha agroforestier produit 20 % de biomasse (culture/arbres confondus) de plus. Dans ce cas de figure, une **BAISSE DE RENDEMENT DE LA CULTURE DE 11%** est notée sur 7 ans à surface cultivée identique. Le rendement global de la culture peut être amélioré en élargissant la bande cultivée. Si on peut imaginer que la production agricole se rapproche de son niveau normal, par contre, la production de biomasse arborée reste modérée car tout comme le scénario précédent, on pourrait imaginer qu'en conditions agroforestières, la productivité soit encore plus élevée. Ce scénario optimiste n'a pas été repris ici pour ne pas avantager le système agroforestier ; nous sommes restés dans une plage de production prudente.

**ESTIMATION THEORIQUE DE RENTABILITE**

Sur la base des productions estimées, nous avons calculé les marges brutes, en valeur absolue et en valeur actualisée selon les hypothèses de production basse ou haute. Pour comparer ce scénario avec les autres scénarios (taillis et trognes), nous avons décidé de faire les calculs sur 40 ans de production, en comparant le scénario avec le scénario agricole témoin ainsi que le scénario biomasse de référence (TCR).

Pour les calculs, nous avons du poser quelques hypothèses de base pour le prix de la biomasse ou du quintal de blé. La plupart de ces prix reflètent les cours actuels et pourraient donner lieu à des évolutions.

Données retenues pour les scénarios	Culture céréales	TCR	Agroforesterie Taillis H. Basse	Agroforesterie Taillis H. Haute
Rendement moyen culture céréale (qtx/ha)	80	0	60	70
Marge brute céréale moyenne (prime incluse)	451 €	0	451 €	451 €
Biomasse ligneuse (tMS/an/ha)	0	8,3*	1,1*	0,9*
Coût installation arbres (€/ha total)		1204	918**	918**
Coût entretien arbres (€/ha total)		74	52	52
Coût chantier Broyage (€/chantier)		2888	265	354
Production MAP sec/an		33*	3,3*	4,3*
Prix vente MAP sec en euros/MAP		25	25	25
Production bois d'œuvre (m3/ha)	0	0	25	25
Prix bois d'œuvre	0	0	400	400

\* Il s'agit ici de la valeur réelle et non théorique, prenant en compte le nombre de coupes possibles sur 40 ans ainsi que la phase d'installation.

\*\* Ce coût prend également en compte l'installation des haut-jets.

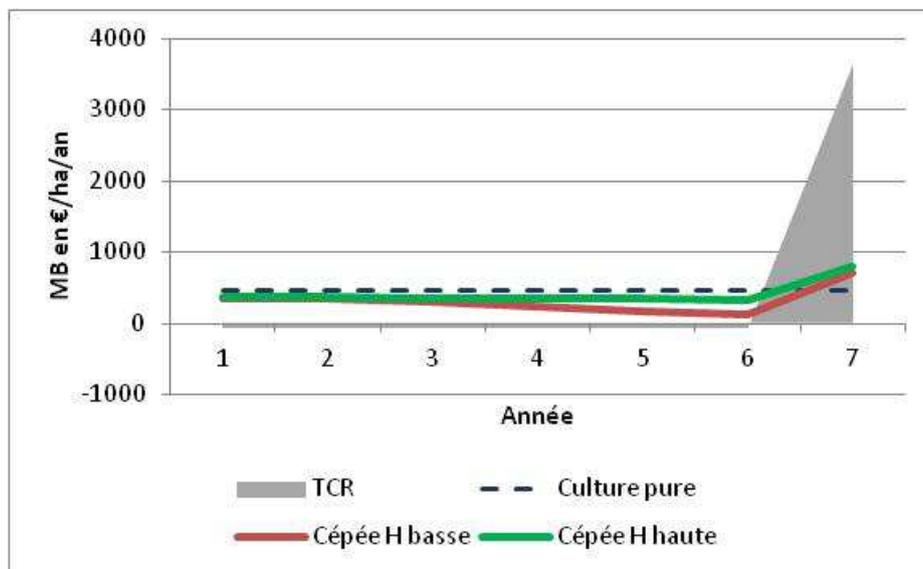
Les coûts de chantier sont plus importants en TCR qu'en TCCR car le diamètre des tiges est plus important. La proportion de lignine est également plus importante ce qui explique un prix de plaquette plus élevé par rapport au scénario précédent.

On a considéré une récolte de 25 m<sup>3</sup> de bois d'œuvre pour 30 arbres plantés. A la récolte des arbres de haut-jet, une production de 1 MAP a été comptabilisé (houppier). Ce volume n'a pas été intégré dans le volume de MAP moyen qu'il faudrait relever de 0,25 TMS/ha/an au minimum. Cela n'a pas été fait pour ne pas biaiser les résultats moyens obtenus entre 2 coupes qui vont être présentés ci-après mais ils ont été comptabilisés sur les calculs actualisés sur 40 ans.

#### Calcul d'une marge brute moyenne sur une révolution de 4 ans

Les calculs sont réalisés en rythme de croisière pour la production de biomasse (à partir de la 2<sup>ème</sup> ou 3<sup>ème</sup> coupe).

Le graphe indique l'évolution de la marge brute pendant les 7 années après une coupe, en la comparant avec le scénario agricole d'origine.



Le tableau suivant indique la moyenne de la marge brute sur les 7 années de la rotation, en phase de croisière (après la troisième coupe), scénario par scénario :

	Culture pure	TCR	Cépée H. basse	Cépée H. haute
MB absolue	451 €	457 €	320 €	414 €
MB relative (agri=100)	100	101	71	92

Avec un prix de plaquette à 25 € le MAP, seul le scénario TCR fait aussi bien en terme de marge brute moyenne que le scénario agricole. Mais cette marge moyenne correspond à la situation de croisière du TCR. Les coûts ne comprennent pas les frais d'installation et les rendements plus faibles des toutes premières années.

Le scénario Cépée H. Haute fait presque aussi bien. Il faut toutefois souligner que la production moyenne des arbres de haut-jet n'est pas prise en compte ici puisqu'elle n'est pas récoltée dans le laps de temps étudié. C'est un désavantage certain mais c'est la situation d'une parcelle agroforestière pour bois d'œuvre classique dont l'intervalle entre les arbres sur la ligne aurait été planté d'essences à recéper. Il est intéressant ainsi de voir que la marge brute est conservée à hauteur de 92 % jusqu'à la coupe des arbres de haut-jet. La récolte de biomasse semble donc compenser partiellement la perte de rendement. Avec davantage de productivité, il est vraisemblable que la biomasse pourrait compenser totalement la perte de production agricole. Ce scénario n'a pas été étudié car une production plus élevée des cépées aurait sans doute affecté davantage la croissance des arbres de haut-jet. Cela demande des études plus pointues à ce niveau.

On peut toutefois imaginer un scénario cépée agroforestier mais sans arbre de haut jet. L'objectif serait alors un scénario prioritairement biomasse.

Les mêmes scénarios mais sans arbre de haut jet:

	Culture pure	TCR	Cépée H basse	Cépée H haute
MB absolue	451 €	457 €	412 €	535 €
MB relative (agri=100)	100	101	91	119

Dans une optique d'alignements de cépée agroforestiers, sans arbre de haut jet, avec une optimisation de la récolte de biomasse, les scénarios agroforestiers présentent des marges brutes satisfaisantes. Avec un prix de la plaquette autour de 30 €, la différence devient très positive, comme dans l'aménagement précédent (scénario Taillis) car on augmente la marge relative de plus de 10 % par rapport aux résultats du tableau ci-dessus.

**LES PREMIERES CONCLUSIONS**

Ce scénario vise principalement à la production de bois énergie sous forme de plaquettes. Pour être autosuffisante, une habitation à besoin d'environ 30 MAP sec/an de bois énergie. Si l'agriculteur souhaite également chauffer des bâtiments annexes (60 MAP sec/an) et vendre du bois énergie, il nous faut imaginer un objectif de production d'environ **200 MAP SEC/AN**. Pour l'atteindre avec ce système, **COMBIEN D'HECTARES DOIT-IL IMPLANTER ?**

- Dans le cas le plus favorable : Il produit 4,3 MAP sec/ha/an. Il doit donc disposer d'environ **46,5HA**.
- Dans le cas le moins favorable : Il produit 3,3 MAP sec/ha/an. Il doit donc disposer d'environ **60,6HA**.

Ces estimations ne prennent pas en compte les récoltes additionnelles liées au déchetage des branches des arbres exploités pour le bois d'œuvre.

D'autre part, si l'exploitant optait pour une agroforesterie de ce type en mettant moins d'arbres de haut-jet, ces surfaces devraient être revues à la baisse. Sans arbre aucun, on peut diviser ces estimations par deux.

Mais les arbres de haut-jet ont également un objectif de production sur le long terme et un impact agroécologique intéressant pour l'exploitant. Le bois d'œuvre qui sera quant à lui valorisé après 40ans. Cette valorisation est prise en compte dans les calculs d'actualisation ci-dessous, effectués sur 40 ans, au taux de 4%.

	Culture pure	TCR	Cépée H basse	Cépée H haute
MB actualisée	9277 €	4090 €	8515 €	10189 €
MB actualisée moyenne sur 40 ans	232 €	102 €	213 €	255 €
MB actualisée relative (agri=100)	100	44	91	119

En actualisant les recettes et les dépenses, le scénario TCR chute car il faut attendre au moins la deuxième coupe pour commencer à avoir un rendement intéressant mais qui ne suffit pas encore à rentabiliser l'investissement important du départ lorsqu'on actualise au taux de 4 %. Par contre, les scénarios agroforestiers tirent leur épingle du jeu grâce aux revenus de la culture intercalaire. De plus, la valorisation du bois d'œuvre permet également de faire jeu égal, voire davantage dans le scénario H Haute (20 % de rentabilité en plus) que le scénario agricole..

**QUELLES EN SONT LES LIMITES ? QUELLES PERSPECTIVES D'ETUDES ?**

Tout comme le scénario précédent, nous ne disposons pas d'expériences concrètes de terrain. Les questions suivantes restent donc ouvertes :

*Comment se comporte la productivité des essences de haut-jet face à la présence de cépées ? Et réciproquement ?*

*Quel impact la présence de cépées a-t-elle sur la culture intercalaire ?*

*Quel impact sur la biodiversité étant donné la présence de différentes strates de végétation ?*

Des questions techniques, pour lesquelles les retours des agriculteurs seront indispensables :

*Quelle faisabilité technico-économique (accès au matériel, difficultés techniques, temps de travail) ? Comment optimiser le système du point de vue agroécologique et technico-économique ?*

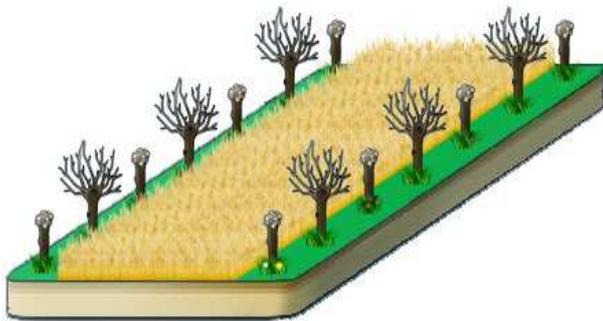
- ➔ Jouer sur les espacements, la densité, les essences, les machines employées et la configuration (et si on enlevait les arbres de haut-jet ?)

*Comment la réglementation va-t-elle évoluer ?*

- ➔ Actuellement en attente de la future réglementation : La densité maximale va-t-elle être levée ?

## 5. AGROFORESTERIE AVEC ALIGNEMENT DE TROGNES

### PRESENTATION DU SYSTEME



**PRESENTATION** Association d'une culture avec des arbres têtards dédiés à la production de biomasse

**ESSENCES** : Frênes, chênes, mûriers, sophora, tilleul...

**DENSITE DE PLANTATION** : 50 à 100 arbres /ha

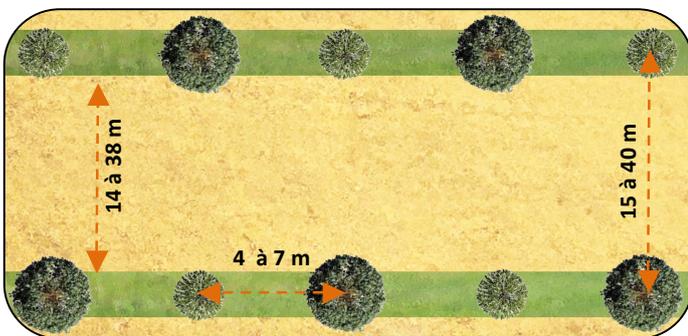
**PRODUCTIONS POSSIBLES** : Bois d'œuvre (marqueterie), BRF, Bois énergie

**DUREE** : 40 à 100 ans

**FREQUENCE D'EXPLOITATION** : En fonction des productions les chantiers d'exploitation peuvent aller de :

- 4 à 6 ans pour le BRF
- 5 à 8 ans pour le BE

### SCHEMA DE PLANTATION



CREDIT PHOTO : DUPRAZ, C

### ITINERAIRES TECHNIQUES

#### PLANTATION

##### QUAND ?

De la **MI-NOVEMBRE** à la **MI-MARS**, en dehors des périodes de gel, de vents forts et de sol trempé.

##### COMMENT ?

En **ALIGNEMENTS INTRAPARCELLAIRES** selon les principes de l'agroforesterie.

Les **DENSITES DE PLANTATION POURRONT ETRE PLUS ELEVEES** (100 arbres par hectare) par rapport aux systèmes agroforestiers classiques car les coupes régulières des houppiers diminuent la concurrence entre les arbres et les cultures.

##### QUELLES ESSENCES ?

Les plus adaptées sont le **FRENE**, le **CHENE** pédonculé, le chêne pubescent, le charme, l'érable champêtre, le saule blanc, le peuplier noir, l'orme, le hêtre et le châtaignier : des espèces qui se **RECEPENT FACILEMENT**.

Le choix des essences se fera en fonction des **CONDITIONS PEDOClimATIQUES**, en privilégiant les **ESPECES LOCALES**.

#### ENTRETIEN

##### QUAND ?

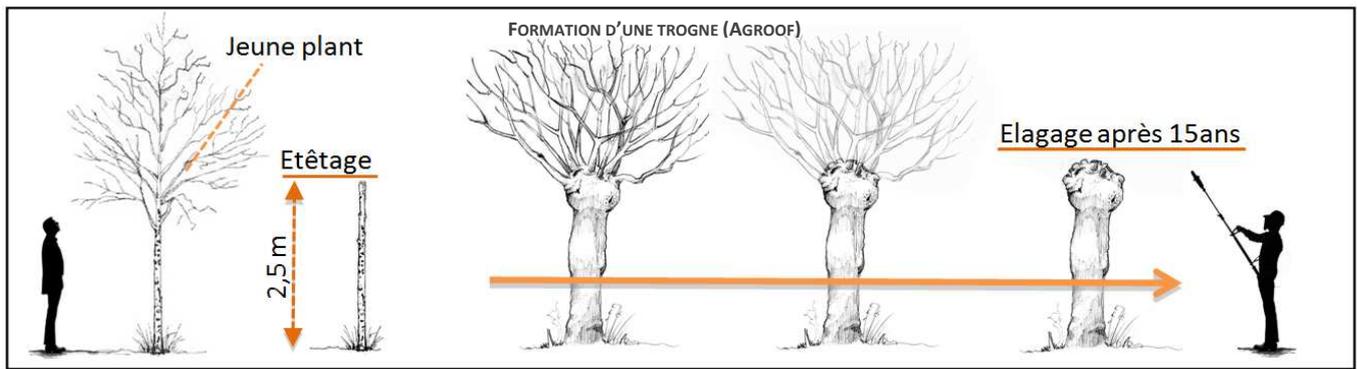
**ETETAGE** : En **HIVER** dès que l'arbre fait **5CM DE DIAMETRE**. Ensuite, tous les 2-3ans. Les étêtages seront moins fréquents au fur et à mesure que l'arbre grossit.

**SUPPRESSION GOURMANDS** : **CHAQUE ANNEE** pour garantir la production d'une bille de qualité, et sur la "tête" afin d'éviter qu'ils ne se développent en buisson.

##### COMMENT ?

La tige principale est coupée entre **2 ET 3 M AU-DESSUS DU SOL**.

Une **COUPE HAUTE** permettra de former une bille de bois plus importante, de préserver le houppier contre l'abroustissement des animaux et de faciliter le passage des machines agricoles ; cependant, elle compliquera le travail d'élagage.



## RECOLTE

### QUAND ?

En période de **REPOS VEGETATIF** (de mi-novembre à mi-mars), quand la sève sera descendue des branches vers le tronc et les racines.

La taille d'exploitation se fera en **FONCTION DE LA VITESSE DE CROISSANCE** de l'essence utilisée:

- 3 à 5 ans pour les essences à croissance rapide (saule, peuplier)
- 6 à 8 ans pour les essences à croissance plus lente (charme, chêne)

### COMMENT ?

**TAILLER TOUTES LES TIGES** se trouvant sur la tête.

Pour les arbres plus âgés, laisser un "tire-sève" qui évitera à l'arbre des difficultés de démarrage au printemps.

Réaliser des plaies les plus petites possibles et favoriser l'écoulement de l'eau pour limiter les risques d'infection.

Il est possible **DE COUPER UNE TÊTE SUR DEUX** de manière alternée, garder des arbres « entiers » permet de ne pas créer de « rupture » dans la parcelle.

### QUEL MATERIEL ?

- **ECELLE** : Pour la taille et l'élagage de branches de taille moyenne.
- **NACELLE** pour un accès aux branches simple et rapide mais demande un investissement économique.
- **HARNAIS ET CORDES DE SECURITE** : Permet un confort et une sécurité lorsque le travail d'élagage s'effectue sur des sujets plus difficiles
- **TRONÇONNEUSE** : L'utilisation de petites tronçonneuses (4 à 5 kg, moteur de 30 à 35 cm<sup>3</sup>, guide de 30 à 35 cm) régulièrement affûtées rendra l'élagage plus facile.

## ASPECTS REGLEMENTAIRE

Les trognes constituent un **PATRIMOINE PAYSAGER** qui a une forte **VALEUR CULTURELLE**. Il existe parfois des aides publiques qui varient d'un département à l'autre et qui permettent de financer les coûts de **PLANTATION, D'ENTRETIEN** mais aussi de **RESTAURATION** des vieux arbres têtards. Se renseigner auprès de l'AFAHC ou des Chambres d'Agriculture.

## QUELS AVANTAGES ET INCONVENIENTS ?

### ☺ AVANTAGES

Avantages agroenvironnementaux de l'agroforesterie  
 Compétition réduite (houppiers réduits, réduction du volume racinaire à chaque coupe)  
 Trognes sans doute plus productives sur terres agricoles qu'en bordure  
 Valeur paysagère et patrimoniale  
 Production de bois énergie, BRF et bois d'œuvre

### ☹ INCONVENIENTS

Suivi nécessaire des arbres pour favoriser la mécanisation de la culture intercalaire  
 Besoins matériel spécifiques à la récolte des houppiers  
 Récolte couteuse en temps et argent des houppiers  
 Attendre 10-15 ans avant la première récolte de biomasse par rapport aux T(T)CR

NOM DU SCENARIO RETENU : SCENARIO TROGNES

Pour évaluer la production d'un tel système agroforestier nous avons choisi le scénario suivant :

CARACTERISTIQUES	DONNEES RETENUES
DENSITE	50 ou 100 arbres/ha
ESSENCES	Mélange de frênes, tilleuls et érables...
ESPACEMENTS	Densité de 50 arbres/ha : 26 x 7 m Densité de 100 arbres/ha : 14 x 7 m
DUREE DE ROTATION ET FREQUENCE DE CHANTIERS	40 ans, récolte des houppliers tous les 5ans

ESTIMATION THEORIQUE DE LA PRODUCTION

HYPOTHESES DE PRODUCTION

Sur l'intervalle d'une récolte de biomasse (ici 5 ans), nous avons formulé les hypothèses de production suivantes :

- **HYPOTHESE 1** (Hypothèse haute densité) : 100 arbres/ha
- **HYPOTHESE 2** (Hypothèse basse densité) : 50 arbres/ha

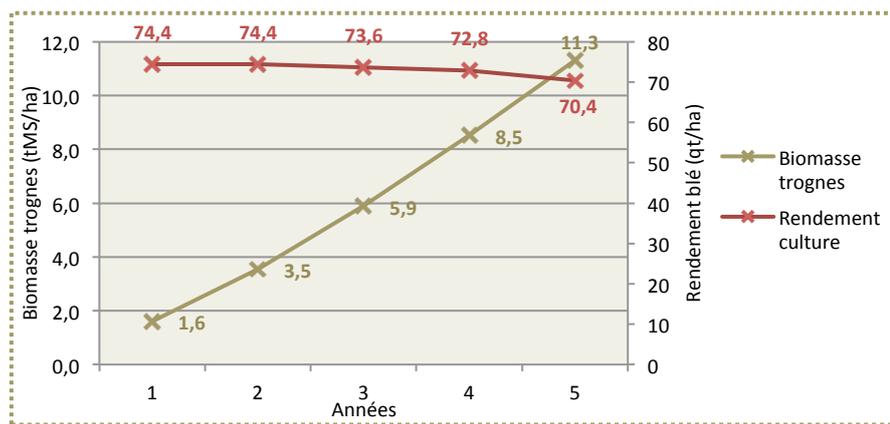
Afin d'évaluer la production d'un scénario agroforestier à vocation de biomasse il est nécessaire de le comparer aux scénarios d'assolements purs. Dans ce cas présent :

- **TEMOIN TROGNES** = Boisement de trognes de 200 arbres/ha avec une productivité de **20kgMS/ARBRE/AN**  
Cette productivité est basée sur les chiffres obtenus par AP 32 en 2010 dans le cadre de ce projet sur des têtards de mûriers blancs. La productivité avait été calculée sur 93 trognes à environ 21,25 kg MS/arbre/an. Nous avons pris l'arrondi inférieur afin de rester prudents dans nos hypothèses. Nous avons également basé nos hypothèses sur les travaux de mission bocage à partir d'étude sur des parcs à trognes de chênes et de frênes (cf rapport final du projet DAR).
- **TEMOIN AGRICOLE** = Assolement de blé pur sur 1 ha dont la productivité moyenne sur 5ans est de **80 QTX/HA**.

RESULTATS OBTENUS

**NOTE EXPLICATIVE :** Les évolutions de rendements culturaux et de quantité de biomasse produite ont été évaluées à partir du modèle HisAFé en collaboration avec l'INRA de Montpellier. Les rendements (qtx/ha) sont donnés pour 1 ha agroforestier, c'est-à-dire sur la surface totale comprenant la surface cultivée et la surface arborée.

H1 HYPOTHESE HAUTE DENSITE : 100 ARBRES/HA

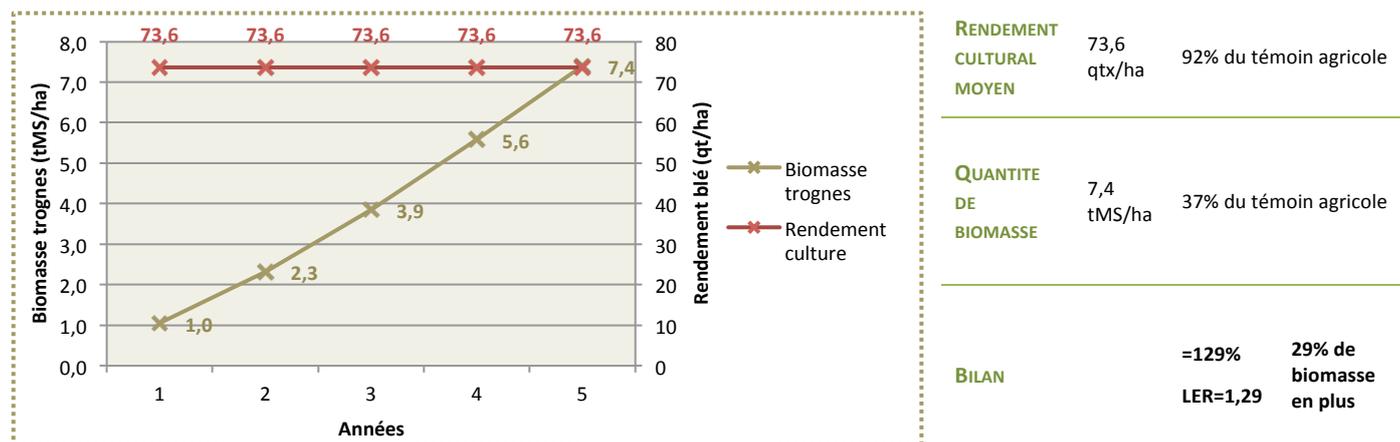


<b>RENDEMENT CULTURAL MOYEN</b>	73,1 qtx/ha	91% du témoin agricole
<b>QUANTITE DE BIOMASSE</b>	11,3 tMS/ha	56% du témoin forestier
<b>BILAN</b>		= 147 % LER=1,47 47% de biomasse en plus

**RQ :** Dans ce scénario, la **SURFACE CULTIVEE PEUT ETRE MAINTENUE** à son maximum au fil des années. Ici 93% de la surface totale. Si l'on regarde le rendement moyen sur la surface cultivée, on a un rendement de **78,7 QTX/HA, SOIT 98%** du rendement témoin. Nous n'avons ici pas pris en compte la biomasse des billes. On les prendra toutefois en compte dans les calculs de rentabilité par l'exploitation d'une bille sur 2.

**COMMENTAIRES** La **BIOMASSE TOTALE PRODUITE EST SUPERIEURE** en système agroforestier : 1 ha du système agroforestier produit 47 % de biomasse (culture/arbres confondus) de plus dans cette hypothèse de plus haute densité. Les **RENDEMENTS CULTURE SUBISSENT UNE LEGERE BAISSSE (5%)**, toutefois moins importante que dans les scénarios précédents. La densité d'arbres y est moins élevée mais reste toutefois relativement importante avec 100 arbres/ha.

## H2 HYPOTHESE BASSE DENSITE : 50 ARBRES/HA



**RQ :** Dans ce scénario, la **SURFACE CULTIVEE PEUT ETRE MAINTENUE** quasiment à son maximum au fil des années soit 92% de la surface totale. Si l'on regarde le rendement moyen sur la surface cultivée, on a un rendement de **79,7 QTX/HA, SOIT 99%** du rendement témoin. Nous n'avons ici pas pris en compte la biomasse des billes. On les prendra toutefois en compte dans les calculs de rentabilité par l'exploitation d'une bille sur 2.

### COMMENTAIRES

La **BIOMASSE TOTALE PRODUITE EST SUPERIEURE** en système agroforestier : 1 ha du système agroforestier produit 29 % de biomasse (culture/arbres confondus) de plus dans cette hypothèse de plus basse densité.

La **SURFACE CULTIVEE RESTE EGALEMENT LA MEME**, et le **RENDEMENT CULTURE RESTE ELEVE SANS SUBIR DE DIMINUTION**. Ceci est principalement dû au fait que la compétition engendrée par les houppiers est très limitée en présence d'arbres têtards avec cette densité de 50 arbres/ha. Ainsi, dans ce scénario on peut supposer qu'il sera possible de maintenir de bon rendement sur les 40 ans de rotation.

Malgré une meilleure production agricole intercalaire, le LER est en dessous du scénario avec 100 trognes par ha, ce qui montre la marge de manœuvre en terme d'intensification de la pratique par une densification des arbres. Ce serait intéressant d'étudier jusqu'à quelle densité, on pourrait aller en pratique, selon le système de production.

## ESTIMATION THEORIQUE DE LA RENTABILITE

Sur la base des productions estimées, nous avons calculé les marges brutes, en valeur absolue et en valeur actualisée selon les hypothèses de production basse ou haute. Pour comparer ce scénario avec les scénarios précédents, nous avons décidé de faire les calculs sur 40 ans de production, en comparant le scénario avec le scénario agricole témoin ainsi que le scénario biomasse de référence (Trognes). Ce scénario de références est hypothétique dans le sens où nous l'avons estimé à partir des quelques chantiers exploités lors du projet mais dans des conditions sans doute particulières. Il ne sera pas utilisé pour la comparaison économique avec les scénarios agroforestiers.

Pour les calculs, nous avons du poser quelques hypothèses de base pour le prix de la biomasse ou du quintal de blé. La plupart de ces prix reflètent les cours actuels et pourraient donner lieu à des évolutions.

Données retenues pour les scénarios	Culture céréales	Trognes témoin	Agroforesterie Trognes 50	Agroforesterie Trognes 100
Rendement moyen culture céréale (qtx/ha)	80	0	60	70
Marge brute céréale moyenne (prime incluse)	451 €	0	451 €	451 €
Biomasse ligneuse (tMS/an/ha)	0	5.8*	2.3*	1.5*
Coût installation arbres (€/ha total)		/	725	943
Coût entretien arbres (€/ha total)		/	1138	2275
Coût chantier Broyage (€/chantier)		/	452	690
Production MAP sec/an		/	5.2*	7.9*
Prix vente MAP sec en euros/MAP		/	25	25
Production bois d'œuvre (m3/ha)	0	/	25	50
Prix bois d'œuvre	0	/	200	200

\* Il s'agit ici de la valeur réelle et non théorique, prenant en compte le nombre de coupes possibles sur 40 ans ainsi que la phase d'installation.

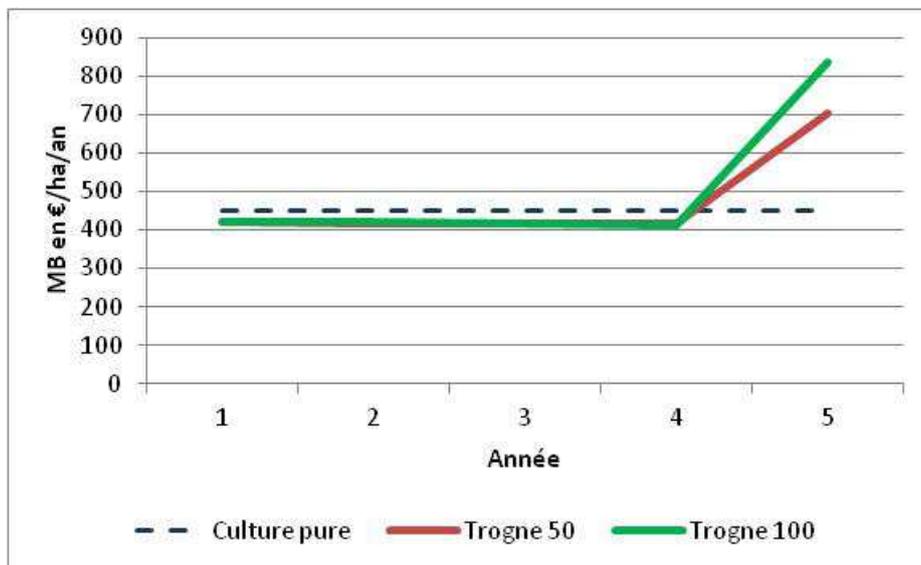
On a considéré une récolte de 25 m<sup>3</sup> de bois d'œuvre pour 50 trognes plantées. Il s'agit plus de la valeur de la tête de l'arbre que du volume. En effet, la tête est souvent recherchée pour une valorisation en marqueterie. Son prix peut atteindre les 1000 € la pièce. Ici, nous avons considéré qu'une seule trogne sur deux était commercialisable et à un prix raisonnable de 200 € pièce. Si les trognes sont parfaitement réalisées, on peut imaginer des prix plus élevés...

Les trognes sont exploitées pour la biomasse tous les 5 ans.

Calcul d'une marge brute moyenne sur une révolution de 4 ans

Les calculs sont réalisés en rythme de croisière pour la production de biomasse (à partir de la 2<sup>ème</sup> ou 3<sup>ème</sup> coupe).

Le graphe indique l'évolution de la marge brute pendant les 5 années après une coupe, en la comparant avec le scénario agricole d'origine.



Le tableau suivant indique la moyenne de la marge brute sur les 5 années de la rotation, en phase de croisière (après la troisième coupe), scénario par scénario :

	Culture pure	Trognes 50	Trognes 100
MB absolue	451 €	473 €	500 €
MB relative (agri=100)	100	105	111

Avec un prix de plaquette à 25 € le MAP, les scénarios trognes présentent une marge intéressante. Selon les estimations du modèle, les rendements de la culture intercalaire restent suffisamment élevés pour permettre au scénario trogne d'avoir une marge moyenne supérieure sur les 5 ans de la rotation biomasse.

Néanmoins, outre le comportement de la culture qui sera à vérifier sur les parcelles expérimentales grandeur nature, la clé de la rentabilité résidera dans le temps de travail que ces chantiers occasionnent et la possibilité de mécaniser efficacement les interventions sur les trognes.

Sur 40 ans, les calculs actualisés suivant prennent en compte la valorisation des trognes en bois d'œuvre mais également la période improductive de formation des trognes (10 à 15 ans).

	Culture pure	Trognes 50	Trognes 100
MB actualisée absolue	9 277 €	9 607 €	9 361 €
MB actualisée moyenne sur 40 ans	232 €	240 €	234 €
MB actualisée relative (agri=100)	100	104	101

Sur le long terme, le scénario avec une densité plus faible l'emporte sur le scénario forte densité. L'explication tient du fait que l'investissement de la première année ainsi que l'entretien pour la formation des arbres durant les 10 premières années ne compensent pas les meilleurs revenus générés par la biomasse et le bois d'œuvre final. Pour un agriculteur, tout dépendra de ses objectifs. Car la valeur d'avenir, une fois passée l'investissement des 10 premières années, sera bien plus élevée dans le scénario forte densité du fait du bon potentiel de production.



## LES PREMIERES CONCLUSIONS

Ce scénario peut être utilisé pour la production de BRF et de bois énergie. Sa rentabilité dépendra essentiellement du temps de travail disponible de l'agriculteur et de la possibilité de mécaniser les récoltes. Néanmoins, pour des cultures de maraichage nécessitant des apports conséquents de BRF sur place, c'est un système qui pourrait être rentable. En bois énergie, les trognes sont également intéressantes si on résout les problèmes de mécanisation.

Dans un objectif d'autosuffisance en bois énergie et de vente, pour un objectif de production à **200MAPsec/AN**:

- Dans le scénario de haute densité (100arbres/ha), s'il produit 9 MAP sec/ha/an, il doit donc disposer d'environ **22HA**.
- Dans le scénario de basse densité (50arbres/ha), s'il produit 5,9 MAP sec/ha/an, il doit donc disposer d'environ **34HA**.

Ces estimations sont théoriques (plus élevées que dans les scénarios sur 40 ans que nous venons de faire).

Ces surfaces semblent être cohérentes avec un projet d'exploitation. Reste à bien calculer les temps de chantier par rapport au temps disponible.

## QUELLES EN SONT LES LIMITES ? QUELLES PERSPECTIVES D'ETUDES ?

Ces systèmes semblent prometteurs : les émondes sont des arbres très productifs et pourraient être rentables. De plus, les émondes en raison de la taille et récolte régulière de leur houppier vont avoir un impact limité sur la culture en termes de compétitions aérienne pour la lumière, mais également de compétition souterraine (diminution de la biomasse racinaire à chaque coupe de houppier). Cela n'a pour l'instant pas fait l'objet d'études, or il serait intéressant de répondre aux questions suivantes :

*Quel sera l'impact réel des arbres sur le rendement de la culture ? A partir de quelle densité, l'impact sera significatif ?*

*Quelles peuvent être les essences les plus intéressantes dans ce genre de système ?*

*Si l'objectif est de produire du BRF pour la culture intercalaire, comment calculer la densité optimale pour avoir un effet complémentaire des arbres en tant que tels ? Ce qui suppose de bien évaluer l'impact des trognes sur les principales caractéristiques du sol.*

D'autres questions d'ordre pratiques se posent également :

*Qu'en est-il de la faisabilité de récolte ? Le matériel doit être bien sûr disponible, mais l'atelier récolte est souvent difficile et technique. Comment accompagner les agriculteurs, comment les former, quel temps consacré à la formation mais également à la réalisation des récoltes ?*

### Présentation de l'exploitation

**Typologie :** Exploitation polyculture diversifiée et élevage ;

**Ressource humaines :** Un chef d'exploitation aidé par de la main d'œuvre familiale et un salarié ;

**SAU :** 100 ha

**Productions :**

Surfaces fourragères (maïs - 28 ha et fourragères d'herbe - 12 ha)

Cultures de vente - 60 ha dont 50 ha de SCOP et à 10 ha de cultures industrielles (betteraves sucrières, lin, pommes de terre...).

Maraichère biologique : 0.5 ha

**Elevage :** Présence d'une quinzaine de bovins viande.

### Objectifs

1- Produire de la plaquette de bois afin de devenir autonomes du point de vue énergétique.

**Besoins énergétiques :**

- *Maison de 200 m<sup>2</sup> - 40 MAP/an*
- *Séchoir fourrage - 60 MAP/an*

*Surproduction de 100 MAP destinés à la vente.*

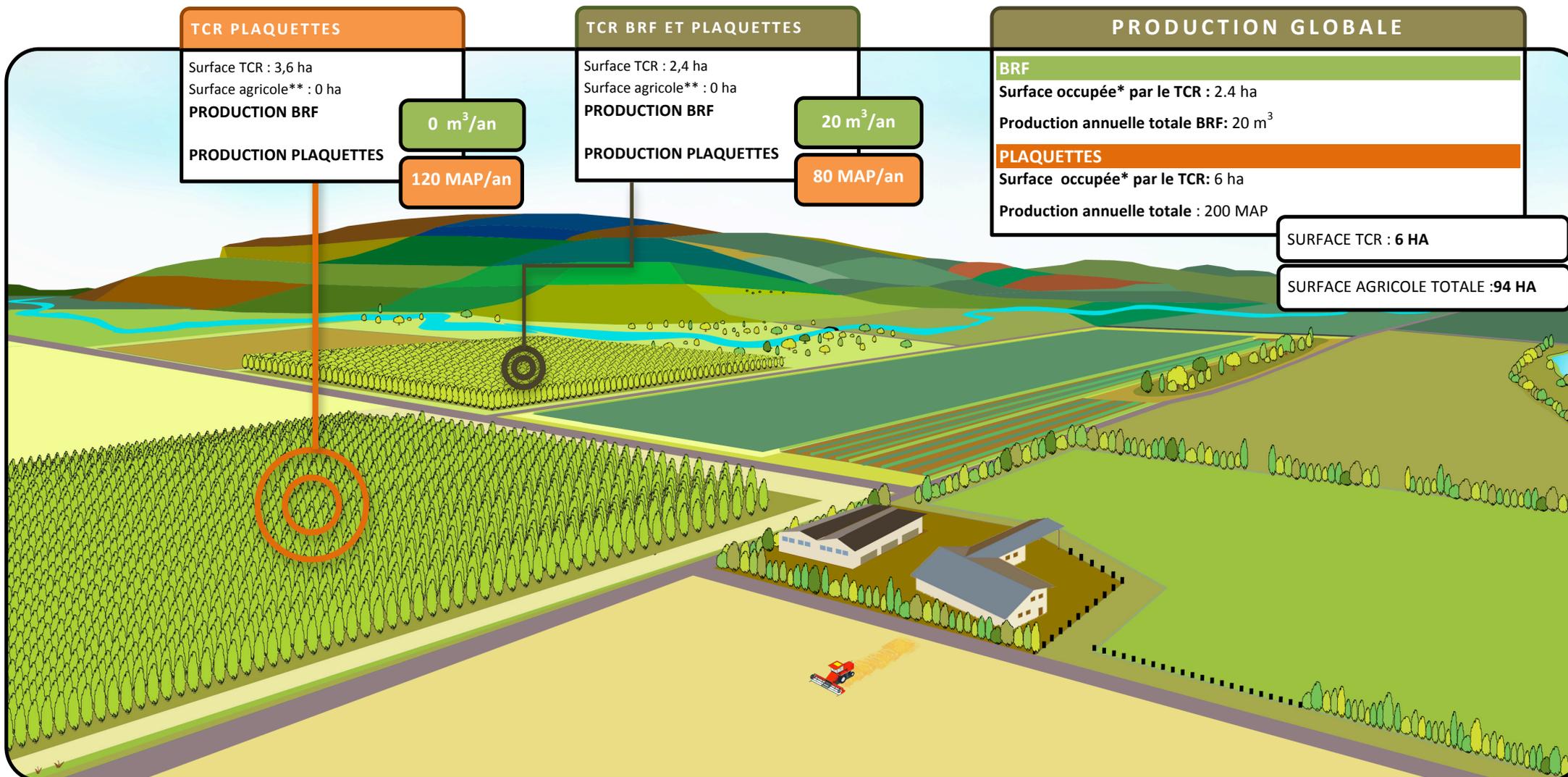
**Quantité de plaquettes à produire : 200 MAP/an**

2- Production de BRF pour améliorer la qualité des sols en maraichage. Epandage initial de 100 m<sup>3</sup> suivi d'épandages annuels d'entretien de 20 m<sup>3</sup>.

### Propositions d'aménagement

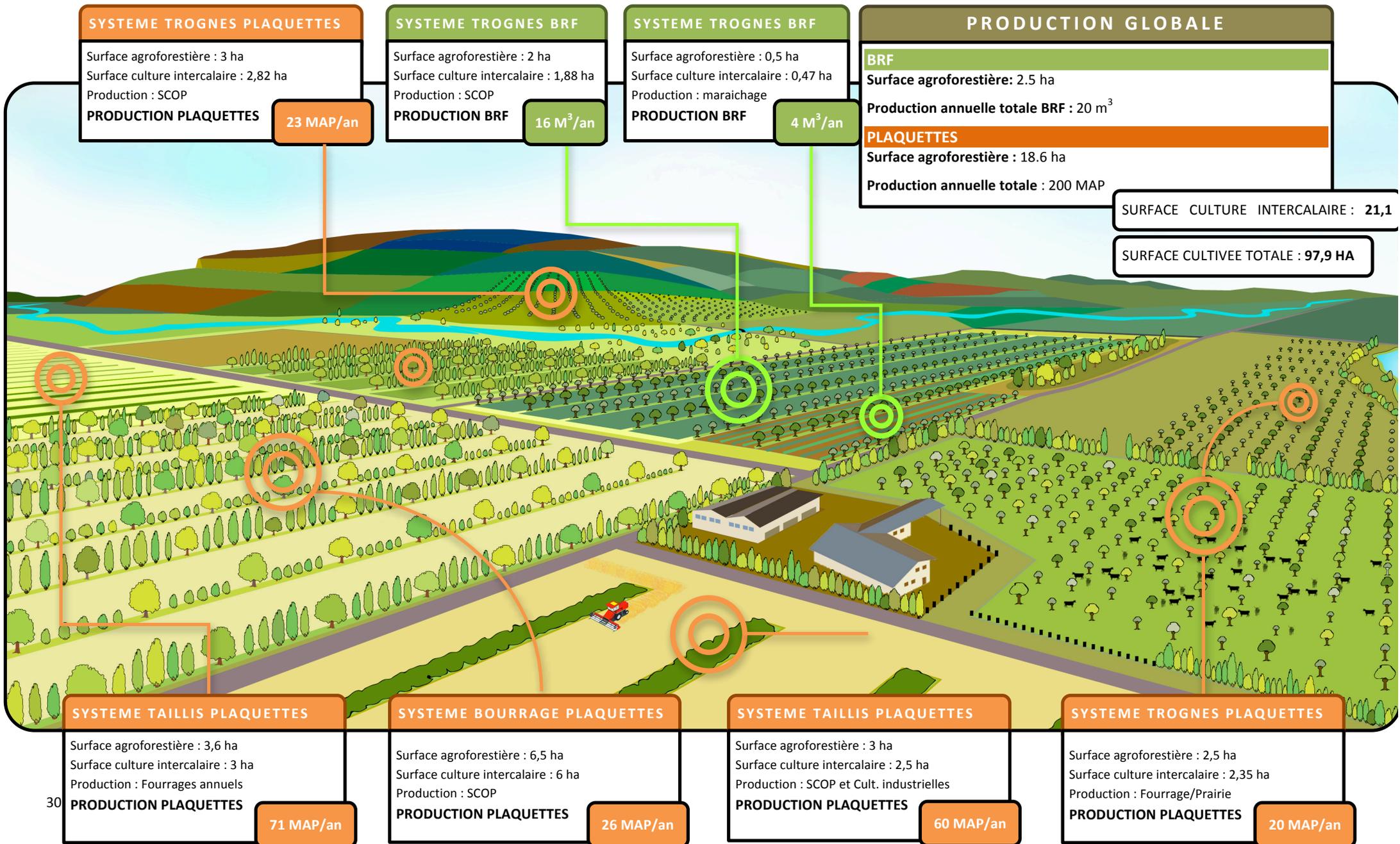
**Scénario 1 :** Production de biomasse basée sur un système de taillis à courte rotation (TCR) réparti sur deux parcelles agricoles de 3.6 et 2.4 ha qui perdent leur vocation de SCOP. Ces surfaces seront exclusivement occupées par ce type d'aménagement ; aucune autre culture ne sera possible.

**Scénario 2 :** Basée sur l'aménagement des trois systèmes agroforestiers à vocation de production de biomasse : Agroforesterie avec bourrage de TCR, taillis amélioré et trognes.



\* : Surface exclusivement occupée par ce type d'aménagement ; aucune autre culture ne sera possible. \*\* Surface agricole : surface dédiée aux cultures annuelles agricoles conventionnelles

# Scenario 2 - Schéma d'aménagement agroforestier



## SYSTEME TROGNES PLAQUETTES

Surface agroforestière : 3 ha  
Surface culture intercalaire : 2,82 ha  
Production : SCOP

**PRODUCTION PLAQUETTES**

23 MAP/an

## SYSTEME TROGNES BRF

Surface agroforestière : 2 ha  
Surface culture intercalaire : 1,88 ha  
Production : SCOP

**PRODUCTION BRF**

16 M<sup>3</sup>/an

## SYSTEME TROGNES BRF

Surface agroforestière : 0,5 ha  
Surface culture intercalaire : 0,47 ha  
Production : maraichage

**PRODUCTION BRF**

4 M<sup>3</sup>/an

## PRODUCTION GLOBALE

### BRF

Surface agroforestière: 2.5 ha

Production annuelle totale BRF : 20 m<sup>3</sup>

### PLAQUETTES

Surface agroforestière : 18.6 ha

Production annuelle totale : 200 MAP

SURFACE CULTURE INTERCALAIRE : 21,1

SURFACE CULTIVEE TOTALE : 97,9 HA

## SYSTEME TAILLIS PLAQUETTES

Surface agroforestière : 3,6 ha  
Surface culture intercalaire : 3 ha  
Production : Fourrages annuels

**PRODUCTION PLAQUETTES**

71 MAP/an

## SYSTEME BOURRAGE PLAQUETTES

Surface agroforestière : 6,5 ha  
Surface culture intercalaire : 6 ha  
Production : SCOP

**PRODUCTION PLAQUETTES**

26 MAP/an

## SYSTEME TAILLIS PLAQUETTES

Surface agroforestière : 3 ha  
Surface culture intercalaire : 2,5 ha  
Production : SCOP et Cult. industrielles

**PRODUCTION PLAQUETTES**

60 MAP/an

## SYSTEME TROGNES PLAQUETTES

Surface agroforestière : 2,5 ha  
Surface culture intercalaire : 2,35 ha  
Production : Fourrage/Prairie

**PRODUCTION PLAQUETTES**

20 MAP/an

# BILAN

TABLEAU COMPARATIF DE NOS SCENARIOS

	Sc. TAILLIS	Sc. TAILLIS AVEC ARBRES DE HAUT-JET	Sc. CEPEE	Sc.2 CEPEE AVEC ARBRES DE HAUT-JET	Sc. TROGNES	TTCR	TCR	MISCANTHUS
<b>BILAN DE L'ETUDE</b>								
PRODUCTIONS ENVISAGEABLES	BRF / Matériaux	BRF/Matériaux + Bois d'œuvre	Bois énergie	Bois énergie/Matériaux + Bois d'œuvre	BRF/Bois Energie/Matériaux + Bois d'œuvre	BRF ou Bois énergie Matériaux	Bois énergie	Combustible / Biogaz / Matériau
INTERVALLE DE RECOLTE DE BIOMASSE (ANS)	3-5	3-5	6-8	6-8	4-6 (10)	2-3 <sup>(1)</sup>	7-10 <sup>(1)</sup>	1
PRODUCTION PAR INTERVALLE DE RECOLTE (T MS/HA)	10 – 13 <sup>(2)</sup>	Non étudié	Non étudié	5,7 - 7,6 <sup>(2)</sup>	7,4 - 11,3 <sup>(2)</sup>	16-36 <sup>(1)</sup>	56-180 <sup>(1)</sup>	10 – 25 <sup>(3)</sup>
INVESTISSEMENT INITIAL	293 €	Non étudié	Non étudié	918 €	725 à 943 €	1740 €	1204 €	3555 € à 3955 € / ha <sup>(4)</sup>
(MARGE BRUTE PAR PERIODE DE COUPE	450 à 664 €	Non étudié	412 à 535 €	320 à 414 €	473 à 500 €	445 à 725 €	457 à 645 €	272 – 912€ / ha <sup>(5)</sup>
VALEUR ACTUALISEE SUR 40 ANS	8530 à 10800 €	Non étudié	Non étudié	8515 à 10189 €	9360 à 9360 €	5581 à 10568 €	4090 à 6765 €	Non étudié
VALEUR ACTUALISEE RELATIVE (AGRI=100)	92 à 117	Non étudié	Non étudié	92 à 110	101 à 104	60 à 114	44 à 73	Non étudié
<b>OBJECTIFS DE PRODUCTION</b>								
SURFACES POUR 200 MAP SEC/AN DE BE (HA)		Non étudié	Non étudié	47 – 61	22 – 34	4,2 – 6,3	2,8 – 6,25	2 – 5
SURFACES POUR 200 MAP FRAIS/AN BRF (HA)	19 – 20	Non étudié				3,3 – 5	2,2 – 5	
<b>FAISABILITE TECHNIQUE</b>								
DIFFICULTE TECHNIQUE DE RECOLTE								
<b>SERVICE AGROECOLOGIQUES</b>								
BIODIVERSITE								
QUALITE DE L'EAU								
QUALITE DES SOLS								
<b>BILAN</b>								
AVANTAGE MAJEUR	Facilité de récolte	Diversification Biodiversité	Facilité de récolte	Diversification Biodiversité	Bonne productivité Intérêt paysager	Bonne productivité	Bonne productivité	Productivité
INCONVENIENT MAJEUR	Compétition culture	Gêne des arbres d'avenir pour récolte	Risque de compétition	Gêne des arbres d'avenir pour récolte / Compétition	Difficulté récolte	Compétition / Sols / monoculture	Compétition / monoculture	Parcelle dédiée / rentabilité aléatoire

31<sup>(1)</sup> Fonction des essences / <sup>(2)</sup> Tiré de LER-SAFE selon les hypothèses précédemment explicitées / <sup>(3)</sup> (Nijksens, 2001) / <sup>(4)</sup> (Peloquin, 2011) / <sup>(5)</sup> (Bouche, 2009) BE = Bois Energie / BRF = Bois Raméal Fragmenté /



## CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les données sur la productivité des systèmes ont été obtenues par travail bibliographique ou de terrain sur des systèmes « analogues » hors contexte agroforestier. La mise en condition agroforestière a été réalisée par modélisation et extrapolation des données terrain.

### QUELS AVANTAGES AVAIENT A POSTERIORI CETTE DEMARCHE ?

- Réaliser des études à partir de données existantes partielles et de données extrapolées à dire d'expert afin d'étudier des pistes de scénarios réalistes pour les agriculteurs.
- **IDENTIFIER LES PARAMETRES IMPORTANTS** qui pourraient conditionner la faisabilité ou la rentabilité des systèmes étudiés
- Mettre en avant une **REFLEXION SUR LES POTENTIELS** de production de biomasse par les différentes composantes arborées.
- Mettre en évidence les lacunes actuelles et les différentes **PISTES DE RECHERCHE ET DE DEVELOPPEMENT** à enquêter dans l'avenir.

### QUELLES LIMITES AUX INFORMATIONS DONNEES DANS CETTE BROCHURE ?

- **LE MANQUE DE REPRESENTATIVITE** : Les données ayant été extrapolées à partir de systèmes hors contexte agroforestier et d'un modèle, la pertinence des résultats est à modérer. Toutefois, pour ne pas avantager les scénarios agroforestiers, nous avons émis des hypothèses de production prudentes. On peut imaginer que les résultats obtenus soient cohérents avec la réalité de terrain.
- **LE MANQUE DE CONNAISSANCES SUR L'IMPACT SUR L'AGROECOSYSTEME** : En extrapolant à partir des systèmes agroforestiers classiques et des systèmes de production de biomasse hors contexte agroforestier, nous avons mené une première réflexion (par le fruit de travaux d'étudiants, et des travaux des partenaires du projet CasDAR) sur les éventuels avantages et inconvénients agroécologiques de ces systèmes. Toutefois, les travaux scientifiques propres à ces systèmes restent à développer.
- **LE MANQUE DE REFERENCES TECHNIQUES** : Les problèmes et avantages techniques que nous avons identifiés l'ont été suite aux discussions avec les experts ainsi que par travail bibliographique et expérience professionnelle propre. Certains éléments techniques sont évidemment connus sur les systèmes hors contexte agroforestier (cas des TCR et TCCR par exemple). Cependant, en contexte agroforestier, de nouvelles questions se posent en raison de la configuration de la parcelle, du matériel disponible par l'agriculteur, et de la présence de la culture intercalaire. Toutes ces questions seront à l'avenir l'objet d'études menées en partenariat direct avec des agriculteurs pionniers et volontaires. Ces agriculteurs pourront, par leurs retours d'expériences identifier les freins mais également les moyens de lever chacune des contraintes rencontrées. Certaines parcelles ont d'ailleurs été plantées dans les 5 dernières années et sont en cours de suivi actuellement.

### CE QUE NOUS POUVONS EN RETENIR...

- Pour produire la biomasse que nécessite la filière bois énergie, le raisonnement habituel est de penser qu'on ne peut passer que par les systèmes de cultures pures voire de monocultures. Ces systèmes, lorsqu'ils sont intensifs en intrants comme les TCCR, ont du mal être durable sur le long terme (forte exportation des éléments fertilisants, appauvrissement de la fertilité, dépendance d'intrants externes, pollution par les pesticides). Plutôt que de viser 5 millions d'hectares de taillis purs, on propose ici de réfléchir à des systèmes d'associations agroforestières. Certes pour viser le même niveau de production de biomasse, il faudrait mettre en place des surfaces agroforestières 4 fois plus importantes mais dont les avantages seront économiques plus intéressants, que ce soit pour l'agriculteur (qualité sol, auxiliaires, biomasse) comme la collectivité (biodiversité et qualité de l'eau).
- Il est difficile encore de comparer aujourd'hui nos scénarios en disant que tel ou tel est plus intéressant économiquement. La rentabilité dépend effectivement de plusieurs critères encore mal connus aujourd'hui comme celui de la mécanisation par ex ou le prix de la plaquette produite.
- Comme tout projet agroforestier, il n'existe pas un projet agroforestier biomasse type. En fonction de la production intercalaire, du temps disponible, de la mécanisation, du produit désiré, correspondra un projet spécifique à l'agriculteur. Développer un projet BRF n'est pas identique à un projet Bois énergie.
- Attention aux fausses bonnes idées. D'un point de vue rentabilité théorique, les TCCR pourraient être plus intéressants que les TCR (tout comme dans les scénarios Taillis et Cépées dans le cas de l'agroforesterie). Mais il faut appréhender cette réalité sur la durée et la qualité du produit fini. Le meilleur projet n'est pas forcément celui qui produira le meilleur rendement en tonnes de biomasse par ha et par an. La productivité est exigeante (choix des essences, prix d'installation, intrants et compétition pour la culture intercalaire). Le moindre faux pas et l'échec est assuré. Diversifier les essences est un atout en terme phytosanitaire et en terme de biodiversité tout comme de gage de réussite de la plantation.
- Enfin, les systèmes agroforestiers présentent l'avantage de jouer sur des revenus à court, moyen et long terme (culture, biomasse, bois d'œuvre). Auxquels se rajoutent les facteurs de production agroécologiques (sol, eau, changement climatique...).

Vous avez un projet d'agroforesterie biomasse ?

Si vous êtes agriculteur, si vous souhaitez produire du bois énergie et du BRF, ou si vous souhaitez mettre en place de l'agroforesterie, n'hésitez pas à nous contacter. Votre participation et vos expériences sont essentielles.

Pour participer au réseau de recherche participative, un minimum de protocole est à suivre. Notamment, il est demandé d'avoir des témoins biomasse selon le type de projet (ex TCR ou TCCR ou culture énergétique). Pour toute question sur les dispositions recommandées et les modalités pratiques : [beral@agroof.net](mailto:beral@agroof.net)

De même pour plus d'informations sur le projet DAR et les autres résultats, vous pouvez vous rendre sur le site du projet CasDAR en question : [http://www.agroof.net/agroof\\_dev/agroof\\_casdar0911.html](http://www.agroof.net/agroof_dev/agroof_casdar0911.html)

## SOURCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Asselineau et Domenech, 2007. De l'arbre au sol : Les Bois Raméaux Fragmentés. Editions du Rouergue. 190pp.
- Berthelot A., 2008. Espèces ligneuses pour la production de biomasse : Le peuplier. FCBA (station Nord-Est). 4pp.
- Biomasse Suisse, 2011. Aperçu. <http://www.biomasseschweiz.ch/index.php/fr/biomassenenergie-fr/produktion-fr>. Page consultée le 14 avril 2012.
- Bouche P-E., 2009. Rentabilité – Se lancer dans la culture de Miscanthus. Terre-Net. <http://www.terre-net.fr/observatoire-technique-culturale/appros-phytosanitaire/article/miscanthus-se-lancer-reperes-economiques-culture-energetique-216-54701.html>. Page consultée le 30 avril 2012.
- CRPF d'Ile de France et du Centre, 2012. Les fiches techniques du CRPF. <http://www.crfp.fr/ifc/fiche.php#HautDePage>. Page consultée le 24 avril 2012.
- CRPF Poitou Charente, 2009. Le chauffage aux granulés de bois fait son entrée en France. <http://www.crfp-poitou-charentes.fr/Le-chauffage-aux-granules-de-bois.html>. Page consultée le 13 avril 2012.
- CRPF Nord-Pas de Calais Picardie. Les Boisements de Terres Agricoles (BTA). <http://www.crfpnorpic.fr/developper-pour-dynamiser/boisement-de-terres-agricoles>. Page consultée le 13 avril 2012.
- France Bois Forêt, 2012. Le bois énergie. <http://www.franceboisforet.fr/nos-actions/nature-capitale-1/le-bois-energie>. Page consultée le 13 avril 2012.
- Forêts de Bourgogne, 2009. Le prix du bois sur pied. <http://www.foret-de-bourgogne.fr/index/action/page/id/480/title/Le-prix-du-bois-sur-pied>. Page consultée le 13 avril 2012.
- Forêts de France, 2006. Valoriser sa forêt : Cours des bois sur pied. Forêt de France n°492. P8.
- Garcia J. et Nguyen-The N., 2008. Espèces ligneuses pour la production de biomasse : Le robinier faux acacia. FCBA et CRLR. 4pp.
- Insee, 2010. Production d'énergie primaire d'origine renouvelable. [http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg\\_id=0&ref\\_id=NATTEF11335](http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=0&ref_id=NATTEF11335). Page consultée le 12 avril 2012.
- Liagre F., 2006. Les Haies Rurale : Rôles, Création, Entretien. Editions France Agricole. 319pp.
- MEDTL, 2012. Biomasse. <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Presentation-generale,13558.html>. Page consultée le 12 avril 2012.
- MEDTL, 2012. Lutte contre les changements climatiques et protection de l'atmosphère. [http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=article&id\\_article=20936](http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=article&id_article=20936). Page consultée le 12 avril 2012.
- Melun F., 2008. Espèces ligneuses pour la production de biomasse : L'eucalyptus. FCBA (station Sud). 4pp.
- Nijskens, 2001. Guide pratique de la culture de Miscanthus. Valbiom et UCL.
- Peloquin T., 2011. Implantation de Miscanthus pour la production de biomasse. CA des Deux Sèvres.
- Picard O., 1996. Scénarios technico-économiques de boisement de parcelles d'exploitations agricoles en Midi-Pyrénées *In* Balend G. (ed.) : La forêt paysanne dans l'espace rural. Biodiversité, paysages, produits. Etude. Rech. Syst. Agraires Dév., 1996, 29, 268 p.
- Savouré C., 2007. Est-il envisageable d'adapter les systèmes de production de biomasse actuels en agroforesterie ?. Mémoire de fin d'études, ESA d'Angers, 66 p.

Ce document élaboré par AGROOF repose sur un ensemble de scénarios calculés et interprétés à l'aide des modèles LER SAFE et Hi-SAFE, en collaboration avec les partenaires du projet.

Il a pour principal objectif de mettre en perspective des itinéraires techniques innovants de production de biomasse au sein de systèmes agroforestiers, pour servir une recherche participative, et étayer notre réflexion sur la pertinence de systèmes voués à la production de biomasse.



12021 31 0 130-3035M1-0001-2



## Contacts

**Camille Béral :**  
[beral@agroof.net](mailto:beral@agroof.net) / 06 52 23 56 88

**Daniele Ori :**  
[ori@agroof.net](mailto:ori@agroof.net) / 06 52 90 04 77



Avec la contribution financière  
du compte d'affectation spéciale  
«Développement agricole et rural»