

# DES SYSTÈMES DE CULTURE BIOLOGIQUES POUR GÉRER LES ADVENTICES ET L'AZOTE EN RÉGION HAUTS-DE-FRANCE

## Rapport complet sur l'évaluation des systèmes de culture

### Systèmes de polyculture sans légumes



Systèmes de polyculture avec élevage



Systèmes de polyculture sans élevage  
avec luzerne



Systèmes de polyculture sans luzerne  
ou prairie temporaire

### Systèmes de polyculture avec légumes



Systèmes légumiers avec luzerne



Systèmes légumiers sans luzerne



## Sommaire

<b>Objectifs de ce document</b> .....	<b>2</b>
<b>A. Contexte : pourquoi s'intéresser aux performances des systèmes à dominante grande culture existants en région ?</b> .....	<b>3</b>
1. Contexte de l'Agriculture Biologique en région Hauts-de-France .....	3
2. Objectifs et démarche adoptée dans le projet Agri-Bio : identifier les clés de performance des systèmes à dominante grande culture en AB .....	3
<b>B. Démarche utilisée</b> .....	<b>4</b>
1. Caractérisation des systèmes de culture évalués .....	4
2. Les critères d'évaluation .....	5
1. Maîtrise des adventices annuelles .....	6
2. Maîtrise du chardon .....	7
3. Satisfaction des besoins en azote des cultures .....	8
4. Autonomie pour la fertilisation en azote des cultures .....	8
5. Stockage de matière organique .....	9
6. Risque de pertes d'azote en interculture .....	10
7. Indicateurs économiques .....	12
8. Temps de travaux .....	13
9. Fertilité en phosphore et en potassium .....	13
10. Etat structural du sol .....	14
11. Maîtrise des maladies et ravageurs .....	15
12. Qualité des produits .....	15
3. Validation des résultats .....	15
<b>C. Résultats obtenus sur les systèmes de culture suivis</b> .....	<b>16</b>
1. Des performances variées en fonction des types de systèmes de culture .....	16
2. Analyse des performances par type de système de culture .....	17
1. Les systèmes de polyculture-élevage .....	17
2. Les systèmes de polyculture sans élevage avec luzerne .....	19
3. Les systèmes de polyculture sans luzerne .....	21
4. Les systèmes légumiers avec luzerne .....	23
5. Les systèmes légumiers sans luzerne .....	26
<b>Conclusions</b> .....	<b>29</b>
1. Points-clés sur les performances des systèmes de culture biologiques de la région Hauts-de-France ...	29
2. Quelques pistes pour améliorer les performances des systèmes de grande culture .....	29
3. Retours sur la démarche utilisée .....	30
<b>Bibliographie</b> .....	<b>31</b>

## Objectifs de ce document

La région Hauts-de-France est la dernière région française en ce qui concerne la part de la Surface Agricole Utile dédiée à l'Agriculture Biologique : moins de 1% de la SAU est concernée en 2015. Pour favoriser le développement d'exploitations à dominante grande culture en région, le projet « Agri-Bio : de la connaissance à la performance » (Agri-Bio) s'est attaché à la caractérisation et à l'évaluation de systèmes de culture en place chez 15 producteurs biologiques.

Ce document **détaille la méthodologie adoptée pour réaliser l'évaluation de ces systèmes** (choix des indicateurs, modes de calcul) et **reprend les résultats pour chacun des types de systèmes**. Il est à destination de personnes souhaitant en savoir plus sur la démarche et sur les indicateurs utilisés.

Les personnes uniquement intéressées par les résultats de cette démarche pourront se tourner vers deux documents complémentaires :

- de la synthèse des résultats sous forme de fiches par type de systèmes de culture



- des fiches individuelles reprenant les résultats pour chaque exploitation suivie



## A. Contexte : pourquoi s'intéresser aux performances des systèmes à dominante grande culture existants en région ?

### 1. Contexte de l'Agriculture Biologique en région Hauts-de-France

La région Hauts-de-France est la dernière région française en ce qui concerne la part de la Surface Agricole Utile dédiée à l'Agriculture Biologique : moins de 1% de la SAU est concernée en 2015.

En ce qui concerne les grandes cultures biologiques, le diagnostic réalisé par Agro-Transfert en 2013 a mis en avant des freins et leviers technico-économiques : maîtrise des adventices et surtout des vivaces, gestion de l'azote et place des cultures à forte valeur ajoutée.

### 2. Objectifs et démarche adoptée dans le projet Agri-Bio : identifier les clés de performance des systèmes à dominante grande culture en AB

Pour favoriser le développement d'exploitations à dominante grande culture en région, le projet « Agri-Bio : de la connaissance à la performance » (Agri-Bio) s'est attaché à la caractérisation et à l'évaluation de systèmes de culture en place chez 15 producteurs biologiques.

Les résultats de recherche sur les systèmes de grande culture biologiques avec peu d'élevage sont peu nombreux. Le projet Agri-Bio a fait une synthèse des connaissances scientifiques disponibles sur la gestion des adventices vivaces et de l'azote, valorisées dans des fiches thématiques (<http://www.agro-transfert-rt.org/sorties-du-projet-agri-bio/>).

Ces connaissances ont été complétées par une analyse des systèmes de culture en place chez des agriculteurs de la région. **L'hypothèse est faite que les producteurs biologiques « historiques » de la région ont mis en place des stratégies efficaces pour maîtriser les adventices et mieux gérer l'azote dans leurs systèmes de culture.** Le projet Agri-Bio s'est attaché à caractériser ces stratégies, leur efficacité et leurs impacts sur d'autres critères agronomiques et socio-économiques.

## B. Démarche utilisée

### 1. Caractérisation des systèmes de culture évalués

15 exploitations agricoles ont été suivies sur l'ensemble de la région Hauts-de-France. Un à deux entretiens par an ont été réalisés avec les agriculteurs du réseau concernés entre 2013 et 2016. Le contexte global de l'exploitation (objectifs de l'agriculteur, atouts et contraintes de l'exploitation,...), ainsi que l'historique des pratiques ont été recueilli sur 5 à 10 ans sur 30 parcelles (1 ou 2 parcelles par ferme). Ces éléments sont repris dans la première page des fiches par exploitation (Figure 1).

Des observations complémentaires (comptages d'adventices, reliquats azotés) ont également été réalisées sur ces parcelles de 2013 à 2016 pour apprécier la maîtrise des adventices et la gestion de l'azote.



Figure 1 : Fiche performances par exploitation – description de l'exploitation

Au-delà des pratiques caractérisées, les principes ayant guidé les agriculteurs pour la mise en œuvre de ces pratiques ont également été recueillis pour reconstituer la cohérence du système de culture et les mettre en regard des performances obtenues (Figure 2).

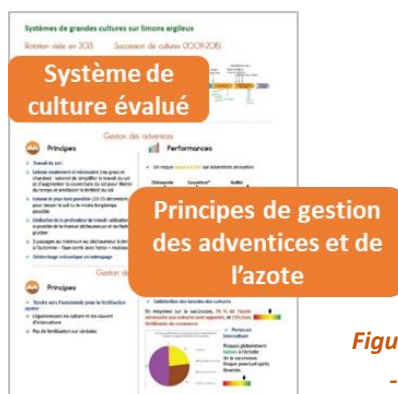


Figure 2 : fiche performances par exploitation - caractérisation du système de culture

Enfin, les évolutions prévues par l'agriculteur au-delà du temps du projet pour améliorer les performances des systèmes de culture évalués ont été notées en dernière page des fiches par exploitation et constituent autant de pistes d'améliorations de ces systèmes.



Figure 3 : fiche performances par exploitation – évolutions prévues sur l'exploitation

## 2. Les critères d'évaluation

L'évaluation des systèmes de culture vise à repérer les systèmes de culture performants pour la gestion de l'azote et des adventices et à caractériser leurs facteurs de performance. L'évaluation a donc été plus poussée sur ces deux critères.

Des critères descriptifs ont été mobilisés en complément pour estimer l'impact des pratiques de gestion de l'azote et des adventices sur d'autres éléments du système : critères économiques, temps de travaux, fertilité P et K,...

Le choix des indicateurs et de leur mode de calcul ont été discutés et validés en comité scientifique et technique<sup>1</sup>. L'ensemble des indicateurs retenus et leur mode de calcul sont présentés dans le Tableau 1 et détaillés ci-dessous.

**Tableau 1 : indicateurs et outils retenus pour l'évaluation des systèmes de culture et modes de calcul**

Les indicateurs et variables calculées sont exprimées à l'échelle du système de culture.

Critère évalué	Indicateur/outil choisi	Mode de calcul
<b>Maîtrise des adventices annuelles</b>	OdERA-Systèmes (Munier-Jolain et Pernel, 2011)	OdERA-Systèmes calcule une note de risque liée au système de culture sur chaque adventice annuelle renseignée. Cette note est fonction des pratiques mises en œuvre et de leurs impacts sur les adventices annuelles. La maîtrise des adventices annuelles est évaluée via le nombre d'adventices à risque selon OdERA-Systèmes.
<b>Maîtrise des adventices vivaces</b>	OdERA-Vivaces (chardon - Favrelière <i>et al.</i> , 2016) Dires d'agriculteurs sur d'autres adventices le cas échéant	OdERA-Vivaces est un outil construit dans le cadre du projet Agri-Bio et évaluant le risque de développement du chardon en fonction des pratiques mises en œuvre dans le système de culture. La maîtrise d'autres adventices vivaces (rumex, laiteron) est évaluée à dire d'agriculteur/de conseillers : elle est considérée comme mauvaise si la présence de l'adventice impacte la culture.
<b>Satisfaction des besoins en azote des cultures</b>	Adaptation de l'indicateur azote de MASC-AB (Craheix <i>et al.</i> , 2011)	Les potentialités des cultures sont estimées à partir des caractéristiques pédoclimatiques (paramétrage de l'outil PERSYST, Tavarès <i>et al.</i> , 2015). Les besoins des cultures en azote pour atteindre ces potentialités sont estimés selon les références du COMIFER (Comifer ; 2013). Ils sont rapportés aux fournitures d'azote par le sol, les cultures et couverts précédents et les apports de produits organiques, estimées également selon les références du COMIFER.
<b>Autonomie pour la fertilisation en azote des cultures</b>	Adaptation de l'indicateur azote de MASC-AB (Craheix <i>et al.</i> , 2011)	Satisfaction des besoins en azote des cultures par des fertilisants internes à l'exploitation. <i>Voir ci-dessus.</i>
<b>Pertes d'azote en interculture</b>	Indicateur IC (Méthode Merlin - Laurent et Minette, 2005)	L'indicateur IC évalue des risques de pertes d'azote en interculture en fonction du couple précédent/suivant, de l'implantation ou non d'un couvert, du type de couvert, de l'apport ou non d'un fertilisant en interculture.
<b>Stockage de matière organique</b>	SIMEOS-AMG ( <a href="http://www.simeos-amg.org">www.simeos-amg.org</a> )	SIMEOS-AMG simule l'évolution du stock de matière organique dans le sol sur 30 ans en fonction des pratiques mises en œuvre sur le système de culture.

<sup>1</sup> Comité réunissant les partenaires techniques du projet (conseillers des chambres d'agriculture, de l'ABP et du GABNOR) et les experts scientifiques impliqués (INRA, UniLaSalle).

Critère évalué	Indicateur/outil choisi	Mode de calcul
<b>Fertilité en phosphore et en potassium</b>	Bilan P et K	Bilan entre les exportations en phosphore et en potassium des cultures (COMIFER, 2007) et les apports effectués par les engrais organiques.
<b>Etat structural du sol</b>	Indicateur construit dans le cadre du projet Agri-Bio	Scores de risque lié aux pratiques culturales mises en œuvre sur le système de culture. A chaque intervention est associée une note de risque, définie par expertise des conseillers du projet. L'indicateur ne prend pas en compte l'effet de pratiques correctives, telles que le décompactage.
<b>Consommations énergétiques</b>	Consommation évaluée	Consommations énergétiques liées à chaque intervention (base de données EcoInvent, <a href="http://www.ecoinvent.org/">http://www.ecoinvent.org/</a> ; base de données DAE-G)
<b>Diversité cultivée</b>	Indicateur construit dans le cadre du projet Agri-Bio	Calcul d'un score lié au système de culture, en prenant en compte la diversité des espèces cultivées en culture et en interculture
<b>Maîtrise des ravageurs et des maladies</b>	Estimation à dire d'agriculteur	Estimation à dire d'agriculteur à partir de pertes liées aux maladies/ravageurs en lien avec les pratiques mises en œuvre (le mildiou, dépendant surtout du contexte climatique n'est par exemple pas pris en compte)
<b>Critères économiques</b>	Produit brut et charges	Produit brut : rendement x prix de vente* Charges en intrants (semences*, fertilisants*) Charges de mécanisation et de main d'œuvre (estimées pour chaque intervention par le barème Entraide)  <i>*Prix de vente des produits et prix d'achats des intrants selon une base de références construite dans le cadre du projet Agri-Bio.</i>
<b>Qualité des produits</b>	Estimation à dire d'agriculteur	Estimation à dire d'agriculteur de l'atteinte des objectifs en termes de qualité des produits pour répondre aux exigences de la filière.
<b>Temps de travaux</b>	Temps de travail à l'ha	Temps de travaux estimés pour chaque intervention selon le barème Entraide. Cumul de ces temps de travaux par décades et représentation à une échelle annuelle.

## 1. Maîtrise des adventices annuelles

### a. Indicateur/outil choisi

**OdERA-Systèmes** (Munier-Jolain et Pernel, 2011) :

- Evaluation du risque en adventices annuelles en fonction du système de culture et des pratiques de gestion des adventices qui y sont mobilisées.
- Note de risque allant de 0 (**maîtrise élevée**) à 100 (**maîtrise faible**) pour chaque adventice renseignée.

### b. Mode d'évaluation et mode de classification

L'évaluation a été faite sur l'ensemble des parcelles du réseau sur les adventices les plus présentes et problématiques en parcelles bios : chénopode, coquelicot, gaillet, matricaire, renouée liseron, sanve et vulpin.

La maîtrise globale des adventices par le système de culture a été approchée via le **nombre d'adventices atteignant une note de risque supérieure à 35** dans OdERA-Systèmes. Ce nombre d'adventices est interprété comme suit :

Nombre d'adventices ayant une note > 35 dans OdERA-Systèmes	Interprétation
0	Maîtrise élevée
1	Maîtrise moyenne
2	Maîtrise faible

La maîtrise de chacune des adventices citées ci-dessus est par ailleurs représentée sur les fiches individuelles par exploitation.

### c. Limites

Certaines adventices annuelles pouvant être rencontrées sur certaines parcelles n'ont pas été simulées car peu présentes dans le réseau (exemple de la morelle). La présence de l'adventice dans la parcelle est signalée sur les fiches individuelles par exploitation si elle est problématique.

Les pratiques correctives, telles que l'arrachage manuel, ne sont pas prises en compte dans l'outil.

## 2. Maîtrise du chardon

### a. Indicateur/outil choisi

**OdERA-Vivaces** (Favrelière *et al.*, 2016)

- Evaluation du risque en adventices vivaces en fonction du système de culture et des pratiques de gestion qui y sont mobilisées. L'outil n'est actuellement paramétré que sur le chardon.
- Note de maîtrise allant de 0 (maîtrise élevée) à 10 (maîtrise faible).

Pour d'autres adventices vivaces (rumex, laiteron), une appréciation à dire d'agriculteur/de conseiller est réalisée en fonction de l'impact de ces adventices sur le rendement des cultures et de leur évolution dans le temps (augmentation/stabilisation/diminution).

### b. Mode d'évaluation et mode de classification

La note de maîtrise du chardon est interprétée comme suit :

Note obtenue dans OdERA-Vivaces	Interprétation
De 1 à 4	Maîtrise élevée
De 5 à 7	Maîtrise moyenne
De 8 à 10	Maîtrise faible

### c. Limites

L'outil OdERA-Vivaces prend en compte les connaissances existantes aujourd'hui sur le chardon. Les pratiques augmentant le risque en chardon ne sont pas prise en compte, faute de références.



### 3. Satisfaction des besoins en azote des cultures

#### a. Indicateur/outil choisi

**Satisfaction des besoins des cultures de la rotation** (MASC-AB ; Craheix *et al.*, 2011) : part des besoins des cultures pour atteindre le rendement potentiel satisfait par différentes sources d'azote endogène (fertilisants issus de l'exportation, minéralisation du sol et des résidus de culture/ d'interculture) ou exogène (fertilisants du commerce : vinasses, farines,...).

- Fournitures en azote déterminée selon la méthode des bilans (Comifer ; 2013)
- Besoins des cultures = rendement potentiel en AB paramétré avec les conseillers biologiques de la région Hauts-de-France dans l'outil PERSYST en fonction de différents types de sols (Tavarès *et al.*, 2015)

#### b. Mode d'évaluation et mode de classification

Le pourcentage de satisfaction des besoins des cultures est interprété comme suit pour discriminer les systèmes de culture évalués, en cohérence avec les résultats observés sur les cultures :

Satisfaction des besoins des cultures	Interprétation
Au-delà de 80 %	Elevée
Entre 70 et 80 %	Moyenne
En dessous de 70 %	Maîtrise faible

#### c. Limites

Cet indicateur de type bilan n'informe pas sur la dynamique de l'azote dans les parcelles : même si les quantités d'azote apportées doivent pouvoir satisfaire les besoins des cultures, il faut aussi que cet azote soit disponible au bon moment par rapport aux besoins des cultures.

### 4. Autonomie pour la fertilisation en azote des cultures

#### a. Indicateur/outil choisi

**Satisfaction des besoins des cultures de la rotation** (MASC-AB ; Craheix *et al.*, 2011) : part des besoins des cultures pour atteindre le rendement potentiel satisfaite par différentes sources d'azote endogène (voir le point 3 ci-dessus).

#### b. Mode d'évaluation et mode de classification

Le pourcentage de satisfaction des besoins des cultures est interprété comme suit pour discriminer les systèmes de culture évalués, en cohérence avec les résultats observés sur les cultures :

Satisfaction des besoins des cultures	Interprétation
Au-delà de 80 %	Elevée
Entre 70 et 80 %	Moyenne
En dessous de 70 %	Maîtrise faible

c. Limites

Voir le point 3 ci-dessus

5. Stockage de matière organique

a. Indicateur/outil choisi

Outil SIMEOS-AMG ([www.simeos-amg.org](http://www.simeos-amg.org)) : Evolution des teneurs et stocks en carbone organique du sol, fondé sur le modèle de calcul du bilan humique AMG de l'INRA de Laon.

b. Mode d'évaluation et mode de classification

Le tableau ci-dessous donne les règles d'interprétation des résultats issus de SIMEOS-AMG pour chaque système de culture :

**Stockage de matière organique**

		Evolution du taux de matière organique dans SIMEOS-AMG		
		Déstockage	Conservation	Stockage
Taux de MO à 30 ans	Faible (<à1,9)	faible	faible	moyen
	Moyenne (1,9-2,1)	moyen	élevé	élevé
	Fort (>à2,1)	moyen	élevé	élevé

c. Limites

Les références utilisées dans l'outil SIMEOS-AMG sur les restitutions de biomasse au sol par les résidus de culture sont issues de suivis expérimentaux sur des parcelles conventionnelles. De ce fait, les quantités restituées et donc le taux de matière organique à 30 ans dans les parcelles biologiques peuvent ne pas correspondre à des valeurs mesurées. L'utilisation de SIMEOS-AMG donne toutefois une idée sur l'évolution du stock de matière organique en tendance et de classer les systèmes de culture selon leur impact sur ce stock sur le long terme.

## 6. Risque de pertes d'azote en interculture

### a. Indicateur/outil choisi

L'essentiel des pertes d'azote par lessivage se faisant à l'interculture, il a été décidé de ne prendre en compte que cette période pour l'évaluation. L'indicateur IC de la méthode Merlin (Laurent et Minette, 2005) a été retenu, avec quelques adaptations pour intégrer de nouvelles connaissances scientifiques concernant la prise en compte des cultures intermédiaires (Justes *et al.*, 2013) et la prise en compte d'un anté-précédent luzerne et l'arrière-effet d'une interculture de trèfle blanc.



### b. Mode d'évaluation et mode de classification

En rouge les modifications apportées dans le cadre du projet Agri-Bio

#### o Durée sans absorption

Figure 4 : variables prises en compte par l'indicateur IC

Précédent	Suivant	Durée sans absorption de N	Durée (mois)	L : longue M : moyenne C : Courte
Céréale à paille	Maïs, tournesol	Début 07 à fin 04	9,5	L
Céréale à paille	Pois p, céréale à paille de printemps, <b>février</b>	Mi 06 à début 03	8,5	L
Céréale à paille, colza d'hiver et de printemps	Céréale à paille d'hiver	Début 07 à début 01	6	M
Céréale à pailles	Colza d'hiver	Début 07 à fin 09	3	C
Maïs ensilage	Céréale à paille d'hiver	Début 09 à début 01	4	C
Maïs ensilage	maïs	Début 09 à fin 04	8	L
Maïs grain	Céréale à paille d'hiver	Mi 09 à début 01	3,5	C
Maïs grain	Maïs	Mi 09 à fin 04	7,5	M
Pois	Maïs	Mi 06 à fin 04	10,5	L
Pois, lupin	Céréale à paille hiver	Mi 06 à début 01	6,4	M
Tournesol	Céréale à paille hiver	Début 09 à début 01	4	C
Tournesol	Céréale à paille printemps	Début 09 à début 03	6	M
Céréale à paille	RGI (semis 01/09)	Mi 06 à début 10	3,5	C
Prairie destruction automne	Céréale à paille hiver	Après 01/09 à début 01	<4	C
Prairie destruction automne	Maïs	Après 01/09 à fin 03	<8	M
Prairie destruction à partir de février	Maïs	Après 01/02 à fin 03		
<b>Betterave/endive/chicorée</b>	<b>Céréale paille printemps/pois/février</b>	<b>Mi 10 à début 04</b>	<b>5,5</b>	<b>M</b>
<b>Betterave/endive/chicorée</b>	<b>Céréale à paille h</b>	<b>Mi 10 à début 02</b>	<b>&lt;4</b>	<b>C</b>
<b>Céréale à paille</b>	<b>Betterave/PDT/carotte/endive/chicorée</b>	<b>Début 07 à début 05</b>	<b>&gt;8</b>	<b>L</b>
Pomme de terre/ <b>carotte</b>	Céréale paille hiver	Début 09 à début 01	≤5,5	M à C
Pomme de terre/ <b>carotte</b>	Céréale paille p/pois/février	Début 09 à début 04	≤7,5	<b>M</b>
Pomme de terre/ <b>carotte</b>	<b>Betterave/PDT/carotte/endive/chicorée</b>	<b>Début 09 à début 05</b>	<b>≤8,5</b>	<b>M à L</b>

○ **Gestion des résidus**

Culture	Biomasse restituée au sol	Teneur en azote	Note résidus
Pailles de céréales, maïs grain ou sorgho enfouies, pailles de tournesol	Moyenne à forte	Faible	1
Pailles de céréales ou maïs grain laissées en surface	Faible à moyenne	Faible	2
Pailles de céréales exportées, maïs ensilage, sorgho ensilage	Faible	Faible	2
Prairie à dominante fauchée	Moyenne	Moyenne	3
Fanes de pois, lupin, féverole, luzerne, colza, prairie à dominante pâturée	Moyenne à forte	Moyenne à forte	4
Pomme de terre, betterave, haricot	Faible	Elevée	(2) 3
Endive, chicorée, carotte	Faible	Moyenne	2
Association céréale légumineuse pailles exportées	Faible	Moyenne	3
Association céréale légumineuse pailles restituées	Faible à moyenne	Moyenne	2

○ **Limitation du stock d'azote potentiellement lessivable**

Culture	Biomasse restituée au sol	Teneur en azote	Note résidus
Pailles de céréales, maïs grain ou sorgho enfouies, pailles de tournesol	Moyenne à forte	Faible	1
Pailles de céréales ou maïs grain laissées en surface	Faible à moyenne	Faible	2
Pailles de céréales exportées, maïs ensilage, sorgho ensilage	Faible	Faible	2
Prairie à dominante fauchée	Moyenne	Moyenne	3
Fanes de pois, lupin, féverole, luzerne, colza, prairie à dominante pâturée	Moyenne à forte	Moyenne à forte	4
Pomme de terre, betterave, haricot	Faible	Elevée	(2) 3
Endive, chicorée, carotte	Faible	Moyenne	2
Association céréale légumineuse pailles exportées	Faible	Moyenne	3
Association céréale légumineuse pailles restituées	Faible à moyenne	Moyenne	2
Exemple de couverts/cultures	Absorption d'azote	Lessivage d'azote	Note piégeage
Sol nu	Très faible à forte	-	4
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puis semis de blé ou d'orge</li> <li>• En attente de culture de printemps</li> <li>• Entre maïs ou culture tardive et céréale h</li> </ul>	Nulle	-	5
Colza en culture suivante semé :	Forte	Nul	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avant le 10/09</li> <li>• Après le 10/09</li> </ul>	Forte	Moyen	2
CIPAN	Moyenne	Moyen	3
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implanté début septembre et détruite en octobre</li> <li>• Détruite en novembre (si levée 25/07 ou 10/08-1)</li> <li>• Détruite après le 01/12 (crucifère, graminée) (si levée au 25/09-3)</li> </ul>	Forte	Moyen	2
	Forte	Faible	1
CIPAN légumineuse	Moyenne	Moyen	3
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Détruite en octobre/novembre (si levée à partir du 25/07 détruite à partir 20/10-1 ou à partir du 01/10-2 pour une levée au 25/09-4)</li> </ul>	Forte	Moyen	2

Culture	Biomasse restituée au sol	Teneur en azote	Note résidus
<ul style="list-style-type: none"> <li>Détruite début décembre (si levée à partir du 25/07-1 ; sauf si levée entre le 25/08 et le 10/09-2 ; levée après le 10/09-4)</li> <li>Détruite après le 01/12 (si levée à partir du 10/09-3)</li> <li>Levée au 25/08 détruite après le 10/12-2</li> </ul>	Forte	Faible	1
CIPAN (hors légumineuse)	Très faible à forte	-	4
<ul style="list-style-type: none"> <li>Après maïs grain</li> <li>Après tournesol (implanté septembre détruite fin octobre)</li> </ul>	Très faible à forte	-	4
Repousses de colza détruites	Moyenne	Moyen	3
<ul style="list-style-type: none"> <li>En août/septembre</li> <li>En octobre/novembre</li> <li>Après le 01/12</li> </ul>	Forte	Moyen	2
	Forte	Faible	1
Repousses de céréales	Moyenne	Moyen	3
<ul style="list-style-type: none"> <li>Détruites début septembre</li> <li>Détruites octobre/novembre</li> <li>(développement important) détruites après le 01/12</li> </ul>	Moyenne	Faible	2
	Forte	Faible	1
Prairie permanente (culture pérenne)	Forte	Nul	1
Prairie permanente ou temporaire détruite	Faible	Fort	4
<ul style="list-style-type: none"> <li>en août/septembre</li> <li>à partir de février</li> </ul>	Forte	Nul	1
Prairie permanente ou temporaire implantée avant le 10/09	Moyenne	Faible	2
Prairie temporaire semée début octobre (RGI)	Faible	Nul à faible	3

Les règles d'agrégation de l'indicateur IC ont été conservées telles qu'elle, puis les résultats interprétés comme suit :

Note obtenue (indicateur IC)	Maîtrise du risque de pertes par lixiviation
3	Très élevée
2	Elevée
1	Faible
0	Très faible

### c. Limites

L'indicateur IC évalue un risque lié au système de culture. En fonction du climat et du type de sol, ce risque ne s'exprime pas forcément.

## 7. Indicateurs économiques

### a. Indicateurs/outils choisis

Produit brut : rendement obtenu (dires d'agriculteur) x prix de vente/ Charges en semences et en fertilisants/ Coûts de mécanisation et de main d'œuvre.

## b. Mode d'évaluation et mode de classification

Les références de prix de vente, des prix de semences et de coûts des engrais sont les mêmes sur l'ensemble des exploitations et correspondent aux prix BIOCER et NORABIO pour l'année 2014, complétés avec l'expertise des conseillers et agriculteurs partenaires du projet pour les références manquantes.

Les coûts de mécanisation et de main d'œuvre sont issus du barème Entraide. Un seul outil type est retenu par type d'intervention.

Suite aux décisions du comité scientifique et technique du projet, aucune classification n'a été faite sur les indicateurs économiques. Les valeurs obtenues sont présentées à l'échelle du système de culture pour chaque indicateur économique, l'appréciation de ces valeurs étant faites par l'agriculteur en fonction de ses objectifs.

## c. Limites des indicateurs choisis

Pour pouvoir comparer les systèmes entre eux, les marchés spécifiques des agriculteurs ne sont pas pris en compte : les prix de vente des produits peuvent être sous-estimés et les prix d'achats des intrants sur-estimés. De même, les coûts de mécanisation sont estimés à partir d'une liste de matériel commun à l'ensemble des exploitations, les choix en termes de type d'investissement (neuf, occasion, CUMA) et de matériel (largeur de travail,...) ne sont donc pas plus pris en compte.

## 8. Temps de travaux

### a. Indicateurs/outil choisi

Temps de travaux (h/ha/an) moyens sur la succession de culture et cumul des temps de travaux par décades sur un assolement fictif d'un hectare reprenant la succession de cultures (illustration en Figure 16).

### b. Mode d'évaluation et mode de classification

Cet indicateur mobilise les références disponibles dans le barème Entraide. Un seul outil type est retenu par type d'intervention.

Suite aux décisions du comité scientifique et technique du projet, aucune classification n'a été faite sur cet indicateur. Les valeurs obtenues sont présentées à l'échelle du système de culture, l'appréciation de ces valeurs étant faites par l'agriculteur en fonction de ses objectifs.

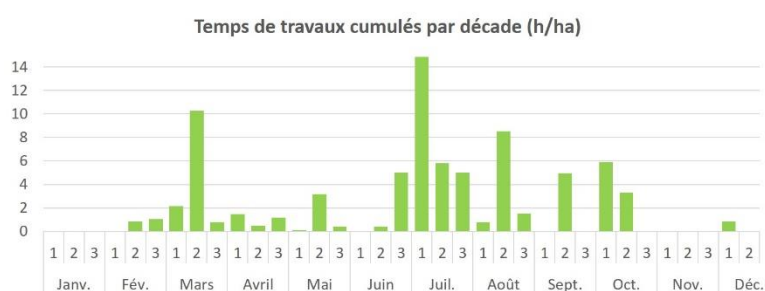


Figure 5 : représentation des cumuls de temps de travaux à une

## 9. Fertilité en phosphore et en potassium

### a. Indicateurs/outil choisi

Bilan entre les exportations en phosphore et en potassium des cultures (COMIFER, 2007) et les apports effectués par les engrais organiques.

b. Mode d'évaluation et mode de classification

Les bilans sont calculés à l'échelle du système de culture puis interprétés selon les règles suivantes pour discriminer les systèmes de culture évalués :

Bilan en phosphore ou potassium (kg/ha/an)	Maîtrise de la fertilité en phosphore ou potassium
> à 100	Elevée
100 à -100	Moyenne
< à - 100	Faible

c. Limites

Cet indicateur constitue une approche simplifiée de la fertilité en phosphore ou potassium. Il ne prend pas en compte le stock initial présent dans le sol.

10. Etat structural du sol

a. Indicateurs/outil choisi

Note de risque à l'échelle du système de culture liée aux interventions mises en œuvre.

b. Mode d'évaluation et mode de classification

Une note de risque a été attribuée à dire d'experts par les conseillers du projet pour chaque type d'interventions.

Interventions	Risque de tassement
Arrachage pomme de terre/betterave/carotte	3
Récolte maïs	2,5
Houe rotative	2
Fertilisation printemps (vinasses)	2
Récolte luzerne (déshydratation)	2 (un an sur trois)
Récolte céréales	1
Traitements (mildiou)	1
Semis	1
Binage	1
Buttage	1
Fertilisation automne	1
Fauche	1
Herse	1
Labour	1

c. Limites

Cet indicateur calcule un risque lié aux interventions sans prise en compte du contexte pédoclimatique ni du type de matériel (notamment choix des pneus et pression de gonflage). Il ne prend également pas en compte les interventions correctives (décompactage).

## 11. Maîtrise des maladies et ravageurs

Estimation à dire d'agriculteur des pertes de récolte dues aux maladies/ravageurs en lien avec les pratiques mises en œuvre (le mildiou, dépendant surtout du contexte climatique n'est par exemple pas pris en compte).

## 12. Qualité des produits

Estimation à dire d'agriculteur d'une baisse en qualité des produits par rapport à la qualité visée, en lien avec les pratiques mises en œuvre.

## 3. Validation des résultats

Les résultats obtenus ont été discutés avec les conseillers partenaires et experts scientifiques du projet pour en assurer la validité.

Par ailleurs, les résultats sur chaque exploitation ont été discutés avec l'agriculteur concerné pour vérifier leur cohérence par rapport aux observations de l'agriculteur et expliquer les écarts si besoin. Ces échanges ont également permis d'ajuster la présentation des résultats de manière à ce qu'elle soit parlante pour des agriculteurs n'ayant pas participé au projet.

Les performances des systèmes de culture ainsi qu'une interprétation de ces performances sont présentées dans les fiches individuelles pour chacune des exploitations (Figure 5). Une analyse globale par type de système en est faite dans le document faisant la synthèse sur l'évaluation des performances (Figure 4).



Figure 7 : fiche performances par exploitation – Présentation des performances du système suivi



Figure 6 : synthèse des performances par type de système de culture.



## C. Résultats obtenus sur les systèmes de culture suivis

### 1. Des performances variées en fonction des types de systèmes de culture

Les exploitations suivies ont des orientations technico-économiques variées (Tableau 2) et mettent en œuvre une diversité de leviers pour la gestion des adventices et de l'azote.

**Tableau 2 : Caractéristiques des fermes du réseau Agri-Bio en 2013.**

*Id : Identifiant ; SAU : Surface Agricole Utile ; AB : Agriculture Biologique ; C : Conversion ; Bovin A : Bovin allaitant ; Bovin L : Bovin laitier ; Poule P : Poule pondeuse ; Volaille C : Volaille de chair ; PDT : pomme de terre ; Pois de c : Pois de conserve ; Transfo : Transformation.*

Id	SAU totale (ha)	SAU AB + C (ha)	Mixité	Année de conversion	Elevage	Surface légumes (ha)	Surface luzerne (ha)
1	85	85	NON	1998	Bovin L	4,5 (5% SAU AB+C) PDT, endive	14,04 (17% SAU AB+C)
2	169	169	NON	2002	Bovin L	0	25 (16% SAU AB+C)
3	168	168	NON	2009	Bovin L	1,2 (0,7% SAU AB+C) PDT	48 (29% SAU AB+C)
4	97	97	NON	1993	NON	25 (26 SAU AB+C) PDT, carottes, oignons, chicorée café	0
5	270	110	OUI	2011	NON	1,2 (2 SAU AB+C Carotte)	12 (21% SAU AB+C)
6	38	38	NON	2005	Volaille C	10,9 (29 SAU AB+C) PDT, betterave rouge	10,3 (27% SAU AB+C)
7	95	95	NON	1999	NON	5 (5 SAU AB+C) carotte, betterave rouge	18,35 (19% SAU AB+C)
8	190	70	OUI	1999	NON	8 (11 SAU AB+C) carottes, Chicorée café	15,5 (22% SAU AB+C)
9	119	106	NON	2000	NON	0	40,5 (38% SAU AB+C)
10	210	210	NON	2001	Bovin A	1,5 (0,71 SAU AB+C) PDT, carottes	27,3 (13% SAU AB+C)
11	155	155	NON	2010	Bovin A	20,9 (13,5 SAU AB+C) PDT, haricots verts, pois de c	10,5 (7% SAU AB+C)
12	160	160	NON	1981	Bovin A + porcs + Poules P	0	18,2 (11% SAU AB+C)
13	52	52	NON	1997	NON	9 (17 SAU AB+C) PDT, endives chicorée café	12 (23% SAU AB+C)
14	155	69	OUI	2010	NON	7 (10 SAU AB+C) carotte	8 (12% SAU AB+C)
15	285	285	NON	1982	Bovin A	3,11 (1 SAU AB+C) PDT	30 (11% SAU AB+C)

L'analyse des performances obtenues sur ces systèmes de culture a montré des tendances différentes par type de système de culture, malgré une variabilité au sein de chaque système de culture. De ce fait, le choix a été fait de présenter les performances de ces systèmes par « type » de systèmes de culture.

Cette analyse a permis d'identifier des leviers mobilisables pour gérer les adventices et l'azote différents en fonction des systèmes de système et d'identifier les « facteurs de performance », c'est-à-dire les stratégies permettant d'assurer la performance de chaque type de système.

Par ailleurs, les critères « diversité cultivée », « maîtrise des ravageurs et des maladies » et « qualité des produits » n'ont pas permis de discriminer les types de systèmes de culture. Ils ne sont donc pas détaillés ci-dessous.

## 2. Analyse des performances par type de système de culture

### 1. Les systèmes de polyculture-élevage



(11 systèmes de culture évalués)

#### En résumé :

Les systèmes de polyculture-élevage disposent potentiellement d'une diversité de leviers pour gérer les adventices et l'azote. La réussite de ces systèmes repose sur la mobilisation de leviers complémentaires pour la maîtrise des adventices (alternance des périodes de semis pour les adventices annuelles, leviers complémentaires à la prairie pluriannuelle pour le chardon).

Les principaux points de vigilance sont la limitation du risque de lixiviation d'azote après légumineuses ou apports de fertilisants azotés et la compensation des exportations de phosphore et de potassium par la luzerne.

#### a. Maîtrise des adventices annuelles



Les systèmes de polyculture-élevage sont en moyenne bons sur la maîtrise des adventices annuelles. Des écarts sont toutefois observés au sein de ces systèmes, qui s'expliquent par le fait que la présence de cultures pluriannuelles fauchées ne suffit pas pour maîtriser les adventices annuelles sur l'ensemble d'une rotation. Il est nécessaire de mobiliser d'autres leviers, notamment l'alternance des cultures d'automne et de printemps dans la rotation.

#### b. Maîtrise du chardon



Une diversité de performances est observée sur ce critère : malgré la présence d'une culture pluriannuelle fauchée, le chardon n'est pas toujours maîtrisé. Les systèmes qui aboutissent à une bonne maîtrise du chardon sont ceux où des leviers complémentaires sont mobilisés (déchaumages répétés en interculture, labour,...).

#### c. Satisfaction des besoins de cultures en azote




Les systèmes de polyculture-élevage permettent en général d'apporter assez d'azote pour satisfaire les besoins des cultures, du fait de la diversité des leviers mobilisables dans ces systèmes : prairie avec légumineuses, légumineuses en culture ou en interculture, produits organiques issus ou non de l'exploitation,...

#### d. Pertes d'azote en interculture




Les résultats obtenus à l'échelle du système de culture sont bons. Cependant, des risques élevés de pertes d'azote sont présents après légumineuses, notamment après luzerne, et après application des fertilisants organiques. Une vigilance est donc à porter à la gestion de l'interculture dans ces situations (implantation de couverts/ de cultures exigeantes en azote).


#### e. Stockage de matière organique

 Les systèmes de polyculture-élevage permettent d'entretenir le stock de matière organique des sols via les restitutions de biomasse des cultures pluriannuelles, des couverts d'interculture et les apports de produits organiques.


#### f. Fertilité en phosphore et en potassium

 Le bilan en P et K des systèmes de polyculture-élevage sont globalement bons. Cependant, dans certaines situations, les exportations de la luzerne ne sont pas suffisamment compensées par les fertilisants organiques apportés (jusqu'à -340 kg de K/ha). En fonction des quantités de phosphore et de potassium présents dans le sol, une vigilance est donc à porter sur la compensation des exportations de ces éléments par la luzerne.

#### g. Etat structural du sol

 Des performances disparates sont observées sur ce critère, principalement en lien avec la présence ou non de légumes (surtout la pomme de terre) dans les rotations. Les conditions de récolte de ces légumes expliquent les mauvaises performances sur les systèmes concernés.

#### h. Consommations énergétiques

 Les consommations énergétiques sur les systèmes de polyculture-élevage (57,6 EQF/ha/an) se situent dans la moyenne de celles observées sur l'ensemble des systèmes de culture suivis (62,8 EQF/ha/an).

#### i. Marge brute et charges

La marge brute moyenne des systèmes de polyculture-élevage (1077 €/ha) est dans la moyenne des systèmes de culture suivis, hors systèmes légumiers (1075 €/ha).

Les charges prépondérantes sont celles liées à la fauche et à la récolte (Figure 6). Les charges liées à l'épandage des engrais organiques sont quant à elles plus élevées que dans les autres systèmes non légumiers, du fait de l'apport d'effluents organiques internes à l'exploitation.

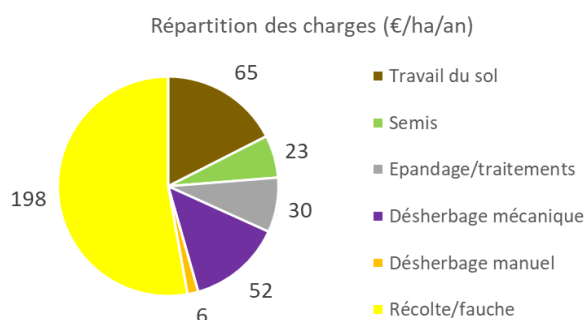


Figure 8 : répartition des charges liées aux travaux dans les systèmes de polyculture-

#### j. Temps de travaux

Les temps de travaux sont variables. Ils dépendent de la part des prairies dans la rotation et de leur mode d'exploitation (pâturage ou fauches).

Les pics de travaux sont liés aux périodes de fauche de la luzerne/ de la prairie.

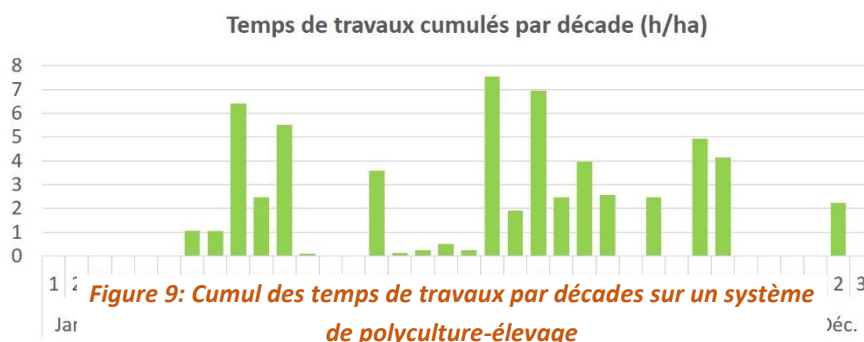


Figure 9: Cumul des temps de travaux par décades sur un système de polyculture-élevage

## 2. Les systèmes de polyculture sans élevage avec luzerne



(5 systèmes de culture évalués)

### En résumé :

Les systèmes de polyculture sans élevage et avec luzerne bénéficient de la présence de la luzerne en tête de rotation pour la maîtrise des adventices et la gestion de l'azote. Cependant, la mobilisation de leviers complémentaires est nécessaire : pour la gestion du chardon, et ce d'autant plus que la luzerne n'est présente que sur deux ans dans la plupart des cas ; pour la gestion de l'azote, les produits organiques ne pouvant provenir que du commerce.

Les principaux points de vigilance concernent :

- la fertilité en phosphore et potassium : en l'absence d'apports de fertilisants riches en ces éléments, le bilan, surtout en potassium, est fortement déficitaire.
- le stockage de matière organique : des restitutions de biomasse (apports de compost, implantation de couverts si possible en interculture,...) sont nécessaires pour ne pas déstocker

### a. Maîtrise des adventices annuelles



Les performances des systèmes sur la maîtrise des adventices annuelles sont disparates. Elles sont liées à la mise en œuvre ou non des principes agronomiques pour la gestion des adventices annuelles, et surtout de l'alternance des cultures d'automne/de printemps dans la rotation et du décalage des dates de semis sur céréales d'hiver.

### b. Maîtrise du chardon



Une diversité de performances est observée sur ce critère : malgré la présence d'une culture pluriannuelle fauchée, le chardon n'est pas toujours maîtrisé. Les systèmes qui aboutissent à une bonne maîtrise du chardon sont ceux où des leviers complémentaires sont mobilisés (déchaumages répétés en interculture, labour,...).

### c. Satisfaction des besoins de cultures en azote




La présence de légumineuses dans la rotation et l'apport de produits organiques du commerce en complément permet d'apporter assez d'azote pour satisfaire les besoins des cultures tout en gardant une autonomie élevée pour la satisfaction des besoins des cultures.

### d. Pertes d'azote en interculture



Les résultats obtenus à l'échelle du système de culture sont bons. Cependant, des risques de pertes d'azote sont présents après légumineuses, et notamment après luzerne. Une vigilance est à porter à la gestion de l'interculture dans ces situations (implantation de couverts/ de cultures exigeantes en azote).

### e. Stockage de matière organique


 Hors apports de compost dans la rotation et en l'absence de couverts en interculture, certains systèmes peuvent déstocker la matière organique du sol (figure 8). Il faut donc veiller à restituer assez de biomasse pour réalimenter ce stock.



**Figure 10 : Evolution du stock de carbone du sol sur 30 ans dans un système de grande culture avec luzerne sans compost (en rouge) et avec un compost et un couvert supplémentaire en interculture (en vert)**  
 Un apport de compost dans la rotation et l'implantation d'un couvert supplémentaire en interculture permettent de limiter le déstockage de matière organique.

### f. Fertilité en phosphore



### et en potassium



Les bilans en P et K de ces systèmes sont en général négatif : les exportations de la luzerne ne sont pas compensées par des apports de fertilisants riches en ces éléments. En fonction des quantités de phosphore et de potassium présents dans le sol, des apports de fertilisants (compost de déchets verts, vinasses,...) sont nécessaires.

### g. Etat structural du sol



Des performances disparates sont observées sur ce critère, principalement en lien avec la présence ou non de légumes dans les rotations.

### h. Consommations énergétiques



Les consommations énergétiques sur ces systèmes (55,6 EQF/ha/an) se situent dans la moyenne de celles observées sur l'ensemble des systèmes de culture suivis (62,8 EQF/ha/an).

### i. Marge brute et charges

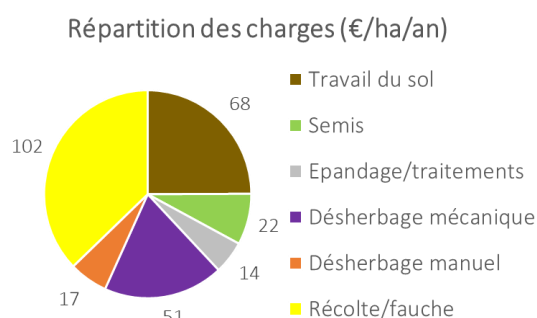
La moyenne des marges brutes des systèmes avec luzerne (993 €/ha/an) est proche de celles des systèmes de culture suivis, hors systèmes légumiers (1075 €/ha).

Les charges prépondérantes sont celles liées à la fauche et à la récolte (Figure 9).

### j. Temps de travaux

La moyenne des temps de travaux est plus basse que celle des systèmes de culture évalués, mais ces temps sont variables en fonction des cultures présentes dans la rotation.

Les pics de travaux sont liés aux périodes de fauche de la luzerne.



**Figure 11 : répartition des charges liées aux travaux dans les systèmes de grande culture avec luzerne**

### 3. Les systèmes de polyculture sans luzerne



(2 systèmes de culture évalués)

#### En résumé :

Les systèmes de polyculture sans luzerne doivent compenser l'absence de ce levier pour maîtriser les adventices et gérer l'azote. Cela se traduit par :

- Une mobilisation renforcée des autres leviers pour la gestion des adventices : labour, déchaumages répétés en interculture, désherbage mécanique
- Un recours plus important aux engrais organiques du commerce, et donc une moindre autonomie pour la fertilisation azotée.

L'intensification du travail du sol en interculture limite la possibilité d'implanter des couverts sur cette période, ce qui entraîne un risque plus élevé de lixiviation d'azote en période de drainage. De plus, les restitutions de biomasse au sol sont moindres et les apports de composts absents. Ces systèmes tendent donc à déstocker la matière organique du sol.

#### a. Maîtrise des adventices annuelles



Les performances des systèmes évalués sont mauvaises sur ce critère, en lien avec des dates d'intervention (labour, travail du sol) non optimales.

#### b. Maîtrise du chardon



Le chardon est maîtrisé dans ces systèmes grâce à une forte intensité de travail du sol (labour quasi-systématique, 3 déchaumages sur la plupart des périodes d'interculture).

#### c. Satisfaction des besoins de cultures en azote



La luzerne n'est pas présente dans la rotation et les périodes d'interculture sont mobilisées pour les déchaumages contre le chardon. La satisfaction des besoins en azote des cultures dans ces systèmes repose donc sur l'implantation de légumineuses en culture (protéagineux) et sur les engrais organiques du commerce. De manière globale, sur les successions de culture évaluées, la satisfaction des besoins des cultures en azote est moyenne, sans que cela n'ait d'impacts sur les marges brutes du système qui restent équivalents aux autres systèmes de culture sans légumes.

L'autonomie de ces systèmes de culture pose cependant question. Une piste d'amélioration consisterait à optimiser l'insertion des légumineuses à graines dans la rotation, notamment par le recours aux associations avec des céréales pour maîtriser les adventices annuelles sur ces cultures peu couvrantes au démarrage (pois, féverole).

#### d. Pertes d'azote en interculture



Le risque de pertes d'azote en interculture est moyen : la nécessité de travailler le sol en interculture ne permet pas l'implantation de couverts sur ces périodes.

#### e. Stockage de matière organique



Hors apports de compost dans la rotation et en l'absence de couverts en interculture, certains systèmes peuvent déstocker la matière organique du sol. Il faut donc veiller à restituer assez de biomasse au sol pour réalimenter le stock du sol.

f. Fertilité en phosphore  et en potassium 

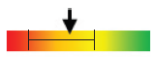
L'absence de luzerne dans la rotation et les apports d'engrais organiques réalisés permettent d'avoir des bilans équilibrés ou moyennement déficitaires en phosphore ou potassium.

g. Etat structural du sol



Les interventions réalisées sont à risque faible ou moyen pour la structure du sol. Cependant, les effets d'interventions répétées sur la structure du sol sont aujourd'hui peu connus. De plus, les apports de vinasse sont parfois réalisés dans de mauvaises conditions et peuvent contribuer à un tassement du sol.

h. Consommations énergétiques



Les consommations énergétiques sur ces systèmes (75 EQF/ha/an) sont en moyenne plus élevées que sur les autres systèmes de culture sans légumes suivis (56,5 EQF/ha/an).

i. Marge brute et charges

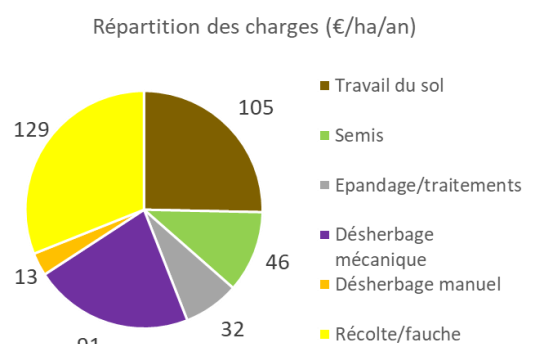
La marge brute des systèmes de grande culture sans luzerne (1155 €/ha/an) est dans la moyenne des systèmes de culture suivis, hors systèmes légumiers.

Les charges prépondérantes sont toujours celles liées à la récolte. Celles dues au travail du sol et au désherbage mécanique augmentent par rapports aux autres systèmes hors légumes (105 €/ha/an pour le travail du sol dans ces systèmes contre 68€/ha/an dans les systèmes avec luzerne et sans élevage; 91 €/ha/an contre 51 pour le désherbage mécanique), en lien avec l'intensification des travaux pour la maîtrise des adventices (Figure 10).

Les charges en épandage sont plus élevées que dans les systèmes avec luzerne en lien avec des passages supplémentaires pour la fertilisation (32 €/ha/an contre 16 €/ha/an).

j. Temps de travaux

Les temps de travaux (6h/ha/an) sont dans la moyenne des systèmes de culture évalués, hors systèmes légumiers.



**Figure 12 : répartition des charges liées aux travaux dans les systèmes de grande culture sans luzerne**

## 4. Les systèmes légumiers avec luzerne



(2 systèmes de culture évalués)

### En résumé :

Les systèmes légumiers avec luzerne bénéficient de la présence de cette tête de rotation.

Cependant, pour maîtriser le chardon, des leviers complémentaires doivent être mobilisés : labour, déchaumages répétés en interculture (automne et au printemps avant légumes), binage si possible sur les légumes (betterave rouge, carotte), désherbage manuel indispensable.

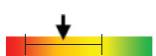
Les quantités d'azote apportées par différents sources correspondent aux besoins des cultures à l'échelle de la rotation. Les apports de fertilisants organiques sont toutefois nécessaires pour apporter de l'azote en cours de rotation, mais aussi pour compenser les exportations en phosphore et potassium de la luzerne.

Les interventions tardives sur légumes sont à risque pour la structure du sol, mais la présence de luzerne permet d'avoir une « coupure » dans la rotation, dont les effets restent à étudier.

Les marges brutes sont élevées malgré des charges (interventions mécaniques, désherbage manuel) elles aussi élevées. Elles ne prennent cependant pas en compte les investissements nécessaires à la production de légumes de plein champ (matériel de récolte, irrigation,...).

Les temps de travaux sont également élevés et sont surtout dus au désherbage manuel des légumes. La disponibilité de la main d'œuvre est un élément clé des systèmes légumiers et demande une gestion spécifique que l'on ne retrouve pas dans les systèmes de grande culture.

### a. Maîtrise des adventices annuelles



La maîtrise des adventices annuelles dans ces systèmes est faible, en lien avec une part importante de culture de printemps (jusque 3 ans de légumes sur 6) dans la rotation.

### b. Maîtrise du chardon



La présence de luzerne dans la rotation ne garantit pas la maîtrise du chardon, d'autant plus que la luzerne n'est présente que sur deux ans dans les systèmes évalués. Des leviers complémentaires doivent être mobilisés en complément :

- Déchaumages répétés en fin d'été, dès que le chardon réapparaît dans la parcelle (3 ans en moyenne d'après les enquêtes réalisées dans le projet Agri-Bio)
- Déchaumages répétés au printemps. La présence de légumes implantés tardivement au printemps permet en effet d'intervenir à une période où le chardon est sensible
- Binages sur les légumes lorsque l'écartement le permet (carotte, betterave rouge,...)
- Désherbage manuel nécessaire en complément. Une mobilisation adéquate des leviers précédents peut permettre de limiter les temps de désherbage manuel.

### c. Satisfaction des besoins de cultures en azote



La présence de luzerne dans la rotation permet d'apporter de l'azote dans le système de culture et d'avoir une certaine autonomie pour la satisfaction des besoins en azote des cultures. Cependant, des apports supplémentaires d'azote sont nécessaires en cours de rotation, via des couverts intégrant des légumineuses (lorsque la lutte contre le chardon n'est pas nécessaire en interculture) ou via des apports d'engrais organiques du commerce.



#### d. Pertes d'azote en interculture



Le risque de pertes d'azote en interculture est modéré à l'échelle de la rotation, mais des risques ponctuels sont présents après légumineuses (luzerne, protéagineux). Une vigilance est donc à porter à la gestion de l'interculture dans ces situations (implantation de couverts/ de cultures exigeantes en azote).

#### e. Stockage de matière organique



Les légumes restituent peu de biomasse au sol après récolte. De ce fait, une vigilance est à porter sur l'alimentation du stock de matière organique du sol dans les systèmes légumiers : par des prairies pluriannuelles, par des couverts en interculture, par des apports de composts en cours de rotation.

#### f. Fertilité en phosphore et en potassium



La luzerne a des besoins élevés en phosphore et surtout en potassium. En l'absence de fertilisants compensant les quantités exportées, les bilans sont négatifs (jusque -600 kg de K/ha). En fonction des quantités en ces éléments présents dans le sol, une vigilance est à porter à la compensation de ces exportations.

#### g. Etat structural du sol



Les interventions réalisées sont à risque faible ou moyen pour la structure du sol. Cependant, les effets d'interventions répétées sur la structure du sol sont aujourd'hui peu connus. De plus, les apports de vinasse sont parfois réalisés dans de mauvaises conditions et peuvent contribuer à un tassement du sol.

#### h. Consommations énergétiques



Les consommations énergétiques sur ces systèmes (65 EQF/ha/an) sont en moyenne plus élevées que sur les systèmes de culture sans légumes suivis du fait de l'augmentation du nombre d'interventions et de la lourdeur des chantiers de récolte sur légumes de plein champ. Cependant, la présence de luzerne dans la rotation permet de limiter ces consommations.

#### i. Marge brute et charges

Les marges brutes sur les systèmes légumiers sont élevées (2329 €/ha/an). Toutefois, le mode de calcul ne prend pas en compte les charges de structure liées aux investissements sur légumes (matériel spécifique, irrigation,...)

Les charges prépondérantes (Figure 11) sont celles liées au désherbage mécanique et manuel et au travail du sol en interculture, indispensables pour la maîtrise des adventices annuelles et vivaces.

Les charges de récolte sont élevées, là encore en lien avec la lourdeur des travaux d'arrachage sur légumes.

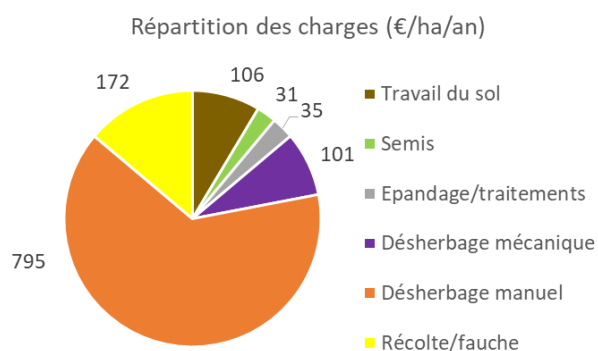
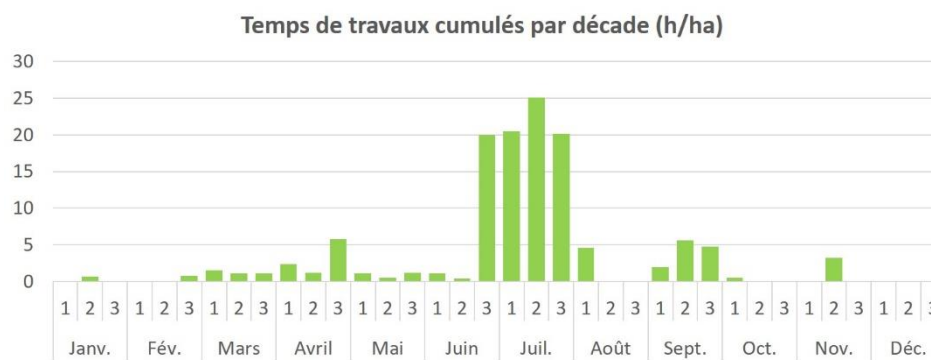


Figure 13 : répartition des charges liées aux travaux dans les systèmes légumiers

## j. Temps de travaux

Les temps de travaux sont élevés et sont surtout liés au désherbage des légumes. Les pics de travaux sont surtout liés aux périodes de désherbage (juin/juillet), puis aux périodes de récolte des légumes (Figure 12).



**Figure 14 : Cumul des temps de travaux par décades sur un système légumier avec luzerne**

## 5. Les systèmes légumiers sans luzerne



(3 systèmes de culture évalués)

### En résumé :

La durabilité des systèmes légumiers sans luzerne est fragile.

La maîtrise des adventices dans ces systèmes, et notamment du chardon, repose sur une intensification globale des travaux (labour, déchaumages, binages, désherbages manuels), ce qui se traduit par des consommations énergétiques et des temps de travaux élevés. La disponibilité de la main d'œuvre est un élément clé du système et demande une gestion spécifique que l'on ne retrouve pas dans les systèmes de grande culture.

La satisfaction des besoins des cultures en azote repose sur les fertilisants du commerce.

Compte-tenu des restitutions de biomasse faibles par les légumes, et en l'absence de couverts (prairies pluriannuelles, couverts d'interculture) et d'apports de compost, ces systèmes tendent à déstocker la matière organique présente dans le sol.

Enfin, les interventions réalisées, notamment la récolte de légumes en conditions souvent peu favorables, engendrent des risques de tassement élevés dans ces systèmes.

Malgré des marges élevées, une réflexion reste donc à mener sur ces systèmes pour en garantir la durabilité.

#### a. Maîtrise des adventices annuelles



La maîtrise des adventices annuelles dans ces systèmes est variable et est fonction de la part de culture de printemps (légumes) dans la rotation et des dates d'intervention.

#### b. Maîtrise du chardon



La maîtrise du chardon repose sur l'intensification des travaux :

- Déchaumages répétés en fin d'été quasi-systématiques
- Déchaumages répétés au printemps. La présence de légumes implantés tardivement au printemps permet en effet d'intervenir à une période où le chardon est sensible
- Binages si possible sur les légumes lorsque l'écartement le permet (carotte, betterave rouge,...)
- Désherbage manuel indispensable.

#### c. Satisfaction des besoins de cultures en azote




La satisfaction des besoins de cultures repose sur la présence de protéagineux dans la rotation. Cependant, l'insertion de ces cultures se heurte au fait qu'elles sont hôtes de maladies communes avec certaines légumes (sclérotinia sur pois mais aussi sur carottes, endives,...). Le recours aux engrais du commerce est indispensable, avec une autonomie faible pour la fertilisation azotée dans ces systèmes de culture.

#### d. Pertes d'azote en interculture



Le risque de pertes d'azote en interculture est moyen : la nécessité de travailler le sol en interculture ne permet pas l'implantation de couverts sur ces périodes.

#### e. Stockage de matière organique

 Les légumes restituent peu de biomasse au sol après récolte, les systèmes légumiers sans luzerne ont donc tendance à puiser dans le stock de matière organique présent dans le sol sans le réalimenter (Figure 13). De ce fait, une vigilance est à porter sur la restitution de biomasse au sol dans les systèmes légumiers : par des prairies pluriannuelles, par des couverts en interculture lorsque la pression en chardon n'est pas trop élevée, par des apports de composts en cours de rotation.

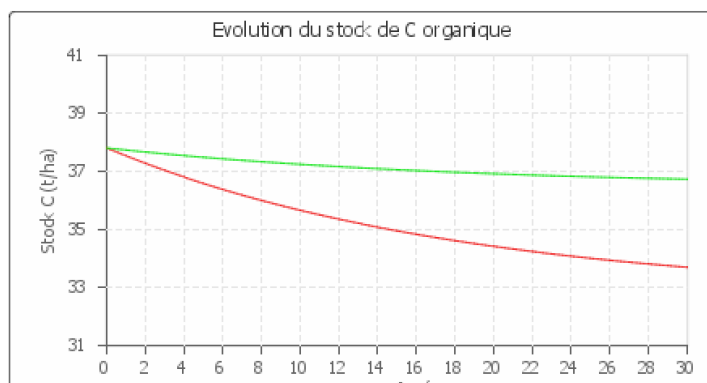



Figure 15 : Evolution du stock de carbone du sol sur 30 ans dans un système légumier sans luzerne sans compost (en rouge) et avec un compost (en vert)


#### f. Fertilité en phosphore et en potassium

Les apports de fertilisants organiques compensent les exportations en phosphore et potassium des cultures sur les systèmes suivis.

#### g. Etat structural du sol

 Les interventions réalisées sont à risque élevé pour le tassement du sol : récolte tardive, souvent en conditions défavorables ; apports de vinasses parfois en conditions défavorables ; répétition des interventions aux conséquences à étudier. Une réflexion reste à mener sur les pratiques permettant de réduire l'impact de ces systèmes sur la structure du sol.

#### h. Consommations énergétiques

 Les consommations énergétiques sur ces systèmes sont élevées en comparaison de celles calculées sur les autres systèmes suivis (91 EQF/ha/an contre 63,5 EQF/ha/an en moyenne sur l'ensemble des systèmes), en lien avec la lourdeur des interventions et leur répétition.

#### i. Marge brute et charges

Les marges brutes sur les systèmes légumiers sont élevées (3514 €/ha/an). Toutefois, le mode de calcul ne prend pas en compte les charges de structure liées aux investissements sur légumes (matériel spécifique, irrigation,...)

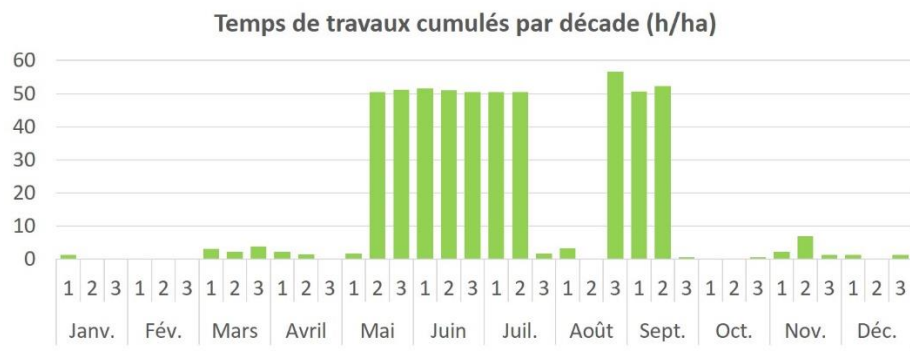
Les charges prépondérantes sont celles liées au désherbage mécanique et manuel et au travail du sol en interculture, indispensables pour la maîtrise des adventices annuelles et vivaces.

Les charges de récolte sont élevées, là encore en lien avec la lourdeur des travaux d'arrachage sur légumes.

#### j. Temps de travaux

Les temps de travaux sont très élevés (66 €/ha/an) et sont surtout liés au désherbage des légumes. La maîtrise des adventices sur le système est une condition indispensable pour limiter les temps de travaux manuels et assurer la rentabilité de ces systèmes.

Les pics de travaux sont liés aux périodes de désherbage (juin/juillet) puis aux périodes de récolte des légumes.



**Figure 16 : Cumul des temps de travaux par décades sur un système légumier sans luzerne**

## Conclusions

### 1. Points-clés sur les performances des systèmes de culture biologiques de la région Hauts-de-France

L'analyse des systèmes de culture suivis dans le projet Agri-Bio met en avant les conditions de réussite de ces systèmes.

En présence de luzerne, la gestion du chardon et de l'azote est facilitée. Toutefois, des points de vigilance restent à considérer sur la mobilisation de leviers complémentaires à la luzerne pour maîtriser le chardon sur l'ensemble d'une rotation, sur le raisonnement de la succession de cultures pour limiter les pertes d'azote, notamment derrière luzerne, et sur la compensation des exportations de phosphore et de potassium élevées par la luzerne.

Sans luzerne, les systèmes de culture sont plus fragiles. Si l'intensification des travaux permet de maîtriser le chardon malgré tout, elle empêche la couverture du sol en interculture. Selon la place des légumineuses dans ces systèmes, ils peuvent être dépendants des fertilisants du commerce pour assurer la fourniture en azote des cultures.

Enfin, la région Hauts-de-France se caractérise par le développement de systèmes légumiers de plein champ. Ces systèmes sont gourmands en main d'œuvre, indispensable pour maîtriser les adventices dans les légumes. Ils sont également gourmands en azote, et sont dépendants des fertilisants du commerce pour satisfaire les besoins élevés des légumes. Par ailleurs, ces mêmes légumes restituent peu de matière au sol, et les systèmes légumiers tendent donc à puiser dans le stock de matière organique du sol si aucune mesure compensatoire n'est prise dans le système. Enfin, les travaux réalisés sur ces cultures engendrent un risque de tassement du sol élevé. Une réflexion reste à mener sur ces points pour assurer la durabilité de ces systèmes légumiers.

### 2. Quelques pistes pour améliorer les performances des systèmes de grande culture

Compte-tenu de l'analyse des systèmes de culture suivis, les pistes d'amélioration concernent :

#### 1. L'optimisation de l'efficacité des pratiques sur chardon

La maîtrise du chardon est un élément clé pour la réussite des systèmes de grande culture biologiques. Les interventions réalisées sont donc à optimiser pour permettre cette maîtrise, sans ou avec peu de luzerne dans la rotation pour pallier à la faible valorisation de cette culture dans le contexte de la région Hauts-de-France. Les travaux réalisés dans le cadre du projet Agri-Bio ont permis de mettre en avant quelques clés d'optimisation (voir les fiches thématiques sur la gestion des adventices vivaces et le livret «les agriculteurs biologiques des Hauts-de-France innovent») :

- Assurer l'implantation de la luzerne pour avoir une concurrence efficace sur chardon, par un semis de la luzerne sous un couvert de céréales.
- Bien positionner les déchaumages en interculture par rapport au stade du chardon (stade optimal = stade 6-8 feuilles) et les répéter autant que possible en fonction de la repousse du chardon

#### 2. L'insertion des légumineuses dans les systèmes de grandes cultures biologiques

Une bonne gestion de l'azote est également indispensable dans les systèmes biologiques. Dans le contexte des Hauts-de-France où les sources d'engrais organiques sont limitées, raisonner l'insertion des légumineuses dans les rotations est indispensable pour introduire l'azote au bon moment dans la rotation et ne pas perdre cet azote en interculture en le valorisant au mieux.

Les pistes de réflexion travaillées dans le projet Agri-Bio et chez les agriculteurs du réseau concernent :

- Le raisonnement des successions de culture derrière luzerne/légumineuses pour valoriser au mieux l'azote
- Exemple d'enchaînements des cultures envisagées :
- Destruction précoce de la luzerne (août) > implantation d'un couvert de type avoine + moutarde > destruction du couvert (octobre) > implantation d'un blé de qualité meunière
  - Destruction de la luzerne au printemps > implantation d'une culture de printemps > implantation d'un couvert.
  - Destruction de la luzerne puis implantation d'une culture exigeante en azote (par exemple le colza en fin d'été, le maïs ou la betterave rouge au printemps)
- L'optimisation du désherbage mécanique ou l'association des protéagineux avec des céréales pour sécuriser l'implantation de ces cultures peu concurrentielles au démarrage
  - Le semis de trèfle blanc nain sous couvert de céréales afin de bénéficier d'une biomasse suffisante pour apporter de l'azote à la culture suivante.

(voir les fiches thématiques sur la gestion de l'azote en AB et le livret «les agriculteurs biologiques des Hauts-de-France innovent»).

### **3. Un raisonnement global des pratiques à l'échelle de la rotation pour assurer la durabilité des systèmes**

L'analyse des systèmes de culture et de leur performance a mis en avant la nécessité de réfléchir sur une échelle pluriannuelle pour :

- Combiner différentes pratiques pour la gestion du chardon et garantir ainsi son efficacité
- Raisonner l'insertion de légumineuses à différents moments du système de culture
- Raisonner l'introduction de couverts ou de composts dans la rotation en fonction des cultures présentes pour entretenir le stock de matière organique du sol et la fertilité en phosphore et potassium sur le long terme.

Ce raisonnement à l'échelle du système de culture est d'autant plus important dans les systèmes légumiers, pour réduire les temps de désherbage manuel et assurer le maintien de la fertilité des sols sur le long terme.

### **3. Retours sur la démarche utilisée**

La démarche utilisée consiste à évaluer les systèmes de culture sur la base de l'historique des pratiques sur une parcelle donnée. Elle permet de caractériser les systèmes de culture en place chez les agriculteurs de la région et prend en compte les rendements réels obtenus, résultant de l'historique des pratiques et des « accidents » climatique ou de conduite. L'évaluation réalisée traduit ainsi les résultats pouvant être obtenus par des producteurs reproduisant ces systèmes de culture, contrairement à ce qui peut être obtenue sur des expérimentations avec une conduite optimale sur les critères évalués et un cadre de contraintes moins important.

Le choix des indicateurs avec les acteurs du projet et les échanges avec eux sur les résultats ont permis d'adapter le mode de calcul et de représentation des indicateurs pour qu'ils soient facilement appropriable par d'autres acteurs de la région. Par exemple, la marge brute a été présentée à la place d'une marge semi-nette pour avoir une valeur faisant partie du référentiel utilisé par l'agriculteur, complétée par une représentation des charges à déduire de cette marge brute.

Enfin des outils et indicateurs ont été adaptés (OdERA-Systèmes, indicateur « qualité de gestion de l'azote » de la méthode MASC<sup>®</sup>) ou construits (OdERA-Vivaces) pour permettre cette évaluation. Certains de ces outils sont disponibles en ligne (OdERA-Systèmes, OdERA-Vivaces) et viennent enrichir la palette des outils mobilisables pour caractériser les systèmes de grandes cultures biologiques.

## Bibliographie

Agro-Transfert Ressources et Territoires, INRA. SIMEOS-AMG, Outil de Simulation de l'Etat Organique des Sols - [www.simeos-amg.org/](http://www.simeos-amg.org/)

COMIFER, 2007. Teneur en P, K, Mg des organes végétaux récoltés pour les cultures de plein champ et les principaux fourrages.

COMIFER ; 2013. Calcul de la fertilisation azotée - Guide méthodologique pour l'établissement des prescriptions locales - Cultures annuelles et prairies.

Craheix D., Angevin F., Bergez J.-E., Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R., Sadok W., Doré T (2011). MASC 2.0, Un outil pour l'analyse de la contribution des systèmes de culture au développement durable. Jeu complet de fiches critères de MASC 2.0. INRA – AgroParisTech – GIS GC HP2E, 133 p.

Favrelière E., Ronceux A., Pernel J., Rodriguez A., 2016. Développement d'un outil d'aide à la décision pour la gestion du chardon des champs (*Cirsium arvense*) en systèmes de cultures biologiques. 23ème conférence du COLUMA « Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes ». Dijon : 6-8 décembre 2016.

Justes E., Beaudoin N., Bertuzzi P., Charles R., Constantin J. et al. ; 2013. Les cultures intermédiaires pour une production agricole durable. Ed. Quae.

Laurent M., Minette S., 2005. Guide d'utilisation de la méthode MERLIN v2., Chambre Régionale d'Agriculture de Poitou-Charentes.

Munier-Jolain N., Pernel J., 2011. OdERA-Systèmes : un outil de gestion des adventices. Colloque « Vers des Systèmes de Culture Intégrés. La production intégrée : une alternative simple et performante pour réduire l'usage des intrants. » : St Quentin, 18 mai 2011

Tavarès O., Ronceux A., 2015. Paramétrage de l'outil PERSYST en Agriculture Biologique en Picardie et Nord-Pas de Calais. Document de travail.



## Contacts

### Agro-Transfert Ressources et Territoires

2, chaussée Brunehaut  
80200 ESTREES MONS

#### Aïcha Ronceux

Chargée de projet  
Tél. 03 64 35 00 12  
a.ronceux@agro-transfert-rt.org

#### Élise Favrelière

Ingénieure  
Tél. 03 22 85 35 21  
e.favreliere@agro-transfert-rt.org

[www.agro-transfert-rt.org](http://www.agro-transfert-rt.org)



### Ce document a été bâti dans le cadre du projet «Agri-bio : de la connaissance à la performance»

Le projet «Agri-bio : de la connaissance à la performance» (2011-2017), conduit par Agro-Transfert Ressources et Territoires, a eu pour objectifs de :

- ▶ Caractériser les facteurs de performance des systèmes de production en AB à dominante grandes cultures
- ▶ Capitaliser sur les solutions issues de la recherche et celles issues de l'expérience des agriculteurs

Avec le soutien financier de :



Partenaires scientifiques et techniques :



Partenaires associés :

