

# Evaluation des performances des systèmes de culture conduits sur le site de La Hourre (32) dans le cadre du projet InnovAB

---



## *Rédaction :*

- Massot Pierre (ARVALIS Institut du végétal)

## *Relecture :*

- Toupet Anne-Laure (ARVALIS Institut du végétal)
- Prieur Loïc (CREAB MP)

## Contenu

I.	Introduction.....	4
II.	Présentation du site et des systèmes de culture testés.....	4
1.	Description générale du site.....	4
2.	Objectifs de l'essai et stratégies mises en place .....	5
3.	Contexte de production .....	5
a)	Contexte climatique .....	5
b)	Contexte pédologique .....	8
c)	Contexte économique .....	8
d)	Pressions biotiques.....	8
4.	Des systèmes de culture adaptés au potentiel hydrique des parcelles .....	8
5.	Objectif de l'évaluation : .....	10
a)	Dans le cadre d'InnovAB.....	10
b)	Pour le CREAB MP .....	10
6.	Démarche d'évaluation suivie .....	10
III.	Description et évaluation du système de culture en sol superficiel .....	11
1.	Choix et représentation du système de culture à évaluer .....	11
a)	Choix des parcelles étudiées pour l'évaluation des performances et de la durabilité .....	11
b)	Définition d'une rotation pratiquée .....	11
c)	Définition des itinéraires techniques pratiqués .....	12
2.	Repositionnement de la démarche d'évaluation dans le processus de conception-évaluation 17	
a)	Evaluation de la réussite .....	17
b)	Evaluation des performances : le système est-il durable économiquement ? .....	21
c)	Conclusion sur l'objectif de l'évaluation de la durabilité .....	21
3.	Evaluation de la durabilité.....	22
a)	Liste des choix réalisés pour le paramétrage de Criter .....	22
b)	Renseignement des critères basiques de l'arbre de Masc 2.0.....	24
c)	Résultats d'évaluation de la durabilité du système de culture par agrégation des critères basiques.....	28
4.	Discussion des résultats .....	32
a)	La durabilité économique du système .....	32
b)	Les performances de contribution au développement durable .....	32
IV.	Description et évaluation du système de culture en sol profond .....	33
1.	Choix et représentation du système de culture à évaluer .....	33

a)	Années exclues de l'évaluation .....	33
b)	Définition de la rotation .....	33
c)	Définition des ITK pratiqués .....	33
2.	Repositionnement de la démarche d'évaluation dans le processus de conception-évaluation	35
a)	Evaluation de la réussite .....	35
b)	Evaluation des performances.....	38
c)	Conclusion sur l'objectif de l'évaluation de la durabilité .....	39
3.	Evaluation de la durabilité.....	39
a)	Liste des choix réalisés pour le paramétrage de Criter .....	39
b)	Renseignement des critères basiques de l'arbre .....	41
c)	Résultats de la pondération .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
d)	Discussion des résultats .....	48
V.	Propositions d'amélioration des deux systèmes de culture .....	50
1.	Intérêt du maintien de la matière organique dans les deux systèmes .....	50
2.	Drainage dans les sols profonds.....	50
3.	Discussions des propositions d'amélioration du travail de Pascale Métais	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
VI.	Apport de l'évaluation de La Hourre à la méthodologie d'évaluation des essais du réseau RotAB	51
	Références bibliographiques.....	52
	Annexe 1 : Arbre de durabilité du système en rotation longue.....	54
	Annexe 2 : Arbre de durabilité du système en rotation courte .....	54

## **I. Introduction**

Ce travail entre dans le projet Casdar InnovAB (2014-2016) dont l'objectif est de concevoir et d'optimiser des systèmes de culture innovants en grandes cultures biologiques. Dans cet objectif, l'Action 2 du projet porte sur l'évaluation ex-post de systèmes de culture testés en stations expérimentales afin de déterminer 1/quels sont ceux qui sont à la fois performants et durables, et 2/les déterminants de leurs performances et de leur durabilité.

Cette action s'appuie sur un réseau national piloté par l'ITAB, d'expérimentations systèmes de grandes cultures biologiques (le réseau RotAB) et prévoit d'être réalisée en trois étapes :

- Une évaluation de la réussite et des performances des systèmes de culture par sollicitation des pilotes et expérimentateurs et calculs et analyses d'indicateurs composites et une évaluation de leur contribution au développement durable par la réalisation d'un profil de durabilité par l'outil MASC 2.0. Suivie de proposition de voies d'amélioration pour les systèmes évalués.
- Une analyse transversale des systèmes.
- Un travail d'ordre prospectif pour définir le domaine de validité des conclusions tirées du réseau d'essai et examiner la possibilité d'extrapolation des résultats.

Le travail conduit lors de ce stage prend place dans la première étape de l'action 2, et concerne la mise en place d'une méthode d'évaluation de la durabilité de systèmes de culture applicable à l'ensemble du réseau RotAB.

Dans cette première partie et afin de permettre par la suite l'analyse transversale des systèmes, il est nécessaire de définir une méthodologie d'évaluation applicable à l'ensemble des sites du réseau. Ainsi, 4 sites du réseau en place depuis au moins 6 années et représentant la diversité de conduite des systèmes du réseau ont été choisis pour mettre au point cette méthodologie. Le site de La Hourre fait donc partis des 4 premiers sites évalués avec les sites d'Archigny, Boigneville et Dunière.

Ce travail a été réalisé par 2 stagiaires (Maude Retailleau – stagiaire ESA et Pierre Massot – Stagiaire ARVALIS Institut du végétal) et est donc accompagné de 2 rapports méthodologiques ainsi qu'un rapport d'évaluation par site.

## **II. Présentation du site et des systèmes de culture testés**

### **1. Description générale du site**

Le CREAB MP (Centre Régional d'Expérimentation en Agriculture Biologique de Midi-Pyrénées) est en charge de la réalisation d'essais et de l'acquisition de références en grandes cultures biologiques sur la région Midi-Pyrénées.

Pour cela, le lycée agricole d'Auch-Beaulieu met à disposition du CREAB MP une ferme expérimentale de 55ha divisé en 9 parcelles à proximité d'Auch (32): le domaine de La Hourre.

Ce domaine est conduit en grandes cultures biologiques sans élevage depuis 1999. Les parcelles de l'exploitation sont suivies et gérées tel un essai « système de culture ». Cependant, tous les ans, pour répondre à des questions analytiques, des essais analytiques sont mis en place dans une ou plusieurs des parcelles (ex : sur la campagne 2013-2014, la parcelle LH7 semé en blé tendre d'hiver a accueilli un essai sur l'efficacité des fertilisants azotés disponibles en agriculture biologique). L'année de l'essai analytique, la partie de la parcelle mise à disposition pour cet essai n'est pas prise en compte pour le suivi à l' « échelle système ». Le choix des cultures implantées dans les parcelles se fait en fonction de la conduite des systèmes (détaillé dans le point I.2.) et c'est ce choix qui détermine la parcelle où seront implantés les essais analytiques. L'expérimentateur est Loïc Prieur (ingénieur du CREAB MP) qui décide de la gestion de l'assolement et du pilotage des interventions et c'est le personnel du lycée agricole qui intervient pour la réalisation des interventions culturales.

Un suivi de l'évolution de la fertilité des sols est réalisé depuis 2001 dans 12 zones de références qui ont été définies selon leur type de sol, leur topologie (pente ou non) et leur orientation (Figure 1). Les itinéraires techniques et la conduite des cultures sont consignés dans des rapports agronomiques annuels

Le lycée dispose aussi de deux autres domaines (un avec élevage laitier conventionnel et un en grandes cultures conventionnelles) qui entrent en concurrence avec le domaine de La Hourre pour la disponibilité de la main d'œuvre.

Le domaine a intégré le réseau RotAB dès son commencement en 2008.

## **2. Objectifs de l'essai et stratégies mises en place**

L'objectif du domaine est de conduire un système de grandes cultures biologiques durable économiquement, sans irrigation et sans élevage. Pour parvenir à cet objectif, les stratégies mises en place sont l'implantation de cultures adaptées au contexte pédoclimatique des parcelles, la disponibilité de l'azote pour les cultures et la maîtrise de la flore adventice.

Ainsi, les espèces implantées sont choisies en fonction des objectifs recherchés qui sont la rentabilité de la culture en place ou de la suivante ainsi que des contraintes liées aux contextes pédoclimatiques des parcelles. Pour assurer la disponibilité de l'azote pour les cultures en nécessitant, des légumineuses sont implantées en culture ou en interculture.

Pour assurer la durabilité du potentiel de production des parcelles, une attention particulière est portée à la maîtrise des adventices. Les leviers d'action mis en place pour maîtriser la flore adventice sont l'alternance de cultures d'hiver et de printemps, la mise en place de culture exerçant un pouvoir concurrentiel sur les adventices, le labour régulier, les déchaumages, les faux semis ainsi que le désherbage mécanique des cultures.

## **3. Contexte de production**

### **a) Contexte climatique**

Le climat d'Auch se caractérise par des précipitations moyennes de 706 mm équitablement réparties tout au long de l'année. Les températures estivales sont relativement élevées et durant cette période, l'ETP est supérieure à la pluviométrie (Métais P., 2013). Le domaine ne disposant pas de dispositif d'irrigation, durant cette période, le sol doit être capable d'assurer l'alimentation hydrique des cultures.



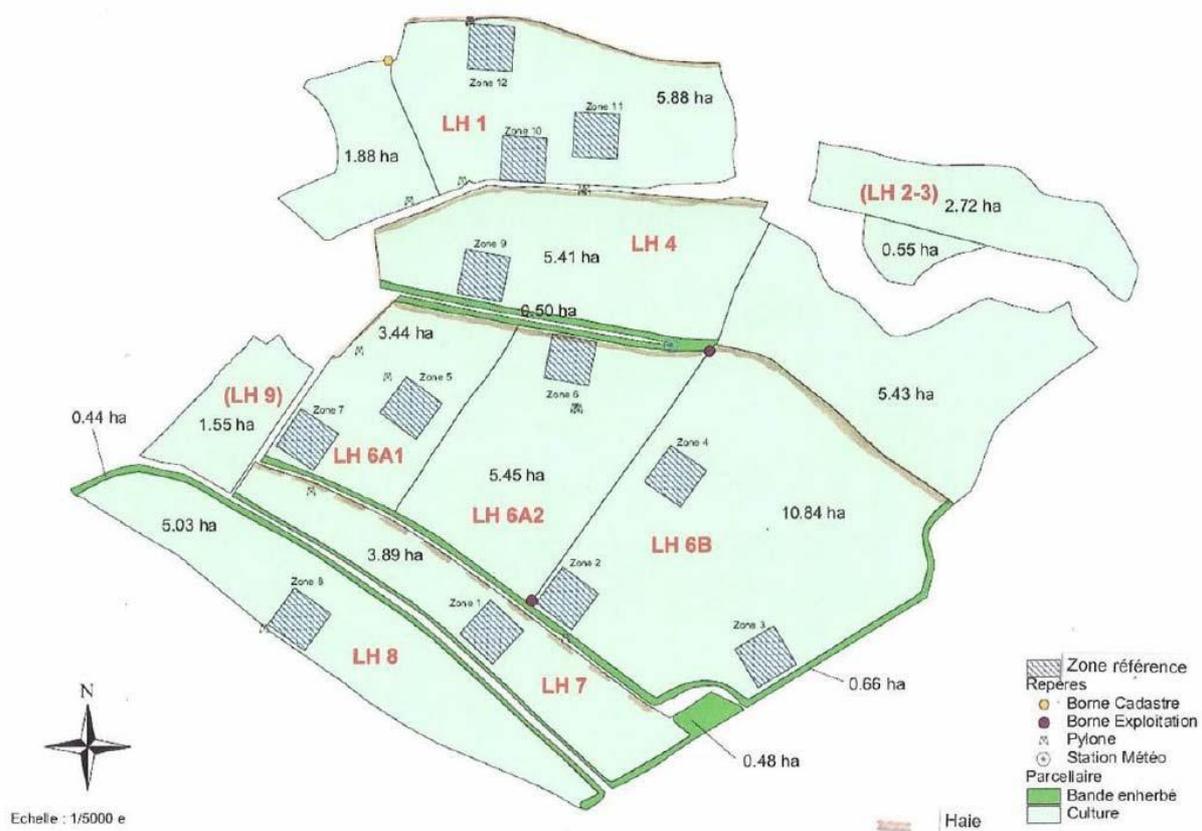


Figure 1: Plan du domaine de La Hourre avec l'emplacement des zones de référence (Source: ITAB, 2012)

### **b) Contexte pédologique**

Les sols de La Hourre sont sur base de terreforts argilo-calcaires. La texture dominante de ces sols est une texture argileuse et leur pH est compris entre 8.2 et 8.7.

Le relief du domaine (figure 2) fait qu'il est possible de distinguer deux grands types de sols sur les parcelles du domaine. Ainsi, les parcelles en pentes sur les coteaux (LH1, LH4, LH6A1, LH6A2 et LH6B) ont une faible profondeur de sol (environ 30 cm en haut des coteaux) tandis que les parcelles de fond de vallée (LH7 et LH8) disposent d'une plus grande profondeur de sol (environ 120cm) (Figure 3). Les parcelles de coteaux représentent 32.48ha de l'exploitation tandis que les parcelles en fond de vallée représentent 9.5ha.

### **c) Contexte économique**

Le Gers est un département où l'agriculture biologique est particulièrement bien implantée. En 2011, 5.8% de la SAU du département était en bio ou en conversion contre 3.93% à l'échelle nationale (Source : Chambre d'agriculture Midi-Pyrénées)

### **d) Pressions biotiques**

En termes de maladies et de ravageurs, la région Midi-Pyrénées n'est pas soumise à une pression particulière sur les grandes cultures. Un programme d'observation de la chrysomèle du maïs est tout de même mis en place sur la région par la Fredon.

## **4. Des systèmes de culture adaptés au potentiel hydrique des parcelles**

Le choix des cultures de l'assolement respecte des règles qui sont :

- L'intégration de cultures à bon niveau de rentabilité
- Toute culture qui n'est pas une légumineuse est précédée d'une légumineuse afin d'assurer une certaine fourniture d'azote
- L'intégration de cultures de printemps dans la rotation pour casser le cycle des adventices

Le facteur limitant la production étant la réserve hydrique des sols (du fait de la faible pluviométrie en période estivale et l'absence d'irrigation sur l'exploitation), cette différence de profondeur de sol est déterminante pour les systèmes de culture en place.

Ainsi, avec les mêmes objectifs et les mêmes stratégies de gestion, le domaine de La Hourre est conduit avec deux systèmes de culture différents adaptés au potentiel hydrique des parcelles :

- 2 parcelles de fond de vallée (LH 7 et LH 8)
- 5 parcelles en coteaux (LH1, LH4, LH6A1, LH6A2 et LH6B).

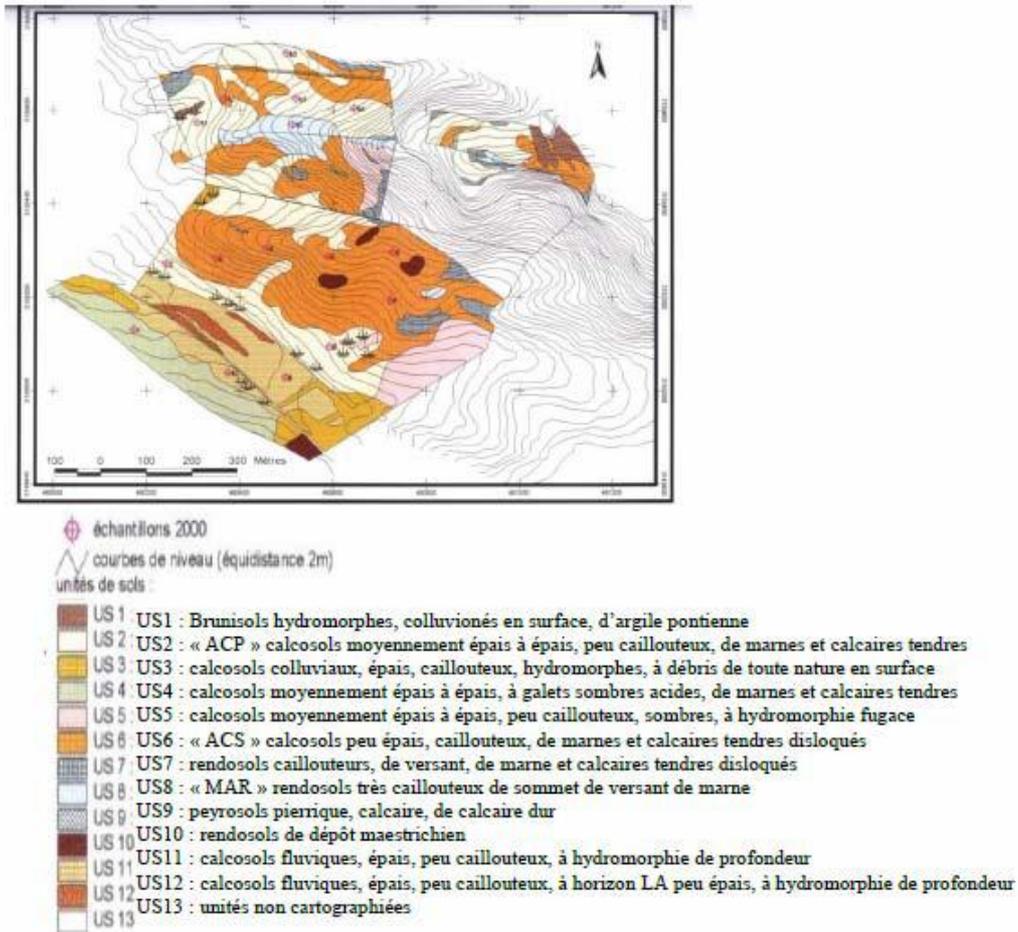


Figure 2: Carte des sols et relief du domaine de La Hourre, d'après CACG laboratoire agronomique, 2001 dans Métais P., 2013

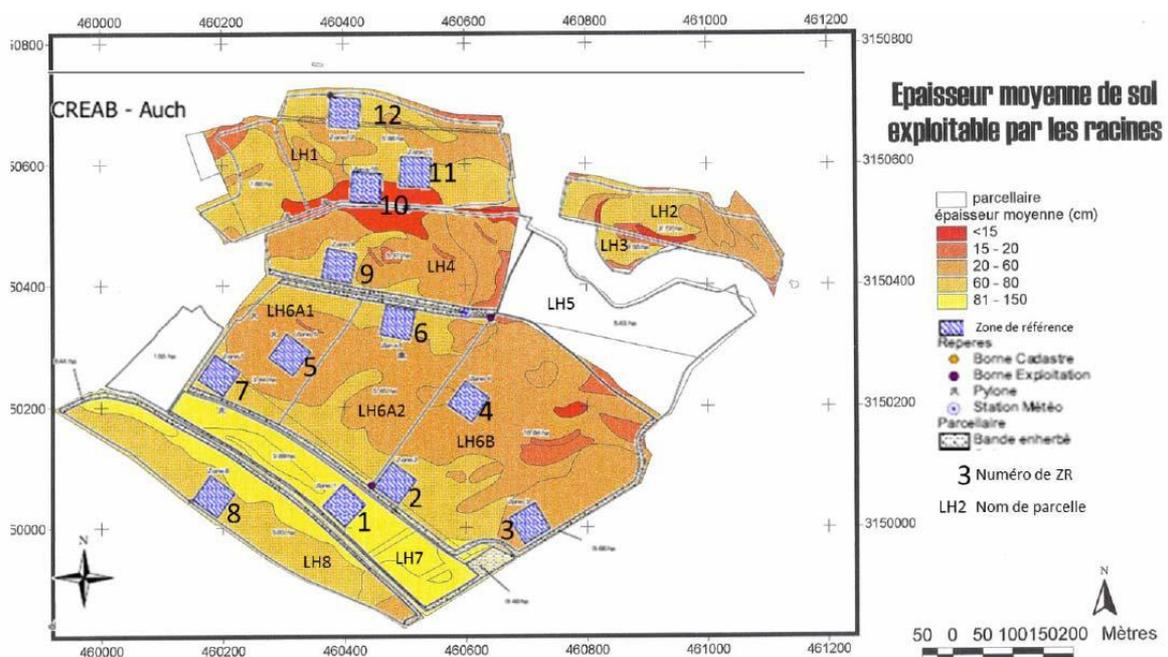


Figure 3: Carte de profondeur moyenne de sol exploitable par les racines et localisation des zones de référence, d'après CACG laboratoire agronomique, 2001 et Barthes, 2007 dans Métais P., 2013

Les parcelles de fond de vallée ayant une réserve hydrique importante permettent l'implantation de la culture de soja, culture légumineuse de printemps exigeante en eau pendant la période estivale mais avec un débouché biologique en alimentation humaine permettant une bonne rémunération de la culture. Sur ces deux parcelles, la volonté de minimiser les délais de retour du soja pour sa rémunération et d'alterner les cultures de printemps et d'hiver pour la gestion des adventices a conduit à la mise en place d'une rotation sur deux ans soja-blé tendre d'hiver. Le blé tendre d'hiver valorisé en blé panifiable ou en blé fourrager est, en effet, une culture d'hiver avec une rémunération elle aussi élevée en agriculture biologique (bien que plus faible que le soja).

Sur les parcelles en coteaux où le potentiel hydrique est plus limité, la culture du soja sans irrigation est impossible car la culture souffrirait d'une trop mauvaise alimentation en eau durant l'été. Sur ces parcelles, la rotation mise en place n'est volontairement pas figée afin de pouvoir adapter la conduite de chaque parcelle en fonction de la maîtrise des adventices (ex : si la culture d'hiver en place laisse une parcelle avec des adventices montées à graines, la culture d'après sera une culture de printemps ou une culture d'hiver plus concurrentielle afin de mieux lutter contre les adventices). Cependant, la succession des cultures respecte les principes agronomiques suivants : l'intégration de légumineuses pour fournir de l'azote à la culture suivante 1 an sur 2 et l'intégration de cultures de printemps pour casser le cycle de développement des adventices environ 1 an sur 3.

## **5. Objectif de l'évaluation :**

### **a) Dans le cadre d'InnovAB**

L'objectif de l'évaluation des systèmes de grandes cultures biologiques du réseau RotAB dans le cadre d'InnovAB est d'évaluer la performance et la durabilité de systèmes de grandes cultures biologiques dans différents contextes de production en suivant une même méthodologie.

Cela permettra ensuite d'évaluer les résultats de manière transversale et d'identifier les déterminants de ces performances. Pour pouvoir évaluer ces systèmes de culture, il faut cependant que l'on ait suffisamment de recul sur le système testé.

Le système de La Hourre fait partie des systèmes à évaluer en priorité dans le projet car son antériorité et son suivi complet de la fertilité et des adventices dans des zones de références peut apporter des éléments de diagnostic intéressants pour l'ensemble du projet.

### **b) Pour le CREAB MP**

Le CREAB MP a pour volonté de remettre en question les conduites du domaine de La Hourre pour mettre en place une « intensification agroécologique ». Ainsi, Pascale Métais durant son mémoire de fin d'étude réalisé au CREAB MP a réalisé un diagnostic agronomique et technique du domaine et a proposé un ensemble de scénarios d'évolutions agroécologiques.

L'objectif de l'évaluation globale des systèmes de culture pour le CREAB MP est de réaliser un point 0 des performances et de la durabilité des systèmes de culture conduits avant la mise en place de ces scénarios et éventuellement de prioriser les différentes solutions proposées au vu de leurs impacts sur la durabilité globale.

## **6. Démarche d'évaluation suivie**

La même démarche d'évaluation a été suivie pour l'évaluation des deux systèmes. Cette démarche est décrite dans un rapport méthodologique annexe. Elle se réalise en quatre étapes d'évaluation :

- Comprendre et décrire le système de culture
- Repositionner la démarche d'évaluation dans le processus de conception-évaluation
- Choisir et représenter le système de culture à évaluer par Masc
- Evaluer la durabilité par Masc

La partie de compréhension et description des systèmes de cultures en place n'a pas été retranscrite en tant que telle dans la suite de ce rapport mais a permis de comprendre la façon dont les systèmes de culture ont été conçus et sont pilotés, et dans quel contexte pédoclimatique et socio-économique ils sont intégrés. C'est ce qui est repris dans la première partie de ce rapport (cf. ci-dessus).

Aucun indicateur de performance n'étant calculé sur le système, il a été nécessaire d'effectuer la démarche de choix et de représentation des systèmes de culture à évaluer par Masc afin de les saisir dans un logiciel de caractérisation des performances (Criter 4.0) pour assurer l'évaluation des performances du système nécessaire au repositionnement de la démarche d'évaluation dans le processus de conception-évaluation. Ainsi, l'ordre choisi entre les différentes étapes de l'évaluation a été le suivant :

- Choisir et représenter le système de culture à évaluer
- Repositionner la démarche d'évaluation dans le processus de conception-évaluation
- Evaluation de la durabilité par Masc

### **III. Description et évaluation du système de culture en sol superficiel**

#### **1. Choix et représentation du système de culture à évaluer**

##### **a) Choix des parcelles étudiées pour l'évaluation des performances et de la durabilité**

Les parcelles LH1, LH4, LH6A1, LH6A2 et LH6B sont les parcelles de coteaux avec un sol superficiel.

Pour l'évaluation des performances et de la durabilité, on s'intéresse à des résultats obtenus à l'échelle du système de culture. La forte hétérogénéité des sols rencontrés dans ces parcelles ainsi que leurs expositions (versant nord ou sud), entraînent des résultats potentiels différents entre les parcelles. Ainsi, un choix de parcelles à évaluer a dû être réalisé afin d'évaluer la conduite dans des conditions homogènes.

Les parcelles retenues pour l'évaluation (définies avec Loïc Prieur) sont les parcelles LH1, LH6A1 et LH6A2.

##### **b) Définition d'une rotation pratiquée**

La rotation mise en place sur ce système n'est pas figée et s'adapte prioritairement en fonction de la maîtrise des adventices et de la possibilité d'implantation des cultures. Une rotation « type » a été reconstituée avec Loïc Prieur (Figure 5).

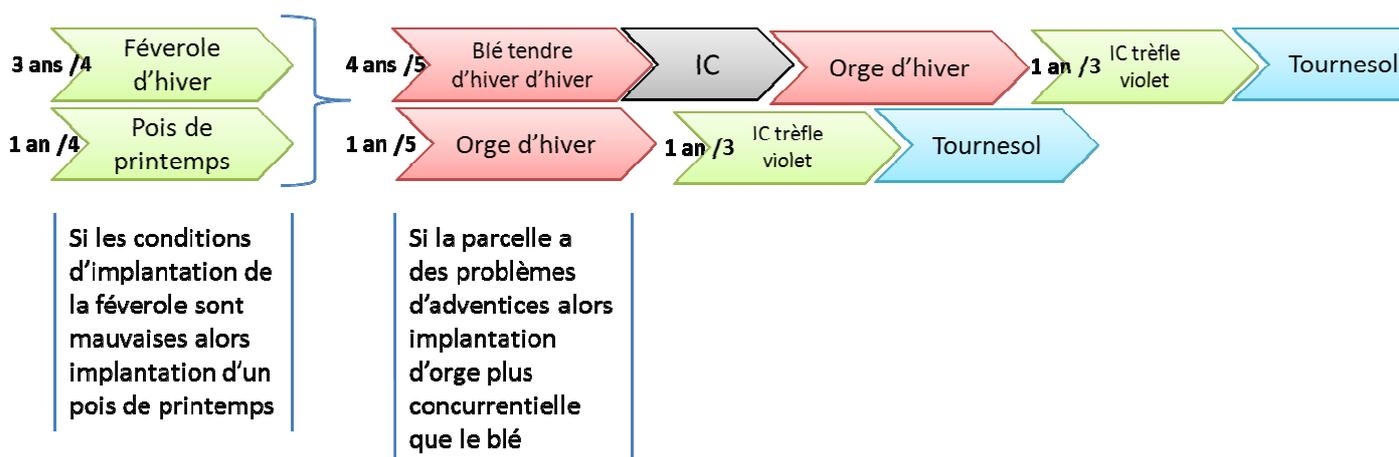


Figure 4: Rotation "type" conduite sur les parcelles en sol superficiel. IC = Interculture

La rotation est donc sur une base de 4 ans avec une culture de légumineuse en tête de rotation pour apporter de l'azote à la culture précédente. Cette légumineuse est préférentiellement une féverole d'hiver qui est une culture bien maîtrisée et bien adaptée au désherbage mécanique. Elle a aussi l'intérêt de restituer des quantités d'azote supérieures à celles d'un pois (environ 50U<sub>N</sub> restituées à un blé après une féverole d'hiver). Si les conditions de semis à l'automne ne permettent pas d'implanter une culture d'hiver, alors un pois de printemps sera implanté à la place.

Suite à cette légumineuse de vente, il est implanté une céréale à paille d'hiver permettant de bien valoriser les reliquats azotés. En fonction du développement des adventices dans la culture précédente, il est choisi d'implanter soit un blé tendre soit une orge, qui est moins rémunératrice que le blé tendre mais plus concurrentielle vis-à-vis des adventices. L'orge a aussi l'intérêt d'être une culture qui valorise mieux que le blé les faibles reliquats azotés.

Suite aux céréales à paille, une culture de printemps est mise en place pour casser le cycle de développement des adventices. Dans la période d'interculture, un trèfle violet est implanté pour fournir de l'azote au système. Le choix de la culture de printemps est déterminé par ses besoins en eau durant la période estivale. Le tournesol est une des cultures de printemps les moins sensibles au manque d'eau et s'avère adapté au contexte pédoclimatique de ces parcelles. Occasionnellement, le tournesol a été remplacé par un sorgho mais ce fait est trop rare pour être pris en compte dans le système de culture.

### c) Définition des itinéraires techniques pratiqués

#### *Années prises en compte pour l'évaluation*

Des bilans agronomiques annuels retraçant les itinéraires techniques et le suivi des cultures par parcelle sont disponibles depuis 2007. Les années précédentes n'ont pas été prises en compte par manque d'informations sur les conduites.

La campagne climatique 2013 fut très atypique avec des pluviométries au-dessus de la moyenne de décembre à juin. Beaucoup de cultures n'ont pas pu être semées et les cultures en place se sont mal développées. Elles ont eu un mauvais développement racinaire, les conditions pour réaliser les désherbages ont été mauvaises et les reliquats azotés ont probablement été perdus par lixiviation. Cette année étant considérée comme très exceptionnelle, il a été choisi, en accord avec l'expérimentateur, de ne pas la prendre en compte dans cette évaluation.

Ainsi, les années prises en compte pour l'évaluation sont les années de récolte de 2007 à 2012.

### ***Choix des conduites prises en compte pour définir les ITK pratiqués***

Pour définir les conduites à prendre en compte dans les itinéraires pratiqués de ce système, il a été décidé de prendre en compte les cultures dont la succession est cohérente avec la rotation définie juste avant. Ainsi, les conduites prises en compte pour l'évaluation sont celles dont le précédent est conforme à la logique de succession définie (tableau 1).

**Tableau 1: Choix des conduites prises en compte pour définir les itinéraires techniques pratiqués. Les conduites colorées sont celles qui ont été prises en compte. Les cultures hachurées sont celles qui n'ont pas été prises en compte car introduites exceptionnellement dans l'assolement.**

Année	LH 1	LH 6 A1	LH 6 A2
2006	Blé tendre d'hiver	Féverole d'hiver	Lentille
2007	Tournesol	Blé tendre d'hiver	Blé tendre d'hiver
2008	Féverole d'hiver	Pois d'hiver	Tournesol
2009	Blé tendre d'hiver	Orge de printemps	Pois de Printemps
2010	Jachère (TV)	Tournesol	Blé tendre d'hiver
2011	Tournesol	Féverole d'hiver	Sorgho
2012	Orge d'hiver	Blé tendre d'hiver	Féverole d'hiver
2013	Pois de Printemps	Sorgho	Blé tendre d'hiver

*Cas particulier n°1* : L'Orge d'hiver en LH1 en 2012 a été prise en compte pour l'évaluation car c'est la seule orge d'hiver conduite sur la période d'observation, la parcelle LH6A1 en 2009 ayant été semée avec une orge de printemps, les semis n'ayant pas pu être réalisés pour cause d'averses régulières.

*Cas particulier n°2* : La féverole d'hiver en LH6A2 a été prise en compte car le précédent sorgho est un précédent similaire au tournesol en termes de conduite et de résultats de la féverole.

*Cas particulier n°3* : Pour certaines cultures où le nombre de conduites observables définies par le tableau 1 n'est pas suffisant, il a été choisi de prendre en compte des conduites menées sur d'autres parcelles à condition que le précédent soit conforme à la logique de succession définie et que les résultats techniques et agronomiques soient comparables à ceux obtenus sur les parcelles évaluées. Ainsi, il a été pris en compte la conduite du pois en LH6B en 2010 et les conduites de l'orge d'hiver en LH4 en 2010 et en LH6B en 2011.

*Cas particulier n°4* : Le choix de l'implantation d'une féverole d'hiver ou d'un pois de printemps se fait en fonction des conditions au moment du semis de féverole. Ce choix n'est donc pas anticipé et les opérations en interculture sont donc similaires pour la féverole et le pois. Ainsi, pour la gestion de l'interculture, les conduites de pois et de féverole ont été traitées indifféremment.

L'interculture avant blé ou orge étant, elle aussi, conduite de la même façon, les conduites de l'interculture avant blé et orge ont été traitées indifféremment.

*Cas particulier n°5* : Les conduites de blé tendre en 2007 en LH6A1 et LH6A2 ont été conduites de la même manière et il n'est pas possible de distinguer le rendement des deux parcelles (une seule pesée de la récolte des deux parcelles). Les deux parcelles ont donc été considérées comme une seule parcelle nommée LH6A.

Tableau 2 : Liste des itinéraires techniques pris en compte pour définir les itinéraires techniques pratiqués

Culture	Conduites prises en compte (Parcelle : Année de récolte)	Remarques
<b>Féverole d'hiver</b>	LH1 : 2008	
	LH6A1 : 2011	
	LH6A2 : 2012	
	LH6A2 : 2009	Culture de pois de printemps utilisée pour définir la conduite de l'interculture
	LH6B : 2010	Culture de pois de printemps utilisée pour définir la conduite de l'interculture
<b>Pois de printemps</b>	LH6A2 : 2009	
	LH6B : 2010	
	LH1 : 2008	Culture de féverole d'hiver utilisée pour définir la conduite de l'interculture
	LH6A1 : 2011	Culture de féverole d'hiver utilisée pour définir la conduite de l'interculture
	LH6A2 : 2012	Culture de féverole d'hiver utilisée pour définir la conduite de l'interculture
<b>Blé tendre d'hiver</b>	LH6A : 2007	
	LH1 : 2009	
	LH6A2 : 2010	
	LH6A1 : 2012	
	LH6A1 : 2009	Culture d'orge d'hiver utilisée pour définir la conduite de l'interculture
	LH1 : 2012	Culture d'orge d'hiver utilisée pour définir la conduite de l'interculture
<b>Orge d'hiver</b>	LH4 : 2010	
	LH6B : 2011	
	LH1 : 2012	
	LH6A : 2007	Culture de blé tendre d'hiver utilisée pour définir la conduite de l'interculture
	LH1 : 2009	Culture de blé tendre d'hiver utilisée pour définir la conduite de l'interculture
	LH6A2 : 2010	Culture de blé tendre d'hiver utilisée pour définir la conduite de l'interculture
<b>Tournesol</b>	LH1 : 2007	
	LH6A2 : 2008	

Du fait du faible nombre de conduites observées, il n'est pas possible de distinguer les rendements des cultures en fonction du précédent.

### *Description des ITK pratiqués*

#### **Féverole d'hiver :**

Opération	Date	Distribution	Fréquence	Opération	Matériel	Intrant / Sortant
Interculture	22/10	17/10 à 27/10	0,40	Broyage	Broyeur	
	24/10	20/10 au 28/10	0,40	Déchaumage	Déchaumeur à ailettes	
	13/10	30/9 au 15/10	0,60	Labour	Charrue	
Implantation	28/11	15/11 au 11/12	1,00	Semis	Semoir monograine	Castel 26 grains/m <sup>2</sup> (156kg/ha)
Désherbage	29/12	*	0,33	Désherbage méca	Herse étrille	
	13/2	18/1 au 14/3	1,00	Désherbage méca	Herse étrille	
	13/3	5/3 au 21/3	0,66	Désherbage méca	Herse étrille	
	27/3	21/3 au 6/4	1,00	Désherbage méca	Binage	
Récolte	9/7	9/7 au 23/7	1,00	Récolte	MB Conv.	18.8 q/ha

\*Pas de distribution car l'opération n'a été observée qu'une fois

#### **Pois de printemps :**

Opération	Date	Distribution	Fréquence	Opération	Matériel	Intrant / Sortant
Interculture	22/10	17/10 à 27/10	0.40	Broyage	Broyeur	
	24/10	20/10 au 28/10	0.40	Déchaumage	Déchaumeur à ailettes	
	13/10	30/9 au 15/10	0.60	Labour	Charrue	
Implantation	20/11	*	1.00	Reprise	Vibroculteur	
	15/12	*	0.50	Reprise	Vibroculteur	
	12/2	3/2 au 21/2	1.00	Semis	Semoir combiné	Livia 100grains/m <sup>2</sup> (250kg/ha)
Désherbage	25/3	22/3 au 29/3	1.00	Désherbage méca	Herse étrille	
Récolte	30/6	29/6 au 1/7	1.00	Récolte	MB Conv.	12.05 q/ha

\*Pas de distribution car l'opération n'a été observée qu'une fois

### Blé tendre d'hiver :

Opération	Date	Distribution	Fréquence	Opération	Matériel	Intrant / Sortant
Interculture	17/7	6/7 au 6/8	0.75	Déchaumage	Déchaumeur à ailettes	
	1/9	*	0.25	Déchaumage	Déchaumeur à ailettes	
	23/9	*	0.25	Décompactage	Décompacteur	
	29/9	*	0.25	Déchaumage	Déchaumeur à ailettes	
Implantation	17/9	15/9 au 19/9	0.66	Labour	Charrue	
	6/11	*	1.00	Reprise	Déchaumeur à ailettes	
	15/11	9/11 au 21/11	1.00	Semis	Semoir combiné	Renan 165kg/ha
	16/11	*	0.50	Roulage	Cultipacker	
Désherbage	5/12	*	0.50	Désherbage méca	Herse étrille	
	23/1	11/1 au 4/2	1.00	Désherbage méca	Herse étrille	
	1/3	*	0.50	Désherbage méca	Herse étrille	
Fertilisation	12/3	24/02 au 29/03	1.00	épandage	DP 12	525kg de bouchon d'os 9-12-0 (47.25 uN/ha)
	7/4	*	0.50	épandage	DP 12	400kg de bouchon d'os 9-12-0 (36 uN/ha)
Récolte	18/7	17/07 au 20/07	1.00	Récolte	MB Conv.	35.5q/ha

\*Pas de distribution car l'opération n'a été observée qu'une fois

### Orge d'hiver :

Opération	Date	Distribution	Fréquence	Opération	Matériel	Intrant / Sortant
Interculture si précédent féverole ou pois	17/7	6/7 au 6/8	0.38	Déchaumage	Déchaumeur à ailettes	
	1/9	*	0.13	Déchaumage	Déchaumeur à ailettes	
	23/9	*	0.13	Décompactage	Décompacteur	
	29/9	*	0.13	Déchaumage	Déchaumeur à ailettes	
Interculture si précédent blé	18/8	22/7 au 14/9	0.50	Broyage	Broyeur	
	21/9	15/9 au 28/9	0.50	Déchaumage	Déchaumeur à ailettes	
Implantation	17/10	13/10 au 22/10	0.66	Reprise	Cultivateur	
	14/11	9/11 au 19/11	0.66	Reprise	Déchaumeur à ailettes	
	21/11	31/10 au 13/12	1.00	Semis	Semoir combiné	Laverda 180kg/ha
Désherbage	30/11	*	0.33	Désherbage méca.	Herse étrille	
	2/2	19/1 au 13/3	0.66	Désherbage méca.	Herse étrille	
	5/3	1/3 au 11/3	1.00	Désherbage méca.	Herse étrille	
	22/3	*	0.33	Désherbage méca.	Herse étrille	
Fertilisation	9/3	5/3 au 14/3	0.66	épandage	Centrifuge	540kg/ha de mélange os/fiente (7-4-2) (38 uN)
Récolte	29/6	26/6 au 29/6	1.00	Récolte	MB Conv.	32.8 q/ha

\*Pas de distribution car l'opération n'a été observée qu'une fois

**Tournesol :** Itinéraire technique défini à partir des conduites suivantes: LH1 2007 / LH6A2 2008

Opération	Date	Distribution	Fréquence	Opération	Matériel	Intrant / Sortant
Interculture	28/3	28/3 au 30/3	0.66	Semis	delimbe	Trèfle violet 4.5kg/ha
	22/7	20/7 au 22/7	1.00	Déchaumage	Déchaumeur à ailettes	
Implantation	20/9	16/9 au 16/10	1.00	Labour	Charrue	
	4/4	15/3 au 24/4	0.66	Reprise	Déchaumeur à ailettes	
	10/5	9/4 au 14/5	1.00	Reprise	Vibroculteur	
	10/5	26/4 au 20/5	1.00	Reprise	Vibroculteur	
	11/5	30/4 au 22/5	1.00	Semis	Semoir monograine	Salsa RM 75 000 grains/ha
Désherbage	18/6	11/6 au 26/6	0.66	Désherbage méca	Bineuse	
	2/7	25/6 au 10/7	0.66	Désherbage méca	Bineuse	
Récolte	8/10	12/9 au 13/10	1.00	Récolte	MB Conv.	12.8 q/ha

## 2. Repositionnement de la démarche d'évaluation dans le processus de conception-évaluation

### a) Evaluation de la réussite

L'évaluation de la réussite repose sur le système de culture pratiqué défini dans le point III.1.

Loïc Prieur évalue la réussite de son système, en fin de campagne culturale, en observant 2 éléments : les rendements obtenus et l'état de salissement de ses parcelles. Cependant, aucune attente chiffrée n'est formulé (pas d'objectifs de rendement ni valeurs cibles en ce qui concerne la maîtrise des adventices). Les rendements ont donc été comparés à des rendements moyens du Gers en 2012 publiés par la chambre d'agriculture Midi-Pyrénées.

En cours de campagne culturale, l'indice de nutrition azoté (INN) des blés à floraison permet de juger de l'efficacité des pratiques mises en place pour assurer la fertilisation azotée des blés. L'INN à floraison est considéré comme satisfaisant à partir de 0.7.

#### Les rendements

En ce qui concerne les rendements, ils ont été comparés aux rendements publiés par la chambre d'agriculture Midi-Pyrénées sur la période 2009-2012. Ces rendements sont des rendements moyens obtenus en conduite biologique sur la région Midi-Pyrénées (tableau 4).

Les céréales d'hiver sont en moyenne assez satisfaisantes mais présentent une forte hétérogénéité (ex : le rendement du blé tendre s'étend de 10q/ha en LH1 en 2009 à 45.4q/ha en LH6A1 en 2012) (tableau 3). Ces écarts s'expliquent par des contextes climatiques très hétérogènes (conditions d'automne ne permettant pas toujours de réaliser les semis dans de bonnes conditions).

La féverole atteint de bons rendements sauf durant la campagne 2011 l'hiver particulièrement froid et le printemps particulièrement sec ont pénalisés le rendement de la féverole.

Les rendements du tournesol sont régulièrement en dessous de la moyenne, sans doute à cause d'un manque d'eau disponible.

Tableau 3 : Rendements moyens par culture en région Midi-Pyrénées en conduite biologique

Culture	2009	2010	2011	2012	Moyenne
Blé tendre d'hiver	23.4	32	32.1	38.3	31.5
Orge d'hiver	19.7	36	30	38.6	31.1
Féverole	16	19	11.3	16.8	15.8
Pois de printemps	15.1	14	NA	7	12
Tournesol	16	20	20.4	18	18.6

Tableau 4 : Rendement obtenu par les différentes cultures chaque année : Les rendements en vert sont les rendements supérieur à la moyenne des rendements du Gers en 2012 et les rendements en rouge sont les rendements inférieurs.

Rendement en q/ha	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Moyenne Midi-Pyrénées 2012
Féverole d'hiver		25.2			8.5	22.6	15.8
Pois de printemps			10.7	13.4			12
Blé tendre d'hiver	32.4		10	38.6		45.4	31.5
Orge d'hiver				27.6	30.8	40	31.1
Tournesol	13.6	12.1					18.6

#### L'INN des blés tendres à floraison

Le suivi de cet indicateur (tableau 5) montre que l'INN n'est jamais satisfaisant, même les années favorables. Dans ce cas de figure, soit le système n'est pas assez performant, soit les objectifs de l'expérimentateur sont trop élevés. Les rendements et taux de protéines des récoltes de blés de 2007 et de 2012 étant satisfaisants, il serait envisageable de considérer un INN à floraison de 0.6 comme satisfaisant.

Cependant, le point semblant le plus préjudiciable pour les rendements du blé n'est pas la disponibilité en azote mais les conditions météorologiques.

Tableau 5: Suivi des INN à floraison des blés tendres.

Année	2007	2007.2	2009	2010	2012	Synthèse
Variété	Renan	Renan	PR22R58	Renan	Renan	
Tendance variétale en conduite biologique (productive ou à forte teneur en protéine)	Equilibrée	Equilibrée	NA	Equilibrée	Equilibrée	
Précédent	Féverole	Lentille	Féverole	Pois de printemps	Féverole	
INN floraison	0.64	0.6	0.36	0.38	0.66	0.528
Rendement obtenu	32.4q/ha	32.4q/ha	10q/ha	38.6q/ha	45.4q/ha	
Taux de protéine	13.5%	13.5%	10.3%	11%	12.3%	11.8
Remarques			Très forte concurrence adventice	Hiver frais donc peu de minéralisation	Bien que certaines années ont été favorables au développement du blé, les INN restent en dessous de 0.7.	

Pour les protéagineux, la féverole donne satisfaction mais est, elle aussi, dépendante des aléas climatiques (en 2011, la féverole a subi un fort déficit hydrique en début de culture puis a souffert de coups de chaleur). Elle a finalement réalisé un rendement de seulement 8.5q/ha). Les pois de printemps qui sont la solution alternative à la féverole d'hiver quand elle ne peut pas être implantée, n'atteignent jamais de rendements très satisfaisants. Leur conduite est délicate et ils sont sensibles aux attaques de sitones dont les larves s'attaquent aux nodosités, empêchant ainsi la culture de fixer l'azote atmosphérique.

La principale culture de printemps mise en place est le tournesol. Celui-ci permet des rendements corrects pour une culture de printemps non-irriguée en sol superficiel mais limités par le grand nombre de pigeons de Auch qui se posent sur les capitules et font d'importants dégâts (Figure 4).



Figure 5: Dégâts de pigeon sur les capitules de tournesol en 2010 (photo: CREAB MP)

#### La maîtrise des adventices

Suite à l'interrogation de l'expérimentateur et la lecture des comptes rendus annuels et du rapport de Pascale Métais, la maîtrise des adventices, paraît prendre une place importante dans le système et semble assez bien maîtrisée grâce à la possibilité d'adapter la rotation du système de culture en fonction du développement de la flore adventice. Ainsi, il est à noter que, suite à une culture mal développée de blé tendre dans la parcelle LH1, celle-ci a été semée en trèfle violet en 2010 uniquement dans l'objectif de concurrencer les adventices. La parcelle LH4 conduite en parallèle avec le même raisonnement de la rotation a été conduite en luzerne durant 2 ans et demi pour contrôler les adventices. Cette pratique a montré un effet positif dans le contrôle des chardons mais la luzernière ayant été détruite sans labour, la culture suivante a été fortement infestée par des graminées (vulpin, ray-grass et folle avoine).

Le désherbage mécanique des cultures souffre du manque de disponibilité de la main d'œuvre et il arrive ponctuellement que le manque de main d'œuvre combiné à la difficulté d'avoir les bonnes conditions de la parcelle fasse que certaines cultures ne soient pas désherbées.

On peut donc dire que malgré le faible désherbage mécanique réalisé sur les parcelles et grâce à l'adaptation de la succession des cultures, le système arrive à maîtriser le développement des adventices mais en obligeant l'implantation de cultures impactant la rentabilité du système à court terme.

Cependant, des chardons se développent dans les parcelles ainsi que de la folle avoine depuis 2009. Pour y remédier, il est prévu de tester la mise en place de couverts étouffants en interculture. Le trèfle violet étant déjà un couvert réputé pour sa concurrence vis-à-vis des adventices.

### b) Evaluation des performances : le système est-il durable économiquement ?

L'évaluation des performances repose sur les variables calculées par Criter à partir du système de culture pratiqué défini dans le point III.1.

L'objectif de ce système de culture est d'être économiquement durable. Cependant, le résultat économique visé n'avait pas été chiffré à la mise en place de l'essai. Dans cette évaluation, le calcul de la marge semi-nette moyenne à l'échelle de la rotation pratiquée a été conduit et comparé à la marge semi-nette Midi-Pyrénées OTEX 15, sur la période 2007-2012. La rentabilité globale du système est moyennement satisfaisante, avec une marge semi-nette, de 650.9€/ha (tableau 6). Elle est inférieure de 19% à la valeur moyenne Midi-Pyrénées OTEX 15 sur la période 2007-2012 (807.72€/ha) (Source : Réseau d'information comptable agricole, traitement ARVALIS Institut du végétal 2014). En effet, bien que certaines cultures de la rotation aient une rentabilité très intéressante comme le blé et l'orge (respectivement une marge nette de 940.5€/ha et de 791.8€/ha), d'autres comme le pois et le tournesol ont une rentabilité en retrait (respectivement une marge nette de 263.4€/ha et 465€/ha). Cependant, ces deux dernières cultures font partie des cultures dites « de service » (apport d'azote pour le pois et contrôle des adventices pour le tournesol). De ce fait, elles participent donc indirectement à la marge semi-nette de la rotation en assurant une bonne réussite des cultures « de rente ». Le pois est mis en place uniquement lorsque la féverole n'a pas pu être implantée. De ce fait, sa proportion dans l'assolement est faible et donc sa faible rentabilité impacte peu la rentabilité globale du système. La féverole est une culture « de service » intéressante dans le système car elle permet d'apporter de l'azote au système, elle est facile à désherber mécaniquement et elle a une rentabilité convenable (marge semi-nette de 542.4€/ha).

Cela dit, la comparaison des résultats économiques de La Hourre avec une moyenne OTEX 15 Midi-Pyrénées présente des limites, du fait de la grande proportion de surface en maïs grain irrigué dans la région qui permet un haut niveau de rentabilité mais dont la culture n'est pas envisageable sur La Hourre du fait de l'impossibilité d'irriguer.

Tableau 6: Marge semi-nette des cultures du système

Culture	Marge semi-nette (€/ha)	Fréquence des cultures dans la rotation
Féverole	542	0.2
Pois de printemps	263	0.07
Blé tendre	940.5	0.2
Orge d'hiver	791	0.27
Tournesol	471	0.27
<b>Système</b>	<b>650</b>	

### c) Conclusion sur l'objectif de l'évaluation de la durabilité

A la mise en place du système, les résultats attendus en termes de réussite et de performance n'ont pas été définis précisément. Une évaluation de la réussite et de la performance du système a néanmoins été conduite dans ce travail, sur la base des informations recueillies dans les bilans

annuels et la définition d'un système de culture pratiqué, représentatif de ce qui est fait en sol superficiel sur le Domaine de la Hourre.

Selon cette évaluation, la réussite du système est partielle (rendement partiellement atteints, maîtrise des adventices satisfaisante mais au détriment de l'introduction de cultures étouffantes, moins rentables, pénalisant l'économie du système) et les attentes de l'expérimentateur semblent trop ambitieuses (valeurs de l'INN à floraison). Le système n'est donc pas parfaitement maîtrisé et nécessite des réajustements.

Une évaluation des performances économiques a été réalisée en comparant la rentabilité du système à la rentabilité des systèmes de l'OTEX 15 en Midi-Pyrénées. Cette comparaison montre que la rentabilité du système est en retrait par rapport à la moyenne régionale. Cependant, cette évaluation a des limites, le potentiel de ces parcelles pouvant être différent de la moyenne régionale. L'évaluation de la dimension économique de la durabilité par le modèle Masc, détaillée ci-dessous, apporte une autre réponse à l'objectif de durabilité économique du système, les seuils choisis étant définis selon une autre méthode.

L'évaluation de la durabilité se justifie dans ce système pour apporter à l'expérimentateur un bilan des performances globales lui permettant ainsi, soit d'orienter le réajustement du système, soit de préciser davantage les résultats de réussite et de performances attendus, au vu des performances de durabilité atteintes (ex. : définir les rendements attendus, la rentabilité attendue, revoir l'objectif d'INN attendu).

Un troisième intérêt est de mettre en évidence les points forts du système parmi ces résultats de performances afin de déterminer quels acteurs pourraient être intéressés par ce système de culture.

### **3. Evaluation de la durabilité**

#### **a) Liste des choix réalisés pour le paramétrage de Criter**

- *Année climatique*

La campagne climatique prise en compte est celle qui correspond à une année de lessivage médian sur la période 2007-2012. Cette année a été déterminée à l'aide d'un modèle de lessivage mis au point par Matthieu Hirschy, Violaine Deytieux et Raymond Reau (INRA, 2013). C'est la campagne d'août 2009 à juillet 2010 qui a été retenue.

Les précipitations étant d'intensité forte (orage fréquents) mais de volumes faibles (706mm/an en moyenne), l'indice de précipitation a été estimé à 4 sur 5 du fait de la forte fréquence des orages dans la région.

- *Sol/parcelle*

Etant donnée l'hétérogénéité existante dans ces parcelles, le choix de la zone utilisée comme référence pour les données concernant le sol s'est basée sur les dires de Loïc Prieur qui a défini la zone de référence 7 comme étant la plus représentative. Cette zone appartient à la parcelle LH6A1 et ceux sont les données 0-30cm de l'analyse de 2007 qui ont été prises en compte.

La profondeur de cette zone est de 120cm, ce qui est peu représentatif de l'ensemble de la parcelle. Ainsi, elle a été ramenée à 80cm (même correction pour la RU qui passe de 103mm à 68mm). La

forte teneur en argile de ces parcelles les classe dans un risque de battance de 2/5 et une érodabilité de 2/5.

La pente moyenne des parcelles est supérieure à 5%.

- Paramétrage de l'engrais « moyen »

Les apports d'engrais sur les cultures sont faits sous différentes formes : Mélange de farine d'os et de fiente (7-4-2) et bouchons de farines d'os (9-12-0)

Pour faciliter la saisie dans Criter, il a été défini un engrais « moyen » qui correspond à la moyenne pondérée des différents engrais apportés. Cet engrais a donc une composition moyenne représentative des engrais apportés (8-8-1) et son prix est fixé par rapport au coût moyen de l'unité d'azote apporté sur le système sur la période 2007/2012 (soit 2.23€/uN). Le paramétrage de l'engrais a été saisi en tant que « Farine de plumes hydrolysées » (Figure 6).

Fertilisants

Fertilisants	Unité	Solide	Minéral	Forme P	Ax	% N	Pnmin	% P...	Coefficient d'énergie	Prix
Ecumes	kg/ha	non	non		21	0	10	0,1	0	0,312
Farine de plumes hydroly...	kg/ha	oui	non	Autre e...	0	8	4,5	8	29	0,178
Fiente liquide canard	l/ha	non	non		10	1,1	70	1,4	0	
Fiente liquide dinde	l/ha	non	non		10	3,3	70	2,1	0	
Fiente liquide poulet chair	l/ha	non	non		10	1,6	70	1,2	0	
Fiente liquide poulet pond.	l/ha	non	non		10	1,1	70	1	0	
Fientes dinde	kg/ha	non	non		50	2,4	70	2,5	0	0,267
Fientes poulet	kg/ha	non	non		58	2,6	70	2,1	0	
Fumier bovin (stab. entra	kg/ha	non	non		46	0,5	10	0,3	0	

Fertilisant:  Unité:

Solide:  Minéral:  Forme P:

Ax:  Pnmin:  Coefficient de volatilisation

% N:  % P2O5:  Enfouis Sol Calcaire:

% K20:  Non enfouis Sol Calcaire:

Coefficient d'énergie (MJ/unité):  Non enfouis sol non calcaire:

Acidifiant:  Alcalinisant:  Non enfouis sol non calcaire:

Prix (€/unité):

Figure 6: Paramétrage de l'engrais "moyen" dans le fertilisant "Farine de plumes hydrolysées"

- Prix achat/vente

Les prix d'achat et de vente sont les moyennes des prix « exploitant » sur la période 2007-2012. Pour les semences, seuls les prix des variétés considérées dans le système de culture pratiqué sont pris en compte (Tableau 7).

Tableau 7: Prix moyen d'achat des semences et de vente des produits sur la période 2007-2012

Culture	Prix semence	Prix de vente €/t
---------	--------------	-------------------

Féverole	0.5 €/kg	308.6
Pois	0.78 €/kg	306.7
Blé tendre	0.81 €/kg	317.9
Orge	0.55 €/kg	267.7
Tournesol	237.5 €/dose	425.1
trèfle violet	4.13 €/kg	

Le prix du carburant pris en compte est celui paramétré par défaut dans Criter qui est de 0.8€/l.

- *Aides prises en compte*

Les aides prises en compte sont uniquement les aides découplées DPU (DPU moyenne du Gers de 295.63€/ha en 2013) et les aides au maintien de l'Agriculture Biologique (100€/ha).

- *Rendements potentiels pris en compte*

Les rendements potentiels de cette parcelle ont été estimés à dire du personnel du lycée agricole de Auch travaillant en agriculture conventionnelle à :

- Féverole : 30q/ha
- Pois : 25q/ha
- Blé tendre : 60q/ha
- Orge 50q/ha
- Tournesol : 20q/ha

**b) Renseignement des critères basiques de l'arbre de Masc 2.0**

Les critères basiques de l'arbre MASC 2.0 ont tous été renseignés en suivant la méthode détaillée dans le rapport méthodologique. Les tableaux 8 à 10 indiquent la valeur de chaque indicateur et la classe qualitative dans laquelle ils se trouvent. Les couleurs de remplissage des cellules correspondant aux classes qualitatives : en rouge lorsque la note est la plus mauvaise en termes de durabilité, en bleu lorsque c'est la meilleure.

très faible	faible	moyenne	élevée	très élevée
très faible	faible à moyenne	moyenne à élevée	très élevée	
faible		moyenne		élevée

Tableau 8: Critères basiques de la dimension économique de l'arbre Masc 2.0

Critère basique	Indicateur	Valeur	Classes qualitatives et seuillage	Satisfaction de l'indicateur
			moyen =< 490 < Moyen à élevée =< 885 < Très élevée	élevée
<b>Indépendance économique</b>	Indépendance économique*	37,85	Très faible =< 20% < Faible à moyenne =< 40% < Moyenne à élevée < 60% =< Très élevée	Faible à moyenne

<b>Efficiences économique</b>	Efficiences économique*		Très faible < 110 < Faible à moyenne < 120 < moyenne à élevée < 160 < très élevée	Moyenne à élevée
		147,73		
<b>Surcoût en matériel</b>	% de surinvestissement**	0%	Faible =< 20% < Moyen =< 50% Elevé	Faible
<b>Maitrise de l'état structural</b>	Avis de l'expérimentateur sur les perspectives d'évolution de l'état structural du sol au long terme	Pas de problèmes particuliers en dehors de conditions liées aux orages.	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Moyenne à élevée
<b>Maitrise du statut acido-basique</b>	Avis de l'expérimentateur sur les perspectives d'évolution du statut acido-basique du sol au long terme	Sol basique sur coteau calcaire qui joue un rôle de tampon	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Très élevée
<b>Maitrise du statut fertilité phospho-potassique</b>	Avis de l'expérimentateur sur les perspectives d'évolution phospho-potassique du sol au long terme	Le phosphore a tendance à diminuer ce qui pourra prochainement être problématique. Le potassium n'est pas problématique car il est en quantité suffisante dans le sol.	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Très faible
<b>Maitrise des adventices</b>	Avis de l'expérimentateur sur les perspectives d'évolution des adventices	Les parcelles sont soumises à un salissement en moutarde et folle avoine qui génèrent parfois des difficultés de récolte.	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Faible à moyenne
<b>Maitrise des maladies et ravageurs</b>	Avis de l'expérimentateur sur l'évolution de la maitrise des bioagresseurs	Quelques sitones sur féverole mais reste modéré	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Moyenne à élevée
<b>Qualité sanitaire des produits</b>	Retour à dire d'expérimentateur sur la fréquence de déclassement des récoltes	Il n'y a pas de déclassement de récolte pour cause de qualité sanitaire des produits.	Faible < Moyenne > Elevée	Elevée
<b>Qualité technologique et esthétique</b>	Retour à dire d'expérimentateur sur la fréquence de déclassement des récoltes	Les productions demandent peu de critères de qualité et sont généralement satisfaisantes (ex : taux de protéine du blé)	Faible < Moyenne > Elevée	Elevée
<b>Contribution à l'émergence de filières</b>	Contribution à l'émergence de nouvelles filières **	Les systèmes biologiques sont considérés comme « élevé » car ils contribuent au développement d'un marché encore peu développé	Nulle < Moyenne < Elevée	Elevé

\*Indicateur calculé par Criter

\*\*Méthode de calcul disponible dans « Craheix D., et al. (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. »

Tableau 9: Critères basiques de la dimension sociale de l'arbre de Masc 2.0

Critère basique	Indicateur	Valeur	Seuillage	Satisfaction de l'indicateur
<b>Complexité des itinéraires techniques</b>	Complexité des interventions culturales*	2.46	Très faible < 1.5 =< Faible à moyenne < 2 =< Moyenne à élevée < 2.5 =< Très élevée	Moyenne à élevée
<b>Temps de veille technico-économique</b>	Temps de veille technico-économique*	5	Faible =< 3 < Moyen =< 6 < Elevé	Moyenne
<b>Surcharge de travail</b>	Répartition du temps de travail sur l'année	Pas de pics de travail particuliers à part pour le désherbage	Elevé < Moyenne < Faible	Moyenne
<b>Difficulté physique</b>	Avis de l'expérimentateur	Pas de difficulté physique particulière	Elevée < Moyenne < Faible	Faible
<b>Risque santé de l'applicateur</b>	Toxicité*	0 IFT tox	Faible < 1 =< moyen < 2 =< élevé	Faible
<b>Contribution à l'emploi</b>	Temps de travail de la main d'œuvre saisonnière	0h/ha	Très faible =< 2h/ha/an < Faible à moyenne =< 4h/ha/an < Moyenne à élevée < 6h/ha/an =< Très élevée	Très faible
<b>Fourniture en matières premières</b>	Fourniture en matière première*	62.15%	Très faible < 70=< Faible à moyenne < 80 =< Moyenne à élevée < 90 =< Très élevée	Très faible

\*Indicateur calculé par Criter

Tableau 10: Critères basiques de la dimension environnementale de l'arbre de Masc 2.0

Critère basique	Indicateur	Valeur	Seuillage	Satisfaction de l'indicateur
<b>Maitrise des pertes de NO<sub>3</sub></b>	Kg NO <sub>3</sub> lessivés/ha/an*	1.7 Kg NO <sub>3</sub> lessivés/ha/an	Très faible < 60 =< Faible à moyenne < 40=< Moyenne à élevée < 20 =< Très élevée	Très élevée
<b>Maitrise des pertes de phosphore</b>	Arbre satellite**	Moyenne à élevée	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Moyenne à élevée
<b>Maitrise des pertes de pesticides dans les eaux profondes</b>	Maitrise des pertes de pesticides dans les eaux profondes*	10	Très faible < 4 =< Faible à moyenne < 7 =< Moyenne à élevée < 9 =< Très élevée	Très élevée
<b>Maitrise des pertes de pesticides dans les eaux superficielles</b>	Maitrise des pertes de pesticides dans les eaux superficielles*	10	Très faible < 4 =< Faible à moyenne < 7 =< Moyenne à élevée < 9 =< Très élevée	Très élevée
<b>Maitrise des émissions de NH<sub>3</sub></b>	Kg NH <sub>3</sub> volatilisés/ha/an*	0.33 Kg NH <sub>3</sub> volatilisés/ha/an	Très faible < 40 =< Faible à moyenne < 20 =< Moyenne à élevée < 7 =< Très élevée	Très élevée
<b>Maitrise des émissions de N<sub>2</sub>O</b>	Kg N <sub>2</sub> O émis /ha/an*	0.89 Kg N <sub>2</sub> O émis /ha/an	Très faible < 6 =< Faible à moyenne < 3 =< Moyenne à élevée < 1 =< Très élevée	Très élevée
<b>Maitrise des</b>	Maitrise des pertes de	10	Très faible < 4 =< Faible à	Très élevée

<b>émissions de pesticides dans l'air</b>	pesticides dans l'air*		moyenne < 7 =< Moyenne à élevée < 9 =< Très élevée	
<b>Maitrise du statut organique</b>	Maitrise du statut organique*	3.7	Très faible < 4 =< Faible à moyenne < 7 =< Moyenne à élevée < 9 =< Très élevée	Faible à moyenne (pas de diminution de la MO depuis 10ans)
<b>Maitrise de l'érosion</b>	Retour à dire d'expérimentateur	Erosion sur les parcelles lors d'orages conséquents	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Faible à moyenne
<b>Maitrise de l'accumulation d'éléments toxiques</b>	Accumulation estimée nulle étant donné que le système n'a pas d'intrant contenant a priori des éléments toxiques	Très élevée	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Très élevée
<b>Consommation d'eau en période critique</b>	Volume d'irrigation en périodes critiques*	Absence d'irrigation	Elevée < Moyenne < Faible	Faible
<b>Dépendance vis-à-vis de la ressource en eau</b>	Arbre satellite**	Faible	Elevé < Moyenne < Faible	Faible
<b>Consommation en énergie</b>	Consommation énergétique en Mj/ha/an*	10.31 MJ/ha/an	élevé =< 16 < moyen =< 9 < faible	Moyenne
<b>Efficiences énergétique</b>	Efficiences énergétique*	3.62	Faible < 6 =< moyen < 9 =< élevé	Faible
<b>Pression phosphore</b>	Pression phosphore en kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha/an*	Aucun apport de phosphore non renouvelable	Très faible =< 20 < Faible à moyenne =< 40 < Moyenne à élevée =< 60 < Très élevée	Très faible
<b>Conservation de la macrofaune du sol</b>	Arbre satellite**	Moyenne à élevée	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Moyenne à élevée
<b>Conservation des insectes volants</b>	Arbre satellite**	Très élevée	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Très élevée
<b>Diversité floristique</b>	Evaluation de la flore à dire de l'expérimentateur	Beaucoup d'espèces différentes en particulier par rapport à une flore conventionnelle	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Très élevée
<b>Abondance floristique</b>	Evaluation de la flore à dire de l'expérimentateur	Les parcelles sont soumises à un salissement en moutarde et folle avoine.	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Très élevée
<b>Conservation des micro-organismes</b>	Arbre satellite**	Moyenne à élevée	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Moyenne à élevée

\*Indicateur calculé par Criter

\*\*Méthode calcul disponible dans « Craheix D., et al. (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. »

### c) Résultats d'évaluation de la durabilité du système de culture par agrégation des critères basiques

Les pondérations utilisées sont les pondérations proposées par défaut dans Masc 2.0.

#### Performances globales de durabilité

Les performances globales de durabilité de ce système sont bonnes (6/7). Ceci est principalement dû à de très bonnes performances économiques et environnementales. Les performances sociales sont, quant à elles, le facteur limitant la durabilité du système (Figure 7).

#### Représentation des critères de durabilité du système en sols superficiels de La Hourre

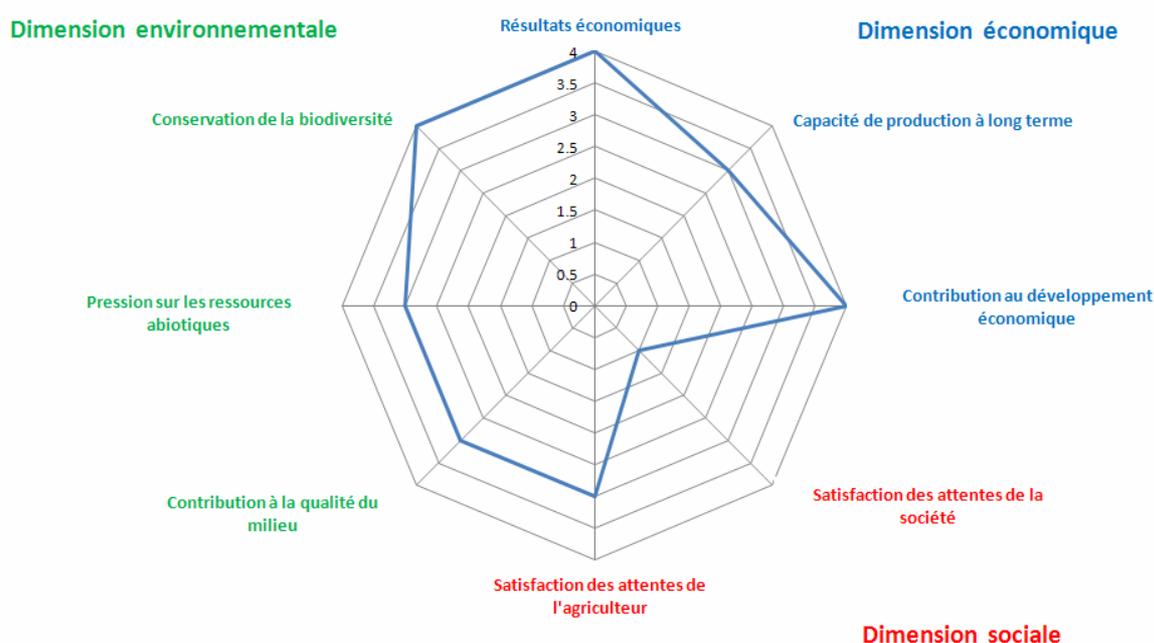


Figure 7: Résultats de l'évaluation des performances de durabilité par Masc 2.0

#### Performances économiques

rentabilité (3/4)		résultats économiques (4/4)	Dimension économique (5/5)
indépendance économique (2/4)	autonomie économique (3/4)		
efficacité économique (3/4)			
surcôt en matériel (3/3)		capacité productive à long terme (3/4)	
maîtrise du statut acido-basique du sol (4/4)	maîtrise de la fertilité physico-chimique (3/4)		
maîtrise de l'état structural du sol (3/4)			
maîtrise de la fertilité phosphopotassique (2/4)	maîtrise des bioagresseurs (3/4)	contribution au dvpt économique (4/4)	
maîtrise des maladies et ravageurs (3/4)			
maîtrise des adventices (2/4)	qualité des produits (4/4)		
qualité sanitaire (3/3)			
qualité technologique et esthétique (3/3)			
contribution à l'émergence de filières (3/3)			

#### - Résultats économiques :

Les résultats économiques du système sont très satisfaisants, du fait d'une bonne rentabilité et d'une bonne autonomie économique. Bien que ce système ne dispose pas tout à fait du même matériel que la plupart des systèmes en grandes cultures, il n'engendre pas de surcôt du parc matériel. En effet, le matériel spécifique à l'agriculture biologique disponible sur ce système (herse étrille, bineuse

et houe rotative) n'est pas plus cher qu'un pulvérisateur trainé couramment rencontré en grandes cultures conventionnelles (Tableau 11).

Tableau 11: Coût neuf des outils spécifiques ou absents du parc matériel du système (Source des prix : Barème Entr'aide 2013-2014 de la chambre d'agriculture de l'Eure-et-Loir)

Différence du parc matériel par rapport à un système de grandes cultures « type »	Système biologique de La Hourre	
	Matériel supplémentaire	Bineuse céréales
Guidage caméra		7250€
Herse étrille 6m		5250€
Houe rotative 4.5m		8780€
Matériel en moins	Pulvérisateur trainé 3200l et 28m	48550€
	<b>Total</b>	<b>-14270€</b>

- *Capacité productive à long terme :*

Le résultat de cette branche est satisfaisant du fait que le pH du sol restera toujours stable (sols calcaires) et que la structure du sol et les maladies et ravageurs sont assez bien maîtrisés. Cependant, la fertilité phosphorique et la maîtrise des adventices pourraient devenir problématiques dans les années à venir et sont donc des points à surveiller.

- *Contribution au développement économique :*

La contribution au développement économique prend en compte la qualité sanitaire, technologique et esthétique des produits et la contribution à l'émergence de nouvelles filières. Les produits récoltés étant de bonne qualité sanitaire et technologique, ils peuvent satisfaire les exigences des différentes filières. En ce qui concerne l'émergence de nouvelles filières, la diversification de l'assolement (5 cultures différentes) et la labellisation « Agriculture Biologique » favorisent l'émergence de filières de valorisation locale des produits et offrent de nouveaux débouchés pour le secteur de l'agrofourmiture.

### Performances sociales

contribution à l'emploi (1/4)		satisfaction des attentes de la société (1/4)	Dimension sociale (2/5)
fourniture de matières premières (1/4)			
complexité des ITK (2/4)	facilité de mise en œuvre (2/4)	satisfaction des attentes de l'agriculteur (3/4)	
temps de veille technico-économique (2/3)			
surcharge de travail (2/3)	qualité des conditions de travail (4/4)		
risque pour la santé de l'applicateur (3/3)			
difficulté physique (3/3)			

- *Satisfaction des attentes de la société :*

Ce critère est très insatisfaisant. En effet, il est évalué par la capacité du système à créer des emplois et à nourrir la population. Sur ces deux points, la plupart des systèmes en grandes cultures biologiques (et La Hourre n'échappe pas à la règle) sont peu performants. En effet, les systèmes contribuent à l'emploi lorsque leur conduite entraîne ponctuellement une surcharge de travail nécessitant d'employer de la main d'œuvre saisonnière (ex : récolte d'asperge). Ce n'est pas le cas des systèmes de grandes cultures biologiques où le temps de travail est assez bien réparti sur l'année.

Pour ce qui est de la capacité du système à nourrir la population, les systèmes biologiques, du fait d'un non recours aux engrais et pesticides de synthèse, voient leurs rendements diminués. Ce système ne produit que 52% de ce que pourrait produire un système conventionnel dans les mêmes conditions.

- *Satisfaction des attentes de l'agriculteur :*

Cette branche est assez satisfaisante du fait de la qualité des conditions de travail. En effet, le producteur n'a aucun risque d'être exposé à des produits toxiques du fait qu'il ne réalise aucun traitement phytosanitaire et il n'y a pas de difficultés physiques particulières (manutention,...). Le travail est correctement réparti tout au long de l'année du fait de la présence de cultures d'hiver et de printemps.

Cependant, ce système demande une certaine maîtrise technique pour sa mise en œuvre. En effet, l'application du cahier des charges de l'Agriculture Biologique ne permet pas le recours aux solutions chimiques utilisées en cultures conventionnelles pour assurer et sécuriser les rendements (engrais de synthèse et produits phytosanitaires) et oblige à chercher ces fonctions dans des mécanismes naturels (restitution de l'azote atmosphérique fixé par les légumineuses à la culture suivante) ou des actions mécaniques (désherbage mécanique) plus difficilement maîtrisables.

*Performances environnementales*

maîtrise des pertes dans les eaux profondes (4/4)	maîtrise des pertes de pesticides eaux (4/4)	contribution à la qualité de l'eau (4/4)	contribution à la qualité du milieu (3/4)	Dimension environnementale (5/5)
maîtrise des pertes dans les eaux superficielles (4/4)				
maîtrise des pertes de P (3/4)				
maîtrise des émissions de NH3 (4/4)				
maîtrise des émissions de N2O (4/4)		contribution à la qualité de l'air (4/4)		
maîtrise des émissions de pesticides Air (4/4)				
maîtrise de l'accumulation d'éléments toxiques (4/4)		préservation de la qualité du sol (2/4)		
maîtrise du statut organique (2/4)				
maîtrise de l'érosion (2/4)				
conso en eau d'irrigation en période critique (3/3)		pression eau (4/4)	pression sur les ressources abiotiques (3/4)	
dépendance vis-à-vis de la ressource en eau (3/3)				
consommation en énergie (2/3)		pression énergie (2/4)		
efficacité énergétique (1/3)				
pression phosphore (4/4)			conservation de la biodiversité (4/4)	
conservation des insectes volants (4/4)		conservation de la macrofaune (4/4)		
conservation de la macrofaune du sol (3/4)		conservation de la flore (4/4)		
abondance floristique (4/4)				
diversité floristique (4/4)				
conservation des micro-organismes du sol (3/4)				

- *Contribution à la qualité du milieu :*

Le système est intéressant pour sa contribution à la qualité du milieu en particulier en ce qui concerne la qualité de l'eau et de l'air. En effet, le système n'utilise pas de produits phytosanitaires et a une consommation modérée en fertilisants. La qualité des sols est tout de même à surveiller car le système manque d'apport en matières organiques (pas d'apport de matière organique d'origine animale) et la simple restitution des résidus des cultures ne sera peut-être pas suffisante pour maintenir à long terme le taux de matière organique (d'autant plus que les cultures produisent assez peu de biomasse). La pente importante des parcelles en coteau et le faible taux de celles-ci en matière organique ne permet pas de retenir les colloïdes du sol lors des fréquents orages de la région (Figure 8).



Figure 8: Erosion en bas de la parcelle LH1 après un orage le 23/05/2014

- *Pression sur les ressources abiotiques :*

Les ressources abiotiques prises en compte sont l'eau, l'énergie et le phosphore non renouvelable.

Le système étant conçu avec pour objectif d'assurer sa réussite malgré de fortes contraintes de disponibilité de l'eau, il n'est pas surprenant qu'il exerce une pression faible sur la ressource en eau. Il n'est pas irrigué et les cultures de printemps sont choisies en fonction de leur aptitude à être conduites dans des conditions limitantes en eau.

Pour l'énergie, les trois principaux postes de consommation couramment observés sont, par ordre décroissant, l'irrigation, la fertilisation et la consommation de carburants. Le système est sans irrigation. Par contre, les éléments fertilisants qui sont apportés sont obtenus par un procédé de transformation énergivore des déchets d'abattoir (Broyage, cuisson, séchage,...). Le système est aussi plus consommateur en carburant que la plupart des systèmes du fait de la gestion de la flore adventice de façon mécanique (labour, déchaumage, faux-semis et désherbage mécanique). Sa consommation énergétique est donc moyenne. Cependant, étant donné le niveau faible de

production du système, son efficacité énergétique (énergie produite rapportée à l'énergie consommée) n'est pas satisfaisante.

Les apports de phosphore sont issus de déchets d'abattoirs qui sont considérés comme ressource renouvelable, expliquant une faible pression sur le phosphore non-renouvelable.

- *Conservation de la biodiversité :*

Du fait de la non-utilisation de produits phytosanitaires, de la diversité des cultures mises en place et de la diversité et abondance des adventices dans les parcelles, le système est un bon candidat pour assurer le maintien d'une certaine biodiversité.

## **4. Discussion des résultats**

### **a) La durabilité économique du système**

Selon les méthodes d'évaluation (par Masc ou en fonctions des indicateurs proposés dans le point III.2.b.), les résultats obtenus concernant la durabilité économique du système ne sont pas similaires.

En effet, selon la méthode Masc, le système de culture a de bonnes performances de durabilité économique. Sa rentabilité, notamment, est jugée « moyenne à élevée » selon Masc alors qu'elle est inférieure à la moyenne de l'OTEX 15 en Midi-Pyrénées. Cependant, la méthode de comparaison de la rentabilité à une valeur de DPU distribuée sur le département, utilisée pour renseigner Masc a montré dans le cadre de l'évaluation du site de Dunière quelle n'était pas toujours pertinente.

Malgré les bons résultats globaux de durabilité économique mis en évidence par Masc, la rentabilité du système est dépendante des aides à 62%. Ainsi, une diminution des aides perçues pourrait diminuer la rentabilité du système ainsi que son efficacité économique.

Le contexte pédoclimatique de ces parcelles (sol superficiel en climat relativement sec avec des précipitations orageuses) rend difficile la conduite de celles-ci.

Le choix de l'assolement se faisant en fonction des conditions pédoclimatiques (choix du tournesol en culture de printemps et implantation de pois de printemps pour remplacer la féverole d'hiver) et des conditions de maîtrise des adventices (choix d'une orge plutôt que d'un blé plus rentable). L'amélioration de ce système avec, pour objectif, d'améliorer le contrôle des adventices permettrait de limiter le nombre de situations où le blé doit être remplacé par une orge et d'optimiser le développement de l'ensemble des cultures en limitant la concurrence des adventices. Cependant, un grand nombre de leviers agronomiques sont déjà mobilisés pour contrôler les adventices dans le système (alternance de cultures de printemps et d'hiver, déchaumage, faux semis, désherbage mécanique, décalage des dates de semis des céréales, choix de variétés de céréales couvrantes,...).

### **b) Les performances de contribution au développement durable**

En termes de contribution au développement durable, le système est aujourd'hui satisfaisant. Son point noir, qui est la satisfaction des attentes de la société, s'explique d'une part par l'absence d'emploi de main d'œuvre saisonnière et d'autre part par des faibles rendements.

Pour la contribution à l'emploi, le modèle de la grande culture étant bâti sur la volonté de produire des grands volumes sur des grandes surfaces avec peu de main d'œuvre, ces systèmes, même en agriculture biologique, sont effectivement mauvais en termes de contribution à l'emploi. Cependant, par rapport aux systèmes de grandes cultures conventionnelles, ce type de système demande plus d'heures de travail à l'hectare.

La fourniture en matières premières est évaluée par rapport à un système intensif. En agriculture biologique, les possibilités limitées de recours aux intrants entraînent une diminution des rendements.

## **IV. Description et évaluation du système de culture en sol profond**

### **1. Choix et représentation du système de culture à évaluer**

#### **a) Choix des parcelles étudiées pour l'évaluation des performances et de la durabilité**

Le système est conduit sur les parcelles LH7 et LH8. Ces deux parcelles étant homogène en termes de contexte pédoclimatique ainsi qu'en termes de conduite, elles ont toutes les deux été prises en compte pour l'évaluation.

#### **b) Définition de la rotation**

Sur ces parcelles où la réserve hydrique est moins pénalisante pour le choix de la culture de printemps, il est possible d'implanter du soja. La culture du soja présente plusieurs avantages en agriculture biologique : son débouché économique est intéressant en alimentation humaine, elle est autonome en azote, elle est facile à désherber mécaniquement et elle n'a pas de maladie ou ravageur particulier en Europe, elle peut donc revenir régulièrement dans la rotation. Sa culture est donc particulièrement intéressante dans les conduites biologiques.

Dans la logique de conduite du système, le soja permet donc d'assurer le double rôle de précédent légumineuse pour l'apport d'azote et de culture de printemps pour casser le développement des adventices d'hiver.

La rotation mise en place est donc une rotation simple à base des deux cultures les plus rentables pouvant être implantées à La Hourre : une alternance Soja - Blé tendre d'hiver.

#### **c) Définition des itinéraires techniques pratiqués**

Comme pour le système en sol superficiel, la campagne 2012-2013 a été particulièrement humide. La situation de ces parcelles en fond de vallée n'a pas permis à l'eau de s'évacuer ce qui a entraîné une forte hydromorphie dans la parcelle implantée en blé tendre et n'a pas permis de semer le soja du fait du faible nombre de jours disponibles pour travailler le sol. Cette année étant considérée comme très exceptionnelle, il a été choisi, en accord avec l'expérimentateur, de ne pas la prendre en compte dans cette évaluation.

Sur la période 2007 – 2012, toutes les conduites ont été prises en compte pour définir les ITK pratiqués sauf les blés de 2008 et 2009. En effet, suite à une demande ponctuelle de la coopérative, les parcelles ont accueilli du blé biscuitier. Les variétés implantées, la fertilisation et les rendements sont différents des blés tendres classiques ce qui impacte sur le restant de la conduite et des

résultats. Seule la gestion de l'interculture de ces blés a été prise en compte pour définir l'itinéraire technique pratiqué « blé tendre ».

### Description des ITK pratiqués

#### Soja

Opération	Date	Distribution	Fréquence	Opération	Matériel	Intrant / Sortant
Interculture	1/8	24/7 au 6/8	0.67	Déchaumage	Déchaumeur à ailettes	
	1/9	1/9 au 2/9	0.33	Déchaumage	Déchaumeur à ailettes	
	11/10	5/9 au 24/11	0.83	Labour	Charrue	
	10/2	4/2 au 30/3	0.50	Déchaumage	Déchaumeur à ailettes	
	22/4	19/4 au 14/5	1.00	Déchaumage	Déchaumeur à ailettes	
Fertilisation	3/5		0.17	Epandage	DP 12	150 kg/ha Patentkali (45u K2O)
Implantation	3/5	29/4 au 23/5	0.50	Préparation sol	Herse rotative	
	12/5	10/5 au 20/5	0.33	Préparation sol	Vibroculteur	
	14/5	30/4 au 23/5	1.00	Semis	Semoir monograine	Isidor 3.7dose/ha + 1/2 dose d'inoculum
	1/6		0.17	Ecrouûtage	Houe rotative	
Désherbage	17/6	11/6 au 22/6	0.66	Binage	Bineuse	
	25/6	25/6 au 26/6	0.50	Binage	Bineuse	
	8/7	7/7 au 10/7	0.33	Binage	Bineuse	
Récolte	11/10	2/10 au 30/10	1.00	Récolte	MB (Fo)	15.2 q/ha (44.24% P)

#### Blé tendre

Opération	Date	Distribution	Fréquence	Opération	Matériel	Intrant / Sortant
Interculture	13/10	6/10 - 20/10	0.33	Déchaumage	Déchaumeur à ailettes	
	23/10	11/10 - 9/11	0.67	Labour	Charrue	
Implantation	14/10		0.25	Reprise	Déchaumeur à ailettes	
	7/11		0.25	Reprise	Herse rotative	
	17/11	31/10 au 11/12	1.00	Semis	Semoir combiné	Renan 193 kg/ha
	10/11		0.25	Roulage	Cultipacker	
Désherbage	20/12	29/11 - 11/1	0.33	Désherbage méca	Herse étrille	
	20/2	18/1 - 15/3	1.00	Désherbage méca	Herse étrille	
	25/3	22/3 - 6/4	0.83	Désherbage méca	Herse étrille	
Fertilisation	10/3	24/2 au 29/3	1.00	épandage	DP 12	947.5 kg/ha de Farine d'os (8.1-6.5-1.2)
	23/4	12/4 au 4/5	0.50	épandage	DP 12	472 kg/ha de Farine d'os (8.1-6.5-1.2)
Récolte	15/7	8/7 - 20/7	1.00	Récolte	MB (Fo)	28.3 q/ha

## 2. Repositionnement de la démarche d'évaluation dans le processus de conception-évaluation

### a) Evaluation de la réussite

L'évaluation de la réussite repose sur le système de culture pratiqué défini dans le point IV.1.

Loïc Prieur évalue la réussite de son système, en fin de campagne culturale, en observant 2 éléments : les rendements obtenus et l'état de salissement de ses parcelles. Cependant, aucune attente chiffrée n'est formulé (pas d'objectifs de rendement ni valeurs cibles en ce qui concerne la maîtrise des adventices). Les rendements ont donc été comparés à des rendements moyens du Gers en 2012 publiés par la chambre d'agriculture Midi-Pyrénées.

En cours de campagne culturale, l'indice de nutrition azoté (INN) des blés à floraison permet de juger de l'efficacité des pratiques mises en place pour assurer la fertilisation azotée des blés. L'INN à floraison est considéré comme satisfaisant à partir de 0.7.

#### Les rendements

En ce qui concerne les rendements, ils ont été comparés aux rendements publiés par la chambre d'agriculture Midi-Pyrénées sur la période 2009-2012. Ces rendements sont des rendements moyens obtenus en conduite biologique sur la région Midi-Pyrénées (tableau 12).

En ce qui concerne les rendements, les céréales d'hiver sont en moyenne insatisfaisants (28.3q/ha) (tableau 13). En cours de campagne, la satisfaction de la conduite des céréales s'évalue par l'Indice de Nutrition Azoté (INN) à floraison qui est considéré satisfaisant s'il est supérieur ou égale à 0.7. Cependant, le suivi de cet indicateur (tableau 14) montre que l'INN n'est jamais satisfaisant même les années favorables. D'une part, les reliquats azotés laissés par le soja sont moins importants que pour la plupart des légumineuses et d'autre part, l'objectif d'atteindre un INN de 0.7 semble trop exigeant.

Tableau 12 : Rendements moyens par culture en région Midi Pyrénées en conduite biologique

Culture	2009	2010	2010 (Gers)	2011	2012	Moyenne
Blé tendre d'hiver	23.4	32	37	32.1	38.3	31.5
Soja sec	11	17	NA	24	12.3	16.1

Tableau 13: Rendement des cultures sur la période 2007-2012

Rendement en q/ha	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Moyenne Midi-Pyrénées 2009-2012
Blé tendre d'hiver	21.8	33.8	19	29.5	20.8	41.2	31.5
Soja sec	16.8	17.3	9.1	23.7	18.2	12.5	16.1

Tableau 14: Suivi des INN à floraison des blés tendres.

Année	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Synthèse
Variété	Saturnus	Palédor	Palédor	Renan	Renan	Astardo	
Tendance variétale en conduite biologique (productive ou à forte teneur en protéine)	Orientation protéine	Variété biscuitière	Variété biscuitière	équilibré	équilibré	Orientation protéine	
Précédent	Soja	Soja	Soja	Soja	Soja	Soja	
INN floraison	0.37	0.52	0.41	0.46	0.28	0.6	0.44
Rendement obtenu	21.8	33.8	19	29.5	20.8	41.2	
Taux de protéine	13.7%	8.4%	11.7%	10.4%	11.8%	NA	
Remarques		Faibles reliquats sortie hiver (36kgN/ha)	Faibles reliquats sortie hiver (17kgN/ha)		Printemps très sec		Bien que certaines années comme 2012 ont été favorables au développement du blé, les INN restent en dessous de 0.7.

Cependant, le point semblant le plus préjudiciable pour les rendements du blé n'est pas la disponibilité en azote mais les conditions météorologiques. En effet, sur la campagne 2009, la période d'octobre à janvier a été très pluvieuse, ce qui a reculé les semis en février, impactant ainsi les conditions d'implantation du blé et son potentiel de tallage. Sur la campagne 2011, l'hiver a été très froid et le printemps très sec, ce qui a induit des pertes à la levée et a limité le tallage. Sur la campagne 2013, une pluviométrie excessive sur toute la période de la campagne a entraîné une hydromorphie prononcée dans les parcelles qui a limité le développement du blé.

C'est donc une campagne sur 2 qui est soumise à des aléas climatiques ayant un impact potentiellement important sur le rendement.

Les rendements du blé est plus faible dans le système en sol profond (28.3q/ha) que dans le système en sol superficiel (35.5q/ha). Cet écart est à expliquer année après année :

- En 2007, des températures fraîches, début mai ont engendré des défauts de fécondation qui ont pénalisé la fertilité épis. La parcelle de fond de vallée a semblé plus touchée que la parcelle de coteau. L'effet peut venir soit d'une différence de température entre les deux parcelles soit d'un écart de sensibilité variétale (Saturnus en fond de vallée et Renan sur les parcelles de coteaux).

- En 2009, l'année a été très pénalisant pour les blés dans les deux systèmes, le blé en fond de vallée a réalisés de meilleurs rendements car le blé des parcelles de coteaux a subi une très forte pression adventice.
- En 2010, le blé en sol superficiel a réalisé un rendement supérieur de 9q/ha au blé en sol profond. Aucune explication n'apparaît dans les compte-rendus annuels.
- En 2012, les blés en sol superficiel ou en sol profond se sont bien comportés et les rendements obtenus ont été proches.

Le phénomène d'hydromorphie printanière est plus régulièrement observé sur les parcelles en soja ; il est normalement limité sur les parcelles implantées en blé du fait de l'effet ressuyant de la culture en place et de son évapotranspiration.

Il est à noter que le soja en parcelle LH7 souffre régulièrement de carence en potassium. Cette carence est induite par l'excès de magnésium dans la parcelle. Cette carence a été corrigée en 2011 avec l'apport de potassium avant le semis sous forme de Patenkali.

Concernant le soja, il faut aussi prendre en compte que c'est une culture délicate à récolter (insertion basse des gousses sur la tige) et que le matériel utilisé par l'entrepreneur (coupe de 6m de large), ne semble pas adapté à ce genre de récolte minutieuse (ex : en 2008 le rendement machine était de 17.3q/ha alors que le rendement manuel était de 30.5q/ha soit 43% de pertes).

Ainsi, les rendements moyens observés sont de 28.3q/ha en blé tendre d'hiver et de 15.2q/ha en soja.

#### - La maîtrise des adventices

Selon les retours de l'expérimentateur, les comptes rendus agronomiques annuels et le rapport de Pascale Métails, sur ces parcelles, la flore adventice est assez abondante mais ne semble pas poser de problèmes majeurs. La flore adventice est différente de celle dans le système en sol superficiel et est composée d'une plus grande part d'adventices d'été (renouée persicaire, chénopode, amarante) qui ont tendance à être de plus en plus présentes. Ceci s'explique par la forte part de culture de printemps dans la rotation (1 années sur 2). Le soja, du fait de son implantation avec des inter-rangs larges (60cm) permet d'intervenir tardivement avec une bineuse pour contrôler ces adventices.

La stratégie de gestion des adventices (figure 9) permet un bon contrôle des adventices d'hiver mais n'est pas optimale pour la maîtrise des adventices à levée printanière et estivale. Il pourrait être intéressant de semer un peu plus précocement le blé pour qu'il recouvre mieux la parcelle au printemps et limite donc les levées d'adventices à cette période.

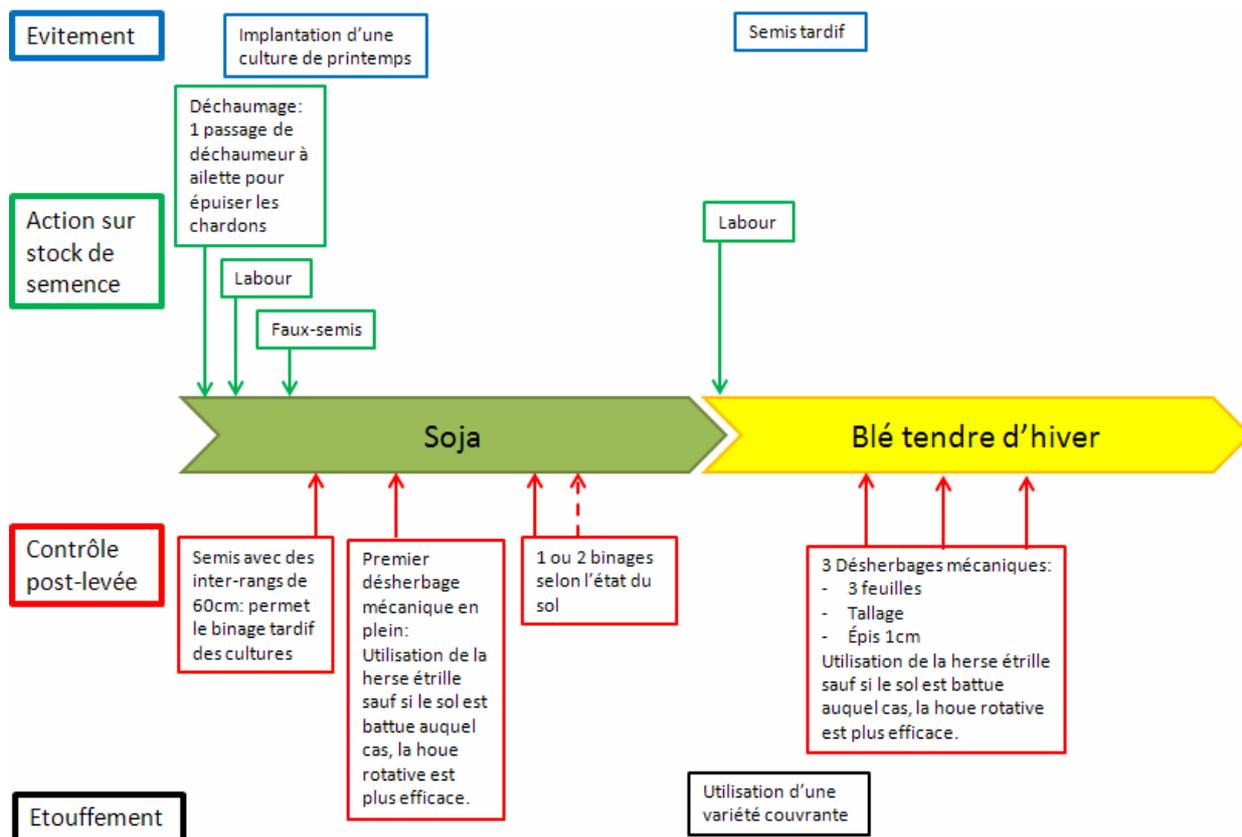


Figure 9: Schéma décisionnel de la maîtrise des adventices

## b) Evaluation des performances

### - Rentabilité du système

L'évaluation des performances repose sur les variables calculées par Criter à partir du système de culture pratiqué défini dans le point III.1.

L'objectif de ce système de culture est d'être économiquement durable. Cependant, le résultat économique visé n'avait pas été chiffré à la mise en place de l'essai. Dans cette évaluation, le calcul de la marge semi-nette moyenne à l'échelle de la rotation pratiquée a été conduit et comparé à la marge semi-nette Midi-Pyrénées OTEX 15, sur la période 2007-2012.

La rentabilité de ce système est supérieure à celle du système en sol superficiel (marge semi-nette de 692,4€/ha contre 636,6€/ha pour le système conduit en sol superficiel). Le soja est un peu plus rentable que le blé (marge semi nette de 743€/ha en soja et de 642€/ha en blé). Cette différence de marge semi-nette entre les deux cultures s'explique malgré un produit brut identique par des charges opérationnelles un peu plus élevées pour le blé, du fait de l'apport d'engrais. Cette rentabilité est limitée par rapport au potentiel des parcelles. Ceci s'explique par la limitation des rendements due aux conditions souvent trop humides des parcelles et de l'alimentation azotée limitante pour le blé.

Malgré sa meilleure rentabilité que le système en sol superficiel, ce système dégage une marge semi-nette inférieure de 115€ à la moyenne de l'OTEX 15 Midi-Pyrénées sur la période 2007-2012 (807.72€ de marge semi-nette).

La comparaison des résultats économiques de La Hourre avec une moyenne OTEX 15 Midi-Pyrénées n'est pas forcément pertinente du fait de la grande proportion de surface en maïs grain irrigué dans la région qui permet un haut niveau de rentabilité mais dont la culture n'est pas envisageable sur La Hourre du fait de l'impossibilité d'irriguer.

### **c) Conclusion sur l'objectif de l'évaluation de la durabilité**

De même que pour le système de culture conduit en sol superficiel, les résultats attendus en termes de réussite et de performance n'ont pas été définis précisément pour ce système de culture. Une évaluation de la réussite et de la performance du système a néanmoins été conduite dans ce travail, sur la base des informations recueillies dans les bilans annuels et la définition d'un système de culture pratiqué, représentatif de ce qui est fait en sol profond sur le Domaine de la Hourre.

Alors que la conduite du soja semble assez bien maîtrisée (rendements satisfaisants et salissement contenu), la conduite du blé est moins satisfaisante (rendements plus faibles qu'en sol superficiel et INN à floraison inférieurs à 0.7). Le système n'est donc pas parfaitement maîtrisé et nécessite des réajustements.

Une évaluation des performances économiques a été réalisée en comparant la rentabilité du système à la rentabilité des systèmes de l'OTEX 15 en Midi-Pyrénées. Cette comparaison montre que, malgré de meilleurs résultats que le système en sol superficiel, la rentabilité de ce système est en retrait par rapport à la moyenne régionale. Cependant, cette évaluation a des limites, le potentiel de ces parcelles pouvant être différent de la moyenne régionale. L'évaluation de la dimension économique de la durabilité par le modèle Masc, détaillée ci-dessous, apporte une autre réponse à l'objectif de durabilité économique du système, les seuils choisis étant définis selon une autre méthode.

L'évaluation de la durabilité se justifie dans ce système pour apporter à l'expérimentateur un bilan des performances globales lui permettant ainsi, soit d'orienter le réajustement du système, soit de préciser davantage les résultats de réussite et de performances attendus, au vu des performances de durabilité atteintes (ex. : définir les rendements attendus, la rentabilité attendue, revoir l'objectif d'INN attendu).

Un troisième intérêt est de mettre en évidence les points forts du système parmi ces résultats de performances afin de déterminer quels acteurs pourraient être intéressés par ce système de culture.

## **3. Evaluation de la durabilité**

### **a) Liste des choix réalisés pour le paramétrage de Criter**

- *Année climatique*

Sur la même base que pour le système en sol superficiel, l'année climatique prise en compte est l'année d'août 2009 à juillet 2010 avec un indice de précipitation de 4/5.

- *Sol/parcelle*

La profondeur de cette zone est supérieure à 120cm et sa réserve hydrique est de 180mm (figure 10). Il n'y a que deux zones de référence sur ces parcelles, il n'est donc pas possible de déterminer laquelle est la plus représentative du milieu à partir d'une moyenne des deux. Ainsi, selon Loïc Prieur, c'est l'analyse de sol de 2007 de la ZR1 qui a été choisie pour définir le sol de référence. La forte teneur en argile de ces parcelles la classe dans un risque de battance de 2/5 et une érodabilité de 1/5.

La pente de ces parcelles est nulle, la distance à un cours d'eau a été renseignée à moins de 3 mètres avec une bande enherbée de 0 à 6m de largeur.

The screenshot shows a software interface for soil configuration. At the top, there is a title 'Sols'. Below it, a list of soil types is shown on the left, with 'La Hourre Zr 1' selected. The main area contains the following fields:

- Nom: La Hourre Zr 1
- Sol draine: non
- Battance: 3
- Hydromorphie: oui
- Profondeur réelle (cm): 120.0
- Densité apparente (Kg/m3): 1.35
- Texture: Argilo-Limoneux
- Réserve utile (mm): 180.0
- % Argile: 39.6
- % Matière organique: 2.8
- % Calcaire: 1.91
- Cailloux (%): 0.0

At the bottom, there are three buttons: 'Ajouter', 'Supprimer', and 'Enregistrer'.

Figure 10 : Paramétrage du sol dans Criter

- *Prix achat/vente*

Les prix d'achat et de vente sont les moyennes des prix « exploitant » sur la période 2007-2012. Pour les semences, seuls les prix de la variété considérée sont pris en compte (Tableau 15).

Le prix du carburant pris en compte est celui d'origine dans Criter qui est de 0.8€/l.

Tableau 15 : Prix moyen d'achat des semences et de ventes des produits sur la période 2007-2012

Culture	Prix semence	Prix de vente €/t
Soja	55.24 €/dose*	593.2
Blé tendre	0.81 €/kg	317.9

\*Le prix de la semence de soja tient compte de l'ajout d'une demi-dose d'inoculum par hectare

- *Aides prises en compte*

Les aides prises en compte sont uniquement les aides découplées DPU (DPU moyenne du Gers de 295.63€/ha en 2013) et les aides au maintien de l'Agriculture Biologique (100€/ha).

- Rendements potentiels pris en compte

Les rendements potentiels ont été estimés à dire du personnel du lycée agricole de Auch travaillant en agriculture conventionnelle à :

- Blé tendre : 60q/ha
- Soja : 35q/ha

### b) Renseignement des critères basiques de l'arbre

Les critères basiques de l'arbre MASC 2.0 ont tous été renseignés en suivant la méthode détaillée dans le rapport méthodologique. Les tableaux 16 à 18 indiquent la valeur de chaque indicateur et la classe qualitative dans laquelle ils se trouvent. Les couleurs de remplissage des cellules correspondant aux classes qualitatives : en rouge lorsque la note est la plus mauvaise en termes de durabilité, en bleu lorsque c'est la meilleure.

très faible	faible	moyenne	élevée	très élevée
très faible	faible à moyenne	moyenne à élevée	très élevée	
faible		moyenne		élevée

Tableau 16: Critères basiques de la dimension économique de l'arbre Masc 2.0

Critère basique	Indicateur	Valeur	Classes qualitatives et seuillage	Satisfaction de l'indicateur
	Marge semi-nette *	692.44 €/ha	Très faible =< 295 < Faible à moyen =< 490 < Moyen à élevée =< 885 < Très élevée	Moyenne à élevée
<b>Indépendance économique</b>	Indépendance économique*	42.86	Très faible =< 20% < Faible à moyenne =< 40% < Moyenne à élevée < 60% =< Très élevée	Moyenne à élevée
<b>Efficience économique</b>	Efficience économique*	149.15	Très faible < 110 < Faible à moyenne < 120 < moyenne à élevée < 160 < très élevée	Moyenne à élevée
<b>Surcoût en matériel</b>	% de surinvestissement**	0%	Faible =< 20% < Moyen =< 50% Elevé	Faible
<b>Maitrise de l'état structural</b>	Avis de l'expérimentateur sur les perspectives d'évolution de l'état structural du sol au long terme	Diminution possible de la matière organique car le soja en restitue très peu. Les effets néfastes des pluies orageuses seraient donc intensifiés	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Très faible
<b>Maitrise du statut acido-basique</b>	Avis de l'expérimentateur sur les perspectives d'évolution du statut acido-basique du sol au long terme	Sol basique sur base calcaire qui joue un rôle de tampon	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Très élevée
<b>Maitrise du statut fertilité</b>	Avis de l'expérimentateur sur les perspectives	Le phosphore a tendance à diminuer.	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très	Faible à moyenne

<b>phospho-potassique</b>	d'évolution phospho-potassique du sol au long terme	Le potassium est présent en quantité mais son absorption est limitée par la richesse du sol en magnésium	élevée	
<b>Maitrise des adventices</b>	Avis de l'expérimentateur sur les perspectives d'évolution des adventices	La parcelle a tendance à se salir en particulier avec une flore de printemps et les chardons sont à surveiller	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Faible à moyenne
<b>Maitrise des maladies et ravageurs</b>	Avis de l'expérimentateur sur l'évolution de la maîtrise des bioagresseurs	Le système n'est pas confronté à des problèmes de bioagresseur	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Très élevée
<b>Qualité sanitaire des produits</b>	Retour à dire d'expérimentateur sur la fréquence de déclassement des récoltes	Jamais de déclassement pour raisons sanitaires	Faible < Moyenne > Elevée	Elevée
<b>Qualité technologique et esthétique</b>	Fréquence de non satisfaction des critères de qualités	Les productions demandent peu de critères de qualités et ils sont généralement satisfaisants (ex : taux de protéine du blé et du soja)	Faible < Moyenne > Elevée	Elevée
<b>Contribution à l'émergence de filières</b>	Contribution à l'émergence de nouvelles filières **	Les systèmes biologiques sont considérés comme « élevé » car ils contribuent au développement d'un marché encore peu développé	Nulle < Moyenne < Elevée	Elevé

Tableau 17: Critères basiques de la dimension sociale de l'arbre de Masc 2.0

Critère basique	Indicateur	Valeur	Seuillage	Satisfaction de l'indicateur
<b>Complexité des itinéraires techniques</b>	Complexité des interventions culturales*	2	Très faible < 1.5 =< Faible à moyenne < 2 =< Moyenne à élevée < 2.5 =< Très élevée	Moyenne à élevée
<b>Temps de veille technico-économique</b>	Temps de veille technico-économique*	2	Faible =< 3 < Moyen =< 6 < Elevé	Faible
<b>Surcharge de travail</b>	Répartition du temps de travail sur l'année	Pas de pics de travail particuliers à part pour le désherbage	Elevé < Moyenne < Faible	Moyenne
<b>Difficulté physique</b>	Avis de l'expérimentateur	Pas de difficulté physique particulière	Elevée < Moyenne < Faible	Faible
<b>Risque santé de l'applicateur</b>	Toxicité*	0	Faible < 1 =< moyen < 2 =< élevé	Faible
<b>Contribution à l'emploi</b>	Temps de travail de la main d'œuvre saisonnière	0h/ha	Très faible =< 2h/ha/an < Faible à moyenne =< 4h/ha/an < Moyenne à élevée < 6h/ha/an =<	Très faible

			Très élevée	
<b>Fourniture en matière premières</b>	Fourniture en matière première*	45.3%	Très faible < 70 =< Faible à moyenne < 80 =< Moyenne à élevée < 90 =< Très élevée	Très faible

Tableau 18: Critères basiques de la dimension environnementale de l'arbre de Masc 2.0

Critère basique	Indicateur	Valeur	Seuillage	Satisfaction de l'indicateur
<b>Maitrise des pertes de NO<sub>3</sub></b>	Kg NO <sub>3</sub> lessivés/ha/an*	0.19 Kg NO <sub>3</sub> lessivés/ha/an	Très faible < 60 =< Faible à moyenne < 40=< Moyenne à élevée < 20 =< Très élevée	Très élevée
<b>Maitrise des pertes de phosphore</b>	Arbre satellite**	Très élevée	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Très élevée
<b>Maitrise des pertes de pesticides dans les eaux profondes</b>	Maitrise des pertes de pesticides dans les eaux profondes*	10	Très faible < 4 =< Faible à moyenne < 7 =< Moyenne à élevée < 9 =< Très élevée	Très élevée
<b>Maitrise des pertes de pesticides dans les eaux superficielles</b>	Maitrise des pertes de pesticides dans les eaux superficielles*	10	Très faible < 4 =< Faible à moyenne < 7 =< Moyenne à élevée < 9 =< Très élevée	Très élevée
<b>Maitrise des émissions de NH<sub>3</sub></b>	Kg NH <sub>3</sub> volatilisés/ha/an*	0.54 Kg NH <sub>3</sub> volatilisés/ha/an	Très faible < 40 =< Faible à moyenne < 20 =< Moyenne à élevée < 7 =< Très élevée	Très élevée
<b>Maitrise des émissions de N<sub>2</sub>O</b>	Kg N <sub>2</sub> O émis /ha/an*	1.78 Kg N <sub>2</sub> O émis /ha/an	Très faible < 6 =< Faible à moyenne < 3 =< Moyenne à élevée < 1 =< Très élevée	Moyenne à élevée
<b>Maitrise des émissions de pesticides dans l'air</b>	Maitrise des pertes de pesticides dans l'air*	10	Très faible < 4 =< Faible à moyenne < 7 =< Moyenne à élevée < 9 =< Très élevée	Très élevée
<b>Maitrise du statut organique</b>	Maitrise du statut organique*	2.35	Très faible < 4 =< Faible à moyenne < 7 =< Moyenne à élevée < 9 =< Très élevée	Très faible
<b>Maitrise de l'érosion</b>	Retour à dire d'expérimentateur	Absence d'érosion car les parcelles ne sont pas en pente	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Très élevée
<b>Maitrise de l'accumulation d'éléments toxiques</b>	Accumulation estimée nulle étant donné que le système n'a pas d'intrant contenant a priori des éléments toxiques	Très élevée	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Très élevée
<b>Consommation d'eau en période critique</b>	Volume d'irrigation en périodes critiques*	Pas d'irrigation	Elevée < Moyenne < Faible	Faible
<b>Dépendance vis-à-vis de la ressource en eau</b>	Arbre satellite**	Faible	Elevé < Moyenne < Faible	Faible
<b>Consommation en énergie</b>	Consommation énergétique en MJ/ha/an*	20.48 MJ/ha/an	élevé =< 16 < moyen =< 9 < faible	Elevé
<b>Efficiéce énergétique</b>	Efficiéce énergétique*	1.72	Faible < 6 =< moyen < 9 =< élevé	Faible

<b>Pression phosphore</b>	Pression phosphore en kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha/an*	Pas d'apport de phosphore non-renouvelable	Très faible =< 20 < Faible à moyenne =< 40 < Moyenne à élevée =< 60 < Très élevée	Très faible
<b>Conservation de la macrofaune du sol</b>	Arbre satellite**	Faible à moyenne	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Faible à moyenne
<b>Conservation des insectes volants</b>	Arbre satellite**	Moyenne à élevée	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Moyenne à élevée
<b>Diversité floristique</b>	Evaluation de la flore à dire de l'expérimentateur	Pas mal d'espèces différentes en particulier par rapport à une flore conventionnelle	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Très élevée
<b>Abondance floristique</b>	Evaluation de la flore à dire de l'expérimentateur	Très élevée	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Très élevée
<b>Conservation des micro-organismes</b>	Arbre satellite**	Faible à moyenne	Très faible < Faible à moyenne < Moyenne à élevée < Très élevée	Faible à moyenne

\*Indicateur calculé par Criter

\*\*Méthode calcul disponible dans « Craheix D., et al. (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. »

### c) Résultats d'évaluation de la durabilité du système de culture par agrégation des critères basiques

#### *Performances globales de durabilité*

Les performances globales de durabilité de ce système sont bonnes (6/7). Ceci est principalement dû à de très bonnes performances économiques et à de bonnes performances environnementales. Les performances sociales sont quant à elles le facteur limitant la durabilité du système (Figure 11). En comparaison au système en sol superficiel, le système en sol profond présente une conservation de la biodiversité en retrait et une meilleure satisfaction des attentes de l'agriculteur. Ces deux points s'expliquent par la simplification de la rotation mise en place.

## Représentation des critères de durabilité du système en sols profonds de La Hourre

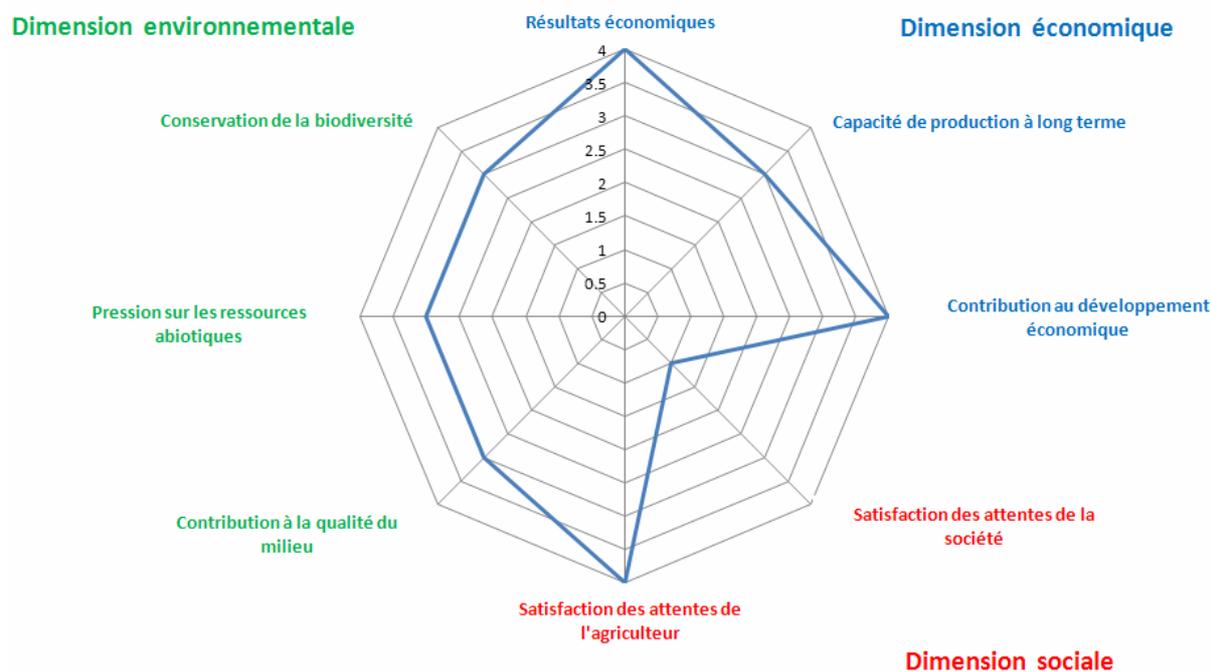


Figure 11 : Résultats de l'évaluation des performances de durabilité par Masc 2.0

### Performances économiques

rentabilité (3/4)		résultats économiques (4/4)	Dimension économique (5/5)
indépendance économique (3/4)	autonomie économique (3/4)		
efficacité économique (3/4)			
surcoût en matériel (3/3)		capacité productive à long terme (3/4)	
maîtrise du statut acido-basique du sol (4/4)			
maîtrise de l'état structural du sol (1/4)			
maîtrise de la fertilité phosphopotassique (2/4)		qualité des produits (4/4)	
maîtrise des maladies et ravageurs (4/4)			
maîtrise des adventices (2/4)		contribution au dvpt économique (4/4)	
qualité sanitaire (3/3)			
qualité technologique et esthétique (3/3)			
contribution à l'émergence de filières (3/3)			

#### - Résultats économiques :

Les résultats économiques du système sont très satisfaisants du fait d'une rentabilité correcte et d'une bonne autonomie économique. La rentabilité de ce système est supérieure au système en sol superficiel, ce qui génère une plus grande indépendance économique face aux aides perçues.

Bien que ce système ne dispose pas tout à fait du même matériel que la plupart des systèmes en grandes cultures, il n'engendre pas de surcoût du parc matériel. En effet, le matériel spécifique à l'agriculture biologique disponible sur ce système (herse étrille, bineuse et houe rotative) n'est pas plus cher qu'un pulvérisateur trainé couramment rencontré en grandes culture conventionnelles (Tableau 19).

Tableau 19: Coût neuf des outils spécifiques ou absents du parc matériel du système (Source des prix : Barème Entr'aide 2013-2014 de la chambre d'agriculture de l'Eure-et-Loir)

Différence du parc matériel par rapport à un système de grandes cultures « type »	Système biologique de La Hourre	
<b>Matériel supplémentaire</b>	Bineuse céréales	13000€
	Guidage caméra	7250€
	Herse étrille 6m	5250€
	Houe rotative 4.5m	8780€
<b>Matériel en moins</b>	Pulvérisateur trainé 3200l et 28m	48550€
	<b>Investissement total</b>	<b>-14270€</b>

- *Capacité productive à long terme :*

Le résultat de cette branche est satisfaisant du fait que le pH du sol soit maintenu par sa base calcaire et que le système ne présente pas de risques particuliers de bioagresseurs. Cependant, le soja restitue peu de matière organique au sol et si la matière organique du sol diminue, il y a des risques que l'état structural du sol se dégrade dans les années à venir. La fertilité phosphopotassique des sols est aussi à surveiller, malgré le fait qu'aujourd'hui le phosphore ne pose pas de problèmes, les quantités disponibles dans le sol sont en régression. Le potassium pose aussi problème, non pas car il est déficitaire, mais parce que son assimilation est bloquée dans certaines parties de parcelles par l'excès de magnésium naturellement présent dans le sol.

Concernant les adventices, pour le moment elles n'impactent pas le rendement des cultures mais peuvent devenir gênantes dans les années à venir en particulier dans le soja si la flore spécifique continue de se développer.

- *Contribution au développement économique :*

La contribution au développement économique prend en compte la qualité sanitaire, technologique et esthétique des produits et la contribution à l'émergence de nouvelles filières. Les produits récoltés étant de bonne qualité sanitaire et technologique (blé panifiable et soja pour l'alimentation humaine), ils peuvent satisfaire les exigences des différentes filières. En ce qui concerne l'émergence de nouvelles filières, la labellisation « Agriculture Biologique » des produits récoltés permet l'alimentation d'un marché en expansion, favorise l'émergence de filières de valorisation locales des produits et offre un nouveau débouché pour le secteur de l'agrofourriture.

*Performances sociales*

contribution à l'emploi (1/4)		satisfaction des attentes de la société (1/4)	Dimension sociale (3/5)
fourniture de matières premières (1/4)			
complexité des ITK (2/4)	facilité de mise en œuvre (3/4)	satisfaction des attentes de l'agriculteur (4/4)	
temps de veille technico-économique (3/3)			
surcharge de travail (2/3)	qualité des conditions de travail (4/4)		
risque pour la santé de l'applicateur (3/3)			
difficulté physique (3/3)			

- *Satisfaction des attentes de la société :*

Ce critère est très insatisfaisant. Tout comme le système en sol superficiel, il ne demande pas d'emploi saisonnier et n'est pas performant en termes de fourniture en matières premières.

En ce qui concerne la fourniture en matières premières, ce système est moins performant que le système en sol superficiel car les rendements en blé y sont moins importants (certainement dû à un problème de nutrition azotée) et les rendements du soja sont limités par des difficultés d'implantation et des carences en potassium.

- *Satisfaction des attentes de l'agriculteur :*

Ce système est plus performant que le système en sol superficiel dans cette branche. En effet, du fait du plus faible nombre de cultures à maîtriser (seulement deux cultures), le système est plus simple à mettre en œuvre.

Les itinéraires techniques sont, ici aussi, jugés plus compliqués à mettre en œuvre que des itinéraires techniques conventionnels du fait du désherbage mécanique. Cependant, la maîtrise du désherbage dans ce système est plus simple à mener que dans le système en sol superficiel. En effet, le binage de soja à inter-rang large et le désherbage du blé à la herse étrille ne sont pas des pratiques difficiles techniquement. La principale difficulté de mise en œuvre de ces pratiques réside dans le nombre de jours disponibles compte tenu de l'état hydrique du sol pour réaliser ces interventions de façon efficace et sans dégrader la structure du sol.

*Performances environnementales*

maitrise des pertes dans les eaux profondes (4/4)	maitrise des pertes de pesticides eaux (4/4)	contribution à la qualité de l'eau (4/4)	contribution à la qualité du milieu (3/4)	Dimension environnementale (4/5)
maitrise des pertes dans les eaux superficielles (4/4)				
maitrise des pertes de NO3 (4/4)				
maitrise des pertes de P (4/4)				
maitrise des émissions de NH3 (4/4)		contribution à la qualité de l'air (4/4)		
maitrise des émissions de N2O (3/4)				
maitrise des émissions de pesticides Air (4/4)		préservation de la qualité du sol (2/4)		
maitrise de l'accumulation d'éléments toxiques (4/4)				
maitrise du statut organique (1/4)				
maitrise de l'érosion (4/4)				
conso en eau d'irrigation en période critique (3/3)		pression eau (4/4)	pression sur les ressources abiotiques (3/4)	
dépendance vis-à-vis de la ressource en eau (3/3)				
consommation en energie (1/3)		pression energie (1/4)		
efficience énergétique (1/3)				
pression phosphore (4/4)				
conservation des insectes volants (3/4)		conservation de la macrofaune (2/4)	conservation de la biodiversité (4/4)	
conservation de la macrofaune du sol (2/4)				
abondance floristique (4/4)		conservation de la flore (4/4)		
diversité floristique (4/4)				
conservation des micro-organismes du sol (2/4)				

- *Contribution à la qualité du milieu :*

La contribution à la qualité du milieu est satisfaisante. Bien que les parcelles soient proches d'un cours d'eau et qu'elles puissent présenter de l'hydromorphie à certaines périodes de l'année, les risques de transfert d'éléments polluants sont limités. En effet, le système n'utilise pas de produits phytosanitaires et utilise peu d'azote. Les reliquats azotés mesurés tous les ans présentent aussi des valeurs faibles.

Le point négatif du système, dans cette branche, est la préservation de la matière organique du sol. En effet, le système n'a pas d'apport de matière organique exogène et la restitution des pailles ne suffit pas à renouveler sa matière organique, d'autant plus que le soja laisse peu de résidus sur les parcelles.

- *Pression sur les ressources abiotiques :*

La pression sur la ressource abiotique est elle aussi satisfaisante. Le système n'exerce aucune pression particulière sur la ressource en eau et ne consomme pas de phosphore non renouvelable. Cependant, il exerce une pression très forte sur l'énergie. D'une part, car les fertilisants utilisés sur les blés sont énergivores (déchets d'abattoirs transformés par procédés mécaniques et thermiques) et, d'autre part, car l'efficacité énergétique du système est mauvaise (du fait des faibles rendements).

- *Conservation de la biodiversité :*

Du fait de la non-utilisation de produits phytosanitaires et de la diversité et abondance des adventices dans les parcelles, le système est satisfaisant pour la conservation de la biodiversité. Cependant, le manque de diversité dans l'assolement et la mauvaise maîtrise du statut organique penchent en défaveur du système en ne permettant pas une bonne conservation de la biodiversité du sol que ce soit du point de vue des micro- ou des macro-organismes.

#### **4. Discussion des résultats**

Globalement, le système a une bonne contribution au développement durable. Les points qui limitent sa durabilité sont la contribution à l'emploi, la fourniture en matières premières, la consommation énergétique et son efficacité énergétique.

Il semble difficile d'améliorer la contribution à l'emploi en restant dans un système en grandes cultures biologiques et sans impacter la rentabilité du système. Par contre, la fourniture en matière première ainsi que l'efficacité énergétique pourraient être améliorées. En effet, les rendements du système sont limités par :

- L'humidité des parcelles

L'humidité stagnante dans les parcelles lors des hivers ou printemps humides entraîne des difficultés pour le développement des cultures et des impossibilités d'intervenir sur les parcelles aux bons moments pour le désherbage. Une installation de drainage sur ces parcelles pourrait être intéressante pour sécuriser les rendements. Cependant, pour juger de l'efficacité potentielle d'une installation de drainage, il faut être en mesure de déterminer si l'eau stagnante est d'origine pluviale interne à la parcelle ou est originaire d'une remontée du niveau de la nappe phréatique. Dans ce dernier cas, une installation de drainage serait inefficace. La mise en place de drains est un investissement important la première année mais peut être rentable sur le long terme.

- Le manque d'azote

Malgré le bon potentiel des parcelles, le blé manque d'azote pour exprimer son potentiel de rendement. Les apports d'engrais issus de déchets d'abattoirs sont onéreux et impactent la

consommation en énergie du système qui est déjà mauvaise. Assurer la fertilisation azotée des blés par un apport supplémentaire de ces fertilisants ne semble pas une solution cohérente avec la recherche de durabilité du système. Le soja est censé assurer une part de la fertilisation azotée du blé mais sa date de destruction fait que son azote n'est pas disponible aux périodes où le blé en a besoin pour établir son rendement. Une légumineuse d'hiver comme la féverole (proposée par Métais P., 2013) serait un meilleur précédent pour le blé. L'intérêt du précédent féverole à la place du précédent soja a déjà été montré sur le site de La Hourre (Prieur et *al.*, 2006).

- Carence en potassium sur soja

Le soja conduit en parcelle LH7 montre souvent des signes de carence en potassium qui limite son développement. Cette limitation a un impact direct sur le rendement du soja et un impact indirect sur le rendement du blé suivant en limitant les quantités de reliquats azotés laissés par le soja.

Etant donnée les teneurs en potassium de la zone de référence ZR1 (environ 130mgK<sub>2</sub>O/kg de sol) cette carence en azote n'est pas une carence « vraie » mais une carence induite par un excès de magnésium qui prend la place du potassium dans les feuillettes d'argiles et rend ce potassium indisponible pour les cultures.

Depuis 2011, pour corriger cette carence, un apport de 45 unités de potassium sous forme de Patentkali est réalisé au semis. Cet apport a été réalisé uniquement en 2011, année où les signes de carences ont été limités mais tout de même présents. L'apport du Patentkali ayant été réalisé en conditions sèches, il est possible que son effet ait été limité.

Pour un rendement de 35q/ha, les prélèvements du soja sont de 161kg de K<sub>2</sub>O/ha pour une exportation nette de 51kg de K<sub>2</sub>O/ha. Pour exprimer son rendement, il faut donc que le soja puisse trouver ces quantités de potassium parmi celles qui sont disponibles dans le sol et celles qui lui sont apportées.

- Pertes à la récolte du soja

Du fait de la faible hauteur d'insertion des premières gousses, le soja est une culture dont la récolte est délicate. Sur l'exploitation de la Hourre, les récoltes sont assurées par une entreprise de travaux agricoles dont les obligations de débits de chantier ne permettent pas une récolte soignée de la culture. Ainsi, les écarts de rendement entre une récolte manuelle et la récolte machine sont importants. En conduite exploitation, il est possible d'envisager que le producteur serait le propriétaire de son propre matériel de récolte et qu'il prendrait le temps de réaliser une récolte minutieuse. Etant donnée le prix de vente du soja à destination de l'alimentation humaine (environ 600€/t sur la période évaluée), un gain de rendement de quelques quintaux entrainerait une augmentation non négligeable de la rentabilité du système. L'efficacité énergétique et la fourniture du système en matières premières s'en trouveraient elles aussi améliorées.

Seulement, avec la méthode MASC 2.0 mobilisée, il faudrait que la fourniture en matières premières soit supérieure à 90% de la fourniture en matières premières d'un système intensif pour amener le critère « satisfaction des attentes de la société » à une note de 2/4 et cet objectif est difficilement envisageable.

## V. Propositions d'amélioration des deux systèmes de culture

### 1. Intérêt du maintien de la matière organique dans les deux systèmes

Les principaux problèmes de développement des cultures semblent venir des accidents climatiques fréquents dus aux pluies orageuses qui génèrent de la battance sur les parcelles ainsi que les sécheresses certaines années qui empêchent le bon développement des cultures en place.

Le maintien d'un taux important de matière organique en surface permet de limiter les phénomènes de battance et de maintenir une meilleure humidité du sol.

Cependant, pour assurer ces rôles protecteurs, il est possible que la matière organique du sol ne suffise pas. Dans ce cas, le maintien d'un mulch en surface constitué des résidus de récolte peut être une barrière mécanique efficace pour éviter l'action directe du climat sur le sol.

### 2. Drainage dans les sols profonds.

La mise en place de drains dans les parcelles de fond de vallées pourrait éviter les problèmes d'accumulation d'eau dans les parcelles qui génèrent de l'hydromorphie et des difficultés d'accès du matériel aux parcelles. Cependant, la mise en place de drains est coûteuse et n'est pas réalisable dans toutes les parcelles.

### 3. Intensification agroécologique des systèmes

Le domaine de La Hourre étant en train de développer un projet d'intensification agroécologique, l'observation des « arbres de durabilité » des systèmes de La Hourre (Annexe 1 et 2), permet de prioriser la mise en place des différentes propositions d'intensification agroécologique émises par P. Métails (2013) en fonction de leur impact sur la durabilité du système.

Les propositions d'intensification agroécologique proposées sont les suivantes :

- Introduction d'arbre en agroforesterie
- Introduction de bandes enherbées et de bandes fleuries
- Insertion d'une féverole ou d'un triticale entre le soja et le blé dans le système en sol profond
- Introduction de couverts en interculture dans la rotation en sol superficiel

Au vu des résultats des « arbres de durabilité », les pratiques à mettre en place en priorité sont celles visant à augmenter la productivité des systèmes afin qu'ils répondent mieux aux attentes de la société. Les propositions concernées sont donc l'insertion de la féverole dans la rotation courte entre le soja et le blé qui devrait permettre au blé de mieux exprimer son potentiel de rendement, ainsi que les solutions permettant de limiter l'érosion des parcelles de coteau (introduction de bandes enherbées ainsi que la couverture du sol par des cultures intermédiaires. Si ces propositions sont retenues, il sera nécessaire de considérer les autres impacts positifs ou négatifs de l'introduction de ces pratiques (impact sur la rentabilité, impact sur le développement des adventices, impact sur les bioagresseurs, Impacte sur le temps de travail,...).

En revanche, la mise en place d'autres mesures semble moins prioritaire. C'est le cas, par exemple des bandes fleuries : la conservation de la flore et des insectes volants étant satisfaisante sur les deux systèmes, cette pratique n'apparaît pas comme prioritaire. L'impact potentiel d'une augmentation de la diversité des auxiliaires ne semble pas non plus avoir un rôle majeur dans la productivité des

systemes, étant donné que les ravageurs exercent une faible pression sur les cultures implantées. Cependant, les impacts positifs de la mise en place d'une bande fleurie sont à prendre en compte à l'échelle du territoire et non à l'échelle du système de culture qui ne prend pas en compte certains intérêts indirects de la bande fleurie (maintien d'une biodiversité écosystémique, étalement des périodes de floraison des plantes mellifères,...).

## **VI. Contribution de l'évaluation de La Hourre pour définir la méthodologie d'évaluation des essais du réseau RotAB**

L'évaluation du système en sol superficiel de La Hourre a permis de soulever de nombreuses questions méthodologiques pour la définition d'une méthodologie commune d'évaluation des essais du réseau RotAB. En effet, la conduite du système en sol superficiel ne correspond pas au mode de conduite couramment rencontré dans les essais systèmes du fait de l'absence d'une rotation fixe et d'un dispositif expérimental ne recherchant pas la présence de toutes les cultures chaque année. De par ces caractéristiques, cette conduite permet de répondre à des problèmes ponctuels du système (salissement adventices des parcelles, accidents climatiques,...). Ce mode de conduite est couramment observé chez des producteurs qui adaptent leurs systèmes, année après année, en fonction des problèmes rencontrés ou des objectifs visés dans chacune de parcelles. Pour évaluer les performances de ce type de systèmes, avoir une méthode pour définir le système de culture à évaluer est indispensable.

Pour pouvoir conduire l'évaluation de la réussite et de la performance des systèmes de culture face à différents enjeux, le prérequis, indispensable, est d'avoir défini des indicateurs de réussite et de performance ainsi que des valeurs, relatives ou absolues, à partir desquelles, l'objectif est considéré comme « atteint » ou « non-atteint ». Pour comprendre et évaluer la réussite et la performance du système, il est également nécessaire de réaliser un suivi sur le terrain (au minimum des observations, retracées dans des documents de tours de plaine).

La rédaction de rapports agronomiques complets décrivant le développement de chacune des cultures tout du long de leur cycle de développement permet, pour un évaluateur extérieur, d'avoir une information très complète et de comprendre quels sont les problèmes agronomiques majeurs rencontrés sur le système.

## Références bibliographiques

Chambre d'agriculture Midi-Pyrénées, 2009. Résultats économiques en grandes cultures biologiques 2009. Disponible à l'adresse suivant : <http://www.mp.chambagri.fr/Resultats-technico-economiques-en.html>

Chambre d'agriculture Midi-Pyrénées, 2010. Résultats technico-économiques en grandes cultures biologiques 2010. Disponible à l'adresse suivante : <http://www.mp.chambagri.fr/Resultats-technico-economiques-en,1323.html>

Chambre d'agriculture Midi-Pyrénées, FRAB, 2011. L'agriculture biologique dans le Gers

Chambre d'agriculture Midi-Pyrénées, 2011. Résultats techniques en grandes cultures biologiques de Midi-Pyrénées 2011. Disponible à l'adresse suivante : <http://www.mp.chambagri.fr/Synthese-des-resultats-technico.html>

Chambre d'agriculture Midi-Pyrénées, 2012. Résultats techniques en grandes cultures biologiques 2012. Disponible à l'adresse suivant : <http://www.mp.chambagri.fr/Resultats-technico-economiques-en,1572.html>

CREAB Midi-Pyrénées. Suivi des cultures sur le domaine expérimental de La Hourre campagnes 2006-2007 ; 2007-2008 ; 2008-2009 ; 2009-2010 ; 2010-2011 ; 2011-2012 ; 2012-2013

ITAB, 2012. Evaluer les systèmes de grandes cultures biologique : Essai Système Grandes Cultures Bio - La Hourre.

Métais P., 2013. Projet d'intensification agroécologique en grandes cultures biologiques : état des lieux et propositions pour la ferme expérimentale de La Hourre. Mémoire de fin d'études VetAgro Sup.

Prieur L., Justes E., 2006. Disponibilité en azote issue de l'effet du précédent légumineuse, de culture intermédiaire et d'engrais organique : Conséquences sur le rendement et la teneur en protéines du blé tendre d'hiver. AlterAgri n°80 novembre/décembre 2006.



## Annexe 1 : Arbre de durabilité du système en rotation longue

rentabilité (3/4)		résultats économiques (4/4)	Dimension économique (5/5)	Contribution au développement durable (6/7)
indépendance économique (2/4)	autonomie économique (3/4)			
efficacité économique (3/4)				
surcoute en matériel (3/3)		capacité productive à long terme (3/4)		
maîtrise du statut acido-basique du sol (4/4)				
maîtrise de l'état structural du sol (3/4)				
maîtrise de la fertilité phosphopotassique (2/4)				
maîtrise des maladies et ravageurs (3/4)				
maîtrise des adventices (2/4)		contribution au dvpt économique (4/4)		
qualité sanitaire (3/3)				
qualité technologique et esthétique (3/3)		satisfaction des attentes de la société (1/4)		
contribution à l'émergence de filières (3/3)				
contribution à l'emploi (1/4)		Dimension sociale (2/5)		
fourniture de matières premières (1/4)				
complexité des ITK (2/4)			satisfaction des attentes de l'agriculteur (3/4)	
temps de veille technico-économique (2/3)				
surcharge de travail (2/3)			contribution à la qualité de l'eau (4/4)	
risque pour la santé de l'applicateur (3/3)				
difficulté physique (3/3)		contribution à la qualité du milieu (3/4)		
maîtrise des pertes dans les eaux profondes (4/4)				
maîtrise des pertes dans les eaux superficielles (4/4)				
maîtrise des pertes de NO3 (4/4)				
maîtrise des pertes de P (3/4)				
maîtrise des émissions de NH3 (4/4)				
maîtrise des émissions de N2O (4/4)				
maîtrise des émissions de pesticides Air (4/4)				
maîtrise de l'accumulation d'éléments toxiques (4/4)				
maîtrise du statut organique (2/4)			préserver la qualité du sol (2/4)	
maîtrise de l'érosion (2/4)				
conso en eau d'irrigation en période critique (3/3)		pression eau (4/4)		
dépendance vis-à-vis de la ressource en eau (3/3)				
consommation en énergie (2/3)		pression sur les ressources abiotiques (3/4)		
efficacité énergétique (1/3)				
pression phosphore (4/4)		conservation de la biodiversité (4/4)		
conservation des insectes volants (4/4)				
conservation de la macrofaune du sol (3/4)				
abondance floristique (4/4)				
diversité floristique (4/4)				
conservation des micro-organismes du sol (3/4)				

## Annexe 2 : Arbre de durabilité du système en rotation courte

rentabilité (3/4)		résultats économiques (4/4)	Dimension économique (5/5)	Contribution au développement durable (6/7)
indépendance économique (3/4)	autonomie économique (3/4)			
efficacité économique (3/4)				
surcoute en matériel (3/3)		capacité productive à long terme (3/4)		
maîtrise du statut acido-basique du sol (4/4)				
maîtrise de l'état structural du sol (1/4)				
maîtrise de la fertilité phosphopotassique (2/4)				
maîtrise des maladies et ravageurs (4/4)				
maîtrise des adventices (2/4)		contribution au dvpt économique (4/4)		
qualité sanitaire (3/3)				
qualité technologique et esthétique (3/3)		satisfaction des attentes de la société (1/4)		
contribution à l'émergence de filières (3/3)				
contribution à l'emploi (1/4)		Dimension sociale (3/5)		
fourniture de matières premières (1/4)				
complexité des ITK (2/4)			satisfaction des attentes de l'agriculteur (4/4)	
temps de veille technico-économique (3/3)				
surcharge de travail (2/3)			contribution à la qualité de l'eau (4/4)	
risque pour la santé de l'applicateur (3/3)				
difficulté physique (3/3)		contribution à la qualité du milieu (3/4)		
maîtrise des pertes dans les eaux profondes (4/4)				
maîtrise des pertes dans les eaux superficielles (4/4)				
maîtrise des pertes de NO3 (4/4)				
maîtrise des pertes de P (4/4)				
maîtrise des émissions de NH3 (4/4)				
maîtrise des émissions de N2O (3/4)				
maîtrise des émissions de pesticides Air (4/4)				
maîtrise de l'accumulation d'éléments toxiques (4/4)				
maîtrise du statut organique (1/4)			préserver la qualité du sol (2/4)	
maîtrise de l'érosion (4/4)				
conso en eau d'irrigation en période critique (3/3)		pression eau (4/4)		
dépendance vis-à-vis de la ressource en eau (3/3)				
consommation en énergie (1/3)		pression sur les ressources abiotiques (3/4)		
efficacité énergétique (1/3)				
pression phosphore (4/4)		conservation de la biodiversité (4/4)		
conservation des insectes volants (3/4)				
conservation de la macrofaune du sol (2/4)				
abondance floristique (4/4)				
diversité floristique (4/4)				
conservation des micro-organismes du sol (2/4)				