

# Evaluation des systèmes légumiers biologiques dans le cadre du projet VivLéBio

---

## Synthèse méthodologique – Janvier 2020

Aïcha Ronceux, Claire Cros, Mélissa Rey, Anicé Anger

*Avec les contributions d'Amandine Deligey et de Joachim Boissy*

### Table des matières

<b>A. Contexte et objectifs .....</b>	<b>2</b>
<b>B. Démarche utilisée .....</b>	<b>3</b>
1. Les critères d'évaluation retenus.....	3
2. Collecte des données .....	3
3. Détail des calculs pour les critères ayant nécessité des adaptations méthodologiques .....	7
3.1. Temps de travail.....	7
3.2. Coûts de production.....	8
3.3. Maîtrise des adventices annuelles .....	12
3.4. Maîtrise du chardon.....	13
3.5. Maîtrise des bioagresseurs telluriques .....	13
3.6. Maîtrise des pertes en azote.....	14
3.7. Stockage de carbone .....	15
3.8. Fertilité en phosphore et en potassium.....	17
3.9. Etat structural du sol.....	17
3.10. Emissions de GES et consommations énergétiques .....	18
<b>Bibliographie.....</b>	<b>19</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>20</b>

## A. Contexte et objectifs

Les acteurs de la région Hauts de France manquent de recul sur les systèmes légumiers de plein champ biologiques qui se mettent en place aujourd'hui (systèmes avec plusieurs légumes dans la rotation, avec ou sans irrigation, avec plus ou moins d'investissements) et sur leur durabilité. Une meilleure connaissance de ces systèmes permettrait de mieux accompagner les producteurs qui produisent aujourd'hui des légumes pour garantir la durabilité de leurs systèmes de culture, mais aussi de mieux accompagner les producteurs qui se lancent dans ce type de production.

L'action décrite dans ce document s'inscrit dans le cadre de l'axe 2 du projet VivLéBio et vise à :

- 1) identifier des méthodes et des outils permettant de caractériser et d'évaluer les systèmes légumiers biologiques de plein champ. Dans un second temps, ces méthodes et outils seront transmis aux partenaires du projet pour accompagner les producteurs de la région.
- 2) diffuser les clés de réussite et points de vigilance identifiés pour la durabilité des systèmes légumiers biologiques régionaux.

Les critères d'intérêt pour la caractérisation de ces systèmes légumiers ont été identifiés lors des entretiens réalisés avec les acteurs de la région (axe 0 - « état des lieux » - du projet), puis discutés en réunion de travail pour établir une liste de critères complémentaires entre eux et utiles pour l'analyse des systèmes légumiers biologiques.

L'équipe projet a ensuite recherché les méthodes et outils de caractérisation et d'évaluation correspondant à ces critères dans la bibliographie et via des entretiens avec des experts des différents sujets traités. Des propositions ont été faites au comité scientifique du projet et en réunion de travail, les méthodes retenues étant décrites ci-dessous.

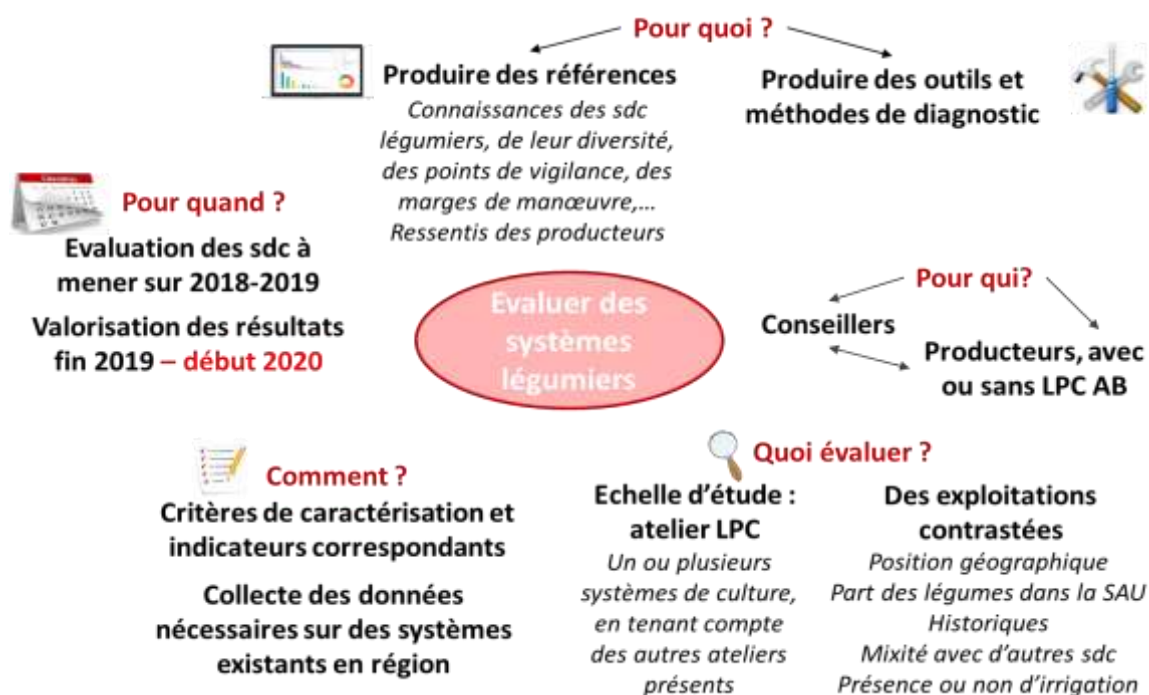


Figure 1 : cadrage de l'évaluation des systèmes légumiers dans le projet VivLéBio

## B. Démarche utilisée

### 1. Les critères d'évaluation retenus

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

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

### 2. Collecte des données

Pour se rapprocher au mieux des systèmes légumiers de plein champ qui se mettent en place en région Hauts de France tout en bénéficiant des données technico-économiques formalisées dans les documents comptables, le choix a été fait de collecter les données pour l'année 2016. Les producteurs ont cependant également été interrogés sur la variabilité de la conduite des cultures et des résultats obtenus.

	Critères	Objectifs	Indicateur/méthode d'évaluation retenue
Sociaux	Temps de travail : cumul et répartition sur l'année, pénibilité	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Donner à voir le temps de travail nécessaire dans des exploitations contrastées :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Cumul et répartition sur l'année</li> <li>○ Distinction travaux aux champs/ stockage/ administratif</li> </ul> </li> <li>• <b>Caractériser les sources de variabilité :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Identifier des marges de progression</li> <li>○ Identifier leurs conditions de mises en œuvre</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Méthodes type « bilan travail »</b> (Hostiou &amp; Dedieu, 2012) : définition de séquences organisationnelles et de formes d'organisation au sein de ces séquences (plus de détails en 3)</li> <li>• <b>Indicateurs qualitatifs complémentaires :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compétences nécessaires pour les tâches citées</li> <li>- Accompagnement nécessaire et disponibilité</li> <li>- Ressenti du producteur sur la surcharge et la pénibilité du travail</li> </ul> </li> <li>• <b>Gestion de la main d'œuvre :</b> accessibilité, disponibilité, qualification, gestion Distinguer main d'œuvre permanente/salariée Caractériser la diversité des organisations pour la gestion de la main d'œuvre au sein des exploitations</li> </ul>
	Gestion du matériel : accessibilité, disponibilité	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Donner à voir les problématiques liées au matériel dans des exploitations contrastées :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ A caractériser : accessibilité, disponibilité</li> </ul> </li> <li>• <b>Caractériser la diversité des organisations et les conditions de mise en œuvre et d'efficacité des différentes pratiques</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A partir des itinéraires techniques, détailler le matériel nécessaire, son accessibilité (sur la ferme, partage avec les voisins, en CUMA, ...) et les implications sur la disponibilité : selon besoin, temps d'attente éventuels</li> <li>• Voir si le matériel est d'occasion ou non, la disponibilité d'aides pour financer le matériel</li> </ul>
	Existence de cahier des charges spécifiques	<p><b>Donner à voir les marges des manœuvres existantes en termes de conduite technique des cultures dans des exploitations contrastées</b></p> <p>A caractériser : existence ou non de cahier des charges spécifiques</p>	Caractériser l'existence ou non de cahier des charges spécifiques et les implications pour la conduite des cultures
	Technicité attendue	Donner à voir le niveau de technicité à avoir dans des exploitations contrastées, en fonction des cultures présentes	Attribuer une note de technicité à chaque culture par expertise, puis faire une moyenne à l'échelle du système de culture ( <b>Erreur ! Source du renvoi introuvable.</b> )
Economiques	Coûts de production	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Donner à voir les coûts de production dans des exploitations contrastées</b></li> <li>• <b>Caractériser les sources de variabilité :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifier des marges de progression</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Méthodologie Idèle</b> (Reuillon et al., 2012): prise en compte main d'œuvre familiale, des capitaux et des terres en propre</li> <li>• Adaptations pour rendre compte des spécificités de l'étude : clés de répartition des charges pour prendre en compte les charges liées à l'atelier légumes de plein champ, réflexion</li> </ul>

Critères	Objectifs	Indicateur/méthode d'évaluation retenue
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifier leurs conditions de mises en œuvre</li> <li>• <b>Disposer d'une méthode de calcul des coûts de production sur les systèmes légumiers AB de plein champ</b></li> </ul>	<p>sur la prise en compte de matériel commun, coût du fermage plus élevé... (plus de détails en 3.2)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Outil de saisie et de calcul dans le cadre du projet : outil « prix de revient » de Bio en Hauts-de-France</li> </ul>
<b>Sensibilité aux variations de prix</b>		Calcul d'un prix minimum permettant de compenser l'ensemble des coûts de production et du % de baisse de prix supportable par le système de culture
<b>Autonomie de l'exploitation</b> : origine des intrants	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Donner à voir le niveau d'autonomie de l'atelier en fonction de l'origine des intrants, notamment azotés</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Autonomie financière</b> Dépendance financière : <math>\Sigma</math> (Annuités + Frais financiers CT)/EBE (IDEA, grille RAD, MASC) (Craheix et al., 2011; Réseau Agriculture Durable, 2016; Zahm et al., 2008)</li> <li>• <b>Autonomie en intrants</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Azote/ autres fertilisants</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Part des légumineuses dans la rotation</li> <li>- Bilans en P et K et sources</li> </ul> </li> <li>• <b>Irrigation</b> Part des surfaces irriguées + irrigation localisée/ non localisée (Zahm et al., 2008)</li> </ul> </li> </ul>
<b>Qualité du produit</b> : taux de refus et causes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Donner à voir le niveau de qualité obtenue dans des exploitations contrastées</b></li> <li>• <b>Caractériser les sources de variabilité</b> : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Identifier des marges de progression</li> <li>○ Identifier leurs conditions de mises en œuvre</li> </ul> </li> </ul>	<p>Evaluer à dire d'agriculteur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les taux de refus sur chaque culture : écart rendement brut/ rendement commercialisé</li> <li>- Leurs causes : présence d'adventices, défaut de calibre, défauts visuels, détérioration lors du stockage, ...</li> <li>- Leurs fréquences</li> </ul>
<b>Spécialisation de l'atelier</b>	Donner à voir la diversité des cultures et la diversité des opérateurs dans des exploitations contrastées	<p>Evaluation du risque lié à la spécialisation selon deux approches</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Risque « technique »</b> : Part de la culture principale par rapport à l'assolement Part des cultures de l'atelier légumes dans l'assolement</li> <li>- <b>Risque économique</b> : Part du revenu lié à la culture principale (par rapport à la SAU)/ à l'atelier légumes Part du revenu lié à l'acheteur principal (par rapport aux volumes ou à la surface)</li> </ul>

Critères		Objectifs	Indicateur/méthode d'évaluation retenue
			(IDEA, grille RAD, MASC) (Craheix et al., 2011; Réseau Agriculture Durable, 2016; Zahm et al., 2008)
Agronomiques	Maîtrise des adventices annuelles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Donner à voir le niveau de maîtrise dans différents systèmes de culture</li> <li>• Caractériser les sources de variabilité : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Identifier des marges de progression</li> <li>○ Identifier leurs conditions de mises en œuvre</li> </ul> </li> </ul>	<b>OdERA-Systèmes</b> , avec des ajustements : prise en compte des spécificités des LPC (désherbages manuels, thermiques, effet couverture des légumes, ...) (plus de détails en 3.3)
	Maîtrise des adventices vivaces		<b>OdERA-Vivaces</b> , avec des ajustements : prise en compte d'effets différenciés des légumes de plein champ en fonction de leur conduite, paramétrage du laiteron (plus de détails en 3.4)
	Maîtrise des maladies		Construire une grille d'évaluation du risque (à envisager <u>au-delà de 2019</u> ) : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Synthèse des connaissances bibliographiques et expertes existantes sur les bioagresseurs d'intérêt</li> <li>- Hiérarchisation des facteurs</li> <li>- Validation de la grille : expertise, enquêtes parcellaires (plus de détails en 3.5)</li> </ul>
	Maîtrise des ravageurs		
	Maintien de la fertilité physique du sol		
	Maintien de la fertilité biologique et chimique du sol		
	Pertes d'azote en interculture	<b>Donner à voir les risques de pertes d'azote en interculture dans différents systèmes de culture</b>	Balance azotée à l'échelle du système de culture mobilisant l'outil SIMEOS-AMG pour tenir compte de la dynamique du stock d'azote organique du sol (plus de détails en 3.6)
	Consommations énergétiques	<b>Donner à voir les consommations énergétiques liées à l'atelier légumes de plein champ</b>	Evaluer les consommations énergétiques directes et indirectes liées aux interventions, à l'irrigation et au stockage par la méthodologie ACV (voir 3.10)
	Emissions de GES	<b>Donner à voir les émissions de GES liées à l'atelier légumes de plein champ</b>	Evaluer des émissions directes et indirectes liées aux interventions, au stockage et à l'irrigation par la méthodologie ACV (voir 3.10)

### 3. Détail des calculs pour les critères ayant nécessité des adaptations méthodologiques

#### 3.1. Temps de travail

##### a. Objectifs fixés pour l'évaluation

- **Donner à voir le temps de travail nécessaire dans des exploitations contrastées :**
  - Cumul et répartition sur l'année
  - Distinction travaux aux champs/ stockage/ administratif
- **Caractériser les sources de variabilité :**
  - Identifier des marges de progression
  - Identifier leurs conditions de mises en œuvre

##### b. Indicateur/outil choisi

- **Méthodes type « bilan travail »** (Hostiou & Dedieu, 2012) : définition de séquences organisationnelles et de formes d'organisation au sein de ces séquences

##### c. Indicateurs qualitatifs complémentaires :

- Compétences nécessaires pour les tâches citées
- Accompagnement nécessaire et disponibilité
- Ressenti du producteur sur la surcharge et la pénibilité du travail

##### d. Mode d'évaluation

- Dans un premier temps, les itinéraires techniques ont été décrits sur l'ensemble des cultures de la rotation légumière évaluée, en précisant les personnes impliquées sur l'exploitation et les débits de chantier correspondant aux différents travaux (voir document de collecte en Annexe 1). Cela a été fait pour toutes les opérations allant de la préparation du sol ou du semis du couvert en interculture jusqu'à la récolte et aux opérations post-récolte le cas échéant (tri, calibrage, conditionnement).
- A partir de ces informations, un calendrier des interventions et un chiffrage du temps consacré par décennie aux opérations culturales (hors temps de déplacements) a été construit.
- Compte-tenu des difficultés d'estimation du temps hors parcelle par le producteur (gestion des contrats avec les opérateurs, gestion de la main d'œuvre, entretien du matériel, etc.) et de l'importance de ces temps dans les exploitations légumières de plein champ, il a été décidé de demander une estimation du temps hebdomadaire de travail total par période et une répartition des temps de travaux hors opérations culturales dans le temps. Le temps de travail hors opérations culturales est estimé en calculant la différence entre le temps de travail total et le temps de travail liés aux opérations culturales par décennie (Figure 2).

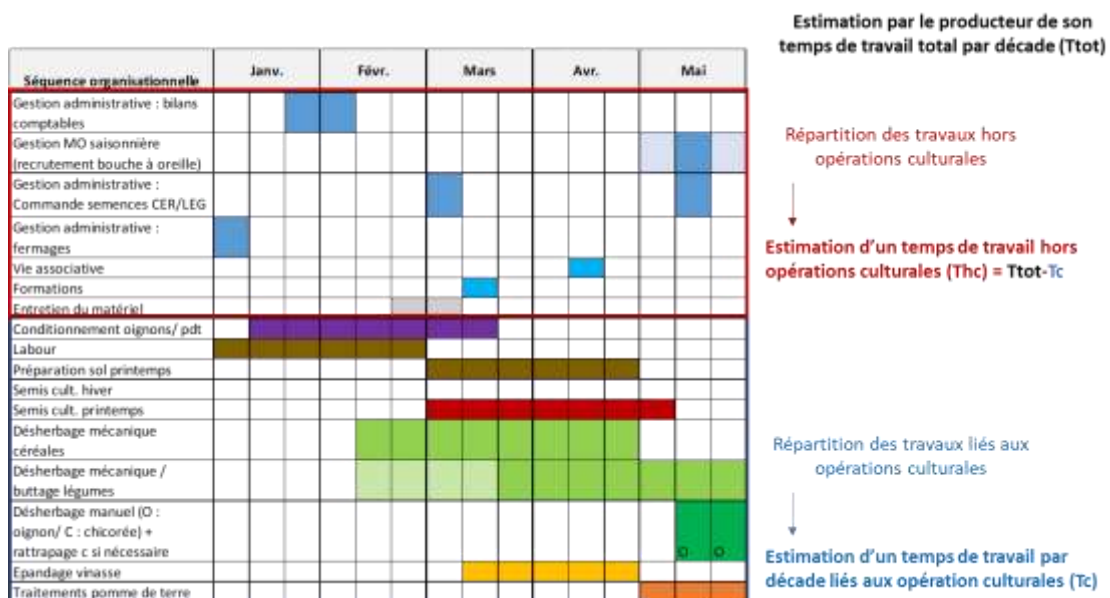


Figure 2 : extrait du calendrier synthétisant la répartition du temps de travail par décade et méthode de calcul du temps de travail hors opérations culturales.

### e. Analyse critique et pistes d'amélioration

Cette évaluation constitue une première approche des temps de travaux en exploitation légumière de plein champ biologique et permet d'apporter des informations sur la répartition des travaux liés aux opérations culturales et des travaux autres, qui ne sont pas à négliger dans la réussite des systèmes légumiers de plein champ. Cependant, cette approche reste très globale et demande à être affinée. Notamment, les temps de déplacements ne sont pas inclus dans l'analyse. Un suivi plus fin sur quelques exploitations pourrait permettre d'aller plus loin.

## 3.2. Coûts de production

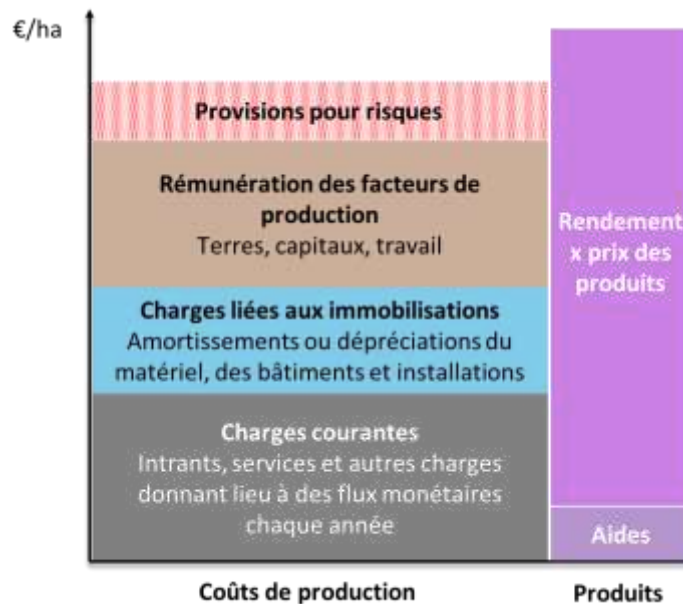
### a. Objectifs fixés pour l'évaluation

- Donner à voir les coûts de production dans des exploitations contrastées
- Caractériser les sources de variabilité :
  - Identifier des marges de progression
  - Identifier leurs conditions de mises en œuvre
- Disposer d'une méthode de calcul des coûts de production sur les systèmes légumiers AB de plein champ

### b. Indicateur/outil choisi

- **Méthodologie Idele** : prise en compte main d'œuvre familiale, des capitaux et des terres en propre
- **Adaptations pour rendre compte des spécificités de l'étude** : clés de répartition des charges pour prendre en compte les charges liées à l'atelier légumes de plein champ, réflexion sur la prise en compte de matériel commun, coût du fermage plus élevé... et prise en compte d'une provision pour risque pour prendre en compte la variabilité annuelle des résultats sur légumes de plein champ.
- **Outil de saisie et de calcul dans le cadre du projet** : outil « prix de revient » (Bio en Hauts-de-France)





**Figure 3 : schématisation de la méthode de calcul des coûts de production adoptée dans VivLéBio**

### c. Mode d'évaluation

#### Collecte des données

- Données technico-économiques lors d'entretien avec les producteurs (Annexe 1) :
  - Assolement 2016
  - Rotation envisagée, sur la base de l'assolement 2016
  - Itinéraire technique sur chaque culture de l'année 2016 + variabilité entre années : interventions, modalités, dates, quantités d'intrants utilisées, sources et prix d'achat
  - Résultats sur l'année 2016 : rendements, prix de vente
  - Matériel et bâtiments : liste, caractérisation, amortissement, utilisation, entretiens et réparation sur 2016, type de propriété
- Données économiques complémentaires : aides, frais financiers, capitaux propres, frais courants, charges (documents comptables).

#### Choix méthodologiques

Le choix a été fait de rémunérer l'ensemble des facteurs de production, en incluant ceux possédés en propre par le producteur (terres, capitaux), afin de mettre en avant les conditions de réussite des systèmes légumiers de plein champ. Le détail des choix méthodologiques par grands postes de charges sont repris ci-dessous.

Charges prises en compte		Détail des choix réalisés
Rémunération des facteurs de production	Terres	Calcul d'un prix du fermage sur l'ensemble des surfaces, y compris celles appartenant en propre au producteur
	Capitaux	Rémunération des capitaux propres à l'exploitant
	Travail	Prise en compte du travail « bénévole » : aide familiale ou autre Répartition du travail non affecté directement aux cultures sur l'ensemble des cultures de l'exploitation/ de l'atelier au prorata des surfaces 3 niveaux de rémunération retenus :

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Salarié occasionnel : SMIC (16 €/h)</li> <li>- Salarié permanent : 1,5 SMIC</li> <li>- Exploitant : 2 SMIC</li> </ul>
<b>Charges liées aux immobilisations</b>	Amortissement du matériel et des bâtiments	Choix d'un amortissement linéaire Répartition des charges entre les cultures utilisant le matériel au pro rata des surfaces et des taux d'utilisation calculés à partir des débits de chantier
<b>Charges de structure globales non associées à des cultures particulières</b>	Eau, électricité, services, formation, etc.	Répartition des charges entre les cultures de l'exploitation au prorata des surfaces
<b>Charges opérationnelles</b>	Intrants	Affectation aux cultures concernées à partir de l'itinéraire technique décrit

Pour prendre en compte la variabilité des rendements sur les cultures légumières, le choix a été fait de calculer une provision pour risques intégrant les pertes dues aux années avec de mauvais résultats économiques, nécessitant de compenser soit les coûts de production non rémunérés soit le manque à gagner par rapport au revenu escompté sur la culture (Encadré 1).

Le risque global prend en considération le manque à gagner lié à la variation du rendement d'une culture pour une exploitation donnée :

$$\frac{\text{Rendement cible} - \text{Rendement minimum}}{\text{Rendement cible}} = \% \text{ Perte}$$

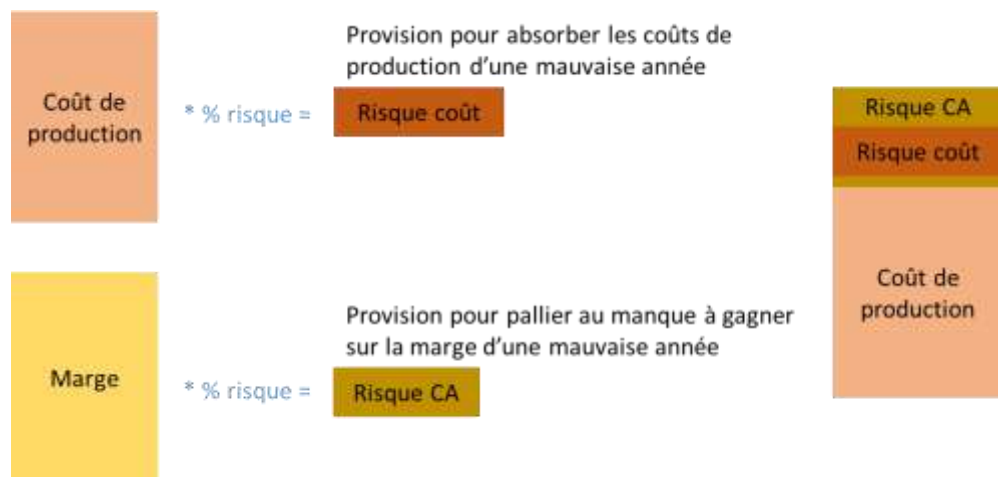
Rendement cible = valeur à atteindre fixé par l'exploitant

Le pourcentage de perte est ensuite pondéré par une valeur de fréquence de mauvaise année établie à 1 an sur 5 par défaut ou évaluée à partir de l'historique des rendements fourni par le producteur.

$$\frac{\% \text{ Perte}}{5} = \% \text{ Risque}$$

Le risque « coût » calcule le montant des charges non absorbées lors d'une mauvaise année (où le rendement de l'année correspond au rendement minimum indiqué par l'exploitant sur l'historique de ses parcelles).

Le risque « CA » calcule le manque à gagner (chiffre d'affaire) lorsque le rendement ne permet pas de couvrir les charges de production.



Encadré 1 : notion de risque et prise en compte dans le calcul des coûts de production.

#### d. Analyse critique et pistes d'amélioration

La méthode retenue permet de prendre en compte l'ensemble des coûts de production et d'approcher au mieux les conditions de réussite des systèmes légumiers de plein champ. Deux points de vigilance sont cependant à prendre en compte pour l'analyse des résultats :

- **Une compréhension fine du contexte de l'exploitation et de la stratégie des producteurs pour comprendre le niveau de charges et leur impact sur les résultats.** Par exemple, de faibles charges en main d'œuvre peuvent s'expliquer soit par un besoin en main d'œuvre faible soit par des difficultés pour trouver de la main d'œuvre, qui peuvent être liées à des performances techniques moindres sur le désherbage manuel.
- **Un calcul de ces coûts de production à l'échelle du système de culture et non à l'échelle de la culture.** Le mode de calcul retenu (répartition des charges de structure au pro rata des surfaces) tend à défavoriser les coûts de production sur les cultures céréalières, qui ont par ailleurs un intérêt agronomique sur l'exploitation. D'autres approches pourraient permettre de prendre en compte différemment ces charges : répartition en fonction du chiffre d'affaires attendu par exemple.

Le choix a été fait d'avoir une rémunération de la main d'œuvre équivalente sur toutes les exploitations enquêtées pour pouvoir les comparer. Pour la discussion avec le producteur, ces niveaux de rémunération peuvent être revus pour se rapprocher des objectifs du producteur et tester la capacité du système à fournir le niveau de revenu attendu compte tenu des coûts de production.

Pour ce qui concerne l'évaluation des risques liés aux mauvaises années, elle nécessite un historique des cultures concernées sur l'exploitation pour avoir une idée de la fréquence des échecs. La fréquence de 1 an sur 5 peut être prise par défaut mais est à ajuster en fonction de la maîtrise des cultures sur l'exploitation.

### 3.3. Maîtrise des adventices annuelles

#### a. Indicateur/outil choisi

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

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

#### b. Mode d'évaluation

L'évaluation a été faite sur les adventices les plus présentes et problématiques en systèmes légumiers de plein champ : agrostis, chénopode, morelle, renouées, datura, panic, mercuriale, sanve, matricaire, séneçon.

Afin de prendre en compte les spécificités des systèmes légumiers de plein champ, les hypothèses de saisie suivantes ont été choisies :

- **Assimiler le désherbage thermique à un passage de bineuse.**
- **Assimiler le buttage et le désherbage manuel à un passage de bineuse.**

#### c. Analyse critique et pistes d'amélioration

Certaines adventices annuelles pouvant être rencontrées sur des parcelles avec légumes de plein champ n'ont pas été simulées car non paramétrées dans l'outil (galinsoga, laiteron maraîcher).

La prise en compte du désherbage manuel n'est pas totalement satisfaisante dans la mesure où elle ne prend pas en compte l'effet nettoyant de cette intervention sur le rang. De même, l'efficacité du désherbage thermique n'est pas égale sur toutes les adventices. Il ne faudrait saisir cette intervention que pour les adventices qui sont impactées.

### 3.4. Maîtrise du chardon

#### a. Indicateur/outil choisi

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

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

#### b. Mode d'évaluation

La note de maîtrise du chardon est interprétée comme suit :

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

Pour mieux discriminer les systèmes légumiers de plein champ, les ajustements suivants sont faits lors de la saisie :

- Prise en compte des déchaumages de fin de printemps dans la saisie
- Saisie d'une culture légumière comme « nettoyante » si au moins l'un des trois critères suivants sont respectés :
  - date d'implantation tardive (à partir de mai) et avec une préparation de sol conséquente
  - culture sarclée : réalisation de binages répétés
  - réalisation de désherbage manuel
  - culture couvrante pendant l'été (ex. chicorée)

#### c. Analyse critique et pistes d'amélioration

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

### 3.5. Maîtrise des bioagresseurs telluriques

#### a. Indicateur choisi et mode d'évaluation

Une sensibilité de la rotation aux bioagresseurs telluriques potentiellement problématiques dans les rotations légumières de plein champ biologiques a été évaluée à partir de la bibliographie (voir Figure 2).

Culture	Taupins	Sclerotinia s.	Aphanomyces	Rhizoctone brun	Galle commune
Avoine de Printemps	Orange	Vert	Jaune	Vert	Vert
Betterave rouge	Rouge	Jaune	Vert	Rouge	Orange
Betterave sucrière	Rouge	Jaune	Vert	Rouge	Jaune
Blé d'Hiver	Orange	Vert	Vert	Vert	Vert
Blé de printemps	Orange	Vert	Vert	Vert	Vert
Cameline	Vert	Orange	Vert	Jaune	Vert
Carotte	Rouge	Rouge	Jaune	Orange	Orange
Chicorée	Orange	Rouge	Vert	Orange	Vert
Endive	Orange	Rouge	Vert	Orange	Vert
Epinard	Jaune	Jaune	Vert	Rouge	Vert
Epeautre	Orange	Vert	Vert	Vert	Vert
Feverole	Orange	Rouge	Jaune	Rouge	Vert
Haricot vert	Vert	Rouge	Rouge	Orange	Vert
Lentille	Vert	Orange	Rouge	Vert	Vert
Luzerne	Orange	Jaune	Rouge	Jaune	Vert
Maïs	Rouge	Vert	Vert	Rouge	Vert
Moutarde	Vert	Orange	Vert	Rouge	Vert
Oignon	Orange	Vert	Vert	Jaune	Vert
Orge de Printemps	Orange	Vert	Vert	Vert	Vert
PDT	Rouge	Orange	Vert	Rouge	Rouge
Pois de conserve	Vert	Rouge	Rouge	Rouge	Jaune
Pois fourrager	Vert	Rouge	Rouge	Rouge	Jaune
Potimarron	Orange	Jaune	Vert	Jaune	Vert
Radis fourrager	Orange	Orange	Vert	Rouge	Jaune
Ray-grass	Jaune	Vert	Vert	Rouge	Vert
Soja	Vert	Rouge	Vert	Orange	Vert
Tournesol	Orange	Rouge	Vert	Vert	Vert
Triticale	Orange	Vert	Vert	Vert	Vert
Trèfle(s)	Orange	Jaune	Jaune	Jaune	Vert

**Figure 4 : sensibilité des cultures aux bioagresseurs telluriques.**  
**Grille établie à partir de la synthèse bibliographique (action 3.2 du projet)**

Un état des leviers de gestion mobilisés sur chaque bioagresseur est également fait.

#### b. Analyse critique et pistes d'amélioration

Si cette approche permet d'avoir une idée de la sensibilité de la rotation aux bioagresseurs, elle ne permet pas d'évaluer la maîtrise des bioagresseurs en lien avec les leviers mobilisés. Cependant, l'état des connaissances actuelles ne permet pas de construire une grille d'évaluation des risques prenant en compte les interactions entre sensibilité des cultures et leviers mobilisés.

### 3.6. Maîtrise des pertes en azote

#### a. Indicateur/outil choisi

L'indicateur « Bilan CORPEN » ou « Solde CORPEN » (CORPEN, 2006) a été adapté dans le cadre du projet Auto'N (« Améliorer l'autonomie azotée des systèmes de culture en terres de craie ») pour intégrer la fixation symbiotique des légumineuses et la résultante des variations du stock d'azote organique du sol à l'échelle du système de culture. Il estime le surplus d'azote dans le système de culture, surplus qui peut être perdu dans l'air ou dans l'eau, autrement dit l'ensemble des pertes potentielles d'azote du système de culture.

#### b. Mode d'évaluation

**Pertes potentielles d'azote du système de culture (en kgN/ha/an) =**

$(N \text{ apporté} + N \text{ fixé par les légumineuses}) - (N \text{ exporté} + \Delta N \text{ stocké dans le sol})$

- **L'azote issu de la fixation symbiotique** est estimé selon les rendements et les teneurs en azote standard des cultures et intercultures de légumineuses, auxquels sont affectés des coefficients d'équivalence issus de la littérature pour estimer l'azote absorbé par la plante entière dans un premier temps, puis l'azote issu de la fixation symbiotique.
- **La résultante des dynamiques de minéralisation et d'organisation de l'azote** est liée à celles du carbone. Pour tenir compte de la mobilisation de l'azote minéral pour le stockage de carbone ou du surplus d'azote minéral issu du déstockage de carbone, nous avons utilisé la quantité moyenne annuelle de carbone stocké ou déstocké estimée par le modèle SIMEOS-AMG et le C/N de la parcelle étudiée.

### c. Analyse critique et pistes d'amélioration

- Cette balance ne prend pas en compte les entrées d'azote minéral connues qui ne sont pas facilement estimables, comme l'azote fixé via la fixation libre et l'azote issu de la déposition atmosphérique.
- Ce potentiel de pertes ne fait pas la distinction entre pertes par lessivage, volatilisation ou dénitrification. C'est une valeur moyenne qui ne tient pas compte des spécificités climatiques car calculée à partir de rendements moyens et de doses moyennes d'azote apporté.
- La précision des références utilisées pour les calculs dépend de la littérature disponible sur les teneurs en azote des végétaux récoltés (Chambenoit et al., 2002 ; COMIFER, 2013 ; Rey et al., 2017) et sur les taux de fixation symbiotique et de répartition de l'azote dans les légumineuses (Schaub, 2005 ; Voisin et Gastal, 2015). Lorsque ces références n'étaient pas disponibles – ce qui était fréquent pour les légumes plein champ - elles ont été estimées à partir des références internes d'AgroTransfert.
- Enfin, comme il intègre la résultante d'azote minéral à partir des résultats de SIMEOS-AMG, il est également sensible aux limites de ce modèle (voir paragraphe 3.7).

## 3.7. Stockage de carbone

### a. Indicateur/outil choisi

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

### b. Mode d'évaluation

Les hypothèses de saisie suivantes ont été faites pour prendre en compte les spécificités des systèmes légumiers de plein champ :

- Sur les cultures :
  - Pour une prairie pâturée avec un mélange de graminées et de légumineuses, le rendement a été estimé à 7 T de MS/ha, soit 8,2 T de MB/ha (Flament M. et Ramette C., *comm. pers.*)
  - La betterave rouge est renseignée avec un indice de récolte végétatif à 10 (comm. pers. Sandrine Mouton, conseillère betterave rouge en région Centre).
- Sur les engrais organiques :
  - La farine de viande et les écumes de sucrerie sont assimilées à des écumes de défécation
- Sur les données manquantes pour la caractérisation des sols (Mouny J.-C., *comm. pers.*) :
  - Le taux d'argile est estimé à 165 g/kg

- Le taux de CaCo3 est estimé à 5 g/kg
- La densité apparente est estimée à 1,45 g/cm<sup>3</sup>
- Le pH est estimé à 8
- La teneur en azote est estimée telle que le C/N soit égal à 10
- La teneur en cailloux est considérée comme nulle.

### c. Analyse critique et pistes d'amélioration

Les références utilisées dans l'outil SIMEOS-AMG sur les restitutions de biomasse au sol par les résidus de culture sont issues de suivis expérimentaux sur des parcelles conventionnelles. De ce fait, les quantités restituées et donc le taux de matière organique à 30 ans dans les parcelles biologiques peuvent ne pas correspondre à des valeurs mesurées. La biomasse restituée par les pailles de variétés de céréales biologiques pose notamment question, dans la mesure où ces variétés sont en général plus hautes que les variétés conventionnelles. Certains légumes (potimarron) n'ont pu être simulés faute de données disponibles.

Par ailleurs, certains engrais organiques utilisés en AB sont peu documentés (farines de viande, écumes de sucrerie).

Enfin, l'ensemble des paramètres de caractérisation du sol, essentiels pour initier les simulations sur SIMEOS-AMG, ne sont pas toujours disponibles. Une meilleure caractérisation des sols permettrait de se rapprocher au mieux de la dynamique escomptée sur le temps long compte tenu du système de culture mis en place.

L'utilisation de SIMEOS-AMG donne toutefois une idée de l'évolution du stock de carbone organique en tendance et permet de classer les systèmes de culture selon leur impact sur ce stock sur le long terme.



### 3.8. Fertilité en phosphore et en potassium

#### a. Indicateurs/outil choisi

Bilan entre les exportations en phosphore et en potassium des cultures (Comifer Groupe PKmg, 2019) et les apports effectués par les engrais organiques.

#### b. Mode d'évaluation

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

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

#### a. Analyse critique et pistes d'amélioration

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

### 3.9. Etat structural du sol

#### a. Indicateurs/outil choisi

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

#### b. Mode d'évaluation

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

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

#### c. Analyse critique et pistes d'amélioration

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

### 3.10. Emissions de GES et consommations énergétiques

#### a. Indicateurs/outil choisi, mode d'évaluation

La méthodologie ACV (logiciel SIMAPRO – Bases de données Agribalyse et Ecoinvent, complétée avec des références internes AGT si besoin) a été utilisée pour évaluer les consommations énergétiques directes (fuel, intrants utilisés) et indirectes (fabrication du matériel et des intrants) liées aux interventions aux champs.

#### b. Analyse critique et pistes d'amélioration

Les émissions de GES et consommations énergétiques liées aux déplacements n'ont pas été intégrés à l'analyse. De même, l'évaluation s'est arrêtée à la récolte faute de données précises sur les opérations de stockage et de conditionnement.

La prise en compte des engrais organiques dans les outils utilisés comporte un niveau d'incertitude important, par manque de références sur les émissions et consommations énergétiques liées à la fabrication des engrais et les émissions eux champs.

La méthodologie ACV permet d'évaluer les impacts de systèmes de culture sur différents critères. Le focus a été ici fait sur les émissions de GES et sur les consommations énergétiques. D'autres indicateurs auraient pu être calculés : impacts écotoxicologiques, eutrophisation, émissions d'ammoniac. Cependant, là encore les références manquent sur l'impact des produits organiques sur ces critères et sur les produits phytosanitaires utilisables en Agriculture Biologique.

Enfin, le choix a été ici fait d'exprimer les résultats de l'ACV par ha pour comparer les résultats obtenus entre exploitation et identifier des marges de manœuvre pour limiter les impacts des systèmes légumiers de plein champ biologiques. La question de l'unité fonctionnelle utilisée pour exprimer les résultats d'études de ce type (par ha, par kg de produits, par € de marge brute) fait toutefois débat. Il aurait été intéressant de comparer les résultats obtenus en changeant d'unités.

## Bibliographie

- Chambenoit, C., Laurent, F., Machet, J.-M., & Scheurer, O. (2002) Fertilisation azotée de la pomme de terre. Estrées-Mons. INRA EDITIONS.
- COMIFER. (2013). *Teneurs en azote des organes végétaux récoltés - Méthode d'établissement et valeurs de référence* (Comifer, Ed.). [en ligne]  
<https://comifer.asso.fr/images/publications/brochures/Table%20des%20exportations%20azote.pdf>
- Comifer Groupe PKmg. (2019). *La fertilisation P – K – Mg - les bases du raisonnement* (Comifer, Ed.).
- CORPEN. (2006). *Des indicateurs AZOTE pour gérer des actions de maîtrise des pollutions à l'échelle de la parcelle, de l'exploitation et du territoire.*
- Craheix, D., Angevin, F., Bergez, J.-E., Bockstaller, C., Colomb, B., Guichard, L., Reau, R., Sadok, W., & Doré, T. (2011). MASC 2.0, Un outil pour l'analyse de la contribution des systèmes de culture au développement durable. Jeu complet de fiches critères de MASC 2.0. INRA - AgroParisTech-GIS GC HP2E, 133p.  
[http://wiki.inra.fr/wiki/deximasc/download/package+MASC/WebHome/Jeu complet de fiches critères MASC 2.0.pdf](http://wiki.inra.fr/wiki/deximasc/download/package+MASC/WebHome/Jeu%20complet%20de%20fiches%20crit%C3%A9res%20MASC%202.0.pdf)
- Favrelière, E., Ronceux, A., Pernel, J., & Rodriguez, A. (2016). 23ème conférence du COLUMA. In AFPP (Ed.), *23ème conférence du COLUMA.*
- Hostiou, N., & Dedieu, B. (2012). A method for assessing work productivity and flexibility in livestock farms. *Animal*, 6(5), 852–862. <https://doi.org/10.1017/S1751731111002084>
- Munier-Jolain, N., & Pernel, J. (2011). *OdERA-Systèmes : un outil de gestion des adventices.*
- Réseau Agriculture Durable. (2016). *Diagnostic de Durabilité du Réseau Agriculture Durable: Guide de l'utilisateur.* 33(0), 1–12.
- Reuillon, J., Fagon, J., Charroin, T., & Laurent, M. (2012). *Coût de production en élevage bovin lait, Manuel de référence de la méthode proposée par l'Institut de l'Elevage.* 0–43.
- Rey, F., Coulombel, A., Jobbé-Duval, M., Melliand, M.-L., Jonis, M., & Conseil, M. (2017). *Guide technique "Produire des légumes biologiques", Tome 2 : fiches techniques par légume.* ITAB. Condé-Sur-Noireau. EDITIONS ITAB.
- Zahm, F., Viaux, P., Vilain, L., Girardin, P., & Mouchet, C. (2008). Assessing farm sustainability with the IDEA method - From the concept of agriculture sustainability to case studies on farms. *Sustainable Development*, 16(4), 271–281. <https://doi.org/10.1002/sd.380>
- Schaub, A. (2005) *Synthèse bibliographique : Les légumineuses utilisées comme CIPAN.* ARAA.
- Voisin, A.-S. & Gastal, F. (2015) Chapitre 2 : Nutrition azotée et fonctionnement agrophysiologique spécifique des légumineuses. In : Schneider, A. & Huyghe, C., *Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables.* Versailles. Editions QUAE.

# Annexes

Annexe 1. Trame de collecte des données technico-économiques  
Extrait du document de collecte de données

Type d'intervention	Personnes présentes		Qté d'intrants	Prix		Matériel (outil + tracteur)		Débit de chantier			Variabilité des pratiques	Motivations des choix				
	Date (à la séance) (ans)	Personnes présentes	Equipement utilisé	Quantité (kg/m <sup>3</sup> )	Intensité de travail (min)	Prix d'achat (€/kg)	Matériel utilisé	Débit de chantier (l/m <sup>2</sup> )	Effacement ou non	N/S	N/P	N/S	% autres éléments (kg - à préciser)	% autres éléments (kg - à préciser)	Variabilité des pratiques et causes	Motivations des choix
Bords de seuils																
Substratum de ciment (bruyère - 1)																
Terrasses, aménagements																