

Sept.
2018

EVALUATION DE CULTURES ASSOCIEES ET SUCCESSIONS CULTURALES PAR ANALYSE DU CYCLE DE VIE

ASSESSMENT OF INTERCROPS AND CROP ROTATIONS USING LIFE CYCLE ASSESSMENT

Question méthodologique n°3 du projet ACV-Bio

Methodological issue n°3 of the ACV-Bio Project

Note méthodologique
version finale
Septembre 2018

ADEME

Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie



En partenariat avec :

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les experts ayant répondu à nos sollicitations (entretiens bilatéraux, participation à l'atelier ayant permis de réaliser les choix méthodologiques présentés dans ce rapport), en particulier sur les cultures associées :

Christophe Naudin (ESA Angers)

Hélène Chambaud (IDELE)

Elise Pelzer (INRA)

Anne Schneider (Terres Inovia)

Laurent Bedoussac (ENSFEA INRA)

Florian Celette (ISARA Lyon)

CITATION DE CE RAPPORT

Dauguet S., Tailleur A., Lebas de Lacour J., van der Werf H., Auberger J., 2018. Evaluation des cultures associées et des successions culturales par l'ACV. 14 pages.

Cet ouvrage est disponible en ligne www.ademe.fr/mediatheque

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 1660C0018

Étude réalisée par Sylvie Dauguet, Aurélie Tailleur, Julie Lebas de Lacour, Hayo van der Werf et Julie Auberger pour ce projet cofinancé par l'ADEME

Projet de recherche coordonné par : Hayo van der Werf

Coordination technique - ADEME : COLOMB Vincent

Direction/Service : Service Forêt, Alimentation, Bioéconomie

TABLE DES MATIERES

1. Contexte, objectifs et démarche	5
1.1. Contexte du projet ACV-Bio.....	5
1.2. Objet de la présente question méthodologique	6
1.3. Démarche	6
2. Choix méthodologiques concernant l'évaluation de successions culturales	7
2.1. Modélisation des pertes de nitrate.....	7
2.1.1. Les différents modèles identifiés	7
2.1.2. Choix retenus dans le cadre du projet ACV-Bio	7
2.2. Règles retenues pour la production d'ICV à l'échelle de la succession culturale et pour l'allocation des impacts entre les cultures	8
2.2.1. Contexte	8
2.2.2. Les périmètres des cultures et successions culturales	8
La plupart des flux seront quantifiés à l'échelle de la culture puis additionnés à l'échelle de la succession. Certains de ces flux (Tableau 2) seront alloués entre les cultures de la succession. Par ailleurs, le bilan hydrique sera calculé au niveau de la succession culturale.....	
2.2.3. Les allocations sur la succession culturale	8
3. Choix méthodologiques concernant les cultures associées	9
3.1. Cultures associées étudiées dans le projet ACV-Bio	9
3.2. Comparaison entre cultures associées et cultures pures.....	9
3.3. Eléments pour élaboration d'ICV de cultures associées	10
3.3.1. Objectif de production de l'association	10
3.3.2. Les intrants de la culture associée	10
3.3.3. Paramétrage des modèles d'émission pour les cultures associées	10
3.4. Quelles règles d'allocation pour les coproduits issus des cultures associées ?	11
3.5. Résumé des choix méthodologiques.....	12
4. Adaptation de MEANS-InOut pour les choix méthodologiques retenus	12
5. Références bibliographiques	13
Index des tableaux et figures	13
Sigles et acronymes	13

RESUME

L'objectif principal du projet ACV-Bio est la production de données d'Inventaire de cycle de vie (ICV) et d'Analyse du cycle de vie (ACV) des produits végétaux et animaux de l'agriculture biologique (AB) française à la sortie de la ferme. Les données d'ICV permettront d'enrichir la base de données AGRIBALYSE. Ceci permettra aux acteurs de l'AB de connaître certains impacts environnementaux de leurs productions et de mettre en œuvre des démarches d'amélioration des systèmes de production afin d'en réduire des impacts. L'évaluation des pratiques et systèmes de l'AB peut également s'inscrire dans une démarche plus générale d'écoconception des systèmes agricoles, puisque ces pratiques et systèmes peuvent être mobilisés dans le cadre de l'agro-écologie au sens large, qui va au-delà de l'AB. Ce rapport méthodologique présente les choix réalisés dans le cadre du projet ACV Bio pour les productions végétales de grande culture en mode de production biologique. Il précise plus particulièrement les points méthodologiques soulevés par l'inclusion d'ICV de cultures associées (type association de céréale-légumineuse) et d'ICV de successions culturales (prenant en compte l'ensemble des cultures qui se succèdent dans une rotation). Les choix d'allocation pour les coproduits sont notamment précisés, ainsi que le choix de modèles pour estimer les pertes de nitrate, ou pour allouer certains intrants à l'échelle d'une succession culturale. Le modèle d'émission de nitrate retenu est le modèle AGRIBALYSE v1.3 (modèle ARVALIS basé sur COMIFER), et le modèle I-NO3 d'INDIGO sera également testé si le temps le permet. Les allocations à l'échelle de la succession culturale s'appliquent aux apports d'engrais phosphatés et potassiques (selon méthode ECOALIM), et aux émissions de N₂O des résidus de cultures et aux apports et émissions liées à l'azote organique (selon règle AGRIBALYSE v1.3). Une association de cultures est considérée comme une culture à part entière et les mêmes règles que pour les cultures pures au sein d'une succession culturale lui sont appliquées (allocation des intrants et émissions à l'échelle d'une succession culturale). Lorsque les produits d'une culture associée sont séparés par triage après récolte (céréale et légumineuse en particulier), l'allocation co-produit appliquée est une allocation massique.

ABSTRACT

The main objective of the ACV-Bio project is producing Life cycle inventory (LCI) data and Life cycle assessment (LCA) results for crop and livestock products from French organic agriculture at farm-gate. The LCI data will allow expanding the AGRIBALYSE database with a diversity of organic product inventories. This will also allow stakeholders of organic agriculture to assess certain environmental impacts of their products and to improve their practices to reduce impacts. The assessment of organic production systems and practices can also contribute to the more general approach of ecodesign of agricultural systems. These practices and systems can be mobilized within the agroecology framework in the broad sense, which goes beyond organic farming.

This methodological report presents the choices made in the context of the ACV Bio project for organic crop production. In particular, it specifies the methodological points raised by the inclusion of ICVs of intercrops (e.g; pea-wheat) and crop rotations (taking into account all the crops in a rotation). The choices of co-product allocation are specified, as well as models for estimating nitrate losses, and for allocating certain inputs at the scale of a crop rotation.

The nitrate emission model used is the AGRIBALYSE v1.3 model (ARVALIS model based on COMIFER), and the I-NO3 INDIGO model will also be tested if there is enough time left. Allocations at the crop rotation level are used for P and K fertilizer inputs (according to the ECOALIM method), and for N₂O emissions from crop residues and for inputs and emissions related to organic nitrogen (according to AGRIBALYSE v1.3 rules). Intercrops are considered as crops in its own right: the same rules as for pure crops in a crop rotation are applied to it (input allocation and crop-scale emissions). When the products of an intercrops are separated by sorting after harvest (cereals and pulses in particular), the co-product allocation applied is a mass allocation.

1. Contexte, objectifs et démarche

1.1. Contexte du projet ACV-Bio

L'objectif principal du projet ACV-Bio est la production de données d'Inventaires de Cycle de Vie (ICV) et d'Analyse de Cycle de Vie (ACV) des produits végétaux et animaux de l'agriculture biologique (AB) française à la sortie de la ferme. Les données d'ICV permettront d'enrichir la base de données AGRIBALYSE (Koch et Salou, 2016). Ceci permettra aux acteurs de l'AB de connaître certains impacts environnementaux de leurs productions et de mettre en œuvre des démarches d'amélioration des systèmes de production afin d'en réduire des impacts. L'évaluation des pratiques et systèmes de l'AB peut également s'inscrire dans une démarche plus générale d'écoconception des systèmes agricoles, puisque ces pratiques et systèmes peuvent être mobilisés dans le cadre de l'agro-écologie au sens large, qui va au-delà de l'AB.

Le projet réunit plusieurs instituts techniques et organismes de recherche qui ont décidé de produire collectivement des inventaires pour plusieurs productions de l'AB (Tableau 1). Les groupes de produits et leurs déclinaisons à évaluer ont été choisis de façon qu'ils explorent la diversité actuelle des systèmes, tout en incluant quelques systèmes innovants, si des données fiables sont disponibles.

Le projet a démarré par une réflexion méthodologique, autour de quatre questions. Le présent rapport concerne la question de l'évaluation des cultures associées et des successions culturales par l'ACV. Les autres questions méthodologiques travaillées dans la première phase du projet ACV-Bio sont : Définition et qualification des produits et déclinaisons (Perrin et al, 2017), Evaluation de systèmes très diversifiés et Indicateurs complémentaires (non-ACV ou innovants).

Tableau 1 Produits et nombre de déclinaisons qui sont prévus par les partenaires du projet.

Arvalis Terres Inovia	ESA-Angers	IFV INRA	SAO ASTER	IDELE	ITAB IFIP ITAVI		
Produits	Décl.	Produits	Décl.	Produits	Décl.	Produits	Décl.
Avoine	1	Raisin Alsace	3	Lait vache	4	Porc	5
Blé	13	Raisin Saumur	1	Bovin viande	5	Œuf	2
Colza	1	Raisin Saumur-Ch.	2	Ovin viande	3	Poulet	2
Féverole	5	Raisin Savennières	1				
Luzerne	3						
Maïs ensilage	3						
Maïs grain	4						
Méteil	2			Méteil	1 ¹		
Orge	3						
Prairies	11						
Ray-grass trèfle	2						
Soja	3						
Tournesol	3						
Triticale	1						
Féverole-blé	1						
Pois-blé	1						
Triticale-pois	2						
Successions culturales	9						

¹ Travaillé en binôme avec Arvalis.

1.2. Objet de la présente question méthodologique

La prise en compte de cultures associées (type céréale-légumineuse en particulier) est essentielle pour l'agriculture biologique, tandis que la possibilité de créer des ICV de successions culturales représente une innovation intéressante pour les systèmes AB. Ce rapport a comme objectif d'aborder les questions méthodologiques soulevées par l'inclusion d'ICV de cultures associées et de successions culturales.

Deux questions clés pour ces deux objets sont le choix de la méthode d'allocation des impacts entre les coproduits et le choix du modèle pour estimer les pertes de nitrate. Cette dernière question est délicate, l'objectif est donc d'expliquer les phénomènes et de clarifier les méthodes de modélisation existantes à ce jour. Des propositions d'adaptation à l'AB sont faites. Mais ce travail exploratoire nécessitera sûrement un approfondissement ultérieur. La question des pertes de nitrate se pose également pour d'autres situations que peu de modèles prennent en compte (ex : cultures pluriannuelles, prairies) et pour lesquelles une réflexion à ce propos semble utile.

En ce qui concerne la succession culturale, il est envisagé d'analyser les performances des systèmes de production à l'échelle globale (en prenant toute la succession prise en compte) et à l'échelle du produit blé tendre. C'est-à-dire que l'on cherchera à comparer les performances environnementales du blé tendre en fonction de la succession dans laquelle il s'intègre mais aussi de sa place dans les successions, et de comparer cela avec le blé tendre à l'échelle produit individuel (sans allocation à l'échelle de la succession). Nous pourrons ainsi analyser l'effet des modélisations avec allocation sur la succession culturale sur le résultat du blé tendre : comparer les performances du blé tendre dans plusieurs systèmes différents, sans allocation, avec allocation AGRIBALYSE 1 voire avec d'autres allocations (ex : ECOALIM ou autres).

1.3. Démarche

Cette tâche est effectuée par Arvalis et Terres Inovia.

Concernant les cultures associées, des entretiens ont été menés par S. Dauguet, Terres Inovia, auprès d'experts scientifiques (27/03/2017 : Laurent Bedoussac, ENSFEA-INRA Toulouse ; 28/03/2017 : Florian Celette, ISARA Lyon ; 03/04/2017 : Christophe Naudin, ESA Angers). S. Dauguet a également assisté à la réunion Prolébio du 9 mars 2017 à Paris (Prolebio est le groupe de travail national, associant Terres Inovia et ITAB, pour le développement des cultures oléo-protéagineuses en AB), assistant à des présentations techniques par des spécialistes des cultures associées céréales-protéagineux des chambres d'agriculture (Gilles Salitot, CA de l'Oise, et François Boissinot, CRA Pays de Loire).

Un atelier a été organisé le 4 juillet 2017 à Paris, sur cette question méthodologique sur les cultures associées, réunissant : Elise Pelzer (INRA-Grignon), Hayo van der Werf (INRA Rennes), Christophe Naudin (ESA Angers), Anne Schneider (Terres Inovia), Hélène Chambaud (IDELE), Aurélie Tailleur (Arvalis), Julie Lebas de Lacour (Arvalis), Emilie Camus (Terres Inovia), Sylvie Dauguet (Terres Inovia). Au cours de cet atelier, les cultures associées qui sont travaillées dans le projet ACV-Bio ont été définies et caractérisées. Puis les points méthodologiques à trancher pour construire des ICV pour ces cultures associées ont été présentés, discutés, puis finalement des choix ont été retenus par l'ensemble des participants de l'atelier.

Concernant la réflexion méthodologique sur les allocations de flux dans la succession culturale, et sur les modèles d'émissions de nitrate, une réunion technique a été organisée, dans le cadre d'AGRIBALYSE 2, par Aurélie Tailleur (Arvalis), Hayo van der Werf (INRA) et Vincent Colomb (ADEME) le 07 avril 2017 à Paris². Des choix ont été faits au cours de cette réunion technique, qui sont repris dans le projet ACV-Bio (choix détaillés par la suite dans ce rapport).

² Participants : Dominique Grasselly (CTIFL); Aurelie Perrin (ESA); Samuel Causse (Evea); Séverine Charrière, (Agrosolutions); Virginie Parnaudeau (INRA); Christian Bockstaller (INRA); Aude Alaphillipe (INRA) ; Christine LE SOUDER (Arvalis); En visio : Sylvie Dauguet (Terres Inovia) ; Angel Avadi (CIRAD); Christel Renaud (ESA), Maeli Tredan (CTIFL)

Des échanges avec l'INRA ont eu lieu pour s'assurer de la faisabilité de l'intégration des choix méthodologiques concernant les cultures associées et les modèles d'allocation et d'émissions dans l'outil MEANS-InOut de la plateforme MEANS de l'INRA.

2. Choix méthodologiques concernant l'évaluation de successions culturales

Les problématiques traitées sont :

- L'amélioration de la modélisation des pertes de nitrate afin de mieux prendre en compte les spécificités des productions AB.
- L'identification des règles d'allocation des impacts entre cultures de la succession culturale.
- La production d'ICV à l'échelle de successions culturales complètes.

2.1. Modélisation des pertes de nitrate

2.1.1. Les différents modèles identifiés

Ces éléments sont issus des échanges conduits le 07/04/2017.

Le modèle retenu dans AGRIBALYSE v1.3 (Koch et Salou, 2016) pour estimer la quantité de nitrate lixiviée sous des cultures annuelles est un modèle simplifié, s'appuyant sur la grille de risque COMIFER. La grille COMIFER propose une classification du risque en fonction des différentes combinaisons risque « culture » x risque « milieu ». A chacune des situations a été associée une quantité d'azote nitrique lixiviée en moyenne au cours de la période du début du drainage hivernal, qui a lieu après la récolte de la culture étudiée, au début du drainage hivernal de l'année suivante, d'après les données expérimentales disponibles et des dires d'expert.

Ce modèle a l'avantage de prendre en compte les différentes pratiques permettant de réduire ces pertes, dans l'hypothèse où les bonnes pratiques de fertilisation sont respectées. En revanche, il n'a pas été paramétré à partir de données issues de systèmes en AB, ni de systèmes avec un taux important de légumineuses ou une fréquence élevée d'apport organique, deux éléments caractéristiques des systèmes AB. Par ailleurs, ce modèle ne couvre pas les cultures pérennes.

Deux alternatives à l'approche AGRIBALYSE actuelle (modèle Arvalis, basé sur COMIFER) ont été identifiées : les modèles SYST'N et l'indicateur I-NO₃ de la méthode Indigo. Cependant Syst'N nécessite un niveau d'expertise élevé, compte de très nombreux paramètres et ne semble donc pas adapté à l'échelle de travail d'AGRIBALYSE. L'approche AGRIBALYSE actuelle est jugée robuste à une échelle moyenne France et pour des pratiques en agriculture conventionnelle. Cette approche est transférable à l'agriculture biologique car les paramètres pris en compte ne sont pas spécifiques d'un mode de culture. Ce modèle est implémenté dans le logiciel MEANS-InOut dans le cadre de ce projet. A moyen terme, l'indicateur I-NO₃ d'Indigo semble prometteur. Il a l'intérêt de prendre en compte le niveau d'apport d'azote, une éventuelle culture intermédiaire et la culture suivante et de fonctionner également sur prairie, vigne et arboriculture. Cet indicateur permet de mettre en avant l'intérêt des pratiques agronomiques pour l'écoconception. Les difficultés d'utilisation de cet indicateur ont été réduites avec le passage d'Access vers Excel. L'étape suivante serait d'intégrer Indigo dans MEANS-InOut, et de fournir des paramètres par défaut pour l'échelle France afin de réduire le besoin en données. Dans ces conditions, l'indicateur I-NO₃ d'Indigo pourrait devenir le standard pour le calcul des émissions de nitrate d'AGRIBALYSE. Les valeurs des émissions de N₂O et NH₃ obtenus avec les modèles AGRIBALYSE pourraient être utilisées en variable de forçage dans l'indicateur I-NO₃ pour s'assurer de boucler les flux et d'être cohérent avec les autres modèles traitant du cycle de l'azote.

2.1.2. Choix retenus dans le cadre du projet ACV-Bio

L'utilisation de l'indicateur I-NO₃ d'Indigo permettrait de mieux prendre en compte certaines spécificités des systèmes AB. En revanche, il ne sera pas implémenté dans MEANS-InOut à temps

pour pouvoir l'utiliser dans le cadre du projet ACV-Bio. Par ailleurs, la constitution d'un paramétrage par défaut pour une simplification de la collecte des données à l'échelle de région ne sera pas disponible. Or, les cas d'étude grandes cultures étudiés dans le cadre du projet ACV-Bio ne sont pas localisés précisément et ne sont pas rattachés à un contexte pédoclimatique précis.

Dans ce contexte, il est proposé – si le temps le permet – de conduire un travail préparatoire consistant à mettre en œuvre Indigo et AGRIBALYSE sur une ou deux successions culturales afin de comparer les deux modèles par rapport à leur facilité d'utilisation et l'écart de résultats obtenus sur ces successions. Ce travail permettra également d'identifier une démarche pour collecter les données supplémentaires nécessaires pour faire tourner Indigo.

2.2. Règles retenues pour la production d'ICV à l'échelle de la succession culturale et pour l'allocation des impacts entre les cultures

2.2.1. Contexte

Il est difficile de réattribuer les impacts d'une succession culturale à chacune des cultures pour plusieurs raisons. Tout d'abord, certaines pratiques peuvent bénéficier à plusieurs cultures de la succession. Par ailleurs, certaines émissions sont fonction des pratiques et caractéristiques liées à une culture mais également de celles liées aux cultures suivantes ou précédentes. Cette question se pose particulièrement sur des systèmes en AB qui s'appuient sur les effets systèmes pour gérer des problématiques de fertilité des sols et de pression adventices et bioagresseurs. Si des règles d'allocation peuvent être proposées pour tenir compte de certaines de ces interactions (ex : fertilisation), d'autres sont plus complexes à intégrer (ex : effet de l'intégration de certaines cultures sur la gestion des adventices) dans des ICV à l'échelle de la culture. De ce fait, l'échelle de la succession culturale est la plus appropriée pour évaluer les performances globales du système et identifier des leviers d'action. Pour cette raison, des ICV seront produits à l'échelle de la succession ainsi qu'à l'échelle des cultures composant la succession. La pertinence de la production de références pour des couples cultures précédents x cultures suivantes sera également évaluée dans le cadre du projet.

2.2.2. Les périmètres des cultures et successions culturales

Les périmètres temporels retenus sont les suivants :

- Culture annuelle : de la récolte de la culture précédente à la récolte de la culture (règle retenue dans AGRIBALYSE) ; pour la lixiviation de l'azote la période de drainage suivant la récolte de la culture sera considérée.
- Succession culturale : de la récolte de la culture précédant la première culture de la succession à la récolte de la dernière culture de la succession culturale ; pour la lixiviation de l'azote les limites temporelles sont : du début de la période de drainage suivant la récolte de la première culture jusqu'à la fin de la période de drainage suivant la dernière culture.
- Luzerne et prairie temporaire : de la récolte de la culture précédente (voire la destruction du couvert précédant) à la destruction du couvert ; pour la lixiviation de l'azote les limites temporelles sont : du début de la première période de drainage suivant l'implantation du couvert à la fin de la période de drainage suivant la destruction du couvert.

La plupart des flux seront quantifiés à l'échelle de la culture puis additionnés à l'échelle de la succession. Certains de ces flux (Tableau 2) seront alloués entre les cultures de la succession. Par ailleurs, le bilan hydrique sera calculé au niveau de la succession culturale.

2.2.3. Les allocations sur la succession culturale

Différentes règles d'allocation des intrants de fertilisation P et K, des émissions induites par l'azote organique ainsi que des émissions de nitrate, ont été mises en œuvre dans le cadre des projets AGRIBALYSE (Koch et Salou, 2016) et ECOALIM (Wilfart et al, 2017), et retenues pour le projet ACV-Bio (Tableau 2). Celles-ci ont été soumises pour avis aux experts réunis le 07/04/17 et

échangées dans le cadre de réunions organisées dans le cadre du projet ACV-Bio. L'allocation des flux d'eau entre cultures de la succession s'est également posée : par exemple, une culture (ou un couvert) peut avoir puisé les ressources en « eau verte » et induit des apports d'irrigation supplémentaires sur la culture suivante. Cependant, les connaissances actuelles ne permettent pas de proposer des règles d'allocation pour les flux d'eau.

Tableau 2 Règles d'allocation des intrants, émissions et consommation de ressources selon AGRIBALYSE 1.3, ECOALIM, AGRIBALYSE prochaine version et ACV-Bio.

	AGRIBALYSE v1.3	ECOALIM	AGRIBALYSE prochaine version	Projet ACV-Bio
Intrants P et K	Au prorata des exportations	Règle d'allocation prenant en compte les exportations et les exigences des cultures	Règle ECOALIM	Règle ECOALIM
Emission de nitrate	Pertes de la période drainage suivant la récolte de la culture attribuées à la culture	Pertes quantifiées sur l'ensemble de la succession réparties également entre les cultures de la succession	Règle AGRIBALYSE v1.3	Test règle ECOALIM et règle AGRIBALYSE v1.3
Emissions de N ₂ O induits par les résidus de culture	Attribués à la culture	Id. AGRIBALYSE v1.3	Id. AGRIBALYSE v1.3	Id. AGRIBALYSE v1.3
Intrants et émissions liés à l'apport d'azote organique	L'azote disponible pour la culture recevant l'apport lui est attribué. Le reste est attribué également entre toutes les cultures de la succession.	Id. AGRIBALYSE v1.3	Id. AGRIBALYSE v1.3	Id. AGRIBALYSE v1.3
Consommation d'eau	Non traitée	Non traitée	Non traitée	Pas d'allocation

3. Choix méthodologiques concernant les cultures associées

3.1. Cultures associées étudiées dans le projet ACV-Bio

Les cultures associées qui vont être étudiées dans le projet ACV-Bio sont des associations simultanées avec récolte en grain (semis et récolte au même moment, avec ou sans tri des grains après récolte) et des associations simultanées avec récolte de plantes entières (méteil, ensilage). Les cultures associées étudiées sont composées de céréales et de légumineuses.

Un objectif spécifique est généralement donné à une association de cultures : produire une céréale riche en protéine, avoir un mélange équilibré entre énergie et protéine pour produire un fourrage, produire une légumineuse avec moins de facteurs limitants qu'en légumineuse pure, ou alors pilotage à vue (valorisation selon ce qu'on obtiendra au champ). L'objectif retenu va orienter les choix techniques (densités de semis) et les produits récoltés, même si les experts reconnaissent que la proportion des espèces à la récolte peut fortement varier (en fonction de la richesse en azote minéral du sol et surtout de la dynamique de disponibilité de l'azote du sol tout au long du cycle de l'association, de stress biotiques et abiotiques, etc.).

3.2. Comparaison entre cultures associées et cultures pures

Comparer les cultures associées avec des cultures pures n'est pas facile, le pois pur par exemple existe peu en AB. Pour pouvoir effectuer une comparaison de ce type, il serait nécessaire d'avoir des jeux de données de situations en tout point comparables avec cultures associées et les mêmes

cultures en pur, et alors appliquer des règles de comparaison par des méthodes d'allocations adaptées (Naudin et al, 2014). Ce n'est pas nécessaire dans le cadre du projet ACV Bio, qui n'a pas pour objectif de faire ce type de comparaison.

Cependant, le blé sera présent dans le projet en culture pure, ainsi la comparaison entre blé en culture pure (avec plusieurs différents ICV de blé) et blé en association de cultures pourra être réalisée.

3.3. Éléments pour élaboration d'ICV de cultures associées

3.3.1. Objectif de production de l'association

Dans les métadonnées, il est important de définir l'objectif de la culture associée : favoriser la céréale ou le protéagineux. Cet objectif impactera les choix réalisés pour les densités de semis de chaque composante de l'association. Par ailleurs, pour une même densité de semis (ex. 50% de blé, 50% de pois), de grosses différences de rendement des composantes peuvent exister (10% ou 50-60% de pois à la récolte selon les conditions de culture). Les cas-types définis devront intégrer la variabilité de ces rendements.

Le processus de triage des grains a un coût énergétique élevé, qui est à prendre en compte. Cependant, s'agissant d'un process post-récolte, le triage ne sera pas inclus dans l'étape agricole de la culture associée. Ce sera un process à part entière appliqué sur le mélange de graines, pour lequel les consommations d'énergie seront considérées.

3.3.2. Les intrants de la culture associée

Une culture associée est traitée comme une culture pure en ce qui concerne les allocations au niveau de la succession culturale (voir Tableau 2).

Il avait été suggéré que le reliquat azoté de la culture associée sert partiellement comme intrant azoté de la culture suivante, et qu'il serait donc raisonnable de le mettre au bénéfice de la culture associée. Cette suggestion ne sera pas mise en œuvre puisque la culture associée se comporte plus comme une céréale en laissant peu d'azote pour la culture suivante, contrairement à une légumineuse pure.

3.3.3. Paramétrage des modèles d'émission pour les cultures associées

Pour les émissions de nitrate dans l'eau, deux modèles sont envisagés, le modèle Arvalis basé sur COMIFER (règle AGRIBALYSE v1.3) et l'indicateur I-NO₃ d'Indigo, qui a été utilisé par C. Naudin dans ses travaux sur les cultures associées.

Pour les émissions de nitrate en culture associée, il est à noter que :

- Le reliquat azoté post-récolte est généralement plus faible en culture associée qu'en légumineuse pure, il est similaire à celui d'une céréale pure.
- Le modèle I-NO₃ d'Indigo simule des mécanismes, donc devrait être plus fin pour les systèmes en AB. Il existe maintenant dans un calculateur Excel, on peut le faire en ligne. Les données nécessaires sont : itinéraire technique cultural (travail du sol, apport N organique, apport N minéral), gestion d'interculture (broyage de paille, culture intermédiaire), sol, climat.
- Deux choses à vérifier dans les résultats d'Indigo : 1) le reliquat post récolte des cultures associées est-il bien proche de celui des céréales et inférieur à celui d'une légumineuse ? 2) le couvert est très réactif à la disponibilité en N minérale, on a une très bonne absorption de l'azote disponible (effet « tampon » de la culture associée à prendre en compte : elle a la capacité de s'adapter en dynamique à la disponibilité en azote minéral du sol tout au long de son cycle).
- La méthode Arvalis basée sur COMIFER ne tient pas compte de la sur-fertilisation. Cependant dans le projet ACV-Bio, les cultures concernées ne sont pas en situation de sur-

fertilisation, donc cela ne pose pas problème. Ce qui complique les choses en AB : on apporte des matières organiques, avec des disponibilités pour les cultures qui ne sont pas toujours à la date optimale (et également une vitesse de minéralisation et donc d'assimilation difficile à modéliser).

- La capacité d'absorption d'une culture associée en tant que culture suivante est similaire à celle d'une céréale, voire meilleure. S'il y a beaucoup d'azote minéral, la légumineuse va moins absorber d'azote atmosphérique.

Pour les émissions de N₂O dans l'air le modèle IPCC 2006 tier 1 est utilisé, comme dans AGRIBALYSE 1. Il faut bien prendre en compte les résidus de cultures des deux composantes de la culture associée, selon la proportion des deux espèces à la récolte.

Pour les émissions de NH₃ et NO_x, le modèle EMEP CORINAIR 2016, la méthode la plus à jour au niveau des facteurs d'émission, est utilisé.

Enfin pour l'érosion, le modèle RUSLE est utilisé, comme dans AGRIBALYSE 1. La couverture au sol de la culture associée est proche de celle d'une culture de céréale pure. Avec la féverole, cela peut être un peu différent, mais les données manquent pour cette espèce en association. Pour ce cas, il a été décidé de prendre par défaut les paramètres de la céréale. Pour le facteur C1 (risque érosif lié à la culture, plus il est élevé, plus la quantité de terre érodée est élevée), il a été décidé de retenir pour les cultures associées le facteur pour les céréales : 0,35 (pour les légumineuses c'est 0,5). En culture associée la couverture du sol est supérieure à celle d'une légumineuse pure, et proche d'une céréale pure.

3.4. Quelles règles d'allocation pour les coproduits issus des cultures associées ?

Lorsque le mélange de graines est trié pour valoriser les deux produits indépendamment, il est nécessaire de faire une allocation des impacts liés à la culture associée. Différentes règles d'allocation pour les coproduits issus des cultures associées peuvent être envisagées : économique, massique, énergétique, protéique, méthode proposée par Naudin et al. (2014) évitant l'allocation co-produit.

Une possibilité est de choisir une allocation économique, car les coproduits ont des valeurs et fonctions différentes, et ainsi on applique le même raisonnement que pour l'allocation d'impacts aux co-produits issus de la transformation agro-alimentaire dans le projet ECOALIM.

La méthode proposée par Naudin et al. (2014) qui évite ce type d'allocation coproduit, nécessite d'avoir des données sur les cultures pures dans un même contexte, ce qui ne sera pas applicable dans notre projet (pas de culture de pois en pur en AB).

Arguments en faveur d'une allocation massique :

- Les prix sont variables (dans l'espace et dans le temps), en particulier pour ces marchés en AB, ce qui rend donc l'allocation économique instable. L'allocation massique nécessite moins d'hypothèses.
- Les espèces dans une culture associée ne sont pas raisonnées pour leur valeur économique. Il est difficile de définir une fonction commune. Dans les deux cas le but est de nourrir les animaux et humains.
- Les règles d'allocation devraient prendre en compte les synergies et complémentarités entre les espèces.
- Il est difficile de savoir si un blé sera valorisé en tant que blé meunier ou pour l'alimentation animale. En AB, la définition d'un blé meunier est contestée car les processus de panification peuvent être adaptés, et il est possible de faire du pain avec n'importe quel blé. Un paysan boulanger peut faire du pain avec un blé avec moins de 10% de protéine. Donc il est difficile de donner un prix au blé.

- Les prix de blé et pois disponibles (avec leur variabilité) s'avèrent être assez proches l'un de l'autre, de ce fait il n'y aurait de toute façon pas de grande différence entre allocation massique et économique.

Pour toutes ces raisons l'allocation massique a été retenue.

3.5. Résumé des choix méthodologiques

Les choix méthodologiques retenus ont été résumés dans le Tableau 3.

Tableau 3 Résumé des choix finaux méthodologiques concernant les cultures associées, cultures seules et successions culturales

Élément	Niveau	Choix
Modèle Emissions de nitrate	Cultures seules, Cultures associées, Successions culturales	AGRIBALYSE v1.3 (modèle Arvalis basé sur COMIFER)
Allocation émission nitrate dans succession culturale	Cultures seules, Cultures associées	Règle AGRIBALYSE v1.3 (on prend en compte le lessivage sous la culture et pendant l'interculture qui suit la culture)
Allocation intrant PK dans succession culturale	Cultures seules, Cultures associées	Règle ECOALIM
Allocation intrant N organique sur succession culturale	Cultures seules, Cultures associées	Règle AGRIBALYSE v1.3
Emissions de N2O	Cultures seules, Cultures associées, Successions culturales	Règle AGRIBALYSE v1.3 (IPCC 2006 tier 1). Cultures associées : Prendre en compte les résidus de cultures selon la proportion des deux espèces à la récolte
NH3 NOx	Cultures seules, Cultures associées, Successions culturales	EMEP/EEA 2016
Modèle d'érosion	Cultures seules, Cultures associées, Successions culturales	AGRIBALYSE v1.3 (RUSLE), Cultures associées : facteur C1 identique à celui des céréales
Allocation coproduit	Cultures associées	Allocation massique

4. Adaptation de MEANS-InOut pour les choix méthodologiques retenus

Le logiciel MEANS-InOut a été modifié pour répondre aux évolutions demandées pour ACV Bio. Il est possible de renseigner une succession culturale comme un tout, et de générer à partir de MEANS-InOut un ICV de la succession dans son ensemble, et des ICV de chacune des cultures de la succession. L'interface de saisie a aussi été améliorée :

- L'enchaînement des cultures dans la succession est représenté,
- Les informations sur le milieu sont saisies une seule fois pour la succession et plus pour chaque culture,

- Des informations sur les cultures précédente et suivante sont parfois utilisées pour calculer les émissions d'une culture. MEANS-InOut va chercher automatiquement ces informations dans les Etapes représentant ces cultures précédente et suivante.

Le modèle nitrate d'AGRIBALYSE 1.3 (modèle Arvalis, basé sur la grille COMIFER) et le modèle d'allocation des impacts de la fumure de fond aux cultures de la succession, amélioré pour le projet ECOALIM et tel que décrit dans le Tableau 3, sont intégrés dans MEANS-InOut.

Enfin, il est maintenant possible de créer une association de cultures dans MEANS-InOut. Les modèles utilisés pour les cultures pures sont utilisés pour les associations de cultures, avec des paramétrages spécifiques. Il est possible de créer un ICV pour les produits de l'association de cultures comme un tout et un ICV par produit de l'association de cultures, en allouant les impacts aux produits selon une allocation massique.

Par manque de temps et de moyens humains, l'indicateur I-NO3 d'Indigo n'a pas été implémenté dans MEANS-InOut. Il n'est pas sûr que cet indicateur puisse être ajouté à MEANS-InOut dans le temps du projet ACV Bio.

5. Références bibliographiques

EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016. Technical guidance to prepare national emission inventories. European Environment Agency

Koch P., Salou T., 2016. AGRIBALYSE® : RAPPORT METHODOLOGIQUE, Version 1.3. Février 2016. ADEME, Angers, France, p. 393.

Naudin C., van der Werf H., Jeuffroy MH., Corre-Hellou G., 2014. Life cycle assessment applied to pea-wheat intercrops: a new method for handling the impacts of co-products. Journal of Cleaner Production 73, 80-87.

Perrin A., Renaud-Gentié C., van der Werf H.M.G., 2017. Définition et qualification des produits et déclinaisons pour le projet ACV Bio. Note méthodologique. 31 pages.

Wilfart A., Tailleur A., Dauguet S., 2017. Guide méthodologique pour la conception des ICV intrants de l'élevage de la base de données ECOALIM. Disponible sur : <https://www6.inra.fr/ecoalim> [consulté le 2018/09]. p.60

Index des tableaux et figures

Tableau 1 Produits et nombre de déclinaisons qui sont prévus par les partenaires du projet.....5

Tableau 2 Règles d'allocation des intrants, émissions et consommation de ressources selon AGRIBALYSE 1.3, ECOALIM, AGRIBALYSE prochaine version et ACV-Bio.9

Tableau 3 Résumé des choix finaux méthodologiques concernant les cultures associées, cultures seules et successions culturales13

Sigles et acronymes

AB	Agriculture Biologique
ACV	Analyse de Cycle de Vie
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
ICV	Inventaire de Cycle de Vie
ITK	Itinéraire technique cultural



EVALUATION DES CULTURES ASSOCIEES ET DES SUCCESSIONS CULTURALES PAR L'ACV

Résumé L'objectif principal du projet ACV Bio est la production de données d'ICV et d'ACV des produits végétaux et animaux de l'agriculture biologique (AB) française à la sortie de la ferme. Les données d'ICV permettront d'enrichir la base de données AGRIBALYSE. Ceci permettra aux acteurs de l'AB de connaître certains impacts environnementaux de leurs productions et de mettre en œuvre des démarches d'amélioration des systèmes de production afin d'en réduire les impacts.

Ce rapport méthodologique présente les choix réalisés dans le cadre du projet ACV Bio pour les productions végétales de grande culture en mode de production biologique. Il précise plus particulièrement les points méthodologiques soulevés par l'inclusion d'ICV de cultures associées (type association de céréale-légumineuse) et d'ICV de successions culturales (prenant en compte ensemble toutes les cultures qui se succèdent dans une rotation). Les choix d'allocation coproduit sont notamment précisés, ainsi que de modèles pour estimer les pertes en nitrates, ou pour allouer certains intrants (type engrais de fond ou engrais organiques) à l'échelle d'une succession culturale.

Le projet ACV Bio vise à décrire une diversité de systèmes agricoles biologiques et produire des inventaires de qualité pour enrichir la base de données AGRIBALYSE.

Ce rapport méthodologique porte sur les choix et adaptations concernant les productions végétales en agriculture biologique.

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie

www.ademe.fr

