

L'Analyse de Cycle de Vie appliquée au secteur agricole - Adaptation et mise en œuvre de la méthodologie ACV au regard du poste fertilisation

Alice Gueudet¹, Hervé Bossuat¹, Marilys Pradel², Afsaneh Lellahi³, Aurélie Tailleur³

¹ ACTA, 149 rue de Bercy – Paris, 75595, France

² Irstea, UR TSCF Technologies et systèmes d'information pour les agrosystèmes, Domaine des Palaquins – Montoldre, 03150, France

³ ARVALIS-Institut du végétal, Service Agronomie Economie Environnement, Boigneville, 91720, France

I. Contexte et objectifs

L'Analyse du Cycle de Vie (ACV) est une méthode d'évaluation des impacts environnementaux d'un produit ou d'un service très largement utilisée. Cette méthode a en particulier été retenue pour l'estimation des impacts environnementaux des produits de grande consommation dans le cadre de l'affichage environnemental. Elle est utilisée dans le domaine agricole comme un outil d'identification des points critiques d'une filière ainsi que de comparaison et d'optimisation d'itinéraires techniques et de productions agricoles. Si cette méthode est standardisée (ISO 14040 et ISO 14044), un certain nombre de choix méthodologiques doivent cependant être réalisés par l'utilisateur et sont régulièrement remis en question car considérés comme sensibles pour l'évaluation.

Des études ACV montrent que la fertilisation des cultures contribue grandement à plusieurs impacts environnementaux. Par exemple, selon les résultats d'AGRIBALYSE®, elle représente de 60 à 95% des résultats pour les principaux indicateurs couramment utilisés en ACV (réchauffement climatique, énergie primaire, acidification et eutrophisation) du fait des émissions au champ mais également de l'impact lié à la production des engrais (Figure 1).

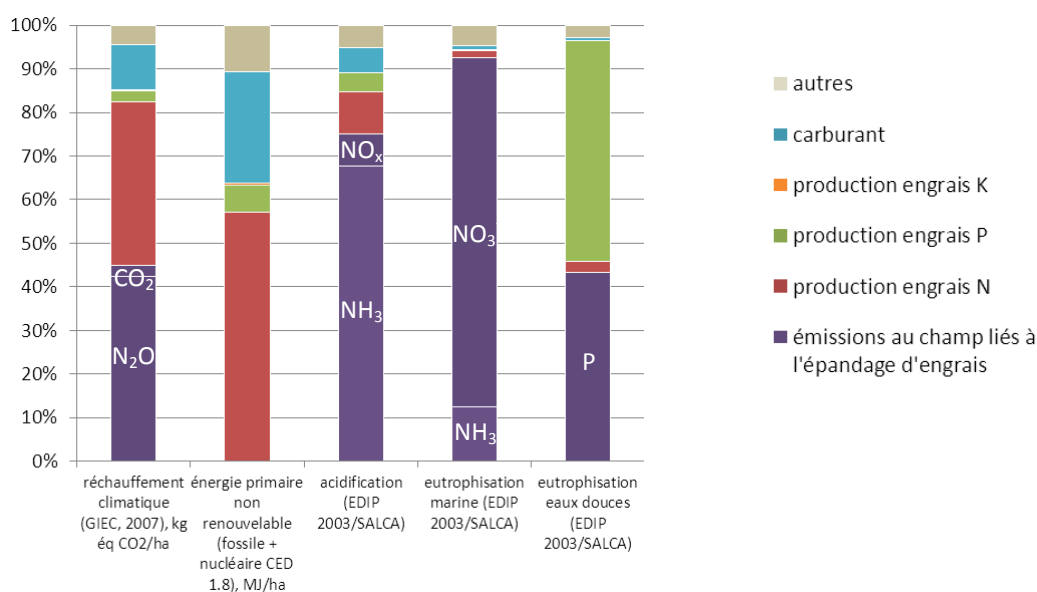


Figure 1 : contribution des opérations de fertilisation aux résultats d'indicateur ACV du blé tendre panifiable, d'après les résultats d'AGRIBALYSE®

De ce fait, il a été décidé de se focaliser sur cette étape critique de l'itinéraire technique au cours d'une action exploratoire CASDAR « ACV et fertilisation », afin d'identifier à différentes étapes de la réalisation d'une ACV les options possibles, au travers d'une application à différentes échelles (filière, rotation, parcelle, intra-parcellaire).

Il s'agissait dans cette étude de proposer des pistes d'amélioration d'un point de vue recherche et opérationnel se traduisant par :

- des outils pour aider l'utilisateur d'ACV dans ces choix méthodologiques,
- la quantification des impacts sur les résultats ACV de leviers d'action pour les agriculteurs et les acteurs de la fertilisation ;
- l'identification de questions de recherche dans le domaine de l'ACV et des technologies.

II. Questions méthodologiques rencontrées lors la constitution d'inventaire de cycle de vie au regard du poste fertilisation

1. Les différentes tâches pour construire un inventaire de cycle de vie

L'étude a porté sur l'étape d'inventaire des flux entrants et sortants du système (matière, énergie, émissions) ou inventaire de cycle de vie. Celle-ci fait suite à une étape de définition de l'objectif et du système de l'étude et est le préalable à l'évaluation des impacts (agrégation des flux en indicateurs d'impact potentiel, ex : réchauffement climatique, énergie primaire, eutrophisation,...) et à l'interprétation des résultats.

Cette étape consiste à identifier les sources de données disponibles pour collecter les données descriptives du système, à collecter les données, à estimer les flux (ex : consommation de carburant, émissions de nitrate, ammoniac, protoxyde d'azote), qui ne sont pas directement disponibles, par modélisation ou sur la base de références bibliographiques et éventuellement à les réallouer aux différents produits du système (Figure 2).

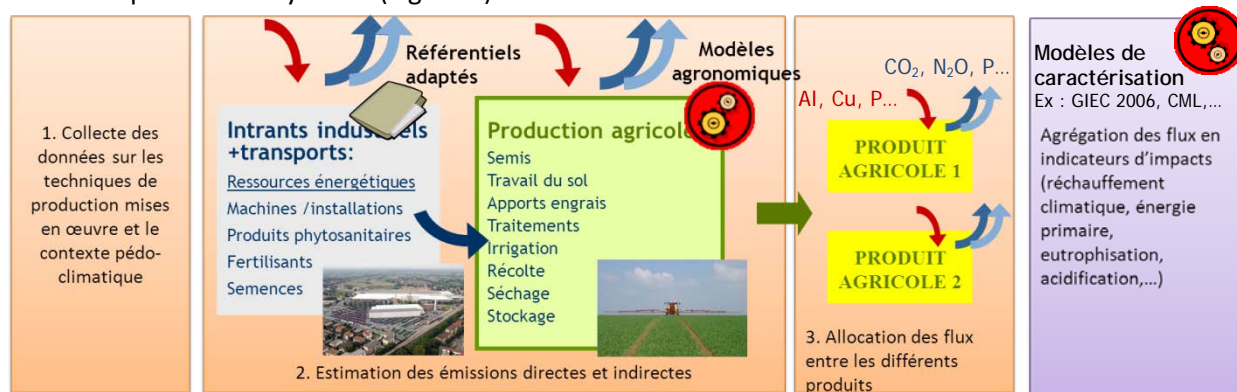


Figure 2 : construction d'inventaire de cycle de vie pour des grandes cultures (orange) et calcul d'indicateur ACV (violet)

2. Les échelles d'application abordées au cours de l'étude

Les problématiques méthodologiques ne se posant pas de la même façon en fonction de l'échelle considérée, différentes échelles ont été retenues pour la réalisation des travaux :

- la filière : il ne s'agissait pas de mettre en œuvre une ACV à cette échelle dans le cadre de l'étude mais de tenir compte des données disponibles et des questionnements rencontrés pour couvrir un bassin d'approvisionnement ou une filière à l'échelle nationale, au travers en particulier du projet AGRIBALYSE® ;
- la rotation et la parcelle au travers de l'application de la mise en œuvre de l'ACV à des cas types pour évaluer l'impact de choix méthodologiques et de leviers d'action sur les indicateurs ACV ;

- le chantier, ou échelle intra-parcellaire, sur lequel s'effectue la pratique culturale au travers d'une approche technologique visant à analyser les performances environnementales de chantiers d'épandage au regard des performances technologiques des machines. Il s'agissait en particulier d'étudier la variabilité de résultats de l'inventaire en fonction de la variabilité des paramètres d'entrée à l'échelle intra-parcellaire.

3. Synthèse des questions méthodologiques rencontrées à chacune des échelles

Certaines questions rencontrées sont communes à chacune des échelles. C'est le cas en particulier du choix des références pour la prise en compte des impacts de la production des engrais minéraux et organiques. Pour les engrais de ferme, cela pose en particulier la question de l'allocation de l'impact de leur production entre les ateliers élevage et culture. Le choix de modèles se pose également à chacune des échelles mais avec des contraintes différentes. En particulier pour une application de l'ACV à l'échelle de filière, celui-ci est fortement contraint par les données disponibles, tandis que pour une application à l'échelle intra-parcellaire, la difficulté est d'identifier un modèle adapté à cette échelle.

L'application à l'échelle de filière pose des problèmes spécifiques en termes de collecte de données du fait de la quantité considérable de données nécessaires aux ACV. Il s'agit donc d'identifier des stratégies (échantillonnage, construction de cas-types, identification des variables les plus impactantes nécessitant une collecte fine et de références moyennes pour les autres variables) permettant d'en limiter le coût, tout en permettant d'intégrer la variabilité. L'étude à l'échelle intra-parcellaire, basée sur des résultats de bancs d'essai d'épandage de fertilisants organiques, a aussi soulevé des questions méthodologiques inhérentes à la collecte de données, en particulier à l'échantillonnage et à l'identification de facteurs de variabilité.

Enfin, l'utilisation de l'ACV à l'échelle de culture nécessite de procéder à des allocations d'impacts sur la succession culturale : en effet, les pratiques de fertilisation se raisonnent à l'échelle de la rotation. Il ne fait donc pas de sens de ne considérer uniquement les apports réalisés sur la culture sans prendre en considération les pratiques passées et à venir. Or, si plusieurs méthodes peuvent être envisagées pour l'étude d'une parcelle avec un effort de collecte supplémentaire, l'application à l'échelle de filière pose des difficultés car nécessite des données représentatives, non plus sur une culture, mais à l'échelle d'une succession culturale.

III. Inventaire des modèles d'émissions

Les pertes les plus étudiées en agriculture sont les émissions azotées parmi lesquelles on trouve le protoxyde d'azote (N_2O), l'ammoniac (NH_3), les nitrates (NO_3^-), les oxydes d'azote (NO , NO_2). Hormis pour les oxydes d'azote, on dispose de deux types de modèle : des **modèles de type « inventaire » utilisés à l'échelle nationale**, facile à mettre en œuvre mais ne permettant pas ou peu de prendre en compte les leviers agronomiques disponibles ou **des modèles « biophysiques » utilisés à l'échelle de la parcelle** mais complexes à mettre en œuvre, en particulier à l'échelle de filière. Peu de modèles sont en revanche disponibles pour estimer les pertes de phosphore par ruissellement, lessivage et érosion, ainsi que des éléments traces métalliques contenus dans les engrais. Il s'agit de modèle statistique pour le phosphore et d'un modèle de bilan de masse pour les ETM, tous deux utilisés à l'échelle de la parcelle et paramétrés pour la Suisse. Enfin les émissions de particules, que l'on peut associer à des « poussières » de différentes tailles, sont également surveillées à l'heure actuelle, que ce soit en agriculture ou dans d'autres secteurs, mais ne font pas l'objet de modèle et sont rarement intégrées dans les ACV agricoles.

Références	N2O	NH3	NOx	NO3-	P	ETM	Echelle	Domaine de validité	Date de publication ou développement	Accessibilité*	Exigence en données **	Prise en compte des pratiques ***
IPCC 2006	X						Nationale	Monde	2006	+++	+	+
CORPEN 2006	X	x		x			Nationale	Monde	2006	+++	+	+
Bouwman et al. 2002	X		x				Nationale	Monde	2002	++	+	+
William et al. 2006	X						Nationale	Monde	2006	+++	+	+
IULIA	X						Locale	Monde ?	2000	++	+	+
NOE	X						Régionale	France	2005	++	+++	+?
EMEP 2006 et EMEP / EEA 2009		x	x				Nationale	Europe	2006 et 2009	+++	+	+
Volt'air		x					Locale	France	depuis 1993	+	+	+++
Katz 1996 et Menzi et al. 1997		x					Locale	Suisse (organique), Europe (minéral)	1996 et 1997	+++	+	+
DEAC				x			Locale	France	depuis 1998	+	+++	++
SALCA-Nitrates				x			Locale	Suisse	2006	+	++	+
SALCA-P					X		Locale	Suisse	2006	++	+	++
NOPOLU-Agri				x	x?		Régional et bassin versant	Europe	depuis 2003	+	++	+
SWAT				x	X		Bassin versant	Europe	depuis 1993	+	+++?	++
SALCA-ETM						x	Locale	Suisse	2006	++	++	++
Grub 1996 (com. Perso.)			x				Nationale	Suisse?	1996	+++	+	+
IFA-FAO 2003			x				Nationale	Monde	2003	+++	+	+
STICS	X	x		x			Locale	Paramétrage : France - utilisation : monde	depuis 1996	+++	+++	+++
SUNDIAL	X	?		x			Locale	Paramétrage : Grande-Bretagne - utilisation plus large	depuis 1993	+	+++'	+++'
Syst'N	X	x		x			Locale	France	à paraître	+	++	+++
CERES-EGC	X	x	x	x			Locale	France	depuis 1995 (France)	+	+++	+++

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des différents modèles d'émission recensés et de leurs caractéristiques générales

(+ : faible ; ++ : moyenne ; +++ : forte ; ? : doute sur l'information)

La recherche bibliographique a eu pour but de recenser différents modèles d'émission¹ et d'apporter des informations pratiques sur ces derniers. Des fiches synthétiques [1] ont été créées pour chaque modèle recensé de manière à décrire son domaine de validité, son fonctionnement via la présentation de ses données d'entrée, les avantages et limites de son utilisation et l'usage qui en est fait dans le cadre de divers travaux et projets. Ces fiches visent à aider l'utilisateur à choisir un modèle adapté aux objectifs de son étude. Vingt-deux fiches synthétiques ont donc été rédigées de manière à les présenter de façon détaillée.

Les caractéristiques générales des modèles recensés sont décrites dans le Tableau 2, p4. Ils ont été comparés en particulier sur la base des critères suivants (Tableau 1).

	Accessibilité	Exigence en données d'entrée	Prise en compte des pratiques
+ « Faible »	Convention demandée	Besoin en données faible et disponibilité élevée de celles-ci	Modèle prenant uniquement en compte la dose du fertilisant apporté
++ « Moyenne »	(intermédiaire)	(intermédiaire)	(intermédiaire)
+++ « Forte »	Accès non restreint de tous les éléments permettant d'utiliser le modèle	Besoin important en données et faible disponibilité de celles-ci	Modèle prenant en compte différents paramètres (ex : techniques, période d'intervention...)

Tableau 2 : critères et système de notation retenus pour la qualification des modèles

IV. Les allocations sur la succession culturale

1. Les thématiques traitées

Une première phase de recherche sur les différentes règles d'allocation proposées dans la bibliographie a été menée sur les thématiques suivantes : fertilisation phosphatée, fertilisation azotée organique, résidus de culture et lessivage de nitrate au cours de l'interculture. Les thématiques relatives à l'apport d'engrais phosphaté et à la prise en compte des pertes azotées par lessivage ont par ailleurs fait l'objet de tests sur des jeux de données issus de la ferme ARVALIS-Institut du végétal afin d'évaluer l'impact des choix méthodologiques retenus sur le résultat final de l'évaluation environnementale. Le Tableau 3, p6 résume les problématiques et allocations rencontrées pour chacune des thématiques.

2. Tests réalisés sur les cas types : exemple de l'allocation de la fertilisation phosphatée

Afin de tester la faisabilité et la pertinence des règles d'allocation de la fertilisation phosphatée et d'en évaluer les impacts finaux sur les résultats ACV, celle-ci a été mise en œuvre sur un cas-type en Champagne Ardennes.

- Méthode

L'itinéraire technique et les choix méthodologiques retenus sont détaillés dans le rapport [3] et résumés dans le Tableau 4, p7. Deux méthodes de caractérisation ont été retenues pour le calcul d'indicateurs d'impact eutrophisation. Toutes deux prennent en compte des flux différents.

¹ Rq : la prise en compte du stockage de carbone dans les sols dans les ACV a été écartée de l'étude, des travaux sur le sujet étant en cours en particulier dans le cadre du projet AGRIBALYSE .

	Problématique	Flux et principaux impacts concernés	Règles d'allocation proposées dans la bibliographie ou identifiées suite à l'étude
Fertilisation phosphatée	Comment intégrer dans les ACV le raisonnement des apports sur la succession culturale (blocage pour des raisons agronomiques ou économique, apports d'engrais organiques) ?	Impact lors de la production de l'engrais P Perte de P au champ → <i>eutrophisation</i>	- prise en compte de l'impact d'un apport équivalent à l'exportation et non pas de l'impact réel - apport réalloué au prorata des exportations - apport réalloué au prorata des doses préconisées - surplus reçu par une culture exigeante réalloué aux autres cultures au prorata de leurs exportations
Fertilisation azotée organique	Pour certaines formes d'engrais, une fraction seulement de l'azote est disponible pour la culture recevant l'apport. Comment réattribuer l'impact de l'azote restant entre les cultures ?	Perte de N au champ → <i>réchauffement climatique, eutrophisation, acidification</i>	- L'apport/impact alloué entre les cultures sur la base des dynamiques de minéralisation du produit épandu - L'apport/impact alloué entre les cultures de la rotation au prorata des doses préconisées
Lessivage au cours de l'interculture	La lixiviation de l'azote apporté sur une culture a majoritairement lieu au cours de l'interculture qui suit. Or, les quantités lixiviées sont fonction de pratiques menées sur cette culture et ainsi que sur la culture suivante.	Perte de NO_3^- au champ → <i>eutrophisation</i>	- allocation des quantités lixiviées sur toute la rotation à chacune des cultures au prorata du surplus post-récolte - quantité lixiviée au cours de l'interculture réattribuée à 50/50 entre la culture précédente et la culture suivante - <i>allocation des quantités lixiviées sur toute la rotation à également entre chacune des cultures</i>
Résidus de culture	Les résidus de culture peuvent avoir différents effets en fonction de leur composition : - apport de N minéral pouvant contribuer à la fertilisation azotée de la culture suivante mais à la lixiviation cours de l'interculture - organisation du N minéral du sol induisant un besoin d'apport azoté supplémentaire sur la culture suivante et réduisant la quantité de N susceptible d'être lixiviée. Par ailleurs, la méthode GIEC tier 1 pour estimer les émissions de N_2O comptabilise des émissions induites par le N des résidus. Comment allouer les impacts des résidus entre les cultures au prorata des bénéfices qu'en tire chacune d'elle ?	Emissions de N_2O et NO_3^- au champ → <i>réchauffement climatique, eutrophisation, énergie primaire</i>	- allocation des impacts à la culture qui a produit les résidus

Tableau 3 : Différentes thématiques et règles d'allocation analysée

Périmètre	De la récolte de la culture précédente à la récolte de la culture étudiée
Cas type	Colza (43 q/ha), blé tendre (86 q/ha), betterave (87 t/ha), blé tendre (80 q/ha), orge de printemps (70 q/ha) Fertilisation P (unités) : 100 sur colza, 130 sur betterave, 90 sur orge de printemps
Modélisation des émissions	N ₂ O : GIEC, 2006, NO ₃ ⁻ : DEAC, NH ₃ : EMEP / EEA, 2006, Erosion : RUSLE, adapté pour AGRIBALYSE® NOx : IFA-FAO, P (pertes par lixiviation, ruissellement et érosion) : SALCA P, d'après Nemecek et al 2007
Impact de la production des intrants	GES'TIM pour les consommations d'énergie et émissions GES, Ecoinvent pour les autres flux
Règles d'allocation testées	- allocation sur la base des exportations - allocation sur la base des doses préconisées selon le COMIFER, simulation sur trois situations de teneur du sol en P2O5 (50, 60, 80 ppm) différentes.
Modèles de caractérisation	Tests sur 2 modèles : ReCiPe1.05H (flux pris en compte : P sous forme P et PO ₄ ³⁻) CML baseline 2000 2.05 (flux pris en compte NH ₃ , NOx, N, NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , PO ₄ ³⁻ , P)

Tableau 4 : Choix méthodologiques retenus pour les ACV mises en œuvre sur les cas-types pour les tests allocation

- Résultats

La prise en compte des quantités apportées à la culture, sans allocation, pénalise les cultures exigeantes, tandis que les cultures peu exigeantes se voient attribuer une quantité nulle. L'allocation sur la base des doses préconisées conduit à attribuer des quantités de P très faibles, voire nulle, à certaines cultures si des apports ont été effectués l'année précédente. Cela a peu de répercussion sur les émissions de P estimées par le modèle SALCA-P, celui-ci étant très peu sensible aux apports. En revanche, le choix de la règle d'allocation conduit à des variations sur les résultats d'indicateur ACV du fait de l'impact de la production de l'engrais phosphaté, qui explique 60% de l'impact eutrophisation eaux douces estimées avec ReCiPe, qui ne prend en compte que les pertes de phosphore et PO₄³⁻, et 15% de l'impact eutrophisation estimés avec CML, qui intègre également différents flux d'azote. On note ainsi un écart entre les résultats avec et sans allocation pouvant aller jusqu'à 20% avec la méthode CML et 90% avec la méthode ReCiPe.

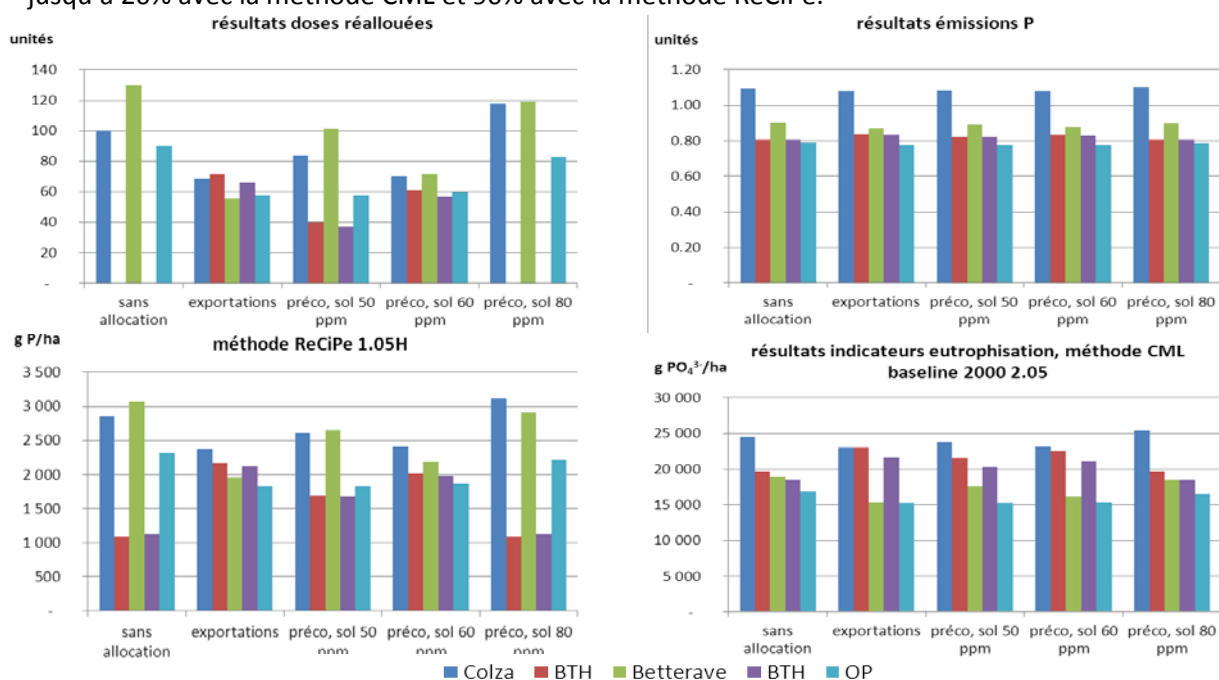


Figure 3 : Impact des règles d'allocations sur les doses, les émissions de P et les résultats ACV attribués à chacune des cultures de la rotation-type

- Conclusion

La réalisation de ce test a mis en évidence l'intérêt de pratiquer des allocations afin de ne pas faire porter l'impact de la fertilisation phosphatée aux cultures exigeantes. Si l'allocation sur la base des exportations ne permet pas d'intégrer la notion d'exigence des cultures, elle s'est avérée beaucoup plus simple dans sa mise en œuvre que l'allocation sur la base des doses préconisées, qui peut conduire à allouer à une même culture des quantités très différentes selon si un apport a été réalisé au cours de l'année précédente ou non. Malgré la difficulté à la mettre en œuvre, l'allocation semble néanmoins nécessaire dans certaines situations (sols riches, méthode de caractérisation de type RECIPE, évaluation de la mise en œuvre des préconisations de fertilisation,...) pour disposer d'une évaluation plus proche de la réalité et établir le cas échéant des voies de progrès.

V. Estimation de l'impact de leviers d'action sur les résultats ACV

Deux leviers d'action ont été simulés sur un cas-type Pays de Loire en vue d'évaluer leurs impacts sur les résultats ACV : la valorisation de fertilisants organiques et l'insertion de culture intermédiaire.

- Méthode

L'itinéraire technique et les choix méthodologiques retenus sont détaillés dans le rapport et sont également résumés dans le tableau suivant :

Périmètre	De la récolte de la culture précédente à la récolte de la culture étudiée
Cas type	Mais fourrage (10.5 t MS/ha), blé tendre (62 q/ha et 2.5 t MS/ha)
Modélisation des émissions	N ₂ O : GIEC, 2006, NO ₃ - : DEAC, NH ₃ : EMEP / EEA, 2006, Erosion : RUSLE, adapté pour AGRIBALYSE® NO _x : IFA-FAO, P (pertes par lixiviation, ruissellement et érosion) : SALCA P, d'après Nemececk et al 2007
Impact de la production des intrants	GES'TIM pour les consommations d'énergie et émissions GES, Ecoinvent pour les autres flux
Allocation	Impact de la production des engrais de ferme à l'atelier élevage, seuls les émissions au cours de l'épandage sont prises en compte
Modèles de caractérisation (flux pris en compte)	Réchauffement climatique : GIEC, 2001 (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O), énergie primaire non renouvelable : CED 1.8, acidification : ReCiPe H1.06 (NH ₃ , NO _x , SO ₂), eutrophisation marine : ReCiPe H1.06 (NH ₃ , NO _x , N, NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻), eutrophisation eaux douces : ReCiPe H1.06 (PO ₄ ³⁻ , P)

Tableau 5 : Choix méthodologiques retenus pour les ACV mises en œuvre sur les cas-types pour les tests leviers d'action

- Résultats

Les effets de l'implantation de culture intermédiaire sont différents en fonction de l'espèce choisie. La moutarde permet une plus forte réduction de l'impact eutrophisation mais induit une augmentation de la consommation d'énergie primaire, pour son implantation et sa destruction. En revanche, l'implantation de l'association moutarde + féverole permet de réduire la dose d'azote minéral sur le maïs fourrage, ce qui permet de compenser les impacts liés aux interventions supplémentaires. Au global, elle permet de réduire les impacts réchauffement climatique et eutrophisation et induit des résultats proches de la référence pour les deux autres indicateurs.

La comparaison entre les scénarios fertilisation organique + minérale et entièrement minérale met en évidence des résultats contrastés selon les indicateurs. Pour le scénario de référence, les plus faibles émissions de GES liées à la production des engrais azotés sont compensées par un apport d'azote plus important, induisant une plus forte émission de N₂O. Cependant, le plus faible recours aux engrais minéraux azotés se traduit par une consommation d'énergie primaire plus faible. D'autre

part, les émissions de NH₃ sont plus importantes pour le scénario lisier, induisant un plus fort impact acidification et contribuant également à un plus fort impact eutrophisation.

Scénario		Fertilisation	Réchauff. climatique	Energie primaire	Acidification	Eutrophisation eaux douces	Eutrophisation marine
Référence	MF	Lisier bovin : 17 m3 AN : 67 unités	2 210 kg éq CO2/ha	10 040 MJ/ha	44 kg éq SO ₂ /ha	0.94 kg P éq/ha	56 kg éq/ha
	BT	AN : 127 unités					
CIPAN	moutarde	Idem référence	2%	10%	1%	+1%	-17%
	moutarde + féverole	MF	-7%	2%	-2%	-1%	-8%
		BT					
Fertilisation minérale	MF	AN : 127 unités TSP : 40 unités KCl : 129 unités	1%	19%	-65%	+36%	-12%
	BT	AN : 127 unités					

Tableau 6 : Résultats ACV des simulations leviers d'action sur le cas type Pays de Loire

- Conclusion

Cette étude a permis de fournir des références pour deux leviers d'action sur un cas type.

Elle présente toutefois certaines limites liées en particulier à l'utilisation de modèles d'émissions de N₂O et de NH₃ n'intégrant pas des paramètres tels que le contexte pédoclimatique, les techniques d'épandage ou encore la forme de l'engrais pour le modèle N₂O. Un modèle plus fin, tel que Syst'N, permettrait de préciser les gains attendus pour chaque levier. Par ailleurs, l'absence de références récentes sur l'impact de la production des engrais et la question d'allocation des engrais de ferme entre les ateliers élevage et culture sont également des freins à une comparaison fiable entre les différentes formes d'engrais. Enfin, le stockage de carbone dans les sols n'a pas été pris en compte. Or, l'étude Pellerin et al, 2012 considère un stockage de carbone lié à l'implantation de culture intermédiaire compris entre 480 et 1 265 kg éq CO₂/ha et ainsi une réduction des émissions de 520 à 1 305 kg éq CO₂/ha.

VI. Conclusion

L'évaluation des impacts liés à la fertilisation des cultures par la méthode ACV pose actuellement de multiples questions que ce soit en termes de collecte de données, de modélisation des émissions et d'allocations entre les différents produits d'une exploitation.

Différents outils sur les modèles d'émission et règles d'allocations sur la succession culturale ont été conçus pour aider les praticiens de l'ACV. L'action exploratoire n'a pas toujours permis d'aboutir à des recommandations mais ces outils permettent d'évaluer les avantages et limites des différentes options identifiées et ainsi aider aux choix méthodologiques puis à l'interprétation des résultats.

Des voies d'amélioration ont été identifiées.

La prise en compte de l'impact lié à la production des engrais est perfectible : les bases de données proposent actuellement des références obsolètes pour les engrais minéraux et peu de références pour les engrais organiques ; la prise en compte de la production des engrais de ferme pose la question de l'allocation entre les ateliers élevage et culture. Or, ce poste contribue fortement à certains impacts (cf Figure 1).

En termes de modélisation des émissions, peu d'outils sont disponibles pour estimer les pertes de phosphore. Pour les pertes d'azote, il s'agit ou de modèles conçus pour les inventaires nationaux, prenant peu en compte les leviers d'action, ou de modèles « biophysiques » utilisés à l'échelle de la parcelle. Des modèles simplifiés, ne retenant uniquement les variables les plus impactantes, permettraient une application à l'échelle du territoire compatible avec les contraintes de collecte. Par ailleurs, certains impacts de la fertilisation sont peu ou mal pris en compte. C'est le cas des impacts écotoxicité et toxicité liés aux apports d'ETM dans le sol, du fait de l'absence de modèle d'émissions et des incertitudes inhérentes aux modèles de caractérisation, ou encore des impacts sur la qualité des sols (Garrigues et al, 2012).

Livrables de l'action

- [1] 22 fiches de synthèse sur les modèles d'émission : « Fiches sur les modèles d'émission » ;
- [2] 4 documents synthétiques sur l'étude des allocations : « Fiches sur les allocations » ;
- [3] Rapport : « Simulations de leviers d'action permettant la réduction des impacts de la fertilisation sur l'environnement » ;
- [4] Rapport : « Etude de sensibilité relative aux émissions azotées générées par l'apport d'engrais organiques au champ selon différents facteurs : types de répartition du produit sur la parcelle, sites, couples machine-produits et modèles d'émission choisis » (Etude A)
- [5] Rapport : « Evaluation de la variabilité de la répartition et du dosage au cours de chantiers d'épandage en fonction de facteurs influant sur ces derniers » (Etude B)
- [6] Synthèse de l'action exploratoire CASDAR « ACV et fertilisation » : « L'Analyse de Cycle de Vie appliquée au secteur agricole - Adaptation et mise en œuvre de la méthodologie ACV au regard du poste fertilisation »

Bibliographie

Garrigues E, Corson M, Angers D, Van der Werf H, Walter C - Soil quality in Life Cycle Assessment: Towards development of an indicator. *Ecological Indicators* 18 (2012) 434–442

Pellerin S. et al., 2013. Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques. Synthèse du rapport d'étude, INRA (France), 92 p. <http://www6.paris.inra.fr/depe/Publications/Rapports-et-syntheses>