

2.3.

Allocation des impacts environnementaux à un produit ou à une activité agricole



Rédacteurs : Armelle Gac (Idele), Aurélie Tailleur (ARVALIS – Institut du végétal), Sylvie Dauquet (Terres Inovia)

Cette fiche a pour objectif de poser les principes de l’allocation des impacts entre coproduits d’un même système de production et d’en présenter les grands enjeux et les avancées méthodologiques.

Contenu

1.	Introduction : Pourquoi allouer ? Comment allouer ?	2
2.	Eléments de cadrage méthodologique	3
2.1.	Produit, co-produit, sous-produit ou déchets ?	3
2.2.	Définition des différentes méthodes d’allocation des impacts	4
2.3.	Spécifications des cadres conceptuels ISO et ILCD pour le choix d’une règle d’allocation.....	6
3.	Allouer les impacts aux différentes étapes au sein d’un système agricole.....	8
3.1.	Poser les frontières entre activités du système : le cas de la gestion des effluents d’élevage	8
3.2.	Allocation des impacts à l’échelle de la succession culturale	9
3.3.	Allocation à une culture des impacts de l’inter-culture	14
3.4.	Allocation aux co-produits des impacts des pratiques agricoles. Cas de l’allocation grains-pailles	16
3.5.	Allocation des impacts entre l’huile et le tourteau	17
3.6.	Allocation des impacts entre les différents produits issus des élevages	19
4.	Références bibliographiques	23

1. Introduction : Pourquoi allouer ? Comment allouer ?

Un système de production agricole qu'il s'agisse d'une exploitation ou d'un atelier, concourt le plus souvent à la **production concomitante de plusieurs biens ou services**. En évaluation environnementale, il s'agit alors de répartir les intrants et impacts environnementaux du système entre les différents produits et coproduits que génère ce **système multifonctionnel**.

Plusieurs cas de figure peuvent se présenter en fonction de l'échelle analysée et des caractéristiques du système.

La gestion d'un atelier peut être très dépendante de la présence et de la conduite d'autres ateliers sur la même exploitation. Ainsi, l'assolement et notamment la part de cultures fourragères d'une exploitation mixte (élevage et grandes cultures) seront complètement liés aux caractéristiques et à la conduite des ateliers de productions animales. De même, il peut exister un grand nombre de **flux internes à l'exploitation**, avec des productions passant d'un atelier à l'autre. Pour prendre en compte les impacts liés à la production et à la gestion de ces produits (déjections, fourrages), et les répercuter sur les productions sortant de l'exploitation, il s'agit d'affecter les flux de matière et consommations de ressources, de manière spécifique à un atelier ou à une production donnée de l'exploitation. Cela est généralement possible lors de la collecte de données ou grâce aux dires de l'exploitant (telles surfaces sont dédiées aux cultures de vente, avec telles pratiques et tel usage d'intrants, tandis que les autres surfaces sont dédiées à l'alimentation du troupeau, etc.). Pour certains flux, en particulier l'énergie ou la consommation d'eau, cela est plus difficile s'il n'y a pas de compteurs séparés. Des méthodes existent pour palier à cela, en proposant des clés de répartition, basées sur des consommations théoriques (voir Fiche 4.3.2).

Dans d'autres cas, au sein d'un même atelier, **deux productions sont concomitantes**. Par exemple, pour un atelier laitier, la production de lait et les ventes de veaux et de vaches de réformes sont totalement liées. On fait alors appel à une règle d'allocation des impacts et consommations de ressources entre ces coproduits.

Souvent, le degré **d'interdépendance des productions et des activités** agricoles entre elles conduit à les considérer comme des coproduits d'un même système, d'où le besoin d'allouer les impacts entre ces sortants. Ainsi, la production de grandes cultures s'organise généralement autour d'une succession culturale au sein de laquelle la conduite de chaque culture influence plus ou moins la conduite des autres. Ce degré d'interdépendance est bien sûr variable selon la taille, les contraintes propres et l'orientation technico-économique de l'exploitation.

Le Tableau 1 liste les différentes situations où une allocation peut être nécessaire lors de la réalisation de bilans environnementaux d'activités agricoles (périmètre pris en compte ici : avant-première transformation, sauf pour certains aliments pour l'élevage). Certaines d'entre elles sont approfondies dans cette fiche, en détaillant les différentes options mises en œuvre dans des études antérieures.

La répartition des impacts entre les produits d'un même système n'est pas simple et il est difficile d'aboutir à un consensus qui satisfasse les intérêts de toutes les filières. L'allocation est une question

méthodologique majeure dans les évaluations environnementales ; c'est aussi une question qui a une portée stratégique et politique car selon les choix, elle peut fortement influencer les résultats d'impacts pour un produit donné. Pour aller plus loin, les travaux de Espagnol et al. (2017) se sont intéressés aux raisons des dissensus entre acteurs du secteur de la viande dans le choix d'une règle d'allocation et se sont posé la question des motivations et raisons de leurs préférences.

La présente fiche ne prétend pas faire de propositions opérationnelles mais repose les éléments de cadrage méthodologique et met l'accent sur les derniers travaux réalisés en France sur le sujet, en mettant en évidence les choix faits dans des travaux structurants tels qu'Agribalyse.

Tableau 1 : Situations dans lesquelles une allocation des impacts aux coproduits agricoles est nécessaire

	Production	Situation	Chapitre disponible
Exploitation, région	Toutes	Interaction entre différents ateliers	Gestion des déjections Allocation d'impacts de l'atelier productions végétales à l'atelier de production animale Allocation de flux estimés à l'échelle d'une exploitation entre différents ateliers
Productions végétales	Grandes cultures	Cultures d'une même succession culturale	X
		Impacts de l'interculture	X
		Grain / paille	X
	Vignes et arboriculture	Valorisation de biomasse	
	Intrants aliments élevage	Huile / tourteau	X
Productions animales	Production laitière	Lait / viande	x
	Poule pondeuse	Œufs / viande	x

2. Eléments de cadrage méthodologique

L'allocation est depuis longtemps un des points méthodologiques névralgiques des évaluations environnementales par Analyse de Cycle de Vie et ce, quel que soit son domaine d'application. En effet, de la méthode d'allocation choisie va dépendre la répartition des impacts entre le produit dit principal et ses coproduits et donc influencer grandement les résultats finaux. Bien que la norme ISO 14044 (2006) définisse une hiérarchie dans les choix des critères d'allocation, son utilisation et son interprétation sont encore vivement discutées. Dans ce chapitre, nous revenons sur le principe même de coproduit avant d'aborder les principales règles d'allocation existantes, en s'appuyant sur les principaux standards méthodologiques et recommandations existantes. Son contenu reprend les éléments développés par Espagnol et al. (2017).

2.1. Produit, co-produit, sous-produit ou déchets ?

Deux grands types de produits peuvent résulter d'un système de produits (ISO 14044, 2006) : le premier est le produit en tant que tel, qui peut être un service (transport), un outil informatique, un

produit matériel (pièce de voiture) ou encore une matière issue de processus (lubrifiant) ; le second est le ou les co-produit(s) issu(s) du processus industriel ; selon la norme, les intrants et les extrants doivent être attribués entre les produits et co-produits.

L'ADEME (2000) distingue le « co-produit » *sensu stricto* qui est intentionnel et inévitable, du sous-produit (encore appelé résidu) qui est non intentionnel et imprévisible. Ce dernier peut être vendu, en tant que tel ou être transformé préalablement. Une autre sortie créée par un système est le déchet qui dans certaines conditions, peut être transformé et devenir un co-produit. Généralement, le déchet est éliminé : son processus d'élimination peut fournir un bonus (création d'énergie), entrer dans une boucle (cas du recyclage) ou représenter uniquement un coût pour l'environnement (Gac et al., 2012). La gestion des déchets est intégrée dans le cycle de vie des produits et par convention aucun impact n'est habituellement attribué aux déchets (LEAP, 2014a). Les définitions de produits, sous-produits et déchets ont donc toute leur importance dans la mise en œuvre d'une règle d'allocation car elles créent une hiérarchie d'intérêt et d'utilité entre ces différents sortants du système.

L'ordonnance n°2010-1579 du 17 décembre 2010 donne des éléments de réponse pour la distinction entre sous-produit et déchet. Un sous-produit est « *Une substance ou un objet issu d'un processus de production dont le but premier n'est pas la production de cette substance ou cet objet* ». Il ne doit pas être considéré comme un déchet au sens de l'article L.541-1-1 si l'ensemble des conditions suivantes est rempli :

- 1- « *L'utilisation ultérieure de la substance ou de l'objet est certaine ;*
- 2- *La substance ou l'objet peut être utilisé directement sans traitement supplémentaire autre que les pratiques industrielles courantes ;*
- 3- *La substance ou l'objet est produit en faisant partie intégrante d'un processus de production ;*
- 4- *La substance ou l'objet répond à toutes les prescriptions relatives aux produits, à l'environnement et à la protection de la santé prévues pour l'utilisation ultérieure ;*
- 5- *La substance ou l'objet n'aura pas d'incidences globales nocives pour l'environnement ou la santé humaine. »*

Ces critères ont également été retenus dans le cadre du projet de base de données ACYVIA, pour classer les sous-produits animaux en coproduits ou déchets (Quantis et Agroscope, 2016).

2.2. Définition des différentes méthodes d'allocation des impacts

2.2.1. Comment éviter l'utilisation d'une règle d'allocation

- **Par subdivision des processus** : Un système est constitué de processus eux-mêmes constitués de sous-processus qui donnent des produits/co-produits. Si des sous-processus sont spécifiques à des produits/co-produits, alors on peut subdiviser les processus d'un système. On alloue ensuite les intrants et émissions soit aux produits mêmes, soit directement ou indirectement aux processus de production (ISO 14044, 2006 ; LEAP, 2014a). Cette subdivision s'effectue d'abord sur les produits/co-produits eux-mêmes. Si ce n'est pas possible, la subdivision s'effectue directement ou indirectement sur les processus de production. La subdivision nécessite une connaissance approfondie du système étudié.

- **Par expansion du système** : Ce procédé consiste à étendre le système pour y inclure les fonctions supplémentaires des produits et prendre en compte les impacts environnementaux évités par ces derniers, tout en tenant compte des frontières du système (European Commission, 2010 ; ILCD, 2010 ; ISO 14044, 2006). Cette expansion peut se faire par substitution soustractive. L'expansion du système repose sur un grand nombre d'hypothèses. Face à la complexité de sa mise en œuvre, de nombreux auteurs lui préfèrent *in fine* l'utilisation d'une règle d'allocation.

2.2.2. Utilisation d'une règle d'allocation

Si la mise en œuvre des deux procédés précédents n'est pas possible, il est alors nécessaire de choisir la règle d'allocation la plus appropriée afin d'attribuer des impacts aux produits du système considéré.

Les règles d'allocation existantes répondent à deux logiques différentes : la règle d'allocation biophysique se base sur les relations sous-jacentes entre les intrants et les sortants alors que les autres règles se basent sur les caractéristiques des sortants (Figure 1).

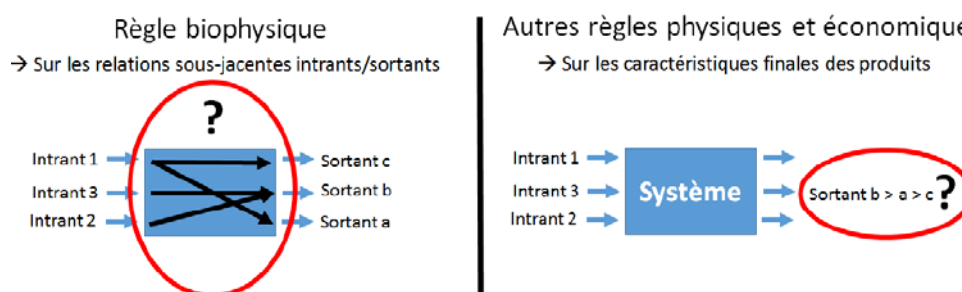


Figure 1 : Deux logiques de construction des règles d'allocation (source : Espagnol et al., 2017)

2.2.2.1. Affectations selon les relations sous-jacentes entre les intrants et les sortants

Aubin et al. (2019) précisent cette notion de relation sous-jacente. Quand l'ISO 14044 (2006) propose d'allouer d'une manière qui reflète les relations physiques sous-jacentes entre les produits/coproduits (voir ci-dessous), cela signifie en suivant la manière dont les intrants et extrants sont affectés par des changements quantitatifs dans les produits délivrés par le système considéré. Classiquement, cette phrase se traduit par des allocations sur des critères massique, énergétique ou protéique. Pourtant, Ponsioen et van der Werf (2017) considèrent que ces propriétés n'établissent pas réellement une relation sous-jacente entre les coproduits puisque tous les produits agricoles ont une masse, un contenu énergétique et protéique sans pour autant être tous reliés entre eux. Ces critères ne sont donc pas discriminants pour établir une relation entre coproduits. Les auteurs concluent qu'une méthode d'allocation physique ne doit donc pas être basée sur des propriétés physico-chimiques mais sur les **mécanismes physiques ou biologiques** reflétant leur origine commune. Ce type d'allocation est appelée biophysique.

L'allocation biophysique alloue des impacts entre produits au prorata de la quantité d'intrants/ressources nécessaires à leur création (Chen et al., 2016 ; IDF, 2010 ; Nguyen et al., 2013). Les intrants considérés peuvent être l'énergie ingérée pour couvrir les besoins énergétiques (kcal ou

MJ). Ainsi, elle rend compte des relations physiques sous-jacentes entre les coproduits et les intrants et extrants nécessaires à leur production.

2.2.2.2. Affectations selon les caractéristiques physiques des coproduits

Les allocations physiques se basent, comme l'indique l'appellation, sur des caractéristiques physiques entre les produits d'un système de produits (Gac et al., 2012 ; Nguyen et al., 2013). Plusieurs règles d'allocation existent :

- **Allocation massique** : Elle alloue des impacts entre produits au prorata de leur masse. Ce peut être la masse brute ou la quantité en matière sèche.
- **Allocation énergétique** : Elle alloue des impacts entre produits au prorata de leur contenu énergétique (kcal, MJ). Elle est essentiellement basée sur le pouvoir calorifique inférieur (PCI).
- **Allocation protéique** : Elle alloue des impacts entre produits au prorata de leur contenu protéique.
- **Allocation lipidique** : Elle alloue des impacts entre produits au prorata de leur contenu lipidique (matières grasses).
- **Allocation protéique et lipidique** : Elle alloue des impacts entre produits au prorata de leur contenu protéique et lipidique.
- **Allocation économique** : Elle alloue des impacts entre produits au prorata de leur valeur marchande. Dans la majorité des cas, on utilise des données économiques lissées sur plusieurs années, par exemple sur 5 ans, en considérant toutes les années, ou en excluant les deux années extrêmes (moyenne olympique). Cela permet ainsi de représenter tout de même la valeur d'un produit, et l'évolution de la valeur que le marché lui attribue, tout en s'affranchissant des fortes variations de prix.

2.3. Spécifications des cadres conceptuels ISO et ILCD pour le choix d'une règle d'allocation

2.3.1. Ce que dit la norme ISO 14044 (2006)

La norme d'application de la méthode d'Analyse de Cycle de Vie (ISO 14040 à 14044) indique que les règles d'allocation doivent respecter « *les relations et les caractéristiques fondamentales* » des intrants et des sortants. Elles doivent également être « *uniformément appliquées* » entre intrants et sortants similaires du système étudié. En outre, « *chaque fois que plusieurs règles d'affectation semblent applicables, une analyse de sensibilité doit être réalisée pour montrer les conséquences de la non-utilisation de la méthode sélectionnée.* »

Cette norme énonce ensuite 3 étapes dans le choix des règles d'allocation, la première étape consistant à tenter d'éviter cette affectation :

« **Étape 1** : Il convient que l'affectation soit évitée autant que possible en :

1) divisant le processus élémentaire à affecter en deux sous-processus ou plus et en recueillant les données d'intrants et d'extrants rattachées à ces sous-processus,

2) étendant le système de produits pour y inclure les fonctions supplémentaires des co-produits, en tenant compte des frontières du système.

Étape 2 : Lorsque l'affectation est inévitable, il convient que les intrants et les extrants du système soient répartis entre ses différents produits ou fonctions d'une manière qui reflète les relations physiques sous-jacentes existant entre eux ; c'est-à-dire qu'il convient que ces relations physiques illustrent la manière dont les intrants et les extrants évoluent avec les modifications quantitatives des produits ou des fonctions que le système fournit.

Étape 3 : Lorsqu'une relation physique seule ne peut pas être établie ou utilisée comme base de l'affectation, il convient que les intrants soient affectés entre les produits et les fonctions d'une manière qui reflète d'autres relations mutuelles. Par exemple, des données d'intrants et d'extrants pourraient être affectées entre co-produits proportionnellement à la valeur économique des produits. »

2.3.2. Ce que dit l'ILCD (2010)

L'ILCD (2010) détaille les 3 étapes de l'ISO 14044 (2006) en commençant par décliner la subdivision en différentes catégories :

- Subdivision totale : Est-il possible de connaître tous les processus qui permettent l'élaboration de chaque produit ?
- Subdivision partielle : Est-il possible de connaître les processus majeurs d'un système ?
- Subdivision virtuelle (totale ou partielle) : Réaliser la subdivision via la compréhension que l'on a du système de produits étudié sinon, réaliser l'expansion du système.

Lorsque l'allocation est inévitable, celle-ci doit présenter des résultats d'inventaire similaires à la subdivision. Si ce n'est pas le cas, un appui bibliographique ainsi que la prise en compte de cette différence dans l'analyse de sensibilité doivent être utilisés comme justification de la méthode utilisée.

La première règle d'allocation utilisée est celle qui se base sur des critères physiques. Celle-ci peut être **appliquée aux biens comme aux services**. Ainsi, il est possible d'allouer via des critères physiques des biens intrants à des co-services, des biens intrants à des biens co-produits (basé sur la fonction des biens co-produits) et des services intrants à des biens co-produits. L'ILCD (2010) reconnaît deux catégories de services intrants : ceux réalisés en parallèle qui permettent l'obtention de co-produits en même temps et ceux réalisés en série, c'est-à-dire effectués les uns après les autres pour élaborer un produit. Pour le cas où les services sont effectués en parallèle, l'allocation est réalisée en combinant la durée du service avec les relations physiques sous-jacentes des biens co-produits. Lorsque les services sont en série, deux cas de figure existent. Si l'importance du service est stable dans le temps, l'allocation est basée soit sur la durée du service, soit sur les critères physiques des biens co-produits. Si l'importance du service fluctue dans le temps ou si les produits élaborés ont des caractéristiques différentes, l'allocation économique doit être appliquée.

Selon l'ILCD (2010), l'allocation économique peut également être déclinée en deux cas. Le premier, devant être choisi préférentiellement, se réfère à la situation où les produits sont prêts à être utilisés

et ont plusieurs fonctions différentes et peu de fonctions communes. Le principe Quality Function Deployment (QFD) est alors utilisé. Celui-ci, basé sur les besoins des consommateurs, permet d'attribuer des fonctions majeures aux biens et aux services et par conséquent, de les différencier. Le 2^{ème} cas est la situation où les produits sortent du système de produits sans subir de transformation. L'allocation se base alors sur le prix du marché qui est la combinaison du prix de production du produit et du prix de sa transformation, transport, emballages futurs.

3. Allouer les impacts aux différentes étapes au sein d'un système agricole

3.1. Poser les frontières entre activités du système : le cas de la gestion des effluents d'élevage

Bien définir et poser les frontières entre les activités et ateliers d'un même système de production agricole permet souvent de résoudre des questions d'allocation, en définissant des sous-systèmes. Toutefois, dans cette définition des limites du système, des questions spécifiques se posent.

Le problème de l'allocation des émissions lors de la gestion des déjections est le suivant : doit-on imputer ces émissions à l'atelier animal qui produit la déjection, à l'atelier cultures qui l'utilise en tant que fertilisant ou la répartir entre les deux ? Pour bien comprendre cette question, la Figure 2 présente les différentes étapes (numérotées de 1 à 4) lors de la gestion des déjections animales.

Figure 2 : Etapes de la gestion des déjections

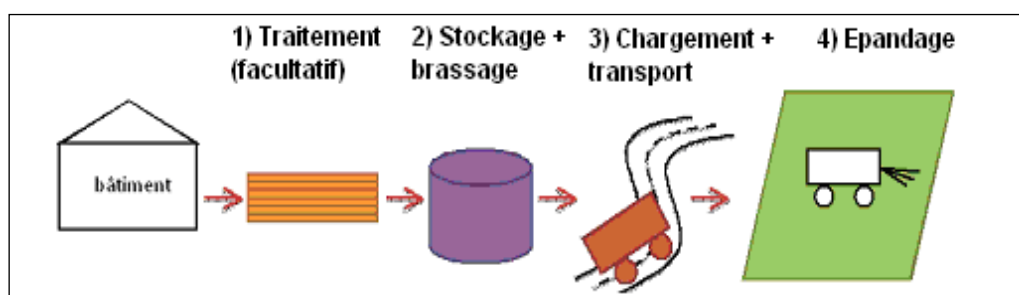


Tableau 2 : Allocation des émissions de gaz à effet de serre pour les déjections entre atelier végétal /animal

	OPTION A	OPTION B
Atelier animal	1 + 2	1 + 2+ 3
Atelier végétal	3 + 4	4

La proposition suivante a été formulée dans le cadre de la 1^{ère} version de GESTIM (Gac et al., 2010) et reprise par AGRIBALYSE (Koch et Salou, 2016) :

- l'option A se base sur le cas où le céréalier est demandeur de déjections animales. Dans ce cas, les émissions liées au traitement éventuel (abattement de l'azote, compostage ou méthanisation), au stockage et au brassage des déjections sont attribuées à l'atelier animal et les

émissions liées au chargement, transport et épandage à l'atelier végétal qui va bénéficier de ces déjections.

- l'option B se base sur le cas où l'éleveur doit gérer et exporter ses déjections. Dans ce cas l'atelier animal se verra attribuer les émissions liées au traitement, au stockage, au brassage, au chargement et au transport et l'atelier végétal les émissions liées à l'épandage.

Il est également possible, en tant qu'indicateur complémentaire, de calculer un indicateur « économie d'engrais » apporté afin de faire mentionner que les déjections exportées ont une certaine valeur agronomique et énergétique. Cette économie d'engrais serait calculée sur la base de la composition de l'engrais organique et le facteur de disponibilité de l'azote dans cet engrais.

3.2. Allocation des impacts à l'échelle de la succession culturale

3.2.1. Approche globale

Dans une majorité d'étude, dont Agribalyse (Koch & Salou, 2016), les limites temporelles considérées pour les cultures annuelles sont de récolte à récolte. L'inventaire d'une culture commence à la récolte de la culture précédente ou à la récolte de la culture intermédiaire précédente si celle-ci est valorisée économiquement. C'est-à-dire que, globalement, les impacts de l'ensemble des interventions ayant lieu entre la récolte du précédent et la récolte de la culture étudiée sont attribués à la culture étudiée.

Cependant, bien qu'une partie des pratiques culturales soit directement liée à une culture spécifique, bon nombre se raisonnent à l'échelle de la succession culturale comme par exemple les fumures de fond, les apports de matière organique, les décompactages ou la destruction des adventices vivaces. Pour exprimer les impacts des pratiques, culture par culture, il peut donc être nécessaire de définir une méthode d'allocation de ces impacts par culture. Dans tous les cas, il est essentiel de présenter la succession dans laquelle se trouve la culture étudiée.

Afin de définir, pour chaque pratique, s'il est nécessaire de procéder à une allocation, il est utile de se demander si la pratique est conditionnée par et/ou profite à une seule ou plusieurs cultures. Si l'existence d'une pratique est conditionnée par une seule culture, les impacts de cette pratique peuvent être directement attribués à celle-ci, même si les cultures suivantes en bénéficient. En revanche, l'allocation des impacts d'une pratique à plusieurs cultures doit passer par une analyse plus précise de la fonction de cette pratique.

De façon générale, lorsqu'il est possible de quantifier le bénéfice d'une intervention pour chaque culture de la succession, l'impact de cette intervention peut être affecté au prorata de ce bénéfice : c'est le cas par exemple d'un apport d'engrais phosphaté ou d'un engrais potassique.

Différentes possibilités peuvent être mises en œuvre :

- répartir les impacts annuellement sur une durée correspondant à la fréquence de cette intervention et à part égale sur toute la surface utilisée (Van Zeijts et al., 1999 ; Audsley, 2003).
- allouer les effets à long terme du système de culture sur la base d'un critère générique, tel que le critère d' « unité céréalière » (indice de contenu en énergie métabolisable par comparaison à celui

de l'orge), la biomasse produite, le contenu énergétique ou un indicateur économique (Goglio et al, 2017).

3.2.2. Les émissions directes (autres que nitrates) et indirectes induites par la fertilisation

Se pose le problème des interventions qui ont plusieurs fonctions et notamment les apports d'engrais binaires ou ternaires et l'épandage d'effluents organiques qui apportent de l'azote minéral (affectation aux cultures de la succession en fonction de la dynamique de dégradation annuelle), des éléments P_2O_5 et K_2O (affectation au prorata du bénéfice pour chaque culture de la succession) et de la matière organique qui améliore globalement la qualité physique, chimique et biologique du sol (affectation à part égale sur les cultures suivantes).

Afin de considérer au moins l'ensemble des fonctions nutritives des apports d'effluents organiques et d'engrais composés, binaires ou ternaires, nous proposons :

- De décomposer l'impact de l'intervention pour isoler les parts que l'on sait attribuer à chaque élément nutritif contenu. Dans le cas des engrais ternaires ou binaires, les impacts des phases industrielles et de la dénitrification sont facilement affectables à chaque élément. De même, lors de l'épandage d'un effluent organique, la dénitrification peut être directement affectée à l'élément azote. Les impacts du passage de l'épandeur peuvent être répartis entre les éléments à hauteur de leur présence dans l'engrais.

- De procéder à l'affectation de chaque part d'impact lié à un des éléments nutritifs en suivant les règles prévues pour l'élément en question :

- l'azote minéral bénéficie directement à la culture en place
- l'azote présent dans un amendement organique bénéficie aux cultures de la rotation en fonction de la dynamique de dégradation annuelle de l'amendement apporté
- les éléments P_2O_5 et K_2O d'origine minérale comme organique (efficacité du phosphore et potassium organique proche de celle des engrais minéraux) bénéficient aux cultures de la rotation soit au prorata de leurs besoins respectifs en ces 2 éléments, soit en tenant compte des besoins mais également des exigences des cultures (Wilfart et al , 2017, cf détails ci-dessous)

Détail de la méthode d'allocation des apports phosphatés et potassiques selon Wilfart et al, 2017 :

Les apports phosphatés et potassiques ne sont pas directement corrélés aux besoins des cultures mais tiennent compte d'autres paramètres dont notamment l'exigence des cultures (une culture exigeante peut ainsi recevoir des apports supérieurs à ses besoins, l'excédent bénéficiant aux cultures suivantes) et les réserves en P_2O_5 du sol. Cette méthode d'allocation a pour objectif d'intégrer ces deux paramètres afin de mieux tenir compte du poids des différentes cultures dans la détermination des doses d'engrais apportées. Il s'agit dans un premier temps de comparer sur l'ensemble de la rotation les apports totaux et les exportations totales, et d'appliquer l'une des deux règles suivantes en fonction du résultat obtenu :

-Si les apports sont inférieurs aux exportations : on fait alors l'hypothèse que cela correspond aux situations où le sol est riche en P_2O_5 et que l'exigence des cultures est déjà pourvue. On ne prend alors pas en compte la notion d'exigence et alloue les apports au prorata des exportations.

-Si les apports sont supérieurs aux exportations : on réalloue l'excédent des apports en fonction des exportations de chacune des cultures multipliées par un facteur d'exigence des cultures, estimé sur la base des coefficients proposés par les grilles COMIFER pour estimer les apports des cultures (COMIFER, 2009).

3.2.3. Cas particulier : les émissions de nitrates

L'estimation des pertes de nitrate est nécessaire pour estimer les émissions « indirectes » de N_2O , selon la méthode GIEC tier 1, 2006 (voir Fiche 4.1.3). Or, il est difficile d'attribuer une quantité de NO_3^- lixiviée à une culture donnée. En effet, ces pertes sont fonction d'apports réalisés sur chacune des cultures mais également du mode de gestion de l'interculture et des résidus, de la capacité d'absorption des cultures mais également de la minéralisation des produits résiduaux organiques et de l'humus stable. Différentes règles d'allocation ont été étudiées par Wilfart et al 2017.

Deux d'entre elles ont finalement été retenues :

- Allocation de l'ensemble des pertes estimées sur l'ensemble de la rotation également entre les différentes cultures puisque ce sont les pratiques à l'échelle de la rotation qui déterminent ce flux et qu'aucune règle simple d'attribution n'a pu être identifiée.

- Allocation des pertes estimées sur la période de drainage qui suit la récolte de la culture étudiée. Cette méthode a été retenue dans le cadre d'Agribalyse car elle permet de limiter la collecte de données nécessaire, par comparaison à la méthode précédente. Bien que l'azote sous forme nitrate ($N-NO_3^-$) généré par un apport d'engrais n'est en général pas lixivié sur une période déterminée, il est courant en ACV de raisonner par période pour allouer la lixiviation entre les cultures. C'est au cours de l'interculture, laps de temps entre deux cultures principales, que se manifestent les risques les plus élevés de fuite de nitrate dans l'eau.

En effet, au cours de cette période se cumulent plusieurs processus :

- d'accumulation d'azote : reliquat d'azote à la récolte de la culture 1 (Figure 3) minéralisation depuis la récolte, éventuels apports d'effluents organiques en vue de l'implantation de la culture 2 ;
- de transfert d'azote : absence de couverts susceptibles d'utiliser l'azote présent, excédent pluviométrique contribuant à l'infiltration (COMIFER, 2001).



Figure 3 : Variables influençant les quantités de nitrate lixivié sous la culture et la période de drainage suivant sa récolte
Proposition de règles d'allocation à l'échelle de la succession culturale

Le Tableau 3 : propose des règles d'allocation pour les principales interventions réalisées à l'échelle de la succession culturale. La liste d'opérations n'est pas exhaustive. Ces méthodes sont proposées mais non obligatoires. Elles ont pour but d'aiguiller l'utilisateur et peuvent être améliorées ou remplacées par d'autres plus pertinentes qui devront être justifiées.

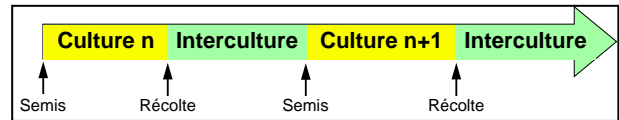
Les données d'activité (voir Fiche 4.3.6) qui sont nécessaires sont : besoin des cultures (cf. coefficients d'exportation à appliqués au rendement proposés par le COMIFER, 2009) ; données sur les cinétiques de minéralisation (Bouthier et al, 2009).

Tableau 3 : Interventions réalisées à l'échelle de la succession culturale et règles d'allocations proposées (quand différentes options possibles, règles retenues par Agribalyse en gras souligné)

Interventions	Objectifs poursuivis	Règles d'allocations proposées	Remarques
Apport d'engrais phosphaté et potassique	- Nutrition minérale de la culture voire des cultures suivantes	- Si apports annuels : 100% à la culture en place, - Si apports P et K bloqués sur une des cultures de la rotation, chaque part d'impact attribuée à un des deux éléments est affectée aux cultures en fonction de différentes règles : o au prorata des besoins des cultures de la rotation o au prorata des besoins et des exigences des cultures de la rotation (Wilfart et al, 2017)	Connaissance nécessaire : -des apports effectués sur toute la rotation -des besoins et exigences des cultures
Apport d'engrais NPK	- Nutrition minérale de la culture voire des cultures suivantes	- Si apports annuels : 100% à la culture en place - Si apports N, P et K bloqués sur une des cultures : o la part d'impact liée au N est imputée à la culture en place, o les parts d'impact liées au P et au K sont affectées selon les règles définies ci-dessus	Connaissance nécessaire : -des apports effectués sur toute la rotation -des besoins des cultures
Apport d'effluents organiques (fumiers, boues, vinasses...)	- Nutrition minérale de la culture et des cultures suivantes - Amélioration statut organique du sol	Méthode 1 (complète) : Affectation des impacts de l'intervention aux différents éléments nutritifs apportés selon les coefficients d'équivalence engrais. Les impacts liés à l'élément N sont affectés aux cultures en fonction de la dynamique de dégradation annuelle de l'amendement apporté. Les impacts liés au P et au K sont affectés selon les règles définies ci-dessus	Connaissance nécessaire : -de la fréquence des apports, -des coefficients d'équivalence engrais -des besoins des cultures en P et K
		Méthode 2 (simplifiée, si méthode 1 non réalisable) : Affectation à part égale sur les cultures se succédant entre deux apports	Connaissance de la fréquence des apports
Apports d'amendements basiques (chaux, Mg)	- Augmentation du pH permettant de lever certains facteurs limitants (phytotoxicité liée à l'Al, au Mn, réduction alimentation minérale...) - Amélioration de la stabilité structurale	Affectation à part égale sur les cultures se succédant entre deux apports	Connaissance de la fréquence des apports
Décompactage, sous-solage	- Amélioration de la structure du sol	Affectation à part égale sur les cultures se succédant entre deux décompactages ou sous-solages	Connaissance de la fréquence des décompactages
Lutte chimique contre les adventices vivaces	- Destruction des vivaces dans la rotation	Affectation à part égale sur les cultures se succédant entre deux interventions (si annuelles : affectation 100% sur culture en place)	Connaissance de la fréquence des interventions

3.3. Allocation à une culture des impacts de l'inter-culture

L'inter-culture se définit comme la période qui s'écoule entre deux cultures principales. Elle débute lors de la récolte de l'une et termine lors de l'implantation de l'autre.



Différentes interventions culturales ont lieu lors de l'inter-culture, la difficulté réside en l'affectation des impacts de chacune de ces interventions à la culture suivante ou précédente. La méthode proposée est la suivante :

- Lister précisément, pour chaque succession de culture, les interventions qui sont réalisées pendant l'inter-culture, entre la récolte du précédent, la culture n, (le broyage et le ramassage éventuels des résidus sont affectés à la culture n) et l'implantation de la culture n+1 suivante.
- Pour chaque intervention, calculer les impacts globaux.
- Pour chaque intervention, établir les objectifs poursuivis et décider d'une règle d'affectation aux cultures précédentes ou suivantes tenant compte de ces objectifs. Les impacts globaux calculés seront alors répartis entre les cultures n et n+1 (voire au-delà) selon cette règle.

Une précision doit être apportée concernant le cas des cultures dérobées de légumineuses pures ou en mélange. La culture de légumineuses pures en dérobé permet de fixer l'azote de l'air. Cet azote est ensuite restitué aux cultures suivantes et peut permettre de diminuer la fertilisation minérale de ces cultures. La minéralisation de ces légumineuses après destruction et enfouissement est rapide. L'azote libéré est dans sa quasi-totalité disponible pour la culture suivante. La règle d'allocation est donc d'affecter la totalité de l'azote fixé à la culture suivante.

Concernant les légumineuses utilisées en association avec d'autres espèces non fixatrices de l'azote de l'air, la règle d'allocation est la même que celle relative aux légumineuses pures. La totalité de l'azote fixé est affectée à la culture suivante. Les résultats expérimentaux indiquent que le risque de lessivage de nitrate est diminué par rapport au sol nu et comparable à celui résultant de la mise en place d'une culture intermédiaire piège à nitrate.

Le Tableau 4 propose quelques règles d'allocation pour les cas les plus courants d'interventions en inter-culture. La liste n'est pas exhaustive, de plus, il s'agit de propositions, **toute autre méthode peut être utilisée dès lors qu'elle est justifiée.**

La règle d'allocation dans la méthodologie **Agribalyse**, concernant la culture intermédiaire précédant la culture inventoriée, est qu'elle est incluse dans le système considéré lorsqu'elle n'est pas valorisée économiquement. Ainsi, les intrants et opérations propres à la culture intermédiaire (semences, opérations de semis, entretien, broyage...) sont alloués à la culture suivante. Lorsque la culture intermédiaire est récoltée ou a une fonction économique, elle est considérée en tant que telle, et non comme une culture intermédiaire.

Tableau 4 : Interventions réalisées pendant l'inter-culture et règles d'allocations proposées (quand différentes options possibles, règles retenues par Agribalyse en gras souligné)

Interventions	Objectifs principaux	Règles d'allocations proposées	Remarques
1 ^{er} déchaumage	- Mélange des résidus, - Destruction repousses - Préparation éventuelle du sol pour semis culture intermédiaire	Affectation à la culture précédente	
1 ^{er} déchaumage	- Destruction des adventices - Maintien de l'humidité du sol (lit de semence favorable à la levée de la culture suivante)	Affectation à la culture suivante	
Autres déchaumages	- Mélange des résidus - Destruction adventices et repousses - Préparation du sol	Affectation à la culture suivante	
Travail profond (labour, chisel)	- Enfouissement des résidus, adventices et repousses - Amélioration de la structure	Affectation à la culture suivante	
Reprises derrière travail profond (herse, rouleaux...)	- Préparation du lit de semence (affinement, nivellement)	Affectation à la culture suivante	
Semis et entretien d'une Culture Intermédiaire Piège A Nitrate (CIPAN)	- Lutte contre les risques de fuite de nitrates pendant l'inter-culture	- Estimation de la quantité d'azote susceptible de lessiver et affectation de chacun des postes aux cultures précédentes ou suivantes : - Reliquat post-récolte (culture précédente) - Minéralisation d'automne (culture suivante) - Apports d'engrais organiques (cultures suivantes) - Affectation des impacts de l'implantation au prorata de la participation des cultures précédentes et suivantes au lessivage potentiel - Allocation des intrants de la culture intermédiaire (semences, opérations agricoles) à la culture suivante	Aspects pris en compte : - Effet culture précédente qui laisse +/- de reliquats - Longueur de l'inter-culture
Semis et entretien d'une Culture Intermédiaire sans objectif de piège à nitrate	- Très divers (diversité des cultures de la succession, lutte contre l'érosion...)	- Affectation à part égale sur les cultures suivantes - Allocation des intrants de la culture intermédiaire (semences, opérations agricoles) à la culture suivante	Voir interventions à l'échelle de la succession, dans le cas d'une amélioration globale du système de production
Implantation d'une culture dérobée (légumineuse seule ou mélange)	- Fixation d'azote de l'air	Affectation à la culture suivante	Voir ci-dessous
Lutte chimique contre les adventices annuelles et les repousses	- Destruction chimique des adventices annuelles ou repousses	Affectation de la première intervention à la culture précédente si elle intervient dans un délai de 1 mois après la récolte, autres interventions affectées à la culture suivante.	Règle d'allocation sur le même schéma que les déchaumages

3.4. Allocation aux co-produits des impacts des pratiques agricoles. Cas de l'allocation grains-pailles

Il existe plusieurs méthodes pour estimer les impacts respectifs du grain et de la paille : soit en utilisant une clé de répartition des impacts des pratiques culturales entre grain et paille, soit en élargissant le système étudié à la valorisation de la paille. Avant de procéder à l'une de ces possibilités, il est nécessaire de préciser que l'allocation des impacts de la culture entre grain et paille n'est nécessaire que pour les pailles exportées. La paille restituée au sol n'est pas considérée comme sortant du système étudié (Azapagic and Clift, 1995). Le Tableau 5 présente les principales méthodes d'allocation des impacts entre grain et paille : toute autre méthode peut être utilisée si elle est justifiée.

Tableau 5 : Proposition de règles d'affectation des impacts au grain et à la paille (rdt= rendement) (quand différentes options possibles, règles retenues par Agribalyse en gras souligné)

Méthodes possibles	Application dans le cas de la paille de céréales	Intérêts / limites	Données nécessaires
Pro rata sur caractéristiques physiques	Répartition des impacts de la culture au prorata du tonnage produit, de la MS produite, de la teneur en protéines, du contenu en énergie potentielle (PCI, combustion) ou du contenu en énergie brute (PCS, alimentation animale)	Le grain et la paille n'ayant généralement pas le même usage, il est difficile de décider au prorata de quelle caractéristique réaliser cette allocation (exception : si valorisation énergétique pour grain comme paille). A défaut, c'est l'allocation au prorata du tonnage produit qui est choisi dans ce type d'allocation.	Teneur en MS grain = 85% Teneur en MS paille = 85% Rdt paille ≈ 50% rdt grain PCI grain céréale humide = 14,5 MJ/kg PCI paille = 14 MJ/kg PCI cannes/rafles maïs = 15 MJ/kg
<u>Prorata sur caractéristiques économiques</u>	Répartition des impacts au prorata de la valeur économique de la paille et du grain.	La valeur économique du grain comme de la paille n'est pas celle des produits sortie champ mais celle du grain stocké, nettoyé et éventuellement séché et celle de la paille bottelée.	Prix grain Prix paille
Substitution par le co-produit d'un produit extérieur au système	Affectation de la totalité des impacts de la culture au grain moins l'impact évité par la valorisation énergétique de paille dans un procédé industriel en substitution d'un produit énergétique : ex. cogénération	Cette méthode nécessite de connaître la voie de valorisation de la paille pour connaître le produit qui est substitué et définir l'impact évité par l'utilisation de paille	Impact du kWh à partir de ressources fossiles, Impact du kWh à partir de biomasse paille
Substitution par l'approche marginale (sur la base de la proposition de Audsley et al. (2003))	Comparaison au système étudié d'un système où la totalité des pailles serait restituée au sol. Sont chiffrées toutes les variations de flux (puis d'impact) entre le premier et le deuxième système. Les impacts du système 'pailles enfouies' sont attribués en totalité au grain. La différence d'impact avec le système 'pailles exportées' est attribuée à la paille.	Cette méthode traduit assez bien la réalité. Elle n'est toutefois valable que s'il existe une alternative à comparer au système étudié. Elle nécessite d'ailleurs de l'expertise pour décrire le système étudié et le système 'alternatif', notamment les postes qui varient.	Passer du système 'pailles enfouies' au système 'pailles exportées', peut se traduire par un apport complémentaire de P et/ou de K. Attention, en fonction de la richesse du sol l'export de paille n'implique pas toujours la même augmentation de fertilisation. Bien que l'enfouissement de paille enrichisse le sol en MO stable, à court terme cela a tendance à provoquer un manque d'azote pour la culture suivante (0 à 30 U par rapport à la situation où tout est exporté). Enfin, il faut considérer les opérations culturales qui diffèrent d'un système à

			l'autre (carburant pour récolte de grain : 15 à 20 l/ha ; presse de la paille : 5 à 10 l/ha ; covercrop : 5 à 8 l/ha.
--	--	--	---

La méthode d'allocation retenue par Agribalyse est l'allocation sur le critère économique. Cependant, le marché de la paille étant à l'heure actuelle peu structuré, les données concernant la valeur économique de ce coproduit sont peu fiables. En conséquence, aucune valeur n'a été attribuée à la paille, ce qui signifie que 100% des impacts sont attribués au grain.

3.5. Allocation des impacts entre l'huile et le tourteau

Lors du processus de première transformation des graines oléagineuses (étape de trituration), deux produits sont obtenus simultanément : de l'huile brute (qui peut ensuite être raffinée pour l'alimentation humaine, ou semi-raffinée puis estérifiée quand elle est utilisée pour la fabrication de biocarburant, ces étapes ultérieures générant également d'autres coproduits) et du tourteau (valorisé en alimentation animale).

Les tourteaux utilisés pour l'alimentation animale peuvent donc être issus des filières de production d'huile alimentaire ou de biocarburant.

Dans le premier cas, l'impact à allouer au tourteau peut être estimé selon l'une des méthodes présentées au préalable, par exemple au prorata sur des caractéristiques physiques (tels que le tonnage du produit, ou quantité d'énergie) ou économiques. Le choix est laissé en fonction du champ et des objectifs de l'étude à mener. Des études portant sur les matières premières pour l'alimentation animale (exemple : projet ECOALIM) ont privilégié une allocation économique pour l'ensemble des matières premières coproduits d'une agro-industrie. Le secteur des huiles végétales quant à lui a fait le choix d'une allocation en fonction du contenu énergétique des coproduits, qui assure une stabilité et une robustesse des bilans environnementaux.

Dans le deuxième cas, l'allocation des impacts se fait entre un produit destiné à la production de biocarburant et un co-produit destiné à l'alimentation animale. Dans l'étude réalisée par Bio IS (ADEME 2010), 4 méthodes d'allocation sont comparées : la substitution, et les prorata massique, énergétique et économique. Les critères de comparaison sont la faisabilité opérationnelle (faisabilité calculatoire et accessibilité des données), la stabilité et la robustesse des résultats (sur les données d'entrée et sur les paramètres d'allocation), la représentativité de la méthode aux impacts réellement évités par le coproduit et la cohérence avec l'enjeu de la filière. Sur la base des conclusions de l'étude de Bio IS, il est recommandé, pour les filières biocarburants, d'utiliser une allocation au prorata énergétique pour répartir les impacts entre l'huile et le tourteau. La méthode de substitution est rejetée pour deux raisons principales. D'une part, le choix des produits substitués ne fait pas consensus. D'autre part, les produits substitués sont des coproduits d'autres filières. L'estimation des impacts évités requiert donc soit une allocation au prorata entre les produits de ces autres filières, ce qui n'est pas cohérent avec la volonté de privilégier la substitution, soit des calculs de substitution en cascade dont le résultat est très sensible aux données d'entrée et aux hypothèses de substitution. Parmi les méthodes de prorata, l'allocation économique est écartée en raison de l'instabilité des prix de marché et des difficultés pour déterminer une valeur pour certains coproduits. L'allocation énergétique est privilégiée, car elle est

cohérente avec les enjeux de la filière biocarburant qui est de générer des produits avec un fort contenu énergétique. Cette méthodologie a été retenue pour les différentes filières biocarburants et bénéficie d'une reconnaissance nationale. Elle est également reprise dans le cadre de l'application de la directive européenne sur les énergies renouvelables.

Cette méthode est reprise pour l'étude de la durabilité des biocarburants au niveau européen.

La valeur économique de l'huile étant plus élevée que celle des tourteaux en général, l'allocation économique contribue à allouer plus d'impacts à l'huile par rapport au tourteau, comparativement à l'allocation énergétique. Cependant l'allocation économique est susceptible d'évoluer dans le temps.

C'est le cas pour le colza. Dans le Tableau 6, les données d'allocation économiques sont celles qui ont été utilisées pour les données sur matières premières de l'alimentation animale du projet ECOALIM, qui ont été intégrées dans la base de données AGRIBALYSE. Avec des données économiques 2008-2012 pour colza, 78,3% des impacts sont attribués à l'huile et 21.7% au tourteau. Avec des données économiques plus récentes (moyenne olympique 2014-2018), l'affectation à l'huile est inférieure, à 73.3%, soit 5 points d'écart, et celle au tourteau augmente à 26.7%. Sans modifier les intrants et émissions dues à la fabrication de ces produits, les impacts peuvent évoluer par le contexte économique qui change.

Ainsi, le choix d'un mode d'allocation des impacts doit être réfléchi en fonction de l'objectif de l'étude et de son cadre, et il convient de tester la sensibilité du résultat ACV à ce choix en testant d'autres règles d'allocation.

Tableau 6 : exemples de facteurs d'allocation énergétiques et économiques pour les huiles et tourteaux

		Rendement kg/t de graines	PCI (rapport biocarburant)	Allocation énergétique	Prix (€/t)	Allocation économique
Colza	Huile brute	424	36	61.5%	1191.7 ⁽¹⁾	78.3%
	tourteau	558	17.14	38.5%	251.7 ⁽¹⁾	21.7%
Tournesol sans décorticage	Huile brute	443	36	63.3%	870 ⁽¹⁾	81.1%
	tourteau	540	17.14	36.7%	166 ⁽¹⁾	18.9%
Tournesol avec décorticage (15% coques extraites)	Huile brute	443	36	62.2%	830 ⁽²⁾	75.2%
	tourteau	390	17.14	26.1%	273 ⁽²⁾	21.8%
	coques	150	20	11.7%	80 ⁽³⁾	3%

(1) Moyenne olympique 2008-2012 (Source Oil world Annual 2012)

(2) Moyenne 2012-2014 (Source La Dépêche le petit meunier)

(3) Estimation par industriel

3.6. Allocation des impacts entre les différents produits issus des élevages

Concernant la mise en œuvre de l'allocation pour les filières animales, l'étape 1 proposée par l'ISO 14044 (éviter l'allocation, expansion de système, substitution) est peu employée en ACV élevage car les produits substitués ont rarement les mêmes propriétés que les produits d'origine et sont souvent issus eux-mêmes de processus multifonctionnels. L'essentiel des discussions autour de l'allocation se fait donc autour du choix d'une allocation sur critères dits physiques ou économiques.

3.6.1. Synthèse des recommandations d'allocation en élevage

Des recommandations de mise en œuvre de l'ACV sont établies pour différents secteurs d'activité. Elles figurent dans des guides internationaux, des normes / référentiels, des guides méthodologiques de projets multi-partenariaux français en charge de produire des données agricoles pour l'affichage environnemental et/ou pour l'écoconception. Afin de synthétiser les recommandations relatives à l'allocation pour les produits animaux (étape agricole), les sources suivantes ont été consultées :

- **Les guidelines LEAP** de la FAO (2014a et 2014b) ; partenariat pour l'évaluation et la performance environnementale de l'élevage, rassemblant chercheurs et représentants de filières de plusieurs pays. Les lignes directrices publiées pour la réalisation d'ACV dans le secteur de l'élevage (alimentation animale, gros ruminants, petits ruminants, porcs).

- **La norme BPXs 30-323**. Au niveau français, dans le cadre du projet d'affichage environnemental des produits de grande consommation, des groupes sectoriels avaient été constitués par filière. Les acteurs rassemblés devaient établir un consensus sur les modalités de l'évaluation environnementale pour l'affichage. Ces travaux ont été formalisés au travers de référentiels sectoriels et d'un référentiel transversal. Tous les groupes n'ont pas abouti à la rédaction de référentiel, notamment la filière viande. Ici, seul le référentiel général (BPX 30-323, ADEME, 2016) est considéré.

- **Le guide méthodologique du projet Agribalyse**. Les ACV de produits animaux au portail de la ferme de cette base de données publique ont notamment été produites, selon un cadre méthodologique partagé avec les autres productions agricoles étudiées : choix des modèles de calcul des émissions, d'allocation, etc. (Koch et Salou, 2016).

- **Les guidelines du PEF**. Une expérimentation européenne sur la performance environnementale a été lancée en janvier 2014, portant à la fois sur des produits alimentaires et non alimentaires. Un projet « viande » avait pour objectif de réaliser le référentiel de l'analyse du cycle de vie de la viande pour trois espèces : le bœuf, l'agneau et le porc. La version finale du guide n'a pas été validée mais les réflexions en leur état d'avancement (version 3.0) ont été prises en compte.

Le Tableau 7 synthétise les recommandations et la liste les argumentaires associés.

Ainsi, ces différentes sources divergent dans leurs recommandations d'une règle d'allocation : d'un produit à un autre ; mais aussi, entre sources pour un même produit. Certaines sources n'argumentent pas leur choix, tandis que d'autres s'appuient sur des critères divers : homogénéité entre les co-produits (finalité), stabilité (prix), facilité de mise en œuvre, ...

En terme d'allocation, l'unique bonne réponse n'existe pas, il reste cependant important d'argumenter un choix par rapport aux objectifs de l'étude et de tester la sensibilité du résultat ACV à ce choix en testant d'autres règles d'allocation.

Tableau 7 : Résumé des choix de règles d'allocation entre coproduits des élevages retenues dans les différentes sources consultées et argumentaire (d'après Espagnol et al., 2017)

	LEAP	PEFCR	BPXs 30-323	AGRIBALYSE
Recommandations	<p>Règle d'allocation biophysique recommandée</p> <p>Une analyse de sensibilité avec 2 modes d'allocation est recommandée, basée sur causalité biophysique et économique ; + test sur variabilité des prix ;</p>	<p>Pour les productions laitières : allocation biophysique entre les coproduits animaux (IDF, 2010) ;</p> <p>Porc : la règle biophysique est préconisée mais les données n'étant pas disponibles, elle n'a pas été jugée applicable ; l'allocation massique est choisie pour la robustesse et la disponibilité des données L'allocation économique est exclue, avec les mêmes raisons (manque de robustesse et de fiabilité des données de prix)</p> <p>Pour les effluents sortants : extension des frontières du système pour prendre en compte l'N et le P minéraux évités.</p>	<p>Si les référentiels sous-sectoriels ne spécifient pas de choix, il faut suivre la hiérarchie suivante :</p> <p>1/ répartir en fonction de processus distincts,</p> <p>2/ répartir en fonction de relations physiques liées aux unités fonctionnelles</p> <p>3/ répartir en étendant les frontières</p> <p>4/ répartir en fonction de la valeur économique</p> <p>5/ répartir en fonction de plusieurs de ces règles</p>	<p>Allocation biophysique aux coproduits en sortie d'élevage (stockage extérieur des déjections compris) ; pas d'allocation aux déjections (statut de déchet)</p>

3.6.2. Explicitation des différents modes d'allocation possibles en élevage

Les modes d'allocation possibles sont détaillés ci-après, avec des exemples, en considérant les cas les plus courants, sans aborder les sous-produits de type cuir, plumes, cornes, pour lesquels cette question peut aussi se poser en fonction du périmètre. Elles sont présentées dans l'ordre des préconisations de la norme ISO 14 044 sur l'ACV, et résumés dans le Tableau 8. Nous présentons à la suite les différentes méthodes pouvant être appliquées.

Tableau 8 : Différentes allocations possibles pour les co-produits animaux, illustration par le cas de la production d'œufs et de lait, et simultanément de viande de réforme

Méthodes possible	Principe	Données Nécessaires
1- Affectation selon le cycle de production	Répartition selon la façon suivante : -La période relative à la croissance des poulettes est à affecter à la viande de réforme / idem pour les génisses laitières -La période relative à la ponte est à affecter à la production d'œufs / idem pour les vaches laitières	-Durée d'élevage des poulettes / des génisses laitières -Durée d'élevage des poules pondeuses / des vaches laitières
2- Allocation biophysique	Répartition au prorata de l'énergie nécessaire à l'animal pour assurer ses différentes fonctions physiologiques, en lien avec la production des différents sortants (lait, œuf, viande)	-
2- Allocation massique	Répartition en fonction de la quantité de co-produits générés	-Poids d'abatage d'une poule pondeuse -Poids d'un œuf -Poids d'un litre de lait -Quantité d'œufs produits par poule et par an / de lait produit dans la carrière d'une vache
3- Allocation énergétique	Répartition au prorata de la valeur énergétique des différents co-produits	-Valeur énergétique du kg d'œuf -- Valeur énergétique du kg de lait -Valeur énergétique du kg de viande de volaille / de vache de réforme
4- Allocation économique	Répartition au prorata des produits économiques sur la base du prix à la production départ exploitation	-Prix à la production départ exploitation de chaque co-produit agricole - Tonnage de chaque co-produit agricole

1- Affectation selon le cycle de production

Cette méthode tient compte des différentes étapes de l'élevage et de leur finalité : les impacts ayant lieu lors des phases liées à la reproduction et au renouvellement sont affectés aux productions telles que œufs, lait, veaux, broutards ; les impacts ayant lieu lors des phases de croissance et d'engraissement sont à affecter à la production de viande.

Ainsi, en divisant le système en sous-processus distincts, on évite l'allocation à proprement parlé, dans le respect des préconisations de la norme ISO 14 044 sur l'ACV : on répartit l'ensemble des intrants et des impacts sur l'un ou l'autre des produits.

Allocation biophysique

L'allocation biophysique à l'étape de l'élevage est construite en considérant la physiologie de l'animal et l'utilisation de l'énergie alimentaire nécessaire aux différentes phases de vie de l'animal (croissance, gestation, lactation). Elle est adoptée et décrite pour le secteur laitier par l'IDF (2010) puis dans le cadre d'Agribalyse, pour l'ensemble des productions animales par Koch et Salou (2016).

La mise en œuvre dans Agribalyse est en réalité un mix entre l'affectation par phase de production (les étapes de la vie de l'animal sont renseignées séparément et les étapes de croissance sont affectées à la viande) et d'allocation biophysique (pour les animaux en phase de production, une allocation biophysique entre le lait et le veau, est appliquée).

2- Allocation massique

Ce mode d'allocation permet de rendre compte d'une relation physique simple entre les différents produits et co-produits générés par un système. Il présente l'avantage de la disponibilité des données pour la plupart des cas.

3- Allocation protéique ou énergétique

Ces deux modes d'allocation permettent de rendre compte de la valeur intrinsèque des différents produits et co-produits générés par un système, en fonction de leur teneur en protéine ou de leur contenu énergétique.

4- Allocation économique

Par ce type d'allocation, les impacts des différents produits sont répartis en fonction de leur prix de vente.

3.6.3. Exemples de clés d'allocation pour les productions animales

Tableau 9 : Exemple d'application des différentes méthodes d'allocation dans le cas d'un élevage avicole (source : Gestim v1.2, Gac et al., 2010)

Méthodes d'allocation	Production d'œufs de consommation		Production de foie gras	
	% à imputer à l'œuf.	% à imputer à la viande de réforme.	% à imputer à la production de foie gras.	% à imputer à la viande de réforme.
Allocation économique	99 %	1 %	62%	38%
Allocation massique	91 %	9 %	9 %	91 %
Affectation selon le cycle de production	75 %	25 %	13 %	87 %
Allocation énergétique	91 %	9 %	13 %	87 %

Tableau 10 : Effet de la procédure de gestion des coproduits sur le facteur d'allocation (%) et sur l'empreinte carbone (EC) du lait, de la vache de réforme et du veau pour un système laitier français (en kg eq CO₂ / kg lait corrigé et par kg de poids vif) (source : Gac et al. 2014)

	Veau		Vache de réforme		Lait	
	Facteur	EC	Facteur	EC	Facteur	EC
Allocation Economique	1.2%	6.10	10.4%	4.01	88.4%	1.14
Allocation protéique	1.0%	5.01	13.0%	5.01	86.0%	1.11
Allocation biophysique (IDF, 2010)	1.5%	7.45	19.4%	7.45	79.1%	1.02
Division du système + allocation (ABRIBALYSE®, Koch & Salou, 2016)	1.5%	7.73	22.9%	8.80	75.6%	0.98
Expansion de système	-	16.23	-	16.23	-	0.70

4. Références bibliographiques

ADEME, 2000. Co-produits d'origine végétale des industries agroalimentaires : leur valorisation en alimentation animale et leur place dans les circuits courts industries-éleveurs. Agence de l'environnement et la maîtrise de l'énergie, France. Connaître pour agir. Réf : 2895. ISSN 1263-1779. 74p.

ADEME, 2010. Analyses de Cycle de Vie appliquées aux biocarburants de première génération consommés en France. Rapport réalisé par Bio Intelligence Service, 236 p.

ADEME, 2016. BPX 30-323-0. Principes généraux pour l'affichage environnemental des produits de grande consommation – Partie 0 : principes généraux et cadre méthodologique. ADEME. 57p.

Aubin J., Gac A., Espagnol S., Wilfart A. Comment mobiliser la méthode "analyse du cycle de vie" pour éclairer les enjeux environnementaux des élevages ? In Espagnol S., Brame C., Dourmad J-Y. (coord), 2019. Pratiques d'élevage et environnement. Mesurer, évaluer, agir. Eds Quae, 2019. pp 199-206

Audsley, E., Alber, S., Clift, R., Cowell, S., Crettaz, P., Gaillard, G., Hausheer, J., Jolliet, O., Kleijn, R., Mortensen, B., Pearce, D., Roger, E., Teulon, H., Weidema, B.P., Zeijts, H., 2003. Harmonisation of Environmental Life Cycle Assessment for Agriculture. Final report concerted action

Azapagic A., Clift R., 1995. Life cycle assessment and linear programming environmental optimisation of product system. Computer & Chemical Engineering, vol 19, supplement 1, pp 229-234. DOI 10.1016/0098-1354(95)87041-5

Bouthier A., Trochard R., Parnaudeau V., Nicolardot B. (2009) : Cinétique de minéralisation nette de l'azote organique des produits résiduels organiques à court terme in situ et en conditions contrôlées, 9e Renc. Fertilisation raisonnée et de l'analyse de la terre, Comifer-Gemas, Blois, 6 p.

Chen X., Wilfart A., Puillet L. et Aubin J., 2016. A new method of biophysical allocation in LCA of livestock co-products: modeling metabolic energy requirements of body-tissue growth. The international Journal of Life Cycle Assessment. DOI 10.1007/s11367-016-1201-y.

COMIFER, 2001. Lessivage des nitrates en systèmes de cultures annuelles. Diagnostic du risque et proposition de gestion de l'interculture. Ed COMIFER, Puteaux, France. p41.

COMIFER, 2009. Grille de calcul PKMg. Available on : <http://www.comifer.asso.fr/images/publications/livres/tablesexportgrillescomifer2009.pdf>

Espagnol S, Gac A, Chen X., Renoir A., Aubin J et Wilfart A., 2017. Allocations pour l'affectation de l'impact environnemental entre les produits et co-produits carnés. FranceAgrimer, 81 p.

European Commission, 2010. Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability: International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. First edition March 2010. EUR 24708 EN. Luxembourg. Publications Office of the European Union.

Gac A., Deltour L., Cariolle M., Dollé J-B., Espagnol S., Flénet F., Guingand N., Lagadec S., Le Gall A., Lellahi A., Malaval C., Ponchant P., Tailleur A. 2010. GES'TIM, Guide méthodologique pour l'estimation des impacts des activités agricoles sur l'effet de serre. Version 1.2. 156 p. Institut de l'Élevage, Paris.

Gac. A, Tribot Laspière P., Lapasin C., Scislowski V., Chevillon P., Guardia S., Ponchant P. et Nassy G., 2012. Recherches de méthodes d'évaluation de l'empreinte carbone des produits viande. Institut de l'Élevage. p130. Réf : 00 12 33 023 – ISSN 1773-4738.

Gac A., Salou T., Espagnol S., Ponchant P., Dollé J.B. et van der Werf H.M.G, 2014. An original way of handling co-products with a biophysical approach in LCAs of Livestock systems. 9th International Conference LCA of Food San Francisco.

Goglio P, Brankatschk G, Knudsen M, Williams AG, Nemecek, 2017. Addressing crop interactions within cropping systems in LCA. International Journal of Life Cycle Assessment. DOI 10.1007/s11367-017-1393-9

IDF, 2010. A common carbon footprint approach for dairy: the IDF guide to standard lifecycle assessment methodology for the dairy sector. Bulletin of the International Dairy Federation 445/2010, IDF, Brussels.

ILCD, 2010. ILCD Handbook: Analysis of existing Environmental Impact Assessment methodologies for use in Life Cycle Assessment European Commission. Joint Research Center, European Union. 115p.

ISO 14044:2006, 2006. Management environnemental—Analyse du cycle de vie—Exigences et lignes directrices. NF EN ISO 14044 2006-10. ISSN 0335-3931.

Koch P., Salou T., 2016. AGRIBALYSE®: Rapport Méthodologique – Version 1.3. Novembre 2016. Ed ADEME, Angers, France. 343 p.

LEAP, 2014. Environmental performance of animal feeds supply chains: Guidelines for quantification. Livestock Environmental Assessment and Performance Partnership. FAO, Rome, Italy.

LEAP, 2014. Greenhouse gas emissions and fossil energy demand from small ruminant supply chains: Guidelines for quantification. Livestock Environmental Assessment and Performance Partnership. FAO, Rome, Italy.

LEAP, 2015. Environmental performance of large ruminant supply chains: Guidelines for assessment. Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership. FAO, Rome, Italy.

LEAP, 2016. Environmental performance of pig supply chains: Guidelines for assessment. Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership. FAO, Rome, Italy.

Nguyen T.T.H. et van der Werf H.M.G., 2013. Comparaisons de différentes méthodes d'allocation pour les matières premières utilisées en alimentation animale. Effets sur les résultats d'Analyse du Cycle de Vie. ADEME. 45p.

Nguyen T.T.H., Doreau M., Corson M.S., Eugène M., Delaby L., Chesneau G., Gallard Y. et van der Werf H.M.G., 2013. Effect of dairy production system, breed and co-product handling methods on environmental impacts at farm level. *Journal of Environmental Management*. 120:127-137.

Ponsioen, T. C. and H. M. G. van der Werf, 2017. "Five propositions to harmonize environmental footprints of food and beverages." *Journal of Cleaner Production* 153(1): 457-464.

Quantis et Agroscope, 2016. ACYVIA : Référentiel Méthodologique. REFERENTIEL METHODOLOGIQUE PERMETTANT LA PRODUCTION DE DONNEES D'ICV POUR LA TRANSFORMATION AGRO-ALIMENTAIRE. Version 1.00, 19 décembre 2016. ADEME, 381 p.

Van Zeijts H., Leneman H. et Wegener Sleswijk A., 1999, Fitting fertilization in LCA: allocation to crops in a cropping plan. *Journal of Cleaner Production*. 7. 69-74.

Wilfart A., Tailleur A., Dauguet S., 2017. Guide méthodologique pour la conception des ICV intrants de l'élevage de la base de données ECOALIM