

USAGE DES SOLS EN ACV : INDICATEURS ET PRISE EN COMPTE DE LA RESSOURCE FONCIERE

SYNTHESE

Novembre 2023

Responsables scientifiques

Bernard DE CAEVEL - RDC Environment
Johan LHOTELLIER - RDC Environment
Josquin VANDEPUTTE - RDC Environment



L'association SCORE LCA est une structure d'étude et de recherche dédiée aux travaux relatifs à l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) et à la quantification environnementale. Elle vise à promouvoir et à organiser la collaboration entre entreprises, institutionnels et scientifiques afin de favoriser une évolution partagée et reconnue, aux niveaux européen et international, de la méthode d'Analyse du Cycle de Vie et de sa mise en pratique.

- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) www.ademe.fr
- ✓ Les points de vue et recommandations exprimés dans ce document n'engagent que les auteurs et ne traduisent pas nécessairement, sauf mention contraire, l'opinion de l'ensemble des membres de SCORE LCA.
- ✓ Les informations et les conclusions présentées dans le présent document ont été établies au vu des données scientifiques et techniques et d'un cadre réglementaire et normatif en vigueur à la date de l'édition des documents.

SOMMAIRE (paginé)

1	Introduction.....	5
1.1	Objectifs de l'étude	5
1.2	Champ de l'étude.....	5
2	Clarification des concepts théoriques.....	6
3	Partie A – Etat de l'art des indicateurs de prise en compte de l'usage des sols en ACV	7
3.1	Inventaire des méthodes et modèles.....	7
3.2	Analyse des données d'inventaire	8
3.3	Analyse croisée entre modèles de caractérisation et ICV	10
3.4	Changements d'affectation des sols indirects	10
4	Partie B – Application du modèle LANCA	11
4.1	Cas d'études	11
4.2	12

1 Introduction

L'usage des sols s'impose comme un enjeu environnemental majeur car il a des impacts sur :

- La **biodiversité** aérienne et du sous-sol, via la modification de l'environnement direct des espèces et la fragmentation des espaces qui limitent le renouvellement des populations ;
- Le **changement climatique** par le stockage/déstockage du carbone contenu dans la biomasse aérienne (déforestation par combustion) et du carbone contenu dans les sols ;
- Les **services écosystémiques** rendus par le sol telles que la production agricole et forestière, la purification des eaux ou encore la limitation des risques physiques (glissement de terrains, inondations) via la contribution des sols au cycle de l'eau.

Les outils proposés aujourd'hui par l'ACV ne considèrent que certains impacts de l'utilisation des sols sur l'environnement et sont souvent complexes d'utilisation pour les praticiens. Les résultats varient donc significativement selon que la méthode sélectionnée mesure l'impact sur la biodiversité ou sur la quantité de perte de matière organique du sol, et selon l'inventaire de données sélectionné. De plus, l'interprétation des impacts mesurés par les différentes méthodes est souvent difficile à interpréter par les ACVistes.

1.1 Objectifs de l'étude

Les six objectifs sont :

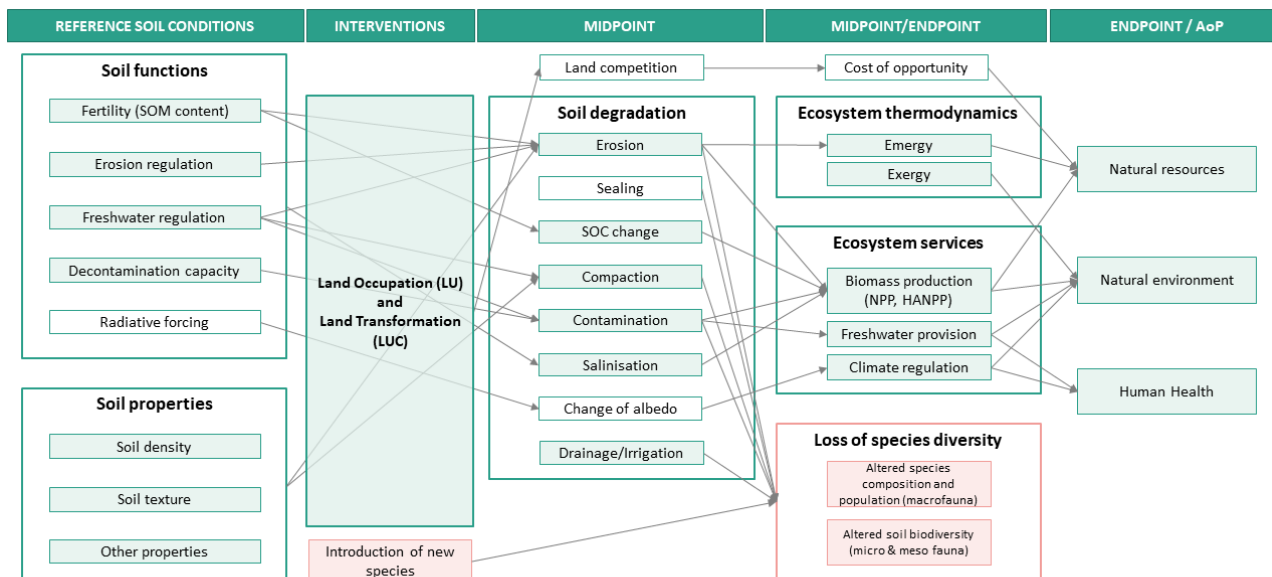
- Clarifier les **concepts théoriques** liés à l'utilisation des sols en ACV ;
- Etablir un état de l'art des **indicateurs** de prise en compte de l'usage des sols en ACV ;
- Réaliser une **analyse critique** après une sélection de ces indicateurs, évaluer leur applicabilité et leur utilisation actuelle ;
- Mener **deux cas d'application** de la nouvelle méthode LANCA recommandée par la Commission européenne ;
- Réaliser un état des lieux de la **gestion de la ressource foncière** par les entreprises et des méthodes de prise en compte en ACV ;
- Formuler sous forme de guide pratique des **recommandations** en matière de choix, utilisation et interprétation des indicateurs, et sur l'affectation de l'impact de différents usages d'un sol.

1.2 Champ de l'étude

En ACV, la distinction entre la quantité de sols utilisés (en unité de surface) et la manière avec laquelle le sol est utilisé est primordiale. On distingue deux types d'utilisation des sols:

1. L'**occupation du sol**, représentant la quantité de surface occupée sur une certaine période
2. La **transformation du sol**, représentant la quantité de sols transformés d'un type à un autre

Afin de visualiser les multiples conséquences de ces types d'utilisations des sols, une **chaîne de cause à effet** approfondie dans le cadre cette étude est présentée en Figure 1. Celle-ci permet de se rendre compte de la complexité des enjeux de gestion de l'usage des sols, et du fait que certains enjeux ne sont pas encore pris en compte dans la littérature à l'heure actuelle (représentés par des cases non-remplies).



Inspired from Sala et al. (2019) and Souza et al. (2015)
The filled-in boxes are covered by the models in the literature.

Figure 1 : Chaîne de cause à effet pour l'utilisation des sols, inspirée de Sala et al. (2019)¹ et Souza et al. (2015)²

2 Clarification des concepts théoriques

La première partie (Chapitre 2) de cette étude clarifie les concepts théoriques liés à l'utilisation des sols dans l'ordre logique de la chaîne de cause à effet présentée en Figure 1. Différentes **fonctionnalités** des sols (propriétés, services et fonctions) et les corrélations entre elles sont définies (section 2.1). En résumé, l'utilisation anthropique du sol modifie ses propriétés, ce qui affecte ses fonctions, entraînant des impacts sur les services qu'il rend. A titre illustratif, une utilisation du sol peut le rendre plus dense (propriété), donc moins perméable (fonction), ce qui dégrade sa capacité réalimentation des nappes phréatiques (service).

Ensuite, après avoir explicité la **terminologie ACV** utilisée (section 2.2) et, en particulier, la différence entre une méthode de caractérisation (ex. EF3.0) et un modèle de caractérisation (ex. LANCA), ainsi qu'entre une catégorie d'impact (ex. Land Use) et un indicateur (ex. la résistance à l'érosion), l'intégration méthodologique du Land Use en ACV est approfondie.

Une fois les flux élémentaires d'occupation et de transformation définis, la **modélisation de l'utilisation d'un sol en ACV** telle que présentée en Figure 2 est explicitée (section 2.3). En résumé, on mesure la qualité d'une fonction de sol qui varie dans le temps selon les phases de transformation, d'occupation et de relaxation du sol. Les impacts liés à l'utilisation d'un sol sont mesurés par l'aire du trapèze formé par les 3 phases. Une qualité de référence (Q_{ref}) doit donc être définie pour le sol en question, qui dépend des caractéristiques géographiques et qui influence le temps de relaxation (t_{rel}) de l'état transformé à son état naturel initial.

¹ Sala, Serenella, Lorenzo Benini, Valentina Castellani, et Beatriz Vidal. *Suggestions for the update of the Environmental Footprint Life Cycle Impact Assessment - Impacts due to resource use, water use, land use, and particulate matter*. Joint Research Centre of the European Commission, Publications Office of the European Union, 2019.

² Souza, Danielle M., Ricardo FM Teixeira, and Ole P. Ostermann. "Assessing biodiversity loss due to land use with Life Cycle Assessment: are we there yet?." *Global change biology* 21.1 (2015): 32-47.

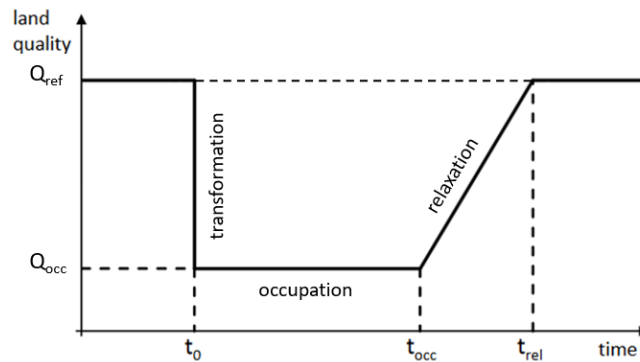


Figure 2 : Niveaux d'impacts en ACV (Koellner, de Baan, et al. 2013)³

3 Partie A – Etat de l’art des indicateurs de prise en compte de l’usage des sols en ACV

3.1 Inventaire des méthodes et modèles

L’état de l’art des méthodes et modèles de prise en compte de l’usage des sols en ACV a été basé sur la littérature, en visant l’exhaustivité dans l’identification (chapitre 3.1).

Au total, 18 méthodes de caractérisation (parmi lesquelles la méthode EF3.0) sont identifiées comme prenant en compte les impacts liés à l’utilisation des sols. Ces méthodes utilisent les facteurs de caractérisation issus des modèles de caractérisation, eux-mêmes publiés sous forme d’articles scientifiques. Plus de 50 articles scientifiques sont identifiés, analysés et classés selon leur applicabilité ou non en ACV et selon leur focus envers les impacts sur la biodiversité ou envers les services écosystémiques.

De cet inventaire, 5 modèles sont sélectionnés pour une analyse approfondie à partir de de la hiérarchie de priorisation suivante (chapitre 3.2) :

1. Les modèles focalisés services écosystémiques et appliqués par les principaux outils ACV ;
2. Les modèles focalisés biodiversité et appliqués par les principaux outils ACV ;
3. Les modèles focalisés services écosystémiques et non-appliqués par les principaux outils ACV ;
4. Les autres modèles.

Les **cinq modèles retenus** sur base de ces critères de sélection sont les suivants :

1. SOC (Brandão et al., 2013)⁴ ;
2. LANCA (De Laurentiis et al., 2019)⁵ ;
3. ReCiPe2016 (Huijbregts et al., 2017)⁶ ;
4. SAR (Chaudhary et al., 2015)⁷ ;
5. IPCC2013.

L’**approfondissement** de ces 5 modèles (chapitres 3.3 à 3.7) consiste en :

- Une description des principes de base du modèle ;
- Une description des indicateurs ;
- Une présentation de l’évolution temporelle du modèle et des autres publications scientifiques associées ;
- Une présentation de la méthodologie de calcul des facteurs de caractérisation publiés ;
- Une conclusion des avantages et limites du modèle.

³ Koellner, Thomas, et al. «UNEP-SETAC guideline on global land use impact.» *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2013: 18:1188-1202.

⁴ Brandão, Miguel, et Llorenç Milà i Canals . «Global characterisation factors to assess land use impacts on biotic production.» *The International Journal of Life Cycle Assessment volume 18* (2013): 1243–1252.

⁵ De Laurentiis, Valeria, Michela Secchi, Ulrike Bos, Rafael Horn, Alexis Laurent, et Serenella Sala. «oil quality index: Exploring options for a comprehensive assessment of land use impacts in LCA.» *Journal of Cleaner Production* 215 (2019): 63-74.

⁶ Huijbregts, M.A.J., et al. *ReCiPe2016 v1.1: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level*. Handbook, Bilthoven, the Netherlands: National Institute for Public Health and the environment, 2017, 138-147.

⁷ Chaudhary, Abhishek, Francesca Verones, Laura de Baan, et Stefanie Hellweg. «Quantifying Land Use Impacts on Biodiversity: Combining Species-Area Models and Vulnerability Indicators.» *Environmental Science & Technology*, 2015: 49:9987-9995.

L'ensemble de ces éléments d'approfondissement sont regroupés dans le Tableau 1, sur base duquel une **comparaison** entre les modèles est réalisée (chapitre 3.8), à la suite de laquelle deux modèles semblent se détacher des autres. D'une part, le modèle LANCA se démarque par sa focalisation sur les services écosystémiques à travers 4 indicateurs différents. D'autre part, le modèle SAR se concentre sur la biodiversité avec une évaluation des dommages finaux endpoint. Compte tenu de ces différences, une approche complémentaire utilisant les deux modèles est recommandée pour une caractérisation plus complète des impacts de l'utilisation des sols.

3.2 Analyse des données d'inventaire

Après avoir présenté les modèles de caractérisation publiant *in fine* leurs propres facteurs de caractérisations, les données d'inventaire de cycle de vie (ICV) sont analysées en profondeur (section 3.9).

Toute donnée d'inventaire présente trois caractéristiques déterminantes pour la précision des résultats finaux, à savoir une granulométrie, une régionalisation et la nomenclature de la base de données (BDD) associée. Les flux élémentaires associés à une donnée possèdent une **granulométrie** définie sur base de 4 caractéristiques :

1. Nom commun de l'utilisation du sol (*ex. forêt, pâturage, terres cultivées...*)
2. Statut du sol (*ex. forêt primaire ou exploitée...*)
3. Gestion du sol (*ex. cultures avec sol nu / avec enherbement, culture irriguée / en sec...*)
4. Intensité de l'utilisation du sol (*ex. intensif (apports d'azote), extensif (sans intrants, bio)...*)

De plus, les données d'inventaire possèdent une certaine **régionalisation**. En fonction du niveau de précision adopté par la BDD, les données peuvent être différenciées au niveau des écorégions, aires biotiques (ou biomes), pays ou continents. Enfin, chaque BDD possède sa propre **nomenclature**, représentant le format de données permettant à un logiciel ACV et une BDD de communiquer entre eux.

Afin d'illustrer ces 3 caractéristiques, une analyse spécifique est réalisée sur la qualité des données d'inventaire disponibles dans les BDD courantes pour des procédés en lien avec l'usage des sols : Ecoinvent (version 3.9.1) et Agribalyse (version 3.01). Le but est d'analyser la nomenclature, la granulométrie et la régionalisation disponible effectivement dans ces BDD pour conclure avec des recommandations lors du choix et de l'utilisation d'une BDD.

Au total, 13 données d'inventaire issues d'Ecoinvent pour différents secteurs (agricoles, miniers, construction...) et 4 données issues d'Agribalyse sont approfondies. L'analyse se focalise sur les flux élémentaires d'occupation et de transformation des données. En particulier, la différence entre les flux élémentaires de transformation « to » et « from » est explicitée, tout comme les flux dits « unspecified ».

Les **recommandations** issues de cette analyse de la qualité des données d'inventaires sont les suivantes :

- Les enjeux mis en exergue par la base de données utilisée doivent être connus par le praticien ACV ;
- La description et la régionalisation doivent correspondre au mieux avec ce qui doit être modélisé ;
- La granulométrie du procédé doit être suffisamment détaillée et la valeur associée doit se différencier des autres procédés similaires tout en restant dans un même ordre de grandeur ;
- Si les flux élémentaires « to » et « from » s'annulent (*i.e.* de même granulométrie et associés aux mêmes valeurs), il doit être mentionné que les impacts de transformation associés au procédé ne sont pas considérés ;
- La présence de flux élémentaires « unspecified » dans un procédé doit être mentionnée comme étant une limite du modèle.

Tableau 1 - Récapitulatif des 5 modèles approfondis

	1. SOC	2. LANCA	3. ReCiPe2016	4. SAR	5. IPCC2013
Indicateur(s) évalué(s)	Carbone organique du sol (kg C.années)	Régulation à l'érosion Capacité d'infiltration du sol Réalimentation des nappes souterraines Production biotique (biologique)	Richesse relative des espèces	Nombre d'espèces perdues	Carbone issu de la transformation des sols Méthane issu de la transformation des sols
Champ de la méthode	Occupation Transformation	Occupation Transformation	Occupation Transformation Relaxation	Occupation et transformation	Transformation
Niveau d'impact	Midpoint	Midpoint	Midpoint Endpoint	Endpoint	Midpoint
Granulométrie des FC	Niveau 1-3 (Type et gestion d'utilisation du sol)	Niveau 1-4 (114 FC différents)	Niveau 1 (5 types d'utilisations) 6 groupes d'espèces	Niveau 1 (6 types d'utilisations) 4 groupes d'espèces	NA
Régionalisation des FC	Régions climatiques (10) Mondial	Zones écologiques (20) National Mondial	Aucune	Ecorégions (804) National	NA
Situation de référence	PNV par biome Utilisation anthropique précédent	PNV par zone écologique puis par pays (5 étapes)	Végétation herbacée ou végétation forestière	Végétation herbacée ou végétation forestière	NA
Temps de relaxation	20 ans (<i>à partir de toute surface vers tout PNV</i>)	85 ans (<i>à partir de surfaces artificielles</i>) 20 ans (<i>à partir d'autres types de surfaces autres</i>)	73.5 ans (<i>vers une forêt</i>) 7.5 ans (<i>vers une végétation herbacée</i>)	73.5 ans (<i>vers une forêt</i>) 7.5 ans (<i>vers une végétation herbacée</i>)	NA

3.3 Analyse croisée entre modèles de caractérisation et ICV

Chaque flux élémentaire et chaque facteur de caractérisation possède une granulométrie et une régionalisation qui lui est spécifique. Il n'y a aucune dépendance entre l'un et l'autre. En d'autres termes, ce n'est pas parce qu'un modèle possède une granulométrie et/ou une régionalisation très fine qu'il produit des résultats très précis.

La précision des résultats finaux associées aux impacts liés à l'utilisation des sols dépend de trois acteurs, comme montré à la Figure 3 (section 3.10). Premièrement, les **producteurs du modèle de caractérisation** publient des FC avec une certaine granulométrie et de régionalisation. On y retrouve notamment les développeurs du modèle LANCA ou SAR introduits auparavant. Deuxièmement, les **producteurs des données d'inventaire** publient des données ICV possédant également une certaine granulométrie et régionalisation indépendante de celles des FC. Troisièmement, les **éditeurs des logiciels ACV** implémentent les FC provenant des modèles de caractérisation selon les spécifications du logiciel (notamment avec la nomenclature) et les couplent avec les données provenant de la base de données sélectionnées par le praticien pour calculer, *in fine*, les impacts Land Use d'une activité.

La précision des résultats dépend donc de la qualité de cette correspondance entre l'implémentation des FC dans le logiciel et la granulométrie et régionalisation des données d'inventaire. L'acteur le moins précis limite la précision finale des impacts calculés.

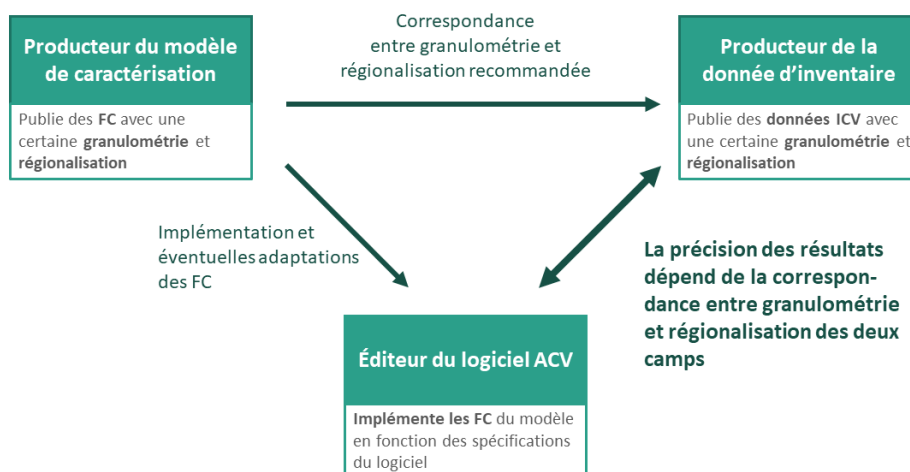


Figure 3 - Les différents acteurs déterminant la précision des résultats finaux en ACV

Enfin, la limitation de la précision des résultats est illustrée à travers une comparaison approfondie entre les modèles de caractérisation (*i.e.*, SOC, LANCA, ReCiPe2016 et SAR) et les bases de données (*i.e.*, Ecoinvent et Agribalyse).

3.4 Changements indirects d'affectation des sols

Les modèles de caractérisation Land Use utilisés en ACV se focalisent en général sur les impacts liés à un type d'utilisation de sol sur ce même sol (par exemple, l'impact de l'artificialisation d'un sol sur sa capacité d'infiltration ou sur sa capacité de production biotique). On parle alors de changement d'affectation des sols « directs » (direct land use change (dLUC), en anglais), reprenant les impacts restreints au sol utilisé envers la biodiversité et/ou les services écosystémiques.

Cependant, l'affectation d'un sol pour une certaine utilisation peut également avoir des impacts indirects sur d'autres sols, éventuellement dans d'autres pays et/ou sur une période décalée par rapport au moment de l'utilisation du sol. On introduit alors le concept de **changement d'affectation des sols indirect** (indirect land use change (iLUC), en anglais).

Ces impacts indirects peuvent être mesurés par des modèles de caractérisation iLUC publiant des facteurs pour différents types d'utilisation des sols à partir des phénomènes économiques associés à l'utilisation d'un sol. En résumé, cette étude recommande de toujours prendre en compte les effets indirects liés à l'utilisation d'un sol, en particulier dans les secteurs agricoles et forestiers (section 3.11). Il existe des modèles

économiques permettant de calculer ces impacts, mais les résultats varient fortement en fonction des hypothèses prises en compte par le modèle.

4 Partie B – Application du modèle LANCA

Parmi tous les modèles présentés dans les sections précédentes, le modèle LANCA – développé par (De Laurentiis, et al. 2019)⁵ – est le seul à être recommandé par la Commission européenne en ce qui concerne le calcul des impacts environnementaux liés à l'utilisation des sols.

Cette partie B répond aux questions suivantes (chapitre 4) :

- Comment appliquer le modèle LANCA ?
- Comment interpréter les résultats exprimés en Points ?
- Quelles sont les points forts et les limites du modèle LANCA ?
- Quelles sont les recommandations d'utilisation du modèle LANCA ?

4.1 Cas d'études

Afin de répondre aux différentes questions ci-dessus, le modèle LANCA est appliqué à **deux cas d'études** :

1. La fabrication de biocarburants à partir de colza (section 4.1) ;
2. L'exploitation forestière pour le bois-énergie (section 4.2).

Ces cas d'études ne consistent pas en une ACV complète mais en une analyse des flux élémentaires et des résultats caractérisés par LANCA afin de répondre aux questions listées ci-dessus. La démarche d'analyse est la suivante :

1. Définition de l'unité fonctionnelle ;
2. Définition des frontières du système étudié ;
3. Choix des données d'inventaires en entrée ;
4. Analyse des flux élémentaires de la donnée associés à l'utilisation des sols ;
5. Analyse des impacts calculés par le modèle LANCA ;
6. Décomposition du score agrégé de LANCA et 4 sous-indicateurs ;
7. Comparaison des résultats avec d'autres procédés similaires.

La **décomposition du score agrégé SQI** est particulièrement détaillée dans le cadre de cette étude car l'interprétation du SQI, exprimé en Points, est difficile pour les praticiens ACV. Il est plus parlant de voir le(s) indicateur(s) le(s) plus contributeur(s) au score unique pour un même type d'utilisation de sol. Ainsi, afin d'illustrer les contributions aux 4 indicateurs pris en compte dans le SQI, un diagramme en cascade est présenté en Figure 4. Ces 4 indicateurs sont additionnés pour former, in fine, le SQI final. Les indicateurs ayant un impact favorable et défavorable pour l'environnement sont indiqués en vert et en rouge, respectivement. Le SQI total est représenté en gris. On peut en conclure que le procédé en question est particulièrement défavorable pour la résistance à l'érosion, mais favorable pour la capacité de réalimentation des eaux souterraines. Cette décomposition permet donc de nuancer les conclusions quant à l'impact caractérisé par le modèle LANCA.

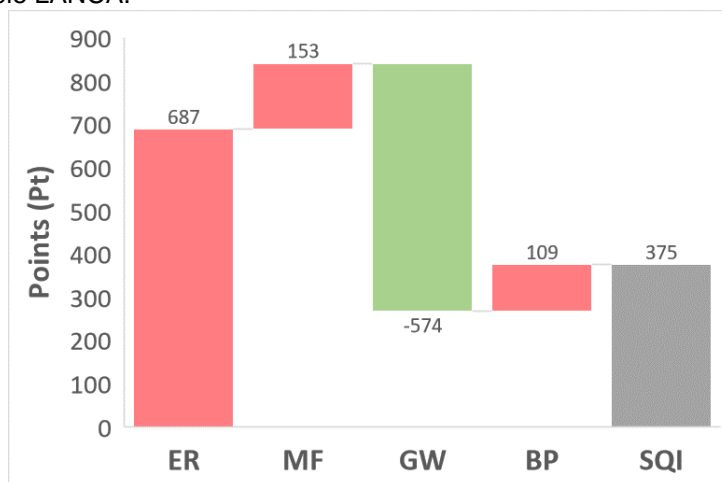


Figure 4 - Diagramme en cascade des quatre indicateurs redimensionnés, où ER représente la résistance à l'érosion, MF la capacité de filtrage mécanique des eaux souterraines, GW la capacité de réalimentation des eaux souterraines, et BP le potentiel de production biotique (biologique)

4.2 Recommandations

Sur base des deux cas d'études et de l'analyse des points forts et limites du modèle LANCA, des recommandations sont établies (section 4.3) :

1. Choisir une base de données adéquate au secteur d'intervention (agricole, minier...) ;
2. Prendre connaissance des flux élémentaires des données d'inventaire et des hypothèses prises par le développeur de la donnée (impacts amortis, type d'utilisation de sol...) ;
3. Appliquer le modèle LANCA au procédé sélectionné et obtenir les résultats SQI ;
4. Décomposer les résultats en 4 indicateurs exprimés en Points pour plus de clarté ;
5. Comparer les résultats avec d'autres procédés similaires (pas nécessairement les mêmes flux élémentaires ou la même zone géographique) ;
6. Compléter l'évaluation avec une prise en compte des éventuels impacts indirects liés à l'utilisation du sol évalué avec un modèle adéquat ;
7. Compléter l'évaluation avec une prise en compte des impacts de l'utilisation des sols envers la biodiversité au moyen, par exemple du modèle SAR ;
8. Conclure sur l'impact de l'activité étudiée.

5 Partie C - Prise en compte de la ressource foncière

La partie C se focalise sur la gestion de la ressource foncière par les entreprises (chapitre 5). L'objectif est de sortir du cadre théorique de l'utilisation des sols et de répondre à différentes problématiques face auxquelles les entreprises peuvent être confrontées. Certaines problématiques ont déjà été introduites dans les sections précédentes. Il s'agit de répondre à ces questions pratiques :

1. Comment les bases de données ACV peuvent contribuer à la mise en place efficace de la réglementation Zéro Artificialisation Nette (ZAN) ?
2. En ACV, comment partager les impacts liés à l'utilisation d'un sol entre plusieurs utilisateurs ?
3. Comment est pris en compte le déstockage/stockage de carbone (temporaire ou non) dans les sols ?
4. Dans quelle mesure les bénéfices de certaines stratégies d'occupation des sols – permettant de limiter la dégradation des fonctions du sol – sont-ils mis en évidence avec les méthodes ACV existantes ?
5. En quoi des modèles non-ACV mesurant l'impact lié à l'utilisation des sols comme GLOBIO se différencient-ils des modèles ACV présentés ?

5.1 La réglementation Zéro Artificialisation Nette

La réglementation « **Zéro Artificialisation Nette** » (ZAN), reprise dans la loi Climat et Résilience n°2021-1104 du 22 août 2021, a pour objectif d'obtenir :

- Une artificialisation nette des sols de 0% en 2050 ;
- Une baisse de 50% de l'artificialisation d'ici 2030.

Afin d'analyser comment les bases de données ACV peuvent contribuer à la mise en place efficace de la réglementation Zéro Artificialisation Nette (ZAN), la définition de « sol artificialisé » par la ZAN est premièrement explicitée et les bases de données satellitaires utilisées par la réglementation sont introduites (section 5.1).

Après analyse, cette étude conclut que l'ACV ne permet pas d'aider les entreprises et les politiques à la mesure de l'artificialisation des sols en France au fil du temps. Bien que les bases de données ACV permettent une distinction aisée entre surfaces (non-)artificialisées grâce à leur granulométrie, elles possèdent une taille minimale de maille bien trop grande (à minima à échelle nationale) pour la mesure de l'artificialisation à échelle communale comme le veut la ZAN.

Cependant, cette étude suggère d'élaborer des facteurs de pondération entre types d'utilisations de sol pris en compte par la ZAN à partir de données ACV. Cela permettrait un recensement plus cohérent en termes d'impacts environnementaux et la mise en place d'un consensus final au niveau de la définition de surface artificialisée par les différentes BDD satellitaires. Les données ACV seraient donc utilisées par les politiques publiques pour une mise en place plus raisonnée de la ZAN et non par les entreprises à qui il est demandé de recenser les types d'utilisation des sols.

5.2 Partage d'impacts entre plusieurs utilisateurs d'un même sol

Lorsque l'utilisation d'un sol génère deux ou plusieurs produits destinés à être achetés ou utilisés, les impacts environnementaux liés à l'utilisation de ce sol doivent être répartis entre ces différents produits. Par exemple, un élevage de poules avec des panneaux photovoltaïques (PV) sur le toit de l'installation produit des œufs, de la viande et de l'électricité. En ACV, la question se pose alors de savoir à quel (co-)produit allouer quelle proportion des impacts liés à l'utilisation d'un même sol.

A cette fin, cette étude recommande de suivre le **logigramme** de l'ADEME présenté en et permettant d'établir une démarche commune, inter-secteur, évitant le double-comptage ou la disparition d'impacts (section 5.2). Si plusieurs règles de décisions sont d'application (deux règles différentes, deux critères physiques applicables...), il est fortement recommandé de réaliser une analyse de sensibilité pour démontrer les conséquences de l'utilisation d'une règle plutôt qu'une autre.

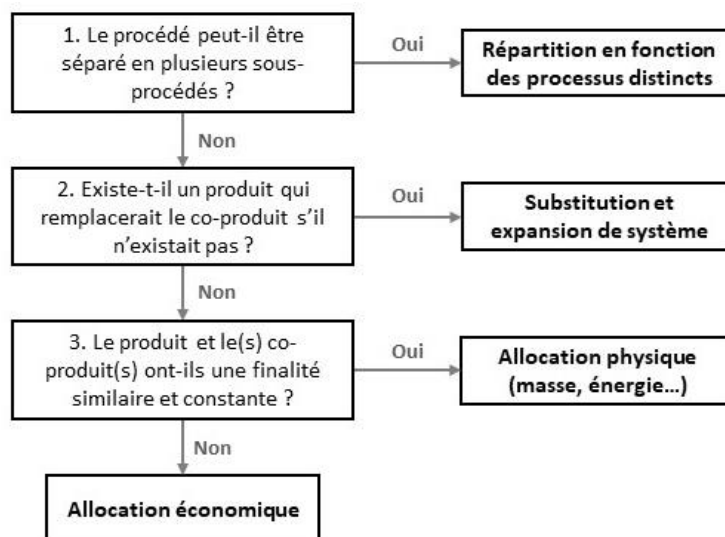


Figure 5 - Logigramme de décision pour le partage d'impacts entre (co-)produits issus de l'utilisation d'un même sol, inspiré de (ADEME 2014)⁸

5.3 Prise en compte du stockage/déstockage de carbone dans les sols

La prise en compte du stockage/déstockage de carbone dans les sols par les modèles ACV est un enjeu important car les sols peuvent jouer un rôle important dans la régulation du cycle du carbone en stockant le carbone atmosphérique via les plantes et les micro-organismes du sol.

A l'heure actuelle, de nombreux modèles ACV ne considèrent pas le stockage/déstockage de carbone lié à l'utilisation d'un sol. Cette étude recommande d'appliquer le modèle SOC, approfondi dans le cadre de cette étude, afin comptabiliser cet impact (section 5.3).

5.4 Stratégies d'occupation limitant la dégradation des sols

Il existe de nombreuses stratégies d'occupation des sols permettant, tout secteur confondu, de limiter la dégradation d'une ou plusieurs fonctions du sol. Cependant une stratégie d'occupation peut être bénéfique pour une certaines fonctions du sol mais néfaste pour d'autres. Il est donc important de prendre en compte toutes les fonctions du sol et les interactions entre les celles-ci, afin de poser le pour et le contre d'une stratégie d'occupation en matière d'impacts environnementaux. Il est donc nécessaire d'adopter une approche intégrée et systémique pour évaluer les impacts d'une stratégie d'occupation sur une liste de fonctions du sol visant l'exhaustivité.

A cette fin, un guide pratique en 6 étapes permettant aux praticiens ACV d'évaluer les bénéfices associés à une stratégie d'occupation visant à limiter la dégradation des fonctions du sol est établi (section 5.4) :

1. Déterminer une stratégie d'occupation visant à limiter la dégradation des fonctions du sol à évaluer
2. Identifier les fonctions du sol qui pourraient être affectées par la stratégie d'occupation sélectionnée

⁸ ADEME. *Position de l'ADEME sur les règles de gestion de la multifonctionnalité dans les secteurs de l'agriculture et de la première transformation*. Note, Angers: ADEME, 2014.

3. Utiliser des modèles ACV pour quantifier les impacts de la stratégie d'occupation sur les fonctions du sol identifiées
4. Au moyen de modèles ACV, quantifier les impacts de la stratégie sur les fonctions du sol identifiées
5. Pour les fonctions du sol ne pouvant pas être évaluées au moyen de modèles ACV, déterminer qualitativement les impacts de la stratégie d'occupation sur ces fonctions
6. Synthétiser les résultats des évaluations quantitatives (en les pondérant sur base d'une métrique) en parallèle des évaluations qualitatives pour conclure sur l'impact global de la stratégie d'occupation sur les fonctions du sol.

5.5 Différence entre modèles ACV et non-ACV

Parmi les modèles non-ACV permettant de mesurer les impacts liés à l'utilisation des sols, **GLOBIO** est un modèle permettant d'évaluer l'impact des activités humaines sur la biodiversité à l'échelle mondiale à travers l'indicateur MSA (Mean Species Abundance, en anglais). Le modèle se différencie des autres modèles ACV présentés dans cette étude car il mesure les impacts de 6 pressions humaines – parmi lesquelles fait partie l'utilisation des sols – sur la biodiversité à échelle régionale et mondiale. Bien que le modèle ait l'avantage d'être simple d'utilisation et de publier des impacts régionaux facilement interprétables par le commun des mortels, il ne présente pas la même précision ni la même rigueur dans ses résultats car il se focalise uniquement sur les impacts directs sur la biodiversité et n'aborde pas les services écosystémiques. Cette étude recommande donc de ne pas se limiter aux résultats présentés par GLOBIO, mais de l'utiliser pour se donner une première idée quant à l'impact de l'utilisation d'un sol dans une zone géographique définie (section 5.5).

6 Logigramme général de prise de décision

Sur base des différentes thématiques abordées au cours de cette étude, le **logigramme** présenté en Figure 6 (chapitre 6) guide le praticien ACV souhaitant mesurer les impacts liés à l'utilisation des sols dans son ACV.

En résumé, il est suggéré au praticien, après avoir défini l'unité fonctionnelle et les frontières du système, de commencer par sélectionner les données d'inventaire de manière judicieuse à travers le choix de la base de données, une analyse des flux élémentaires et des éventuelles allocations entre co-produits.

Ensuite, le calcul des impacts liés à l'utilisation des sols se fait en 4 étapes : à travers le modèle LANCA pour évaluer les impacts envers les services écosystémiques (comme dans les 2 cas d'études), à travers le modèle SAR pour les impacts envers la biodiversité, les éventuels impacts liés à l'utilisation de sols indirects le cas échéant et les autres impacts comme le stockage/déstockage de carbone à travers le modèle SOC ou le changement climatique à travers le modèle IPCC 2013.

L'évaluation finale des impacts liés à l'utilisation du sol de l'activité concernée se base *in fine* sur une discussion des résultats amenés par ces 4 points complémentaires.

7 Conclusions

Cette étude offre une perspective approfondie sur la modélisation de l'utilisation des sols en ACV avec l'objectif d'apporter une compréhension accrue aux praticiens de l'ACV concernant les enjeux liés à la gestion de la ressource foncière.

La partie A clarifie les concepts théoriques et l'application des fonctionnalités des sols en ACV. Elle inclut un inventaire complet de modèles et de méthodes évaluant l'impact de l'utilisation des sols, avec une sélection de cinq modèles détaillés, parmi lesquels les modèles LANCA et SAR se distinguent particulièrement. Une analyse approfondie des données d'inventaire souligne l'importance cruciale de la qualité des données sur la précision des résultats.

La partie B analyse l'application pratique du modèle LANCA à travers deux études de cas, soulignant son utilité tout en soulignant la nécessité d'améliorations spécifiques. La complexité des enjeux liés à l'utilisation des sols est soulignée, mettant en garde contre une interprétation trop simpliste des résultats du modèle.

Enfin, la partie C aborde divers aspects de la gestion foncière en entreprise, notamment la réglementation "Zéro Artificialisation Nette", soulignant la possibilité d'utiliser les données ACV pour mesurer l'artificialisation. Cependant, des limitations subsistent, notamment dans la comptabilisation des types d'utilisation des sols par les entreprises.

En conclusion, bien que le modèle LANCA soit salué comme l'un des meilleurs pour l'ACV actuel, des améliorations sont nécessaires, et l'étude met en avant des recommandations pour une utilisation prudente des modèles et la considération des diverses stratégies d'occupation des sols.

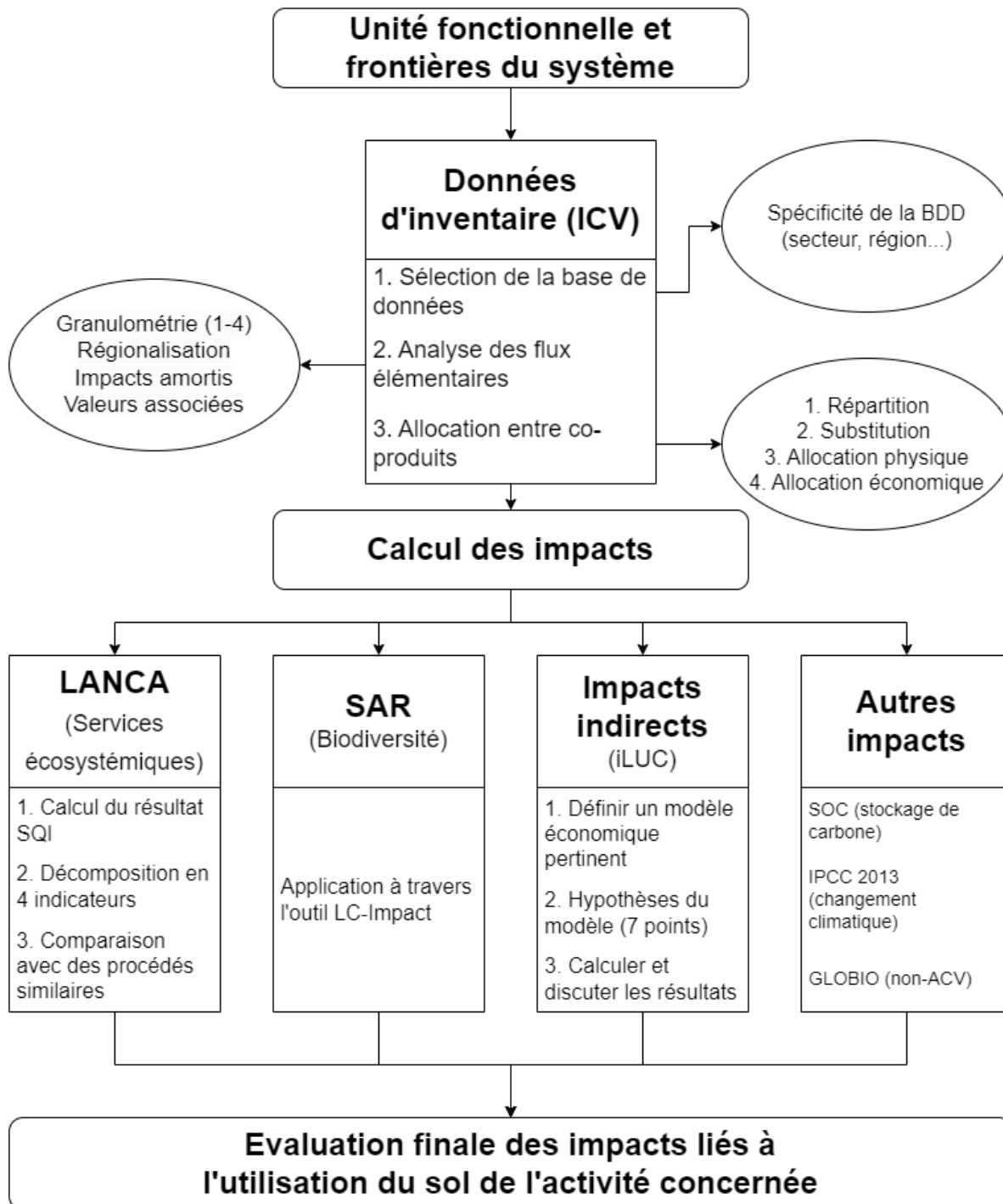


Figure 6 - Logigramme final guidant le praticien ACV à travers l'évaluation des impacts liés à l'utilisation d'une activité