

INTERVIEWS

Le point sur l'évaluation des pesticides dans les Analyses de Cycle de Vie (ACV)



Philippe ROUX
INRAE



Claudine BASSET-MENS
CIRAD



Christel RENAUD-GENTIE
ESA ANGERS



Vincent COLOMB
ADEME

Les acteurs des filières agricoles et alimentaires se posent de nombreuses questions sur la prise en compte des pesticides dans les ACV. Le projet de recherche Européen OLCA-Pest¹ avait justement pour objectif d'apporter des réponses opérationnelles à cette question. Il s'est terminé fin 2020, c'est donc l'occasion de faire le point sur ce sujet avec trois des chercheurs Français impliqués dans ce projet, Philippe Roux, chercheur à l'INRAE, Claudine Basset-Mens, chercheuse CIRAD et Christel Renaud-Gentie, enseignante-chercheuse à l'ESA d'Angers.

Vincent Colomb, référent évaluation environnementale à l'ADEME les interroge sur l'avancée des connaissances sur ce sujet important.

¹ OLCA-Pest (Operationalising Life Cycle Assessment of Pesticides) :
<https://www.sustainability.man.dtu.dk/english/research/qa/research/research-projects/olca-pest>

Messages clés :



Il est aujourd'hui possible d'évaluer la toxicité de la grande majorité des pesticides sur les écosystèmes dans les ACV aujourd'hui, pour les produits agricoles et alimentaires.

L'impact sur la santé humaine reste incomplet, les indicateurs doivent être améliorés.

L'approche ACV apporte un regard systémique innovant, plus fin et plus complet par rapport aux indicateurs agronomiques classiques (IFT, NODU etc.). L'ACV permet aussi d'évaluer des produits alimentaires transformés.

Les indicateurs de toxicité nécessitent encore d'être améliorés pour permettre une bonne comparaison entre bio et conventionnel (en particulier sur l'évaluation des effets des métaux lourds).

La communauté de recherche et de praticiens est active pour poursuivre les améliorations des indicateurs et des bases de données française et internationales (Agribalyse, PEF etc.).

Les résultats du projet OLCA-Pest permettent des progrès importants sur la prise en compte des pesticides dans les ACV, cependant des travaux complémentaires sont encore nécessaires pour consolider certains indicateurs de toxicité et faciliter la mise en œuvre des calculs.



VC : Aujourd'hui, pouvez-vous nous rappeler si la toxicité des pesticides pour l'environnement et les humains peut être prise en compte dans les Analyses de Cycle de Vie ?

OUI, tout à fait, les pesticides peuvent être évalués en ACV depuis le développement, dans les années 2000, d'indicateurs avancés d'écotoxicité (impacts sur les écosystèmes) et de toxicité (impacts sur la santé humaine).

Les travaux permettent peu à peu de dépasser les limites importantes des premières approches ACV ; dont la principale était qu'un grand nombre de pesticides n'étaient pas caractérisés en termes d'écotoxicité/toxicité (c'est-à-dire que leur pouvoir toxique ne pouvait être calculé faute de données fiables).

La seconde limite était qu'il n'y avait pas de consensus scientifique sur la manière d'estimer les fractions de pesticides émises dans l'eau, l'air et le sol lors d'un traitement phytosanitaire au champ. Dans ce contexte, la plupart des ACV réalisées ces dix dernières années ne pouvaient pas prendre en compte de nombreuses substances et elles utilisaient l'hypothèse simplificatrice que 100 % de la dose appliquée par hectare était émise dans le sol agricole.

Le projet OLCA-Pest permet de lever en partie ces deux limites en fournissant des données d'écotoxicité/toxicité pour de nombreux pesticides (plus de 100) qui n'étaient pas encore caractérisés et en opérationnalisant un modèle de calcul des émissions au champ fondés sur le consensus de Glasgow². Le projet a mis en évidence qu'au-delà de la fraction variable quittant la parcelle, les deux fractions principales de pesticides émises au champ allaient en général vers le sol et vers la plante.

Une autre limite majeure concernait la toxicité humaine. En effet dans les ACV « classiques », la toxicité humaine intègre uniquement l'exposition aux pesticides via les pollutions du milieu (pollution de l'eau, de l'air etc.), mais l'exposition par ingestion directe de l'aliment traité n'est pas considérée. L'analyse de l'exposition directe par ingestion est maintenant possible pour les équipes de recherche, mais des travaux sont encore nécessaires avant de pouvoir réaliser cela de manière courante dans les ACV (cf. question 3).

² En 2013, en marge de la conférence internationale de la SETAC qui se tenait à Glasgow, un groupe de travail de chercheurs en ACV s'est réuni pour définir de façon consensuelle la meilleure façon de prendre en compte les pesticides en ACV. Ce consensus a fait l'objet d'une publication scientifique en 2015 : *The Glasgow consensus on the delineation between pesticide emission inventory and impact assessment for LCA* - <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0871-1>



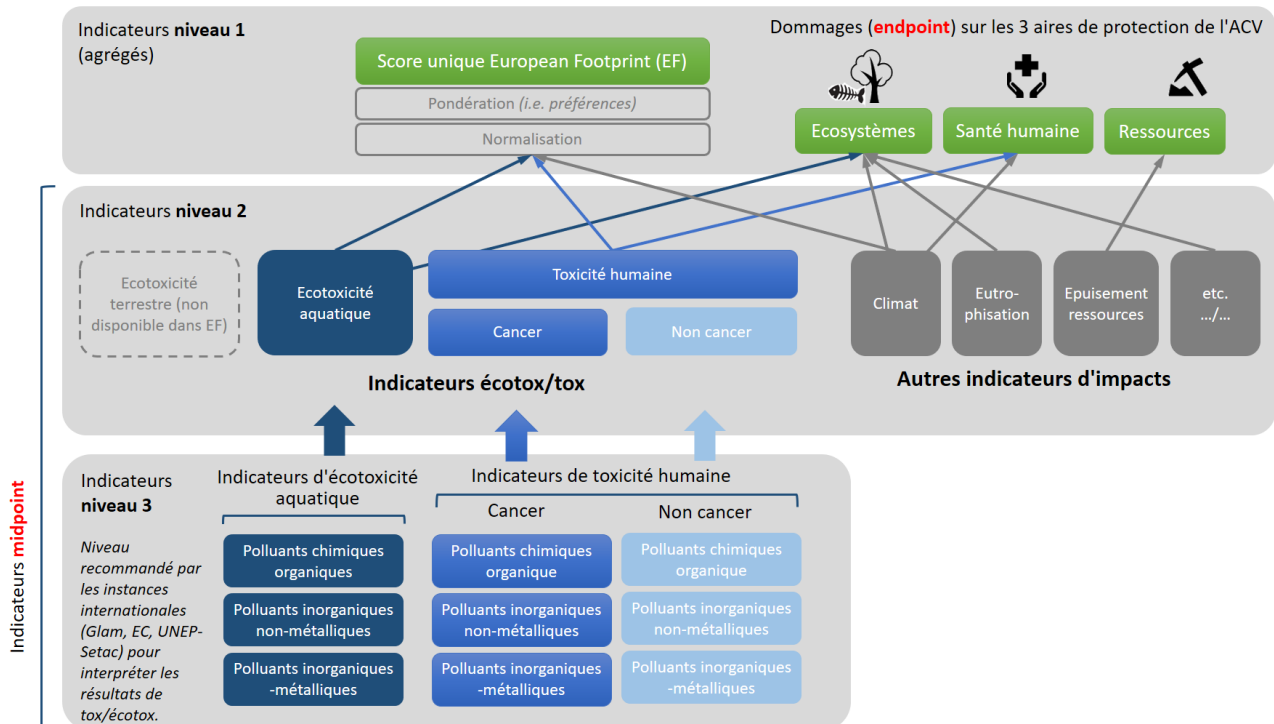
VC : Quels sont les indicateurs utilisés en ACV pour rendre compte des impacts des pesticides ?

Les indicateurs recommandés au niveau international (EF³ et GLAM⁴) qui rendent compte des effets des pesticides sont des indicateurs d'écotoxicité pour les milieux aquatiques en eau douce et de toxicité humaine. Les indicateurs peuvent avoir différents niveaux d'agrégations (cf. schéma).

À noter que pour ces indicateurs (Écotoxicité eau douce et Toxicité Humaine) il est recommandé d'analyser séparément les effets des produits issus de la chimie de synthèse (majorité des pesticides utilisés en agriculture conventionnelle), de ceux des substances inorganiques non métalliques (ex. chlorure, ammoniac ...) et des ions métalliques (cuivre, zinc, plutôt présents en agriculture biologique). Le niveau le plus détaillé recommandé (Niveau 3) consiste donc en 3 indicateurs d'écotoxicité et 6 indicateurs de toxicité humaine. Ceci permet d'éviter un effet de masque des métaux. En effet, les métaux ont tendance à écraser les autres polluants dans les indicateurs agrégés, non pas en raison de leur pouvoir toxique intrinsèque, mais en raison de leur persistance très longue dans l'environnement (durée de vie théorique infinie). L'ACV intègre les impacts des polluants sur des durées de temps longues défavorables aux métaux dans les calculs d'impacts. Les discussions sur l'équilibre entre les effets court terme/long terme sur les indicateurs agrégés de toxicité se poursuivent actuellement, pour éviter cet effet de masque et les risques de biais d'interprétation.

S'il est préférable d'interpréter séparément les 9 indicateurs désagrégés, il reste possible de calculer des indicateurs agrégés, en gardant à l'esprit les risques de biais d'interprétation. Les 9 indicateurs intermédiaires apportent plus de richesse et de détail sur les points forts et points faibles de systèmes comparés alors que les indicateurs agrégés permettent de fournir une vision intégrée de l'ensemble des impacts environnementaux associés, ce qui peut être utile dans certains contextes de décision.

Schéma : Les indicateurs d'écotoxicité et toxicité ACV selon 3 niveaux d'agrégation



³ EF (Environmental Footprint) : https://eplca.jrc.ec.europa.eu/permalink/TR_SupportingCF_FINAL.pdf

⁴ GLAM = groupe de travail international sur les impacts (LCIA) en ACV (UNEP-Setac): <https://www.lifecycleinitiative.org/category/glam/>



En résumé, aujourd'hui pour le secteur alimentaire, on peut considérer pour les « ACV classiques » que les indicateurs « eco-toxicité » désagrégés (niveau 3) sont relativement fiables, l'indicateur écotoxicité agrégé (niveau 2) est à interpréter avec précaution, alors que les indicateurs de « toxicité humaine » restent soumis à de grandes précautions du fait de leurs incertitudes.

Enfin, on peut mentionner que des indicateurs d'écotoxicité terrestre existent dans certaines méthodes d'ACV telles que par exemple ReCiPe⁵, mais ils ne sont pas encore consensuels. Le manque de fiabilité des indicateurs d'écotoxicité terrestre est dû à un manque crucial de données et de modèles (ce n'est pas une limite propre à l'ACV, mais une limite au niveau des connaissances scientifiques en général).

VC : Pouvez-vous aussi nous expliquer simplement la complémentarité des indicateurs ACV par rapport aux IFT, NODU ou au classement REACH qui sont largement utilisés aujourd'hui ?

L'IFT (Indice de Fréquence de Traitement : nombre de doses homologuées de produits phytosanitaires appliquées à l'hectare quels que soient les produits) ou le NODU (Nombre de Dose Unitaires: nombre de traitements « moyens » appliqués annuellement sur l'ensemble des cultures, à l'échelle nationale) sont des indicateurs de suivi du recours aux produits phytosanitaires qui ne rendent pas compte directement de l'écotoxicité pour les écosystèmes des molécules utilisées ou de leur toxicité pour l'homme. A contrario, les indicateurs d'ACV prennent en compte non seulement la toxicité intrinsèque des pesticides, mais aussi leur persistance et leur devenir dans l'environnement (une molécule moyennement toxique mais ayant une persistance de plus de 100 ans dans l'écosystème aura ainsi des effets potentiels élevés en ACV). Ainsi, par exemple, sur la centaine de nouveaux pesticides caractérisés lors du projet OLCA-Pest, la substance la plus polluante est un million de fois plus écotoxique que la substance la moins polluante (en unité PAF.m3.day/kg émis en eau douce). Les indicateurs IFT ou NODU ne rendent pas compte de cette énorme différence car c'est uniquement le nombre de traitements, ajusté au regard de la dose homologuée qui sont pris en compte.

A noter aussi que l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation de toutes les substances chimiques sont rendus obligatoires par le règlement REACH. L'idée de ce règlement est que l'industrie contribue à la production de données d'écotoxicité et de toxicité résumé par « pas de données, pas d'accès au marché ». Les pesticides agricoles (comme les médicaments) sont exemptés de l'application de REACH car ils sont soumis à d'autres réglementations équivalentes par ailleurs (EU Pesticides Database⁶). Dans tous les cas, ces données de base (toxicité CE50, vitesse de dégradation etc.) sont très utiles pour évaluer les pesticides, mais sont difficilement utilisables directement par les agriculteurs pour évaluer les effets d'une pratique culturale en prenant en compte la dose appliquée à l'hectare et le nombre de passages sur la culture. Ainsi seule l'ACV permet aujourd'hui de prendre en compte tous ces aspects : pouvoir écotoxique/toxique intrinsèque, dose hectare et nombre de passages, en incluant aussi les impacts de la fabrication du produit, le tout étant ramené par exemple à l'hectare ou au kg de production à la porte de la ferme.

Les indicateurs IFT ou NODU ont le grand mérite d'être très simples à mettre en œuvre, y compris par l'agriculteur lui-même à partir de son cahier de traitement. Cependant un outil simplifié fondé sur USETOX et des indicateurs d'ACV pourrait tout à fait être mis au point et apporter une plus-value intéressante. Il pourrait rester presque aussi simple à mettre en œuvre que l'IFT ou le NODU en renseignant dose, nombre de passages et substance commerciale appliquée, toujours à partir des données de traçabilité agricole qui sont de plus en plus numérisées.

⁵ ReCiPe : <https://pre-sustainability.com/articles/recipe/>

⁶ https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-db_en

VC : Concrètement, est-ce que les impacts de tous les types de pesticides utilisés en France et à l'international sont considérés ? Avec les ACV, peut-on identifier les pesticides les plus problématiques ?

Les ACV les plus récentes intègrent déjà un nombre de pesticides important et cela va encore s'améliorer avec les apports du projet OLCA-Pest qui a produit les facteurs d'effet pour plus de 100 nouvelles substances. On est passé en dix ans de "les effets de la majorité des substances actives contenues dans les pesticides ne peuvent pas être évalués faute de données fiables disponibles" à l'inverse aujourd'hui. On peut donc, pour un itinéraire technique agricole type, dans la majorité des cas facilement identifier les pesticides les plus problématiques sur l'environnement. Une priorisation pour compléter les manques restants (molécules non caractérisées) serait à faire au niveau français ou européen, et pourrait se baser sur les volumes vendus.

VC : Dans les évaluations, peut-on aussi prendre en compte le type d'application, les bonnes pratiques agricoles (et les plus problématiques) pour réduire les pertes dans les cours d'eau ou la contamination de l'air ? Les ACV peuvent-elles aider à définir des stratégies d'amélioration vis-à-vis des pesticides ?

C'est vraiment l'un des apports essentiels du projet OLCA-Pest qui permet maintenant de différencier les pratiques grâce à la prise en compte de nombreux nouveaux paramètres pour évaluer les émissions dans l'eau, l'air et les sols. On est capable d'évaluer les effets de la culture et de son stade de développement, de différents types de technologie d'application, des dispositifs antidérive, du respect ou non des zones non traitées (ZNT). Sur cette base, l'ACV peut être utilisée comme outil d'éco-conception d'itinéraires techniques agricoles avec une finesse et une spécificité beaucoup plus grandes. Ces analyses sont possibles à l'échelle de produits et d'itinéraires techniques spécifiques, mais ce niveau de détail n'est pas possible pour l'instant dans les bases de données avec des produits « moyens ».



VC : Ce sont donc des avancées méthodologiques majeures qui ont été obtenues. Et concernant le bio, peut-on aujourd'hui analyser les bénéfices environnementaux liés à la non-utilisation des pesticides de synthèse ?

Les produits bio ressortent-ils avec des indicateurs de toxicité plus favorables dans les ACV ?

Un nombre significatif des comparatifs en ACV de l'agriculture BIO avec l'agriculture conventionnelle qui ont eu lieu ces 15 dernières années ne comportaient même pas d'indicateurs d'écotoxicité ou de toxicité à même de rendre compte des pollutions chimiques. Pour les études qui les incluaient, comme nous l'avons déjà dit précédemment, un grand nombre de pesticides n'étaient pas caractérisés en ACV jusqu'à récemment (faute de données fiables disponibles). Les comparaisons étaient donc souvent incomplètes mais cette situation est en train de considérablement s'améliorer puisque désormais la majorité des pesticides est caractérisée. Nous rappelons qu'il est recommandé d'analyser séparément les effets des produits issus de la chimie de synthèse, de ceux des substances inorganiques non métalliques (ex : chlorure) et des ions métalliques (cuivre, zinc ...). Ceci ne pose pas de problèmes pour une utilisation de l'ACV en écoconception d'itinéraires techniques agricoles mais ne rend pas toujours facile l'interprétation des résultats lors d'une ACV comparative du BIO avec le conventionnel.

Aujourd'hui, les indicateurs de toxicité désagrégés (cf schéma N3) reflètent bien les bénéfices environnementaux liés à la non utilisation de pesticides de synthèse en bio. Par contre, les productions biologiques ont tendance à émettre plus de métaux lourds (ex : cuivre), en particulier en lien avec la fertilisation organique et certains traitements (ex : bouillie bordelaise). Ceci renvoie à la problématique d'agrégation des impacts court terme/long terme des indicateurs toxicité agrégés (cf schéma N2), avec une situation qui semble déséquilibrée actuellement. On peut ainsi retrouver des produits bio avec des indicateurs de toxicité agrégés plus élevés que le conventionnel en raison de l'effet de masque des métaux lors de l'agrégation ; c'est pour cela que les scientifiques recommandent une interprétation des résultats au niveau N3 désagrégé. Au-delà de ce point, les connaissances scientifiques sur les effets des traitements ou les pesticides non chimiques, tels que l'utilisation de micro-organismes sont très faibles et ne permettent pas encore leur prise en compte en ACV. Rappelons aussi que les effets sur la santé humaine des résidus de pesticides dans l'alimentation ne sont pas encore pris en compte dans les ACV courantes, ce qui est problématique pour les comparaisons bio/conventionnel en particulier, sachant qu'une moindre présence de résidus est avérée pour les produits bio.

En résumé, nous considérons que les ACV peuvent aujourd'hui éclairer des comparaisons entre systèmes bio et conventionnel au niveau des indicateurs écotoxicité désagrégés (N3). Les comparaisons sur les indicateurs de toxicité humaine et les indicateurs plus agrégés (N2 et N1) ne sont pas recommandées.

VC : Pouvons-nous revenir sur la prise en compte des effets sur la santé humaine de l'ingestion des résidus de pesticides dans l'alimentation ?

Jusqu'à présent, ces effets complexes n'étaient pas pris en compte dans les ACV courantes et seuls les effets des contaminations indirectes en lien avec les émissions dans l'eau, l'air et les sols pouvaient être calculés. Un modèle, nommé dynamiCROP⁷ a été mis au point par des chercheurs Danois et les premiers résultats montrent une incidence très importante de cette prise en compte sur les résultats d'ACV. Le projet OLCA-Pest a permis de progresser sur ce sujet. En effet, en fournissant la fraction de pesticides émise sur la plante il permet aux experts avancés en ACV de prendre en compte ces impacts liés à l'ingestion directe des pesticides en utilisant le modèle dynamiCROP. Il faudra cependant des modifications structurelles⁸ dans les logiciels et les bases de données d'ACV pour que cette prise en compte soit simple à mettre en œuvre et accessible au plus grand nombre. Gageons que cela soit possible dans les prochaines années.



VC : Merci, on comprend mieux les apports de vos travaux, mais il reste encore du chemin à parcourir si je comprends bien.

Pouvez-vous nous résumer les principales évolutions à venir ?

Comme évoqué plus haut, une part significative des pesticides appliqués au champ va se retrouver sur et dans la plante cultivée. Même si les chercheurs sont maintenant en capacité d'évaluer les impacts sur la santé humaine liés à l'ingestion directe des pesticides par le consommateur final, il reste crucial de rendre cette prise en compte opérationnelle et systématique dans l'ensemble des ACV de produits agro-alimentaires. Ceci passe par la création d'un compartiment « plante » dans les outils et bases de données d'ACV, et une montée en compétence de l'ensemble des praticiens (bureau d'études, experts ACV dans les entreprises, etc.).

De plus, au-delà des effets néfastes des pesticides sur les écosystèmes aquatiques et la santé humaine, le grand absent en ACV demeure leur effet sur les pollinisateurs. Plusieurs publications scientifiques récentes sur le sujet ouvrent des perspectives très intéressantes pour opérationnaliser cela dans la méthode ACV.

Il y a ensuite de nombreux points spécifiques qui mériteraient d'être améliorés. Citons entre autres la prise en compte des effets positifs des couverts végétaux au sol, la prise en compte des métabolites (les produits résultant de la dégradation du pesticide initial ne sont pas modélisés « systématiquement » aujourd'hui) ou encore la modélisation des effets « cocktail » des pesticides, c'est-à-dire l'effet synergique qu'ils ont sur les écosystèmes et l'homme quand ils sont associés. Malheureusement, l'intégration de ce dernier point n'est pas à proprement parler une limite de l'ACV mais plutôt une limite des connaissances fondamentales sur ce sujet d'une très grande complexité.

⁷ dynamiCROP : <http://dynamicrop.org/start.php>

⁸ Notamment la création et la gestion d'un compartiment « crop » (plante) en complément des compartiments existants eau, sol et air.



VC : Et pour conclure, pouvez-vous bien nous repréciser quelles avancées d'OLCAPEST sont déjà mises en œuvre et lesquelles restent à déployer au niveau des praticiens ACV, bureaux d'études, dans les logiciels et dans les bases de données ?

Par exemple dans Agribalyse où en sommes-nous ?

En résumé, depuis les années 2000 des indicateurs toxicité permettent d'intégrer partiellement l'impact des pesticides dans les ACV. Les résultats OLCA-Pest sont une avancée majeure, permettant de compléter de nombreuses données manquantes et d'avoir des évaluations bien plus exhaustives. Cependant il faudra encore un certain temps pour que les résultats d'OLCAPEST soient complètement transférés dans les principales bases de données (dont Agribalyse) et dans les logiciels ACV. Par contre il est maintenant possible pour les spécialistes de comparer beaucoup plus finement l'effet de différentes stratégies phytosanitaires agricoles, notamment grâce au modèle PestLCI en libre accès. A moyen terme, nous avons évoqué plusieurs autres avancées (meilleure prise en compte des métaux lourds, métabolites, toxicité sur les pollinisateurs, toxicité humaine par ingestion etc.) qui devraient être opérationnalisées. Enfin d'autres sujets semblent plutôt pour le long terme (5 à 10 ans), avec des fronts de recherche encore ouverts au-delà même de l'ACV (ex : prise en compte des effets cocktails).



VC : Et pour aller plus loin, une ou deux recommandations de lectures ?

Pour commencer, il est possible de se référer à la FAQ (en anglais) réalisée par les partenaires d'OLCA-Pest et qui permet d'approfondir les différents points évoqués ici ([OLCA-Pest FAQ](#))

En langue anglaise, la référence récente incontournable sur le sujet des pesticides en ACV est probablement le chapitre : Fantke, P., 2019. Modelling the environmental impacts of pesticides in agriculture. in: Weidema, B.P. (Ed.). Assessing the Environmental Impact of Agriculture. Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, United Kingdom, pp. 177-228. <http://doi.org/10.19103/AS.2018.0044.08>

Le Cirad est par ailleurs en train de réaliser un guide de bonnes pratiques destiné aux praticiens des ACV agricoles où des fiches opérationnelles seront proposées pour favoriser la mise en œuvre des meilleures pratiques disponibles.



Un grand merci à vous trois pour cet éclairage.