



ecoïntesys
life cycle systems

ADEME

Revue critique de l'étude :

« *Analyses du Cycle de Vie appliquées aux biocarburants de première génération consommés en France* »

2^{ème} rapport final, suite à vérification des calculs

16 décembre 2009

Panel de revue critique :

Julien Boucher, Ph.D. (réviseur interne Ecoïntesys)

Prof. Olivier Jolliet (réviseur interne Ecoïntesys)

Jean-François Ménard (CIRAIG Montréal)

Jean Pierre Molitor (expert indépendant)

Sommaire :

- 1 Remarques introductives – déroulement de la revue critique
- 2 Les méthodes utilisées pour réaliser l'ACV sont elles conformes aux standards internationaux ?
- 3 Les méthodes utilisées pour réaliser l'ACV sont elles valables d'un point de vue scientifique et technique ?
- 4 Les données utilisées sont elles appropriées et raisonnables par rapport aux objectifs de l'étude ?
- 5 Les interprétations reflètent les limitations identifiées et les objectifs de l'étude ?
- 6 Le rapport d'étude est transparent et cohérent ?
- 7 Vérification des calculs
 - 7.1 Justesse mathématique des calculs
 - 7.2 Présence dans le rapport de toutes les données permettant de reconstituer les calculs
- 8 Évaluation globale

1 Remarques introductives – déroulement de la revue critique

La revue critique de l'étude « *Analyses du Cycle de Vie appliquées aux biocarburants de première génération consommés en France* » réalisée par le cabinet Bio Intelligence Service (BioIS) a été confiée au cabinet Eointesys – Life Cycle Systems. Le panel d'expert pour cette revue critique était constitué des personnes suivantes : Dr Julien Boucher (Eointesys), Prof. Olivier Jolliet (Eointesys), Jean-François Ménard (CIRAIG), Jean-Pierre Molitor (expert indépendant).

La revue critique s'est déroulée en deux phases :

1^{ère} phase (juillet à septembre 2009): Une première version du rapport final BioIS a été remise au comité de revue début juillet 2009. Le comité de revue critique a formulé une série de commentaires/demandes de clarification et l'a transmise à BioIS par écrit. BioIS a ensuite répondu à ces commentaires/demandes et a rédigé en septembre 2009 une deuxième version du rapport final intégrant ces réponses. Le comité de revue a finalement rédigé une synthèse de revue critique basée sur cette deuxième version du rapport final.

La seconde version du rapport final soumise par BioIS en octobre 2009 a apporté une amélioration significative en comparaison à la version initiale. La majorité des remarques formulées par le panel de revue critique ont été intégrées dans le rapport. Des documents additionnels ont été remis à Eointesys – Life Cycle Systems par BioIS, répondant à la majorité des questions posées.

L'objectif de la revue critique a été, lors de cette première phase, de vérifier que l'étude a été menée conformément aux prescriptions de la norme ISO14040, et plus précisément de vérifier les points suivants :

- Les méthodes utilisées pour réaliser l'ACV sont elles conformes aux standards internationaux ?
- Les méthodes utilisées pour réaliser l'ACV sont elles valables d'un point de vue scientifique et technique ?
- Les données utilisées sont elles appropriées et raisonnables par rapport aux objectifs de l'étude ?
- Les interprétations reflètent-elles les limitations identifiées et les objectifs de l'étude ?
- Le rapport d'étude est-il transparent et cohérent ?

Ces différents points sont développés dans les sections 2 à 6 du rapport de revue critique.

2^{ème} phase (novembre à décembre 2009): Lors de la première phase, la reconstitution et la vérification des calculs par Eointesys sur la base des données fournies dans le rapport n'avait pu être réalisée que pour la filière EMHV de colza. Le fichier de calcul original de BioIS n'a en effet pas été mis à disposition des réviseurs car contenant des données confidentielles. L'ADEME et les ministères ayant commandité l'étude ont par la suite souhaité inclure dans la revue critique la vérification des calculs pour toutes les filières de biocarburants étudiées.

L'objectif de cette deuxième phase de la revue critique a donc été de vérifier, toujours sur la base des données disponibles dans le rapport:

- la justesse mathématique des calculs (les hypothèses sous-jacentes, issues du consensus établi par le comité de pilotage de l'étude, n'ont pas été remises en cause) ;
- la présence dans le rapport de toutes données permettant de reconstituer les calculs.

Ces différents points sont développés dans la section 7 du rapport de revue critique.

Suite à cette seconde phase de revue critique, il est attendu que plusieurs des remarques formulées ci-après soient intégrées dans une troisième et ultime version du rapport final de l'étude BioIS.

2 Les méthodes utilisées pour réaliser l'ACV sont elles conformes aux standards internationaux ?

Même si le rapport d'étude ne fait pas directement référence aux standards internationaux sur l'ACV (ISO 14040 et 14044) et sa structure ne suit pas dans le détail celle proposée par ISO pour un rapport à une tierce partie et dans le cas d'une étude visant à supporter une assertion comparative divulguée au public (ISO 14044, section 5), les principaux éléments méthodologiques régissant l'ACV tels que définis dans ces standards internationaux sont présentés. Ainsi sont retrouvés : les objectifs, la fonction des systèmes comparés et l'unité fonctionnelle qui en découle, les frontières des systèmes et les hypothèses permettant leur modélisation, les sources des données d'inventaire, les règles d'allocation, les indicateurs d'impact et les modèles de caractérisation.

Le travail de revue critique a permis d'aboutir à une définition plus claire de l'unité fonctionnelle dans la version finale du rapport, qui est le km parcouru par un véhicule.

Il est à noter que la modélisation du système a été réalisée de manière particulièrement minutieuse, compte tenu des contraintes du cahier des charges de l'étude.

Certaines limitations restent néanmoins à relever:

- Le public ciblé et les applications attendues de l'étude pourraient être spécifiés de façon plus claire.
- Les résultats d'inventaire (flux élémentaires) pour les différents scénarios sont absents; les résultats sont en effet directement présentés au niveau des indicateurs d'impact. Il serait intéressant de fournir ces données d'inventaire en fichier joint afin de faciliter la comparaison à d'autres travaux utilisant d'autres méthodologies d'évaluation des impacts, ou encore de permettre la mise à jour pour suivre l'évolution de ces méthodologies. *Il est à noter que sur ce point, BioIS a proposé la création ultérieurement d'une annexe spécifique, disponible en ligne, avec l'inventaire agrégé pour la filière principale avec allocation pour chaque biocarburant.*
- L'ACV se doit de couvrir un ensemble de problématiques environnementales le plus large possible afin d'identifier les possibles déplacements de pollution. Dans ce contexte le nombre d'indicateurs considérés dans la présente étude est plutôt limité, n'abordant pas des problèmes tels l'appauvrissement de la couche d'ozone, l'acidification, l'écotoxicité et l'utilisation des terres. Ce choix restreint des indicateurs résulte toutefois du cahier des charges initial de l'étude auquel s'est conformé BioIS.

Même sans suivre la structure proposée par l'ISO, l'étude présente de manière détaillée les différents éléments méthodologiques régissant l'ACV. On peut regretter le spectre limité des indicateurs d'impacts retenus, mais la publication sur un site web des résultats d'inventaire, proposée par BioIS, apportera sur ce plan une valeur ajoutée à l'étude. L'étude satisfait donc globalement aux standards internationaux sur l'ACV.

3 Les méthodes utilisées pour réaliser l'ACV sont elles valables d'un point de vue scientifique et technique ?

Les indicateurs d'impact présentés sont issus de méthodes reconnues (GIEC, CML) et couramment utilisées. Il aurait été intéressant d'appliquer en parallèle une méthode d'évaluation de l'impact plus récente telle que la méthode ReCiPe qui présente des valeurs actualisées pour plusieurs catégories d'impact et en particulier pour la toxicité humaine. De même les GWP (*Global Warming Potentials*) utilisés ne correspondent pas aux dernières valeurs de l'IPCC ; les anciennes valeurs utilisées sciemment pour permettre la comparaison avec d'anciennes études, auraient pu avantageusement être présentées en analyse de sensibilité, même si le différentiel entre les deux est a priori faible.

Les allocations ont été réalisées suivant les recommandations du référentiel méthodologique « *Elaboration du référentiel méthodologique pour la réalisation d'Analyses de Cycle de Vie appliquées aux biocarburants de première génération en France* ». Ce choix, émanant du cahier des charges, d'effectuer l'allocation sur le contenu énergétique des coproduits ne s'inscrit pas directement dans une relation de causalité physique ou fonctionnelle, puisque la plupart des coproduits ne sont pas utilisés pour produire de la chaleur, que les émissions ne sont pas directement reliées aux contenu énergétique et que les quantités de co-produits produites ne peuvent être variées en fonction de ce contenu énergétique. Dans le standard ISO 14044 ce type d'allocation vient en dernière priorité et ne devrait être appliqué que si les autres méthodes (séparation et extension du système, causalité physique voire allocation économique) ne peuvent s'appliquer¹.

La présentation des résultats avec et sans allocation est un point positif puisqu'il permet au lecteur d'évaluer l'incidence de l'allocation. Il a toutefois été noté que pour la méthode d'allocation des coproduits retenue dans le référentiel méthodologique, la préférence a été donnée à l'approche locale (par étape) plutôt que l'approche globale qui considère les intrants et les extrants de la bioraffinerie dans son ensemble. De ce fait, il n'est donc pas possible d'interpréter les résultats « sans » allocation comme faisant supporter toutes les consommations et les émissions aux biocarburants car ne sont pris en compte, à chaque étape, uniquement les charges en amont. De ce fait l'ultime étape de séchage des pulpes surpressées (75% du tonnage totale vendu en France) n'est pas incluse puisqu'elle se situe en aval. Or c'est une étape qui non seulement consomme beaucoup d'énergie fossile mais aussi est des plus polluantes (> 50% de l'énergie provenant du charbon). Il en va ainsi de l'étape finale pour tous les coproduits des bioraffineries mais le résultat est singulièrement faussé pour le bioéthanol de betterave. *Ce à quoi BioIS a répondu que les étapes de séchage des drèches et de surpressage des pulpes ont bien été intégrées au résultat « sans » allocation. Il a aussi été débattu d'inclure le passage des pulpes surpressées aux pulpes déshydratées, mais il a été retenu que la pulpe surpressée était déjà un produit et qu'il n'était pas possible d'aller plus loin dans de potentielles intégrations d'étapes de séchage dans le bilan de l'éthanol.*

De plus, suite à la demande d'EcoIntesys, à l'issue de la première phase de revue critique, d'évaluer l'incidence des choix d'allocation au travers d'études de sensibilité, une analyse de sensibilité a été réalisée sur la méthode d'allocation pour la filière colza uniquement. Une allocation massique ou économique en place de l'allocation énergétique ne modifie pas les conclusions pour cette filière.

La présente étude utilise des méthodes d'analyse d'impact et des règles méthodologiques préconisées par le référentiel méthodologique « Elaboration du référentiel méthodologique pour la réalisation d'Analyses de Cycle de Vie appliquées aux biocarburants de première génération en France », et globalement reconnues. Le choix des règles d'allocation est un paramètre fondamental qui aurait pu être sujet à des analyses de sensibilité plus exhaustives. Dans son ensemble les méthodes utilisées pour cette étude sont scientifiquement et techniquement valables.

¹ A ce titre la version mise en consultation de la nouvelle norme ISO/TC 207/SC 7/WG 2 N 151 sur le protocole d'ACV appliquée aux gaz à effet de serre explicite les règles d'application d'ISO 14044, en précisant la hiérarchie suivante dans un ordre décroissant de priorité: séparation des systèmes, extension des systèmes, allocation physique représentative de la variation des émissions, substitution, allocation financière, autres paramètres de consensus.

4 Les données utilisées sont elles appropriées et raisonnables par rapport aux objectifs de l'étude ?

Les données d'inventaire utilisées lors de cette étude peuvent être distinguées entre :

- (i) des données primaires (spécifiques) décrivant les processus d'avant-plan ayant lieu en France (activités agricoles, usines de transformation) associés aux différentes filières de biocarburants, et,
- (ii) des données secondaires (génériques) décrivant les autres processus d'avant plan (activités agricoles ayant lieu ailleurs qu'en France) et ceux d'arrière-plan (production de réactifs, d'énergie, transports).

Les données primaires ont été obtenues auprès des parties prenantes impliquées dans le comité technique (acteurs industriels et instituts agricoles techniques) et ont été l'objet de consensus au sein de ce comité. La démarche pour obtenir ces données a donc été exhaustive, impliquant l'ensemble des parties prenantes, et recherchant les données correspondant à l'état de l'art actuel. Ces données et hypothèses sous-jacentes sont principalement reportées de manière cohérente et transparente dans le rapport de l'étude (voir section 6 et 7 du rapport de revue critique). Les données secondaires ont été tirées de la littérature spécialisée et de la base de données suisse ecoinvent, une des plus récentes disponibles.

Durant le processus de revue critique, une série de questions ont été soumises à BioIS afin de clarifier la compréhension de certaines données et/ou leur source. Nous relevons ci-dessous quelques uns des principaux points de ces échanges :

- Eût égard au fait qu'en France plus de 75% des pulpes surpressées sont transformés en pulpe déshydratée, une intégration de cette étape de transformation dans la filière éthanol de betterave aurait permis une comparaison plus réaliste des impacts des sous-produits des différentes filière bioéthanol (voir ci-avant).
- Pour le colza, des résultats sont donnés considérant une étape de distillation alors que celle-ci n'est nullement répertoriée dans l'Annexe 2, ni mentionnée pour les autres esters méthyliques, pourtant tous fabriqués par les mêmes techniques. *Ceci est expliqué par BioIS par le fait que la distillation est une sous-filière très minoritaire. Un calcul à partir de la ressource agricole la plus utilisée (le colza), a servi de base à l'exclusion de cette étape pour les autres filières.*
- Un questionnement a également été soulevé à propos des données sur la distillation de l'éthanol de canne à sucre du Brésil. Le poste distillation n'est pas indiqué dans l'Annexe 2 et la consommation d'énergie 10000 MJ/t bc étonne. Un surplus d'électricité est mentionné mais le manque de détail des données dans le rapport ne permet pas d'en savoir davantage sur ce chiffre. *BioIS indique qu'il s'agit d'une consommation moyenne estimée par eux, qui reste cohérente par rapport aux filières françaises et au fait que moins d'efforts sur la rentabilisation de cette énergie biomasse ont été entrepris de façon générale au Brésil. De plus, cette biomasse sert à cogénérer plus d'électricité que pour les situations en France puisque ayant des technologies plus anciennes, il a été fait l'hypothèse d'une consommation énergétique supérieure au système actuel français.*
- En ce qui concerne les graisses animales de catégorie C1 et C2 qui sont jusqu'à maintenant incinérées ou peuvent servir de combustible, leur utilisation par la filière biodiesel peut impliquer de devoir considérer dans l'ACV leur remplacement par des sources d'énergie fossiles. L'étude ne relève pas cet aspect. *BioIS considère que de tenir compte de cette fin de vie possible aux graisses (leur utilisation comme combustible) ne permettrait pas la comparaison avec les autres filières, dont les matières premières peuvent aussi être brûlées.*

- Dans la mesure où les biocarburants ont été comparés aux carburants fossiles, des données provenant d'acteurs industriels pétroliers auraient été plus appropriées pour établir les besoins en énergie fossile, et les rendre comparables aux données spécifiques utilisées pour les biocarburants.
- Le rapport en se limitant exclusivement à des productions et des technologies utilisées dans des usines françaises pour le biodiesel et l'éthanol est réducteur face à une réalité européenne ou diverses options technologiques coexistent. Le rapport aurait pu mentionner quelques exemples d'initiatives d'évolution technologiques telle la cogénération de biomasse de l'usine Cropenergies de Wanze en Belgique. *Pour BioIS, ce regard européen allait au-delà du cahier des charges de l'étude, par contre la cogénération à partir de biomasse a été considérée par l'analyse de scénarii prospectifs pour la plupart des filières.*
- À propos des consommations des intrants, vapeur et électricité, les valeurs indiquées à l'Annexe 2 varient considérablement entre les différentes filières éthanol répertoriées. L'absence d'informations détaillées sur les technologies des installations d'évaporation et de distillation ne permettait pas de vérifier si les données de consommation sont dans les moyennes de l'industrie. Toutefois la consommation de vapeur pour la distillation d'éthanol de betterave paraissait clairement sous-estimée. La teneur en éthanol du vin de fermentation n'est pas divulguée (Annexe 2) mais se situe dans toutes les installations industrielles connues à des niveaux inférieurs à celui de l'éthanol de blé ou de maïs (10,5%-11% à comparer à 12-14% d'alcool en volume), la consommation en vapeur est de ce fait 10-20% plus élevée que celle pour la distillation d'éthanol de blé et de maïs à technologie identique. Or la consommation de vapeur prise en compte pour la distillation de l'éthanol de betterave est de 50% inférieur à celle de l'éthanol de maïs. *Ce à quoi BioIS répondit qu'il s'agissait de données fournies par les industriels et qui ont effectivement fait débat. Les écarts observés ne sont pas si marqués sur les bilans énergétiques globaux. Il faut bien comprendre que l'allocation d'énergie a une étape présente déjà en soit une différence entre site selon les systèmes de récupération d'énergie vive réalisés au profit d'autres étapes, puisque est attribué à une étape, le différentiel d'énergie entre l'énergie vive (contenue dans la vapeur) qui lui est envoyée et l'énergie vive qui peut être réutilisée par la suite de la réalisation des fonctions de cette étape.*
- Il y a une incohérence dans la modélisation des infrastructures associées aux processus inclus dans les frontières des systèmes. Celles-ci n'ont pas été prises en compte pour les processus d'avant-plan des différentes filières (par exemple les usines de transformation de la biomasse) mais elles sont incluses dans les données génériques utilisées pour les processus d'arrière-plan (par exemple les processus d'approvisionnement énergétique ou de transport, issus de la base de données ecoinvent). Il aurait pourtant été possible de les exclure également ou d'utiliser des données substitutives (proxy) pour les infrastructures exclues. La contribution des infrastructures incluses n'est pas analysée pour mettre celle-ci en perspective.

La démarche pour obtenir les données sous-jacentes à l'étude a été exhaustive, impliquant l'ensemble des parties prenantes, et recherchant les données correspondant à l'état de l'art actuel. En ce sens, il est possible de dire que les données utilisées sont globalement appropriées et raisonnables par rapport aux objectifs de l'étude, et l'état des connaissances actuel.

5 Les interprétations reflètent les limitations identifiées et les objectifs de l'étude ?

L'interprétation des résultats et les conclusions de l'étude étaient limitées dans la première version de l'étude, laissant au lecteur une part importante de l'interprétation. Ces conclusions (intitulé « synthèse des résultats ») ont été considérablement remaniées et présentent maintenant une synthèse intéressante du travail réalisé. On peut toutefois noter que l'analyse comparative des différentes filières biocarburant entres-elles est peu discutée. La discussion porte plus sur la comparaison globale des filières biocarburants avec les filières fossiles. Une discussion et interprétation plus poussée des différences entre les différentes filières biocarburant (en relation avec leur modélisation) aurait été intéressante, mais cela n'était pas un objectif demandé du cahier des charges l'étude BioIS.

Des analyses de sensibilité ont été réalisées sur les principales sources d'incertitude identifiées dans les hypothèses et les données d'inventaire. Il est à noter qu'une attention particulière a été mise à traiter la problématique des changements d'affectation des sols directs et indirects.

Toutefois, selon ISO, la vérification des résultats et des conclusions lors de la phase d'interprétation doit inclure des analyses de complétude, de cohérence et de la qualité des données d'inventaire. Ces analyses n'ont pas été faites.

Une analyse de sensibilité sur les modèles de caractérisation des indicateurs d'impact comme la toxicité humaine pour lesquels il n'y a pas de consensus scientifique n'a pas été faite. Comme déjà mentionné, l'absence de toute publication de résultats d'inventaire rendra difficile cette vérification a posteriori (ce point sera résolu par BioIS en rendant les résultats d'inventaires disponibles sur un site web).

Les données de la base de données ecoinvent présentent dans la majorité des cas une information sur l'incertitude associée aux flux inventoriés. Une indication de la variabilité des données collectées sur les processus d'avant-plan est aussi présentée (Annexe 2). Ces informations auraient rendu possible une analyse d'incertitude, pourtant recommandée par ISO. Le chapitre 9, rajouté par BioIS dans la dernière version du rapport, apporte de éléments comparatifs intéressants entre études permet une consolidation des données utilisées, mais ne se substitue pas à une analyse d'incertitude à proprement parler.

Enfin, hormis l'étude JRC-Concawe, aucune comparaison des données n'est faite avec des études similaires faites en Europe sur des biocarburants de première génération. Là encore il s'agit d'une restriction qui est liée au cahier des charges initial de l'étude. L'absence de valeurs clés des dépenses énergétiques (MJ vapeur ; électricité ; énergie/kg biocarburant) pour l'ensemble de la phase industrielle, avant allocation, restreint les possibilités de comparaison au lecteur.

L'interprétation des résultats nous semble appropriée, et bien synthétisée. Il aurait toutefois été intéressant d'intégrer des analyses de complétude, cohérence et qualité des données d'inventaire ainsi que des analyses d'incertitude sur les résultats.

6 Le rapport d'étude est transparent et cohérent ?

Le rapport d'étude présente de façon claire et détaillée les éléments méthodologiques de l'analyse du cycle de vie réalisée. La longueur du rapport est en accord avec l'ampleur de l'étude (nombre de filières considérées).

La principale critique qui a été formulée initialement était un manque de schémas détaillés des filières étudiées. Ces schémas ont été ajoutés par BioIS au Chapitre 5, ce qui améliore considérablement la facilité de lecture de l'étude et sa transparence.

Les multiples échanges entre BioIS et EcoIntesys lors de cette revue critique ont permis d'identifier un certain nombre de manques de transparence dans le rapport (en particulier de données manquantes).

Ces défauts ont été largement corrigés par BioIS, ou devront l'être dans la version finale du rapport. Ainsi, le rapport final sera suffisamment transparent et cohérent. La présentation des conclusions et de l'interprétation des résultats a également été approfondie et restructurée afin de mieux rendre compte de la qualité et de l'ampleur du travail réalisé pour cette étude.

Le rapport d'étude présente de façon claire et détaillée les éléments méthodologiques de l'analyse du cycle de vie réalisée. La longueur du rapport est en accord avec l'ampleur de l'étude (nombres de filières considérées). Un travail important a été accompli pour améliorer la transparence du rapport.

7 Vérification des calculs

Basée sur la seconde version du rapport de l'étude soumis par BioIS et sur ses annexes (seconde version du rapport final mise à disposition de Ecoinvent en octobre 2009 après la première phase de la revue critique) ainsi que sur les données complémentaires que BioIS a dû fournir en cours de revue critique, la vérification des calculs a porté sur :

- Les calculs pour les filières principales (procédés majoritaires de production) modélisées pour chaque biocarburant, considérant la gamme de mélanges utilisés dans les véhicules en France.
- Les calculs se rapportant à l'analyse de sensibilité sur les changements d'affectation des sols.
- Les résultats d'indicateurs environnementaux calculés pour les divers processus inclus dans la modélisation des filières (Annexe 4). Cette vérification est restée partielle car certains inventaires ont été développés spécifiquement pour cette étude par BioIS (en modifiant les inventaires de la base de données ecoinvent par exemple) et n'ont pas été mis à disposition.

7.1 Justesse mathématique des calculs

Lors de cette vérification, plusieurs erreurs et lacunes quant aux informations disponibles ont été identifiées. BioIS a donc fourni des données et résultats complémentaires corrigés, qui devront être intégrés dans la version finale du rapport.

Ainsi les éléments suivants du rapport et des annexes ont en particulier été revus :

- La modélisation spécifique des grid-mix indonésien (ester de palme) et américain (ester de soja) a été suggérée.
- Les émissions des véhicules (émissions de COV non méthane pour les véhicules à essence et essence-éthanol ; émissions de COV non méthane pour les véhicules à diesel-ester, de NOx pour les véhicules fonctionnant au B30) et le résultat d'indicateur santé humaine pour les véhicules fonctionnant au diesel (GOH).
- Les émissions des bioraffineries, notamment au niveau des émissions de COV (afin de pouvoir appliquer les facteurs d'allocation par sous-étape de la bioraffinerie).
- À l'Annexe 4, les résultats pour l'indicateur santé humaine pour les émissions à l'air et à l'eau du pesticide générique, et le résultat pour l'indicateur eutrophisation pour une émission de phosphates à l'eau.

Sous réserve que les résultats finaux présentés dans le rapport concordent avec ceux des tableaux 1 et 2 (en bleu), il est possible d'affirmer que les résultats obtenus lors de la vérification des calculs montrent dans l'ensemble une bonne concordance avec les résultats de BioIS. Ainsi, les résultats recalculés par km parcouru sont du même ordre de grandeur et montrent de façon générale des écarts de 5% ou moins

avec les résultats de BioIS. Les quelques exceptions ne vont pas au-delà de 10% sauf pour l'indicateur eutrophisation pour le B30 d'ester de graisse animale (+29%) qui pointe possiblement vers une erreur de calcul ou de transcription du résultat.

Les faibles différences observées peuvent être partiellement imputées au fait que les valeurs indiquées dans le rapport et sur lesquelles s'appuient la vérification, ne sont pas exactement celles qui ont été utilisées par BioIS, ces dernières étant plus précises (plus grand nombre de chiffres significatifs). Ces valeurs tronquées (arrondies) génèrent donc des écarts qui peuvent s'être accumulés au cours des calculs de vérification. Un exemple est la valeur de la part énergétique que représente le biocarburant dans le mélange utilisé dans les véhicules. Cette part détermine la quantité des deux types de carburant et joue donc un rôle important dans le calcul des premiers résultats, c'est-à-dire par km parcouru. En deuxième temps, cette même donnée est utilisée à nouveau pour ramener ces résultats par km parcouru au biocarburant, amplifiant ainsi les écarts. Ceci est clairement visible dans les tableaux 1 et 2, où l'on voit des écarts plus importants entre les résultats BioIS et EcoIntesys pour les résultats par km parcouru ramené au biocarburant et par MJ de bio/carburant.

Une autre raison pour ces différences réside dans la non-disponibilité de certaines valeurs exactes pour des raisons de confidentialité. Par exemple, pour les filières éthanol, à part pour l'étape agricole, des plages de valeurs sont indiquées à l'Annexe 2, la valeur centrale de ces plages (moyenne des extrémités) a donc arbitrairement été utilisée dans les calculs de vérification.

Il est néanmoins possible de dire que pour toutes les filières, les résultats de la vérification des calculs ne viennent pas contredire les conclusions énoncées dans le rapport, c'est-à-dire la réduction de l'utilisation d'énergie primaire non renouvelable et du potentiel de réchauffement climatique pour les mélanges de biocarburants. Cette réduction est compensée pour certaines filières par une augmentation des autres indicateurs environnementaux choisis.

Tableau 1 : Résultats comparatifs des calculs de vérification (V) et de BiolS (B) pour les esters. Een bleu, ceux de BiolS et en noir ceux des calculs (EIS). En vert si la différence est inférieure à 5%, en jaune si elle est entre 5 et 10%, en rouge si elle est plus grande que 10%, la différence est calculée par rapport au résultat de BiolS.

		par km				par km ramené au bc				par MJ bc				
		MJ	kg eq. CO2	kg eq. C2H4	kg eq. 1,4-DB	MJ	kg eq. CO2	kg eq. C2H4	kg eq. 1,4-DB	MJ	kg eq. CO2	kg eq. C2H4	kg eq. 1,4-DB	kg eq. PO4
colza	BIOIS B0	2,12E+00	1,55E-01	1,91E-05	7,01E-01	6,30E-05				1,25E+00	9,14E-02	1,12E-05	4,12E-01	3,71E-05
	EIS B0	2,12E+00	1,55E-01	1,91E-05	7,00E-01	6,30E-05				1,24E+00	9,14E-02	1,12E-05	4,12E-01	3,71E-05
	BIOIS B10	2,00E+00	1,47E-01	1,97E-05	5,33E-01	1,15E-04	7,73E-01	6,55E-02	2,61E-05	-1,10E+00	6,20E-04	1,53E-05	-6,48E-01	3,65E-04
	BIOIS B30	1,74E+00	1,30E-01	2,12E-05	5,41E-01	2,20E-04	7,73E-01	6,55E-02	2,66E-05	1,39E-01	6,16E-04			
	EIS B10	1,99E+00	1,47E-01	1,95E-05	5,32E-01	1,14E-04	7,72E-01	6,14E-02	2,30E-05	-1,10E+00	6,12E-04	1,35E-05	-6,47E-01	3,60E-04
	EIS B30	1,73E+00	1,30E-01	2,10E-05	5,41E-01	2,17E-04	7,72E-01	6,51E-02	2,59E-05	1,39E-01	6,05E-04	1,53E-05	8,20E-02	3,56E-04
tournesol	BIOIS B10	1,99E+00	1,45E-01	1,97E-05	5,34E-01	1,19E-04	7,03E-01	4,47E-02	2,57E-05	-1,09E+00	6,62E-04	1,51E-05	-6,41E-01	3,90E-04
	BIOIS B30	1,72E+00	1,24E-01	2,11E-05	5,44E-01	2,32E-04	7,03E-01	4,47E-02	2,62E-05	1,50E-01	6,59E-04			
	EIS B10	1,99E+00	1,45E-01	1,95E-05	5,34E-01	1,18E-04	7,27E-01	4,17E-02	2,29E-05	-1,09E+00	6,52E-04	1,34E-05	-6,40E-01	3,84E-04
	EIS B30	1,72E+00	1,24E-01	2,10E-05	5,44E-01	2,28E-04	7,27E-01	4,54E-02	2,58E-05	1,51E-01	6,45E-04	1,52E-05	8,87E-02	3,79E-04
	BIOIS B10	1,98E+00	1,44E-01	1,92E-05	5,32E-01	8,57E-05	6,05E-01	3,52E-02	2,06E-05	-1,11E+00	3,07E-04	1,14E-05	-6,98E-01	1,61E-04
	BIOIS B30	1,69E+00	1,21E-01	1,97E-05	5,38E-01	1,31E-04	6,05E-01	3,52E-02	2,11E-05	1,29E-01	3,03E-04			
soja	EIS B10	1,98E+00	1,44E-01	1,90E-05	5,32E-01	8,46E-05	6,86E-01	3,44E-02	1,80E-05	-1,11E+00	2,95E-04	1,06E-05	-6,52E-01	1,73E-04
	EIS B30	1,71E+00	1,22E-01	1,96E-05	5,38E-01	1,27E-04	6,86E-01	3,81E-02	2,09E-05	1,30E-01	2,88E-04	1,23E-05	7,64E-02	1,69E-04
	BIOIS B10	1,97E+00	1,45E-01	1,86E-05	5,33E-01	8,63E-05	5,06E-01	3,93E-02	1,41E-05	-1,10E+00	3,14E-04	8,28E-06	-6,46E-01	1,84E-04
	BIOIS B30	1,66E+00	1,22E-01	1,78E-05	5,42E-01	1,33E-04	5,06E-01	3,93E-02	1,46E-05	1,41E-01	3,10E-04			
	EIS B10	1,97E+00	1,44E-01	1,83E-05	5,33E-01	8,88E-05	5,00E-01	3,53E-02	1,09E-05	-1,10E+00	3,40E-04	6,42E-06	-6,45E-01	2,00E-04
	EIS B30	1,66E+00	1,22E-01	1,76E-05	5,42E-01	1,40E-04	5,00E-01	3,90E-02	1,39E-05	1,42E-01	3,33E-04	8,16E-06	8,33E-02	1,96E-04
HVP	BIOIS HVP	4,13E-01	6,18E-02	1,07E-05	7,55E-01	6,71E-04	4,13E-01	6,18E-02	1,07E-05	7,55E-01	6,71E-04	6,00E-06	4,23E-01	3,76E-04
	EIS HVP	4,38E-01	6,38E-02	1,18E-05	7,57E-01	7,05E-04	4,38E-01	6,38E-02	1,18E-05	7,57E-01	7,05E-04	6,64E-06	4,25E-01	3,96E-04
HAU	BIOIS B10						4,02E-01	1,48E-02	7,98E-06	-1,15E+00	8,51E-05	4,69E-06	-6,78E-01	5,00E-05
	BIOIS B30						3,96E-01	1,09E-02	4,50E-06	-1,15E+00	1,11E-04	2,65E-06	-6,78E-01	6,51E-05
	EIS B10	1,96E+00	1,42E-01	1,77E-05	5,28E-01	6,74E-05	3,96E-01	1,46E-02	7,45E-06	8,71E-02	1,04E-04	4,38E-06	5,12E-02	6,09E-05
GA	BIOIS B10	1,96E+00	1,42E-01	1,78E-05	5,28E-01	6,18E-05	4,05E-01	1,38E-02	4,79E-06	-1,16E+00	5,01E-05	2,82E-06	-6,79E-01	2,95E-05
	BIOIS B30	1,63E+00	1,15E-01	1,52E-05	5,26E-01	5,84E-05	4,05E-01	1,38E-02	5,28E-06	8,48E-02	4,66E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	EIS B10	1,96E+00	1,42E-01	1,78E-05	5,28E-01	6,76E-05	4,73E-01	1,49E-02	5,54E-06	-1,15E+00	1,13E-04	3,26E-06	-6,77E-01	6,64E-05
	EIS B30	1,65E+00	1,16E-01	1,61E-05	5,26E-01	7,51E-05	4,73E-01	1,86E-02	8,50E-06	8,79E-02	1,06E-04	5,00E-06	5,17E-02	6,21E-05

Tableau 2 : Résultats comparatifs des calculs de vérification et de BioIS pour les éthanols. En bleu, ceux de BioIS et en noir, ceux des calculs (EIS) En vert si la différence est inférieure à 5%, en jaune si elle est entre 5 et 10%, en rouge si elle est plus grande que 10%, la différence est calculée par rapport au résultat de BioIS.,

	par km				par km ramené au bc				par MJ bc					
	BIOIS	EIS	kg eq. CO2 C2H4	kg eq. 1,4-DB	MJ	kg eq. CO2	kg eq. C2H4	kg eq. 1,4-DB	kg eq. PO4	MJ	kg eq. CO2	kg eq. C2H4	kg eq. 1,4-DB	kg eq. PO4
ble	BIOIS	E0	2,69E+00	1,98E-01	4,11E-05	4,51E-02	3,97E-05							
	EIS	E0	2,69E+00	1,98E-01	4,11E-05	4,51E-02	3,96E-05							
	BIOIS	E10	2,60E+00	1,92E-01	3,79E-05	4,96E-02	9,88E-05							
	BIOIS	E85	1,64E+00	1,28E-01	5,00E-05	9,75E-02	7,22E-04							
	BIOIS	E10 ETBE	2,66E+00	1,95E-01	3,79E-05	4,93E-02								
	EIS	E10	2,60E+00	1,92E-01	3,80E-05	5,00E-02	1,01E-04							
	EIS	E85	1,70E+00	1,35E-01	5,02E-05	1,02E-01	7,55E-04							
	EIS	E10 ETBE	2,67E+00	1,96E-01	3,85E-05	5,00E-02	1,01E-04							
	BIOIS	E10	2,60E+00	1,91E-01	3,78E-05	4,82E-02	9,40E-05							
	BIOIS	E85	1,57E+00	1,17E-01	4,95E-05	8,12E-02	6,67E-04							
maïs	BIOIS	E10 ETBE	2,65E+00	1,94E-01	3,78E-05	4,79E-02	9,31E-05							
	EIS	E10	2,59E+00	1,90E-01	3,79E-05	4,82E-02	9,29E-05							
	EIS	E85	1,49E+00	1,13E-01	4,95E-05	8,12E-02	6,59E-04							
	EIS	E10 ETBE	2,65E+00	1,94E-01	3,80E-05	4,80E-02	9,27E-05							
	BIOIS	E10	2,60E+00	1,89E-01	3,79E-05	4,69E-02	6,62E-05							
	BIOIS	E85	1,60E+00	1,01E-01	5,01E-05	6,66E-02	3,46E-04							
	BIOIS	E10 ETBE	2,66E+00	1,93E-01	3,79E-05	4,66E-02	6,49E-05							
	EIS	E10	2,60E+00	1,90E-01	3,82E-05	4,70E-02	6,42E-05							
	EIS	E85	2,66E+00	1,93E-01	3,84E-05	4,69E-02	6,39E-05							
	BIOIS	E10	2,54E+00	1,88E-01	5,99E-05	4,73E-02	6,99E-05							
betterave	BIOIS	E85	8,85E-01	9,20E-02	3,04E-04	7,10E-02	3,88E-04							
	BIOIS	E10 ETBE	2,59E+00	1,92E-01	6,01E-05	4,70E-02	6,86E-05							
	EIS	E10	2,53E+00	1,88E-01	6,05E-05	4,77E-02	6,94E-05							
	EIS	E85	8,81E-01	9,34E-02	3,12E-04	7,50E-02	3,86E-04							
	EIS	E10 ETBE	2,59E+00	1,92E-01	6,13E-05	4,76E-02	6,91E-05							
	BIOIS	E10	2,60E+00	1,92E-01	3,79E-05	4,96E-02	9,88E-05							
	BIOIS	E85	1,64E+00	1,28E-01	5,00E-05	9,75E-02	7,22E-04							
	BIOIS	E10 ETBE	2,66E+00	1,95E-01	3,79E-05	4,93E-02								
	EIS	E10	2,60E+00	1,92E-01	3,80E-05	5,00E-02	1,01E-04							
	EIS	E85	1,70E+00	1,35E-01	5,02E-05	1,02E-01	7,55E-04							
canne	BIOIS	E10	2,60E+00	1,91E-01	3,78E-05	4,82E-02	9,40E-05							
	BIOIS	E85	1,57E+00	1,17E-01	4,95E-05	8,12E-02	6,67E-04							
	BIOIS	E10 ETBE	2,65E+00	1,94E-01	3,78E-05	4,79E-02	9,31E-05							
	EIS	E10	2,59E+00	1,90E-01	3,79E-05	4,82E-02	9,29E-05							
	EIS	E85	1,49E+00	1,13E-01	4,95E-05	8,12E-02	6,59E-04							
	EIS	E10 ETBE	2,65E+00	1,94E-01	3,80E-05	4,80E-02	9,27E-05							
	BIOIS	E10	2,60E+00	1,89E-01	3,79E-05	4,69E-02	6,62E-05							
	BIOIS	E85	1,60E+00	1,01E-01	5,01E-05	6,66E-02	3,46E-04							
	BIOIS	E10 ETBE	2,66E+00	1,93E-01	3,79E-05	4,66E-02	6,49E-05							
	EIS	E10	2,60E+00	1,90E-01	3,82E-05	4,70E-02	6,42E-05							
EIS	E85	2,66E+00	1,93E-01	3,84E-05	4,69E-02	6,39E-05								
BIOIS	E10	2,54E+00	1,88E-01	5,99E-05	4,73E-02	6,99E-05								
BIOIS	E85	8,85E-01	9,20E-02	3,04E-04	7,10E-02	3,88E-04								
BIOIS	E10 ETBE	2,59E+00	1,92E-01	6,01E-05	4,70E-02	6,86E-05								
EIS	E10	2,53E+00	1,88E-01	6,05E-05	4,77E-02	6,94E-05								
EIS	E85	8,81E-01	9,34E-02	3,12E-04	7,50E-02	3,86E-04								
EIS	E10 ETBE	2,59E+00	1,92E-01	6,13E-05	4,76E-02	6,91E-05								

7.2 *Présence dans le rapport de toutes les données permettant de reconstituer les calculs*

Le travail de vérification des calculs a permis d'identifier des lacunes dans la documentation des filières ne permettant pas au lecteur de reconstituer tous les calculs. Ainsi :

- La documentation de la filière ETBE n'était pas suffisamment détaillée pour permettre sa modélisation complète, notamment la stœchiométrie de la réaction et ses besoins énergétiques pour la voie chimique.
- La documentation de la filière betterave n'était pas suffisamment détaillée pour permettre sa modélisation complète (quantité de chaque polarisable comme source de sucre pour la fermentation, lien entre le polarisable et sa filière de fermentation/distillation (campagne ou inter-campagne)).
- Dans l'Annexe 2, pour la filière canne à sucre, la manière dont sont calculées les émissions associées aux surfaces brûlées (étape de culture de la canne) n'est pas claire.
- Il n'a pas été possible de recalculer la valeur des facteurs d'allocation énergétique pour tous les coproduits impliqués dans les différentes filières. Plus particulièrement, pour les éthanol, ne sont pas indiqués le contenu en sucre des coproduits intermédiaires (moût faible, jus vert, jus épuré), l'humidité des drèches et pulpes sortant de l'étape d'extraction du sucre (point de séparation entre celles-ci et le coproduit intermédiaire menant à l'éthanol). Il a donc fallu que BioIS fournisse les valeurs précises pour les facteurs d'allocation. Pour certains de ceux-ci, les valeurs ne concordaient avec les calculs faits à partir des données indiquées aux annexes 2 et 3 (par exemple, pour les esters de tournesol et de soja, l'Annexe 2 n'indique aucun autre coproduit pour l'étape d'estérification (glycérine et huiles acides) alors que les facteurs d'allocation utilisés pour l'ester sont de 94,13% et 94,43%). Un autre problème associé aux facteurs d'allocation est la spécification des coproduits et des étapes les générant telle qu'indiquée aux tableaux du Chapitre 5 et celle indiquée à l'Annexe 2. Il a donc fallu encore une fois que BioIS fournisse des informations complémentaires, afin d'appliquer les bons facteurs aux bonnes étapes.
- Les informations indiquées au Chapitre 4.7 et les exemples de calculs présentés à l'Annexe 8 (notamment la démarche dans le calcul des facteurs de conversion de surface direct et indirect) ne sont pas suffisamment détaillées. Il en a résulté des difficultés à recalculer les émissions de CO₂ associées aux changements d'affectation des sols directs et indirects, et la nécessité pour BioIS de transmettre le détail de ses calculs. Certaines des hypothèses qui sont faites dans le calcul sont discutables, Ainsi, dans le cas d'un CAS indirect dû à la production d'ester, les hectares défrichés pour la culture de palme nécessaire pour compenser la perte d'huile alimentaire en Europe sont parfaitement compensés par l'évitement d'une production de soja dû aux tourteaux de palme. Aussi, les valeurs pour les rendements (t grains ou fruits/ha, huile/t grains ou fruits) utilisées dans les calculs ne sont pas les mêmes que celles indiquées pour les filières à l'Annexe 2. Néanmoins, l'objectif de l'analyse de sensibilité étant d'évaluer les ordres de grandeur que peuvent représenter la prise en compte des CAS directs et indirects associés aux biocarburants, ces hypothèses demeurent raisonnables.
- Disposant de la base de données ecoinvent (v.2) et des facteurs de caractérisation utilisés pour convertir les résultats d'inventaire pour les différents

processus en résultats d'indicateur (Tableaux 1 et 2 et Annexe 5), il a été possible de refaire ce calcul pour la majorité des processus. Les résultats obtenus ne concordent pas parfaitement avec ceux indiqués à l'Annexe 4, notamment pour les indicateurs énergie primaire non-renouvelable et santé humaine. Après consultation avec BioIS, ceci serait dû à l'utilisation de facteurs de caractérisation non indiqués dans le rapport. Il serait donc important de donner la liste complète des facteurs de caractérisation utilisés.

Si ces lacunes sont corrigées dans la troisième et ultime version du rapport final, celui-ci sera alors suffisamment transparent pour permettre au lecteur de reproduire les calculs.

En s'appuyant sur les données présentes dans la deuxième version du rapport et des annexes, il a été possible de reconstruire dans leur quasi-totalité les calculs et d'obtenir des résultats du même ordre de grandeur que ceux de BioIS. Ces derniers ont toutefois dû fournir des informations et des résultats complémentaires durant la vérification. Ces lacunes corrigées, le rapport sera alors suffisamment transparent pour permettre au lecteur de reproduire les calculs ou d'en comprendre clairement la démarche.

8 Évaluation globale

Globalement l'étude effectuée apporte des résultats intéressants et représente une contribution importante dans le débat sur les biocarburants. L'ACV est réalisée dans les règles de l'art, utilisant des méthodes scientifiquement reconnues et valides. Les données utilisées sont globalement appropriées et raisonnables par rapport aux objectifs de l'étude, et l'état des connaissances actuel. La mise à disposition des résultats détaillés de l'inventaire serait souhaitable pour permettre à cette étude d'être bien utilisée dans le futur et d'être comparée à d'autres études.