

ACTION 2 : Optimisation des processus d'extraction et valorisation énergétique

Action 2.6. :

Analyse environnementale de la filière microalgues-biodiesel



Séminaire Final, Vitoria, 27 Mars 2014



Objectifs des travaux

- Analyse de cycle de vie :
 - Identifier l'origine des principaux impacts des procédés mis en œuvre à travers la méthodologie d'analyse de cycle de vie
- Synthèse bibliographique :
 - Synthétiser les freins au développement des filières microalgues-biodiesel
 - Synthétiser les améliorations nécessaires

Analyse de cycle de vie

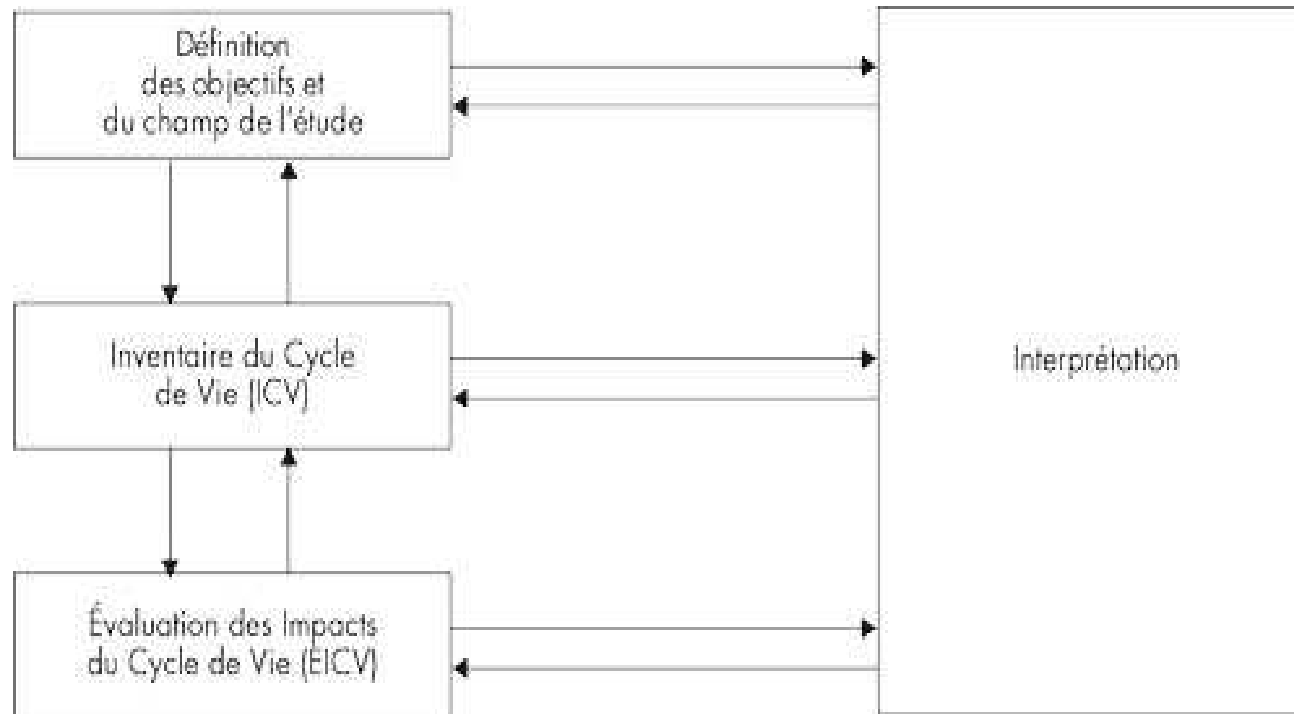
Définition et objectifs global

- *Selon l'ISO : « Compilation et évaluation des consommations d'énergie, des utilisations de matières premières, et des rejets dans l'environnement, ainsi que de l'évaluation de l'impact potentiel sur l'environnement associé à un produit, ou un procédé, ou un service, sur la totalité de son cycle de vie »*

→ Son objectif est donc bien d'évaluer les impacts **POTENTIELS** d'un système, sur l'environnement, en tenant compte de toutes les phases de son cycle de vie (multi-étapes) et de plusieurs catégories d'impact (Multicritères)

Analyse de cycle de vie

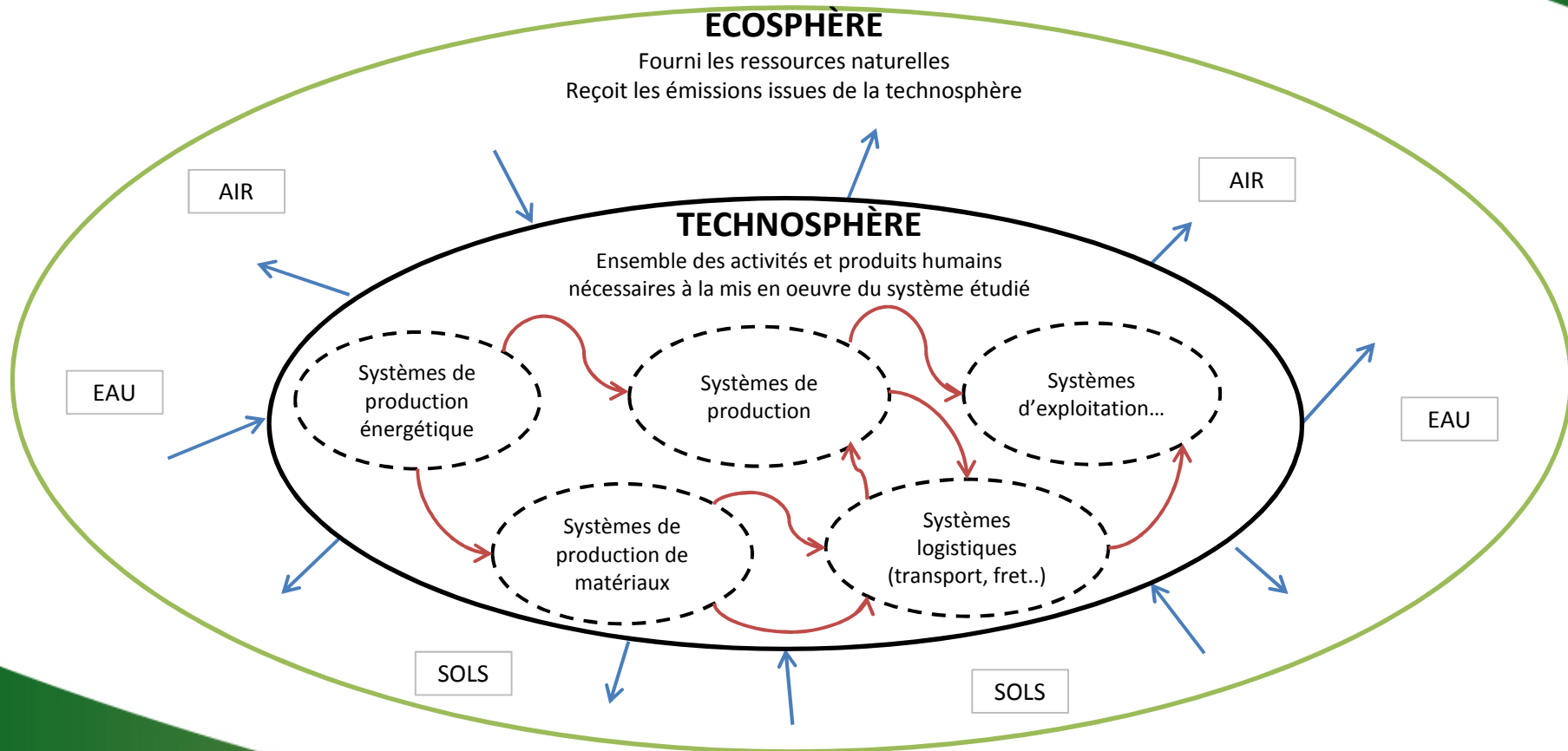
Méthodologie globale



Cadre de l'ACV, selon ISO 14040 et 14044

Analyse de cycle de vie

Les flux en analyse de cycle de vie

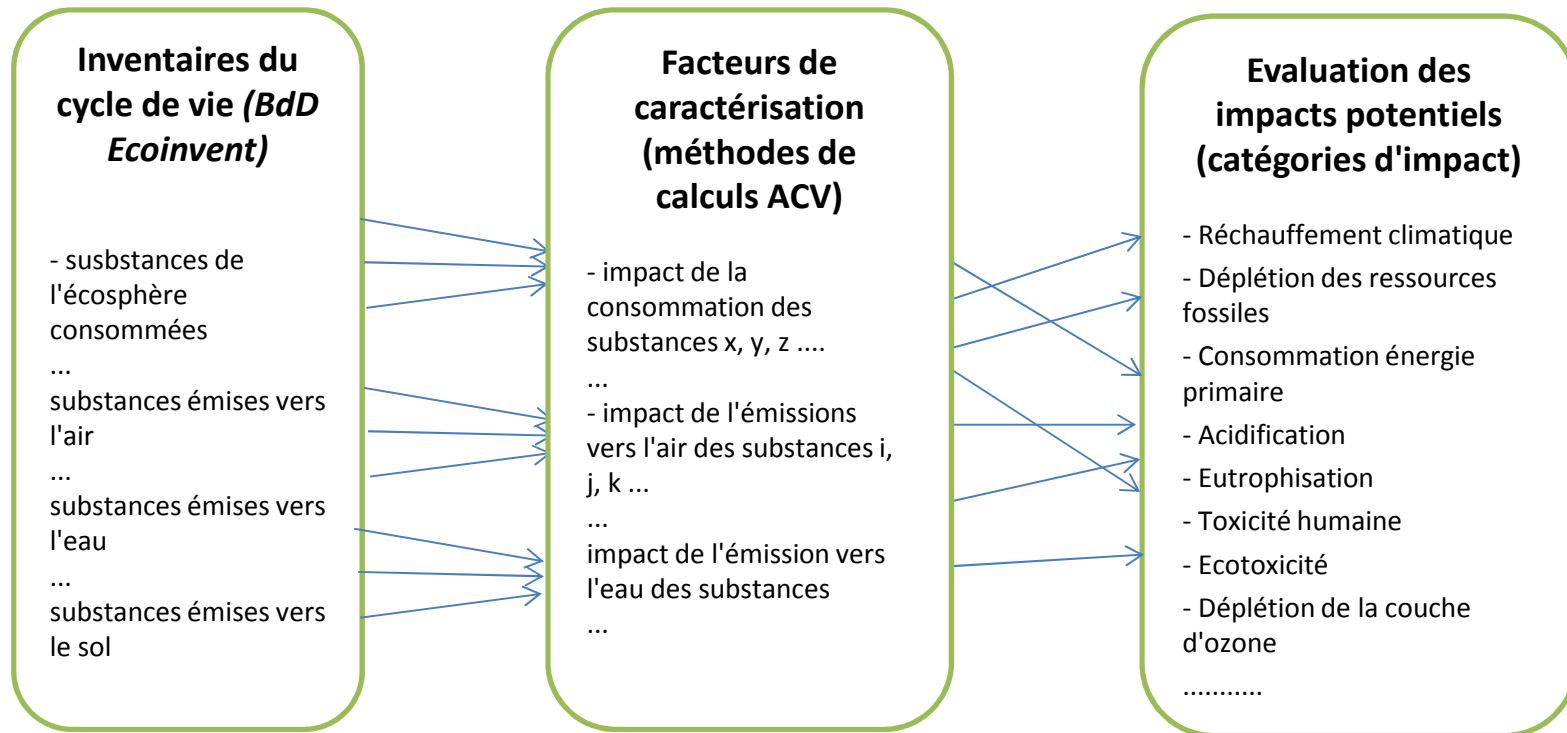


 Flux économiques (matériaux, services transports, énergie...) échangés entre les différents acteurs pour la mise en œuvre du système étudié.

 Flux élémentaires, échangés entre la technosphère et l'écosphère (Inventaires du Cycle de vie)

Analyse de cycle de vie

De l'inventaire du cycle de vie à l'évaluation des impacts potentiels



Analyse de cycle de vie

Les impacts évalués pour les étapes de production du biodiesel

Changement climatique (kg équivalent CO₂) : Cet indicateur d'impact environnemental sert à évaluer la contribution du système étudié à l'augmentation de la teneur de l'atmosphère en gaz à effet de serre. → *méthode IPCC 2007 – 100ans.*

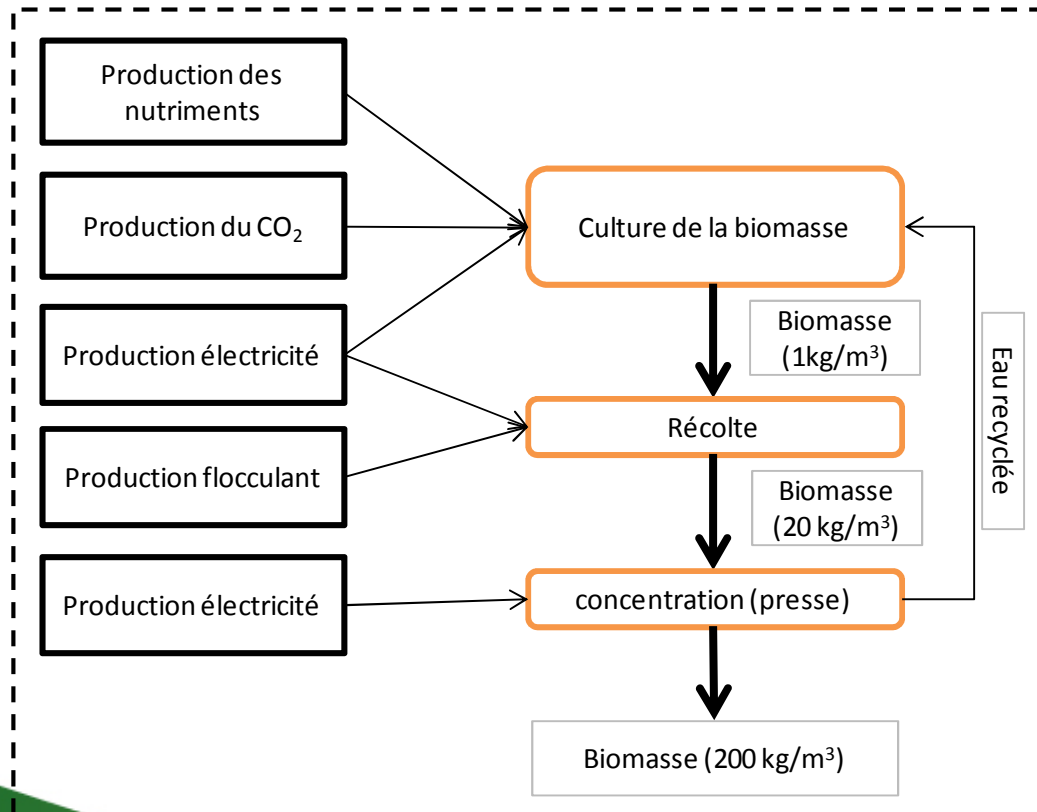
Demande en Energie primaire (MJ) : Exprimée en Mégajoules, cette catégorie d'impact traduit la consommation totale d'énergie primaire nécessaire à la réalisation de l'unité fonctionnelle (tous types d'énergie confondu). → *méthode Cumulative Energy Demand (CED) v 1.08.*

Acidification (kg équivalent soufre) : Certains composés émis dans l'atmosphère (notamment le dioxyde de soufre (SO₂) et les oxydes d'azote (NO_x) sont susceptibles d'être oxydés et de se transformer en acides (acide sulfurique, acide nitrique) qui sont ensuite lessivés par les précipitations (pluies acides) et se retrouvent dans les eaux de ruissellement et de surface. Cette acidification des milieux conduit à des impacts importants sur la faune (mort de poissons) et la flore (disparition de la végétation). → *méthode ReCipe midpoint (H) v.1.08.*

Eutrophisation eau douce (kg équivalent P) : L'eutrophisation est la résultante d'une accumulation de nutriments organiques dans les milieux aquatiques, provoquant le développement important d'algues et par conséquent la désoxygénation des eaux profondes. → *méthode ReCipe midpoint (H) v.1.08.*

ACV – Production de la biomasse

Frontières du système

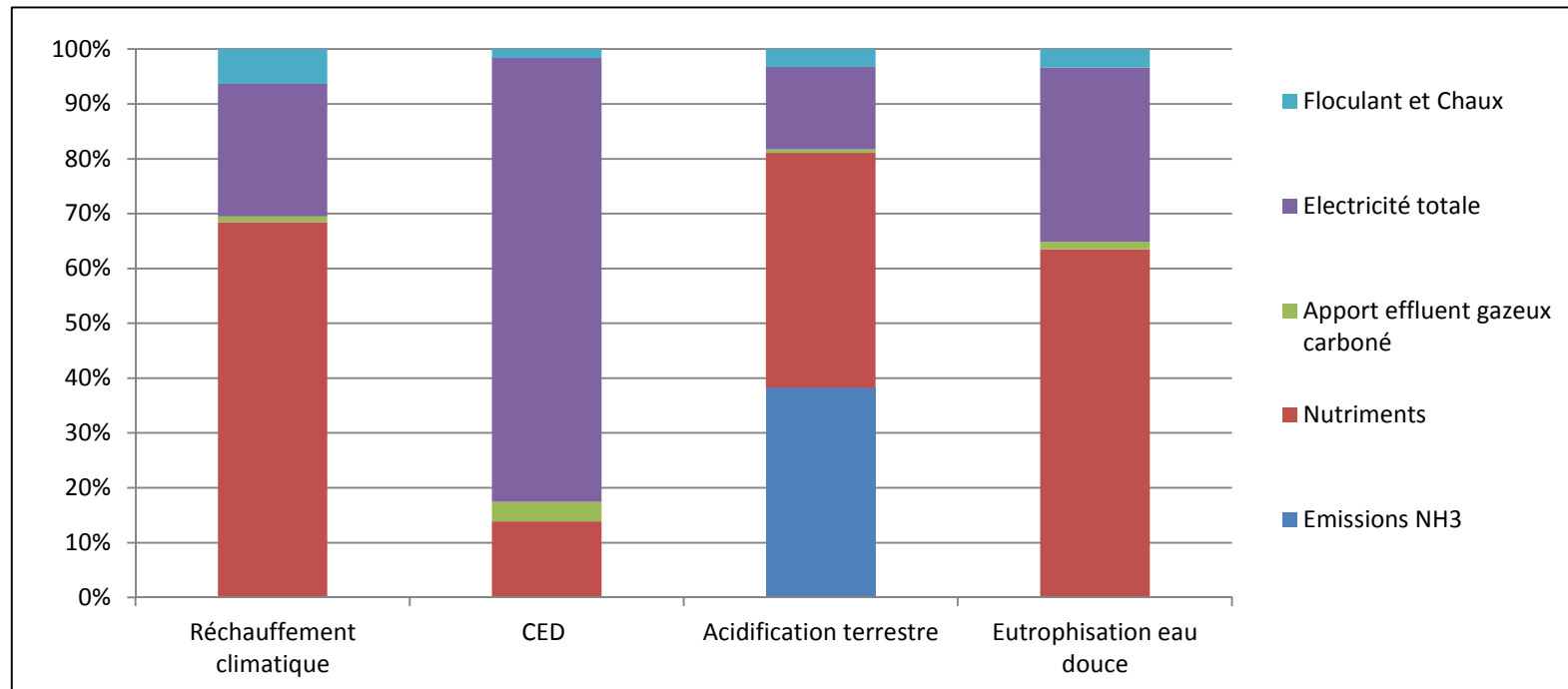


Intrants et émissions issus de la littérature scientifique (cf. rapport action 2.6)

Apport de CO₂ = zéro impact car issu d'effluents industriel, ou méthanisation

ACV – Production de la biomasse

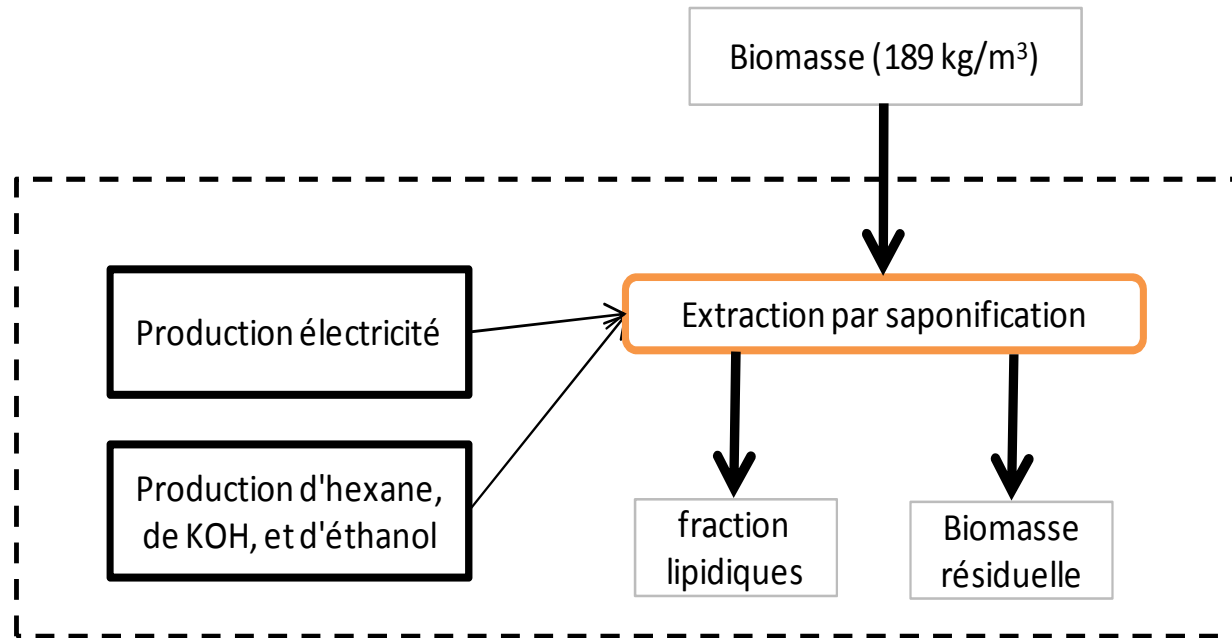
Résultats – répartition des impacts



- Les nutriments sont sources d'importants impacts
- L'électricité (mix français) de la culture (brassage, pompes etc...): impacts non négligeables, surtout consommation énergie primaire (CED)
- Phase de récolte par floculation sédimentation : négligeable

ACV – Phase d'extraction

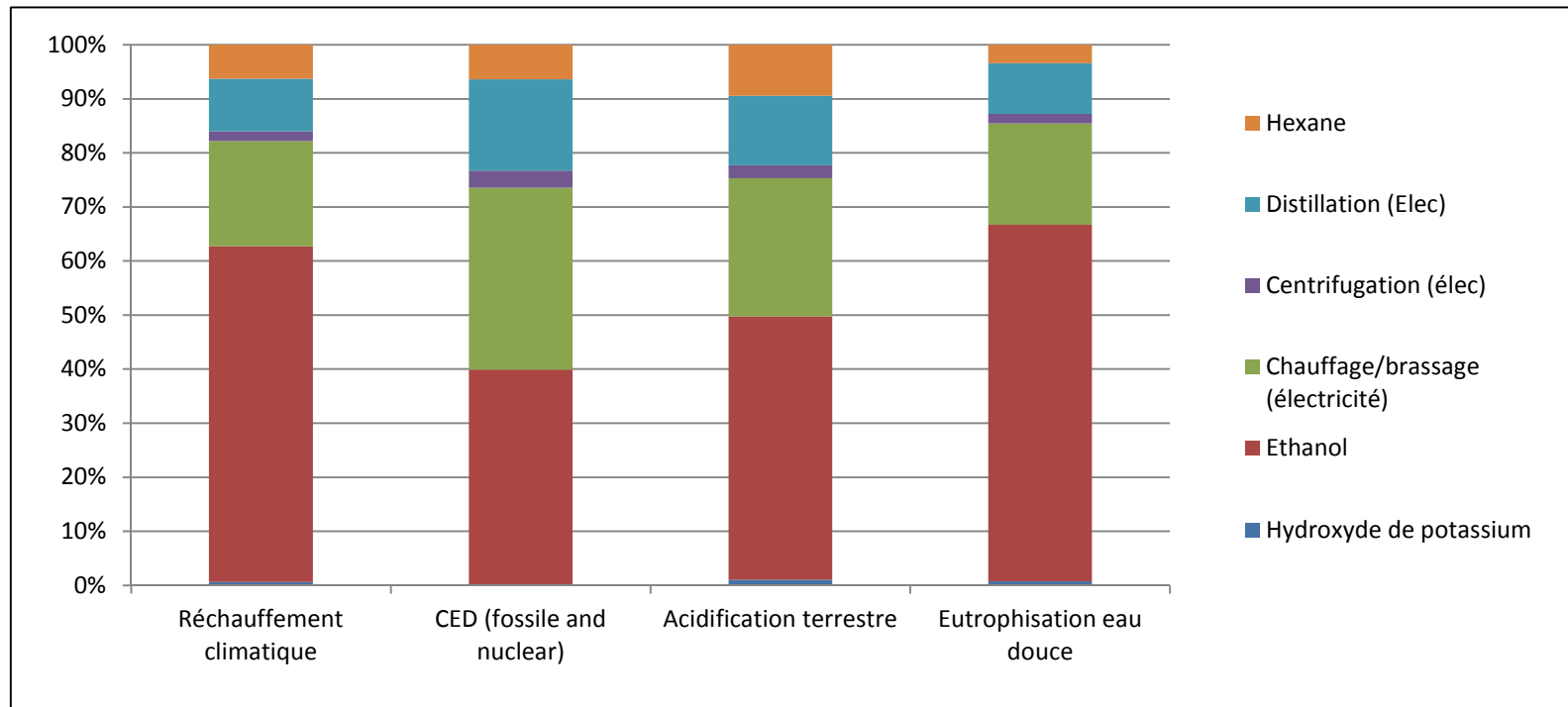
Frontières du système



Les flux consommés sont basés sur les données fournies par CENER, ayant réalisé l'extraction par saponification

ACV – Phase d'extraction

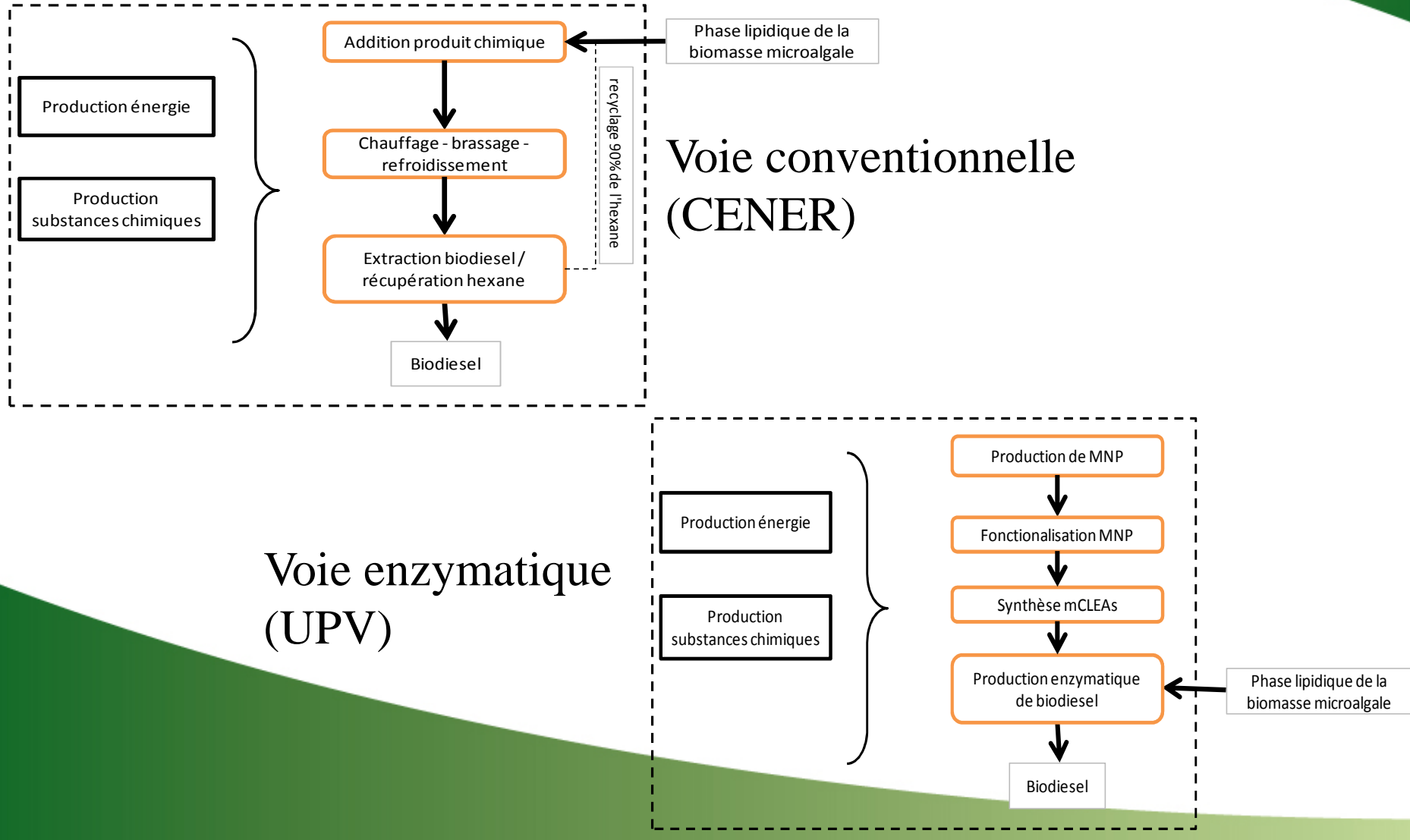
Résultats – répartition des impacts



- Production éthanol entre 40 et 65 % des impacts, car pas de récupération donc consommation élevée
- Energie pour la réaction (chauffage) et la récupération de l'hexane (distillation), 30 à 50% des impacts
- Hexane, avec seulement 10% de pertes considérées, <10% des impacts totaux

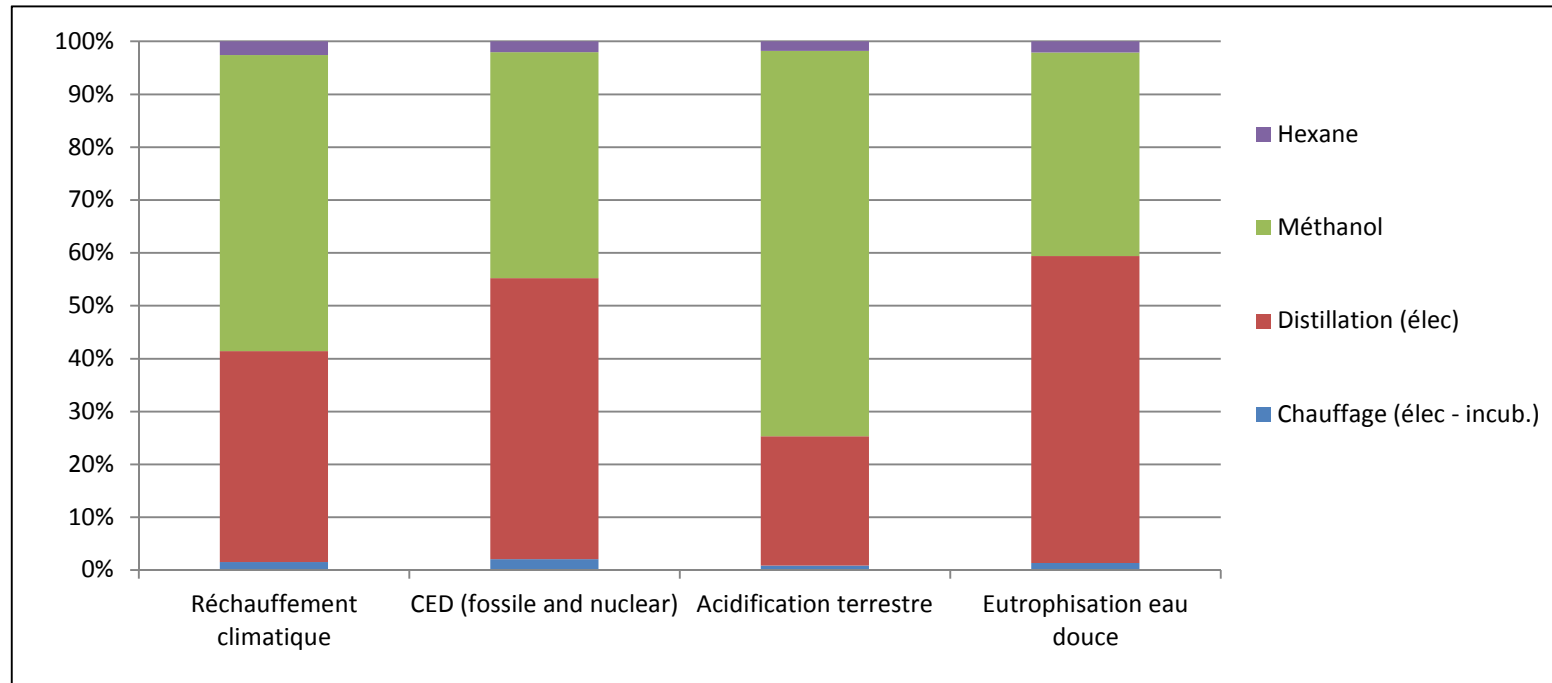
ACV – Phase de conversion biodiesel

Frontières des systèmes



ACV – Phase de conversion biodiesel

Résultats – répartition des impacts (voie conventionnelle CENER)



→ Méthanol consommée : fort impact (40 à 60%), hormis sur acidification (25%)

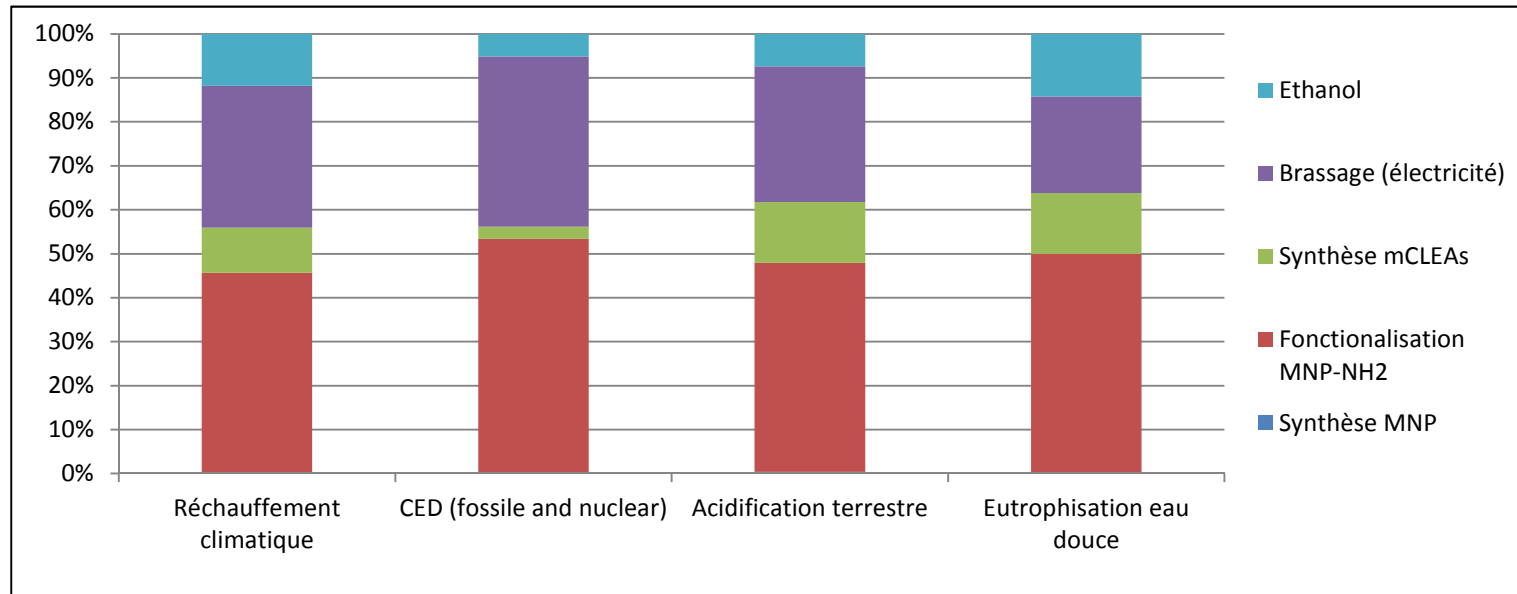
→ Récupération des différentes phases et notamment recyclage hexane : 40 à 70% des impacts en raison consommation énergétique

→ Energie réaction d'estérification : négligeable face au reste

→ Production d'hexane faible car recyclé

ACV – Phase de conversion biodiesel

Résultats – répartition des impacts (voie enzymatique UPV)



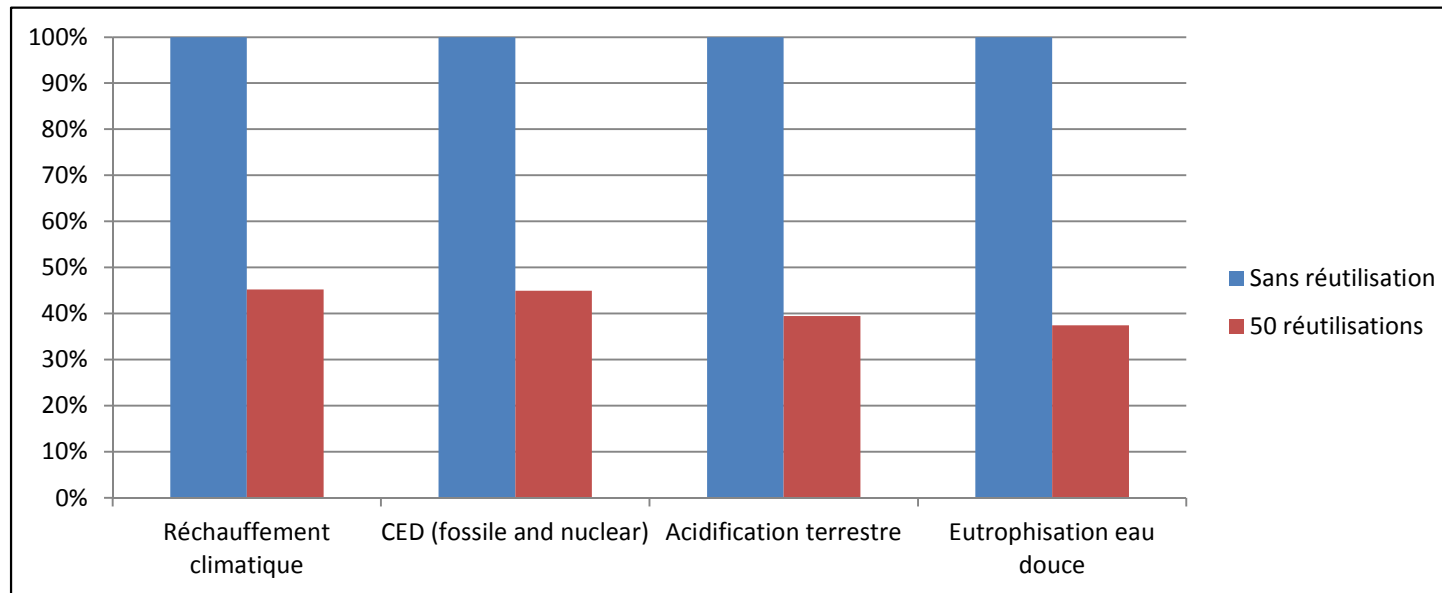
→ Production des enzymes (notamment énergie pour fonctionnalisation) : > 50% des impacts, donc nécessaire réutilisation

→ Pour le reste, c'est surtout l'énergie pour le brassage qui génère des impacts. -

→ L'éthanol est consommé en plus faible quantité, et possible recyclage....

ACV – Phase de conversion biodiesel

Résultats – Comparaison sans réutilisation enzyme – 50 réutilisation :

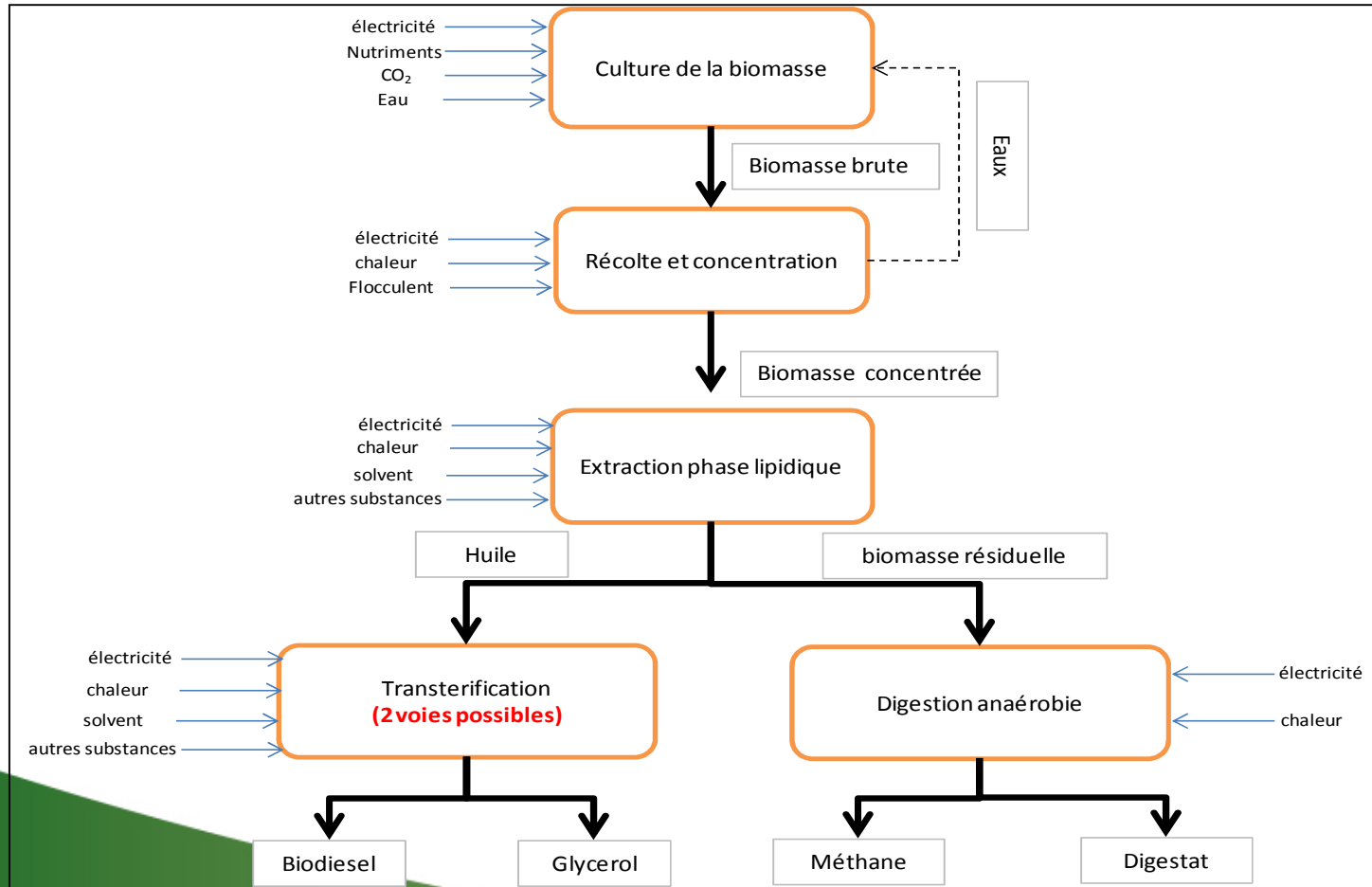


→ Réduction d'impact très sensible permise par la réutilisation des enzymes...

→ plus de 50 réutilisation possibles ???

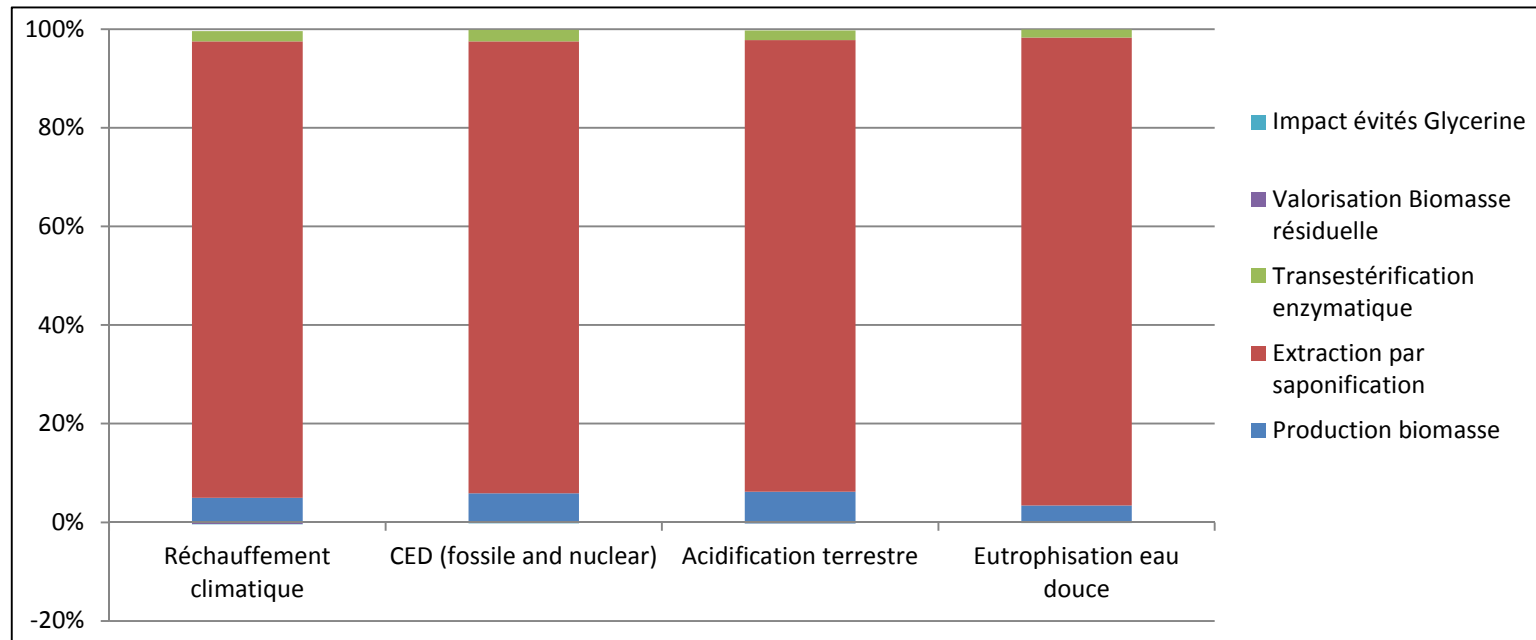
ACV – Système global

Frontière du système complet « filière de production biodiesel »



ACV – Système global

Résultat – répartition impacts (avec transestérification conventionnelle)



→ 90 % des impacts causés par la phase d'extraction, très énergivore et consommatrice d'éthanol...

→ Echelle industrielle → Optimisation et économie d'échelle ...

→ Difficulté pour affirmer la meilleure voie de conversion du biodiesel (conventionnelle ou enzymatique) car écart trop faible en raison de la phase d'extraction trop prépondérante.

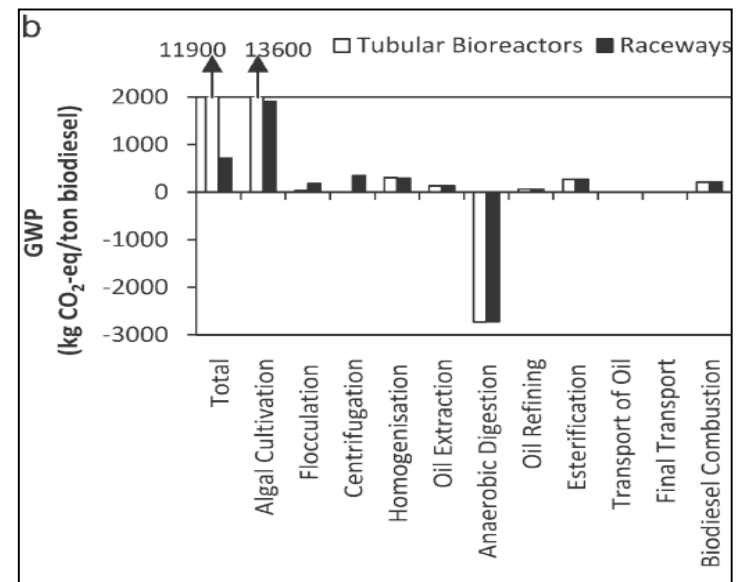
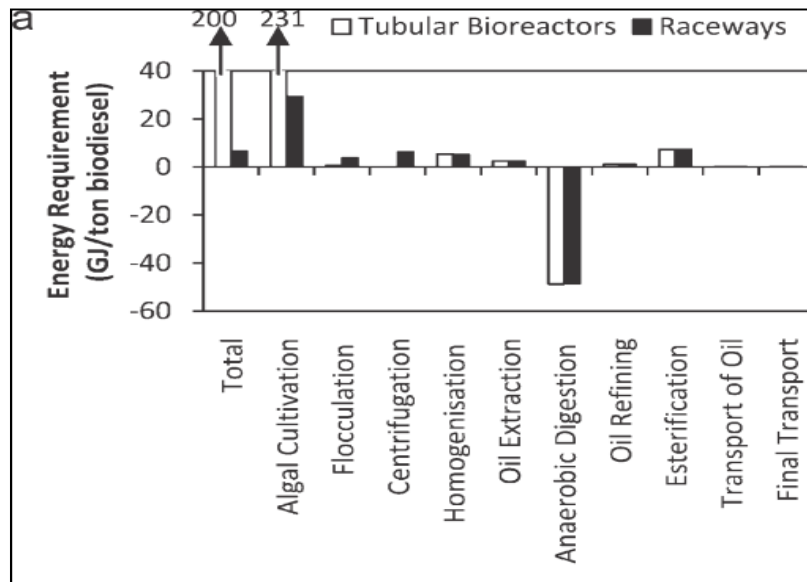
Synthèse bibliographique

Les principaux freins au développement de la filière

- Productivité biomasse (avec fort contenu lipidique) encore faible à des coûts énergétique raisonnables (coût d'exploitation des photobioréacteurs)
- Difficultés d'avoir des rendements élevés, stable en composition sur une longue durée et avec des volumes importants.
- Coût élevé de la production de la biomasse microalgale (actuellement uniquement des applications pour la production de molécules à forte valeur ajoutée). Coûts des nutriments, coûts énergétiques, coût de l'apport carboné si achat de CO₂ purifié et conditionné
- Phase d'extraction (et à minima, de conversion en biodiesel) très énergivore, notamment en raison des quantités importantes de solvants à recycler
- Débouchés/possibilités techniques pour la valorisation des différents co-produits

Synthèse bibliographique

Les meilleures pistes à envisager



Stephenson et al. (2011)

→ La culture en bassins ouverts présente un bilan énergétique largement plus favorable, et des émissions de gaz à effet de serre largement réduites

(contexte géographique : Royaume Uni)

→ La culture avec des effluents de STEP, ou des eaux usées est envisagée, et serait pertinente, mais de nombreuses difficultés persistent

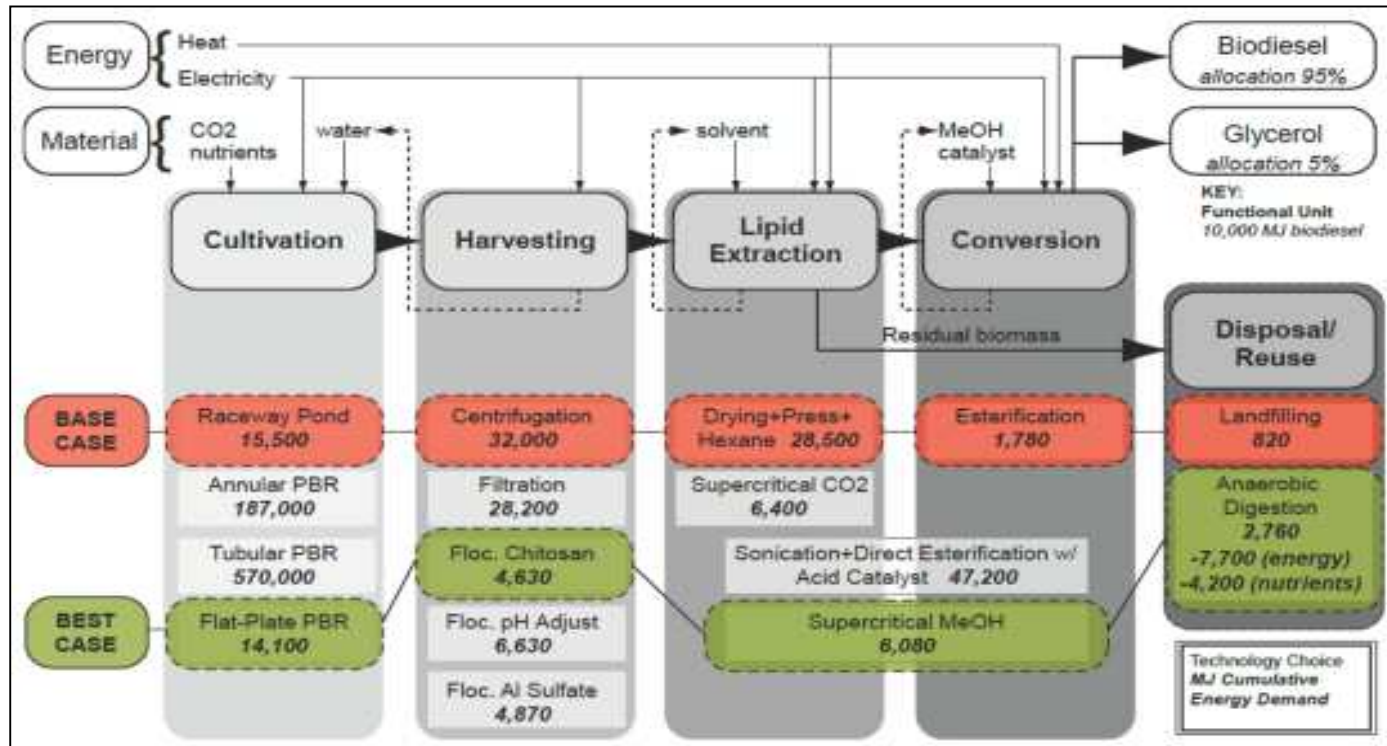
(contamination, rendement stable...)

Synthèse bibliographique

Les meilleures pistes à envisager

→!!!! Contexte géographique particulier pour la phase de culture (Arizona, US) !!!

→Résultats probablement différents pour la culture en pays tempéré (3à 4 fois moins d'irradiation solaires)

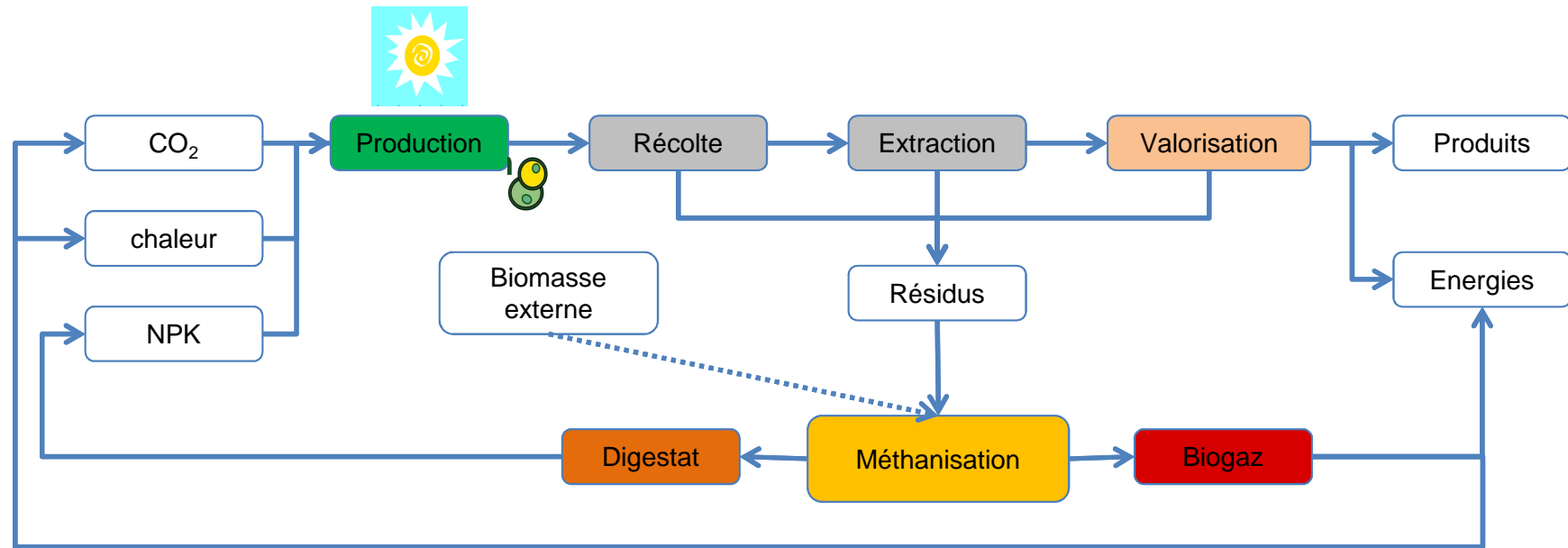


Brentner et al (2011)

- Récolte par floculation/sédimentation
- Extraction et conversion biodiesel simultanées (méthanol supercritique)

Synthèse bibliographique

Les meilleures pistes à envisager



→ *L'économie d'intrants et la valorisation des coproduits...*

= Concept de « bio-raffinerie » → Difficultés actuelles sur l'extraction des différentes fractions valorisables sans compromettre la valorisation de certaines fractions (exemple de l'extraction au chloroforme, certes performante, mais empêchant la valorisation par digestion anaérobie de la biomasse résiduelle)

Conclusion



- Peu d'étude sur la production de biodiesel microalgal avec des données à l'échelle pilote (aucune à l'échelle industrielles). Le contenu lipidique est toujours identifié comme un paramètre clé du point de vue environnemental ET économique.
- De nombreuses recherches encore nécessaires à l'échelle du laboratoire (sélection souche, productivité lipidiques, méthode d'extraction/conversion faiblement énergivores, extraction/valorisation de plusieurs coproduits, utilisation d'intrants issus d'industries connexes afin de valoriser/dépolluer des effluents actuellement jetés)
- La digestion anaérobie de la biomasse résiduelle est vue comme une condition nécessaire à la viabilité (énergétique et économique) d'une filière biodiesel..mais ce n'est pas la seule (économie sur les intrants tels que les nutriments et le CO₂ notamment)
- La réalisation de la conversion en biodiesel et de la phase d'extraction en une seule étape de production est souvent présentée comme la meilleure piste d'amélioration du bilan énergétique