

Impacts environnementaux des biocarburants

ACV : Consensus et divergences
Intérêts et limites

Ghislain GOSSE (Inra)

Qu'entend-on par ACV?

Analyse du **C**ycle de **V**ie

Définition, procédures et les
différentes étapes d'une ACV

L'Analyse de Cycle de Vie ACV (LCA, Life Cycle Assessment)

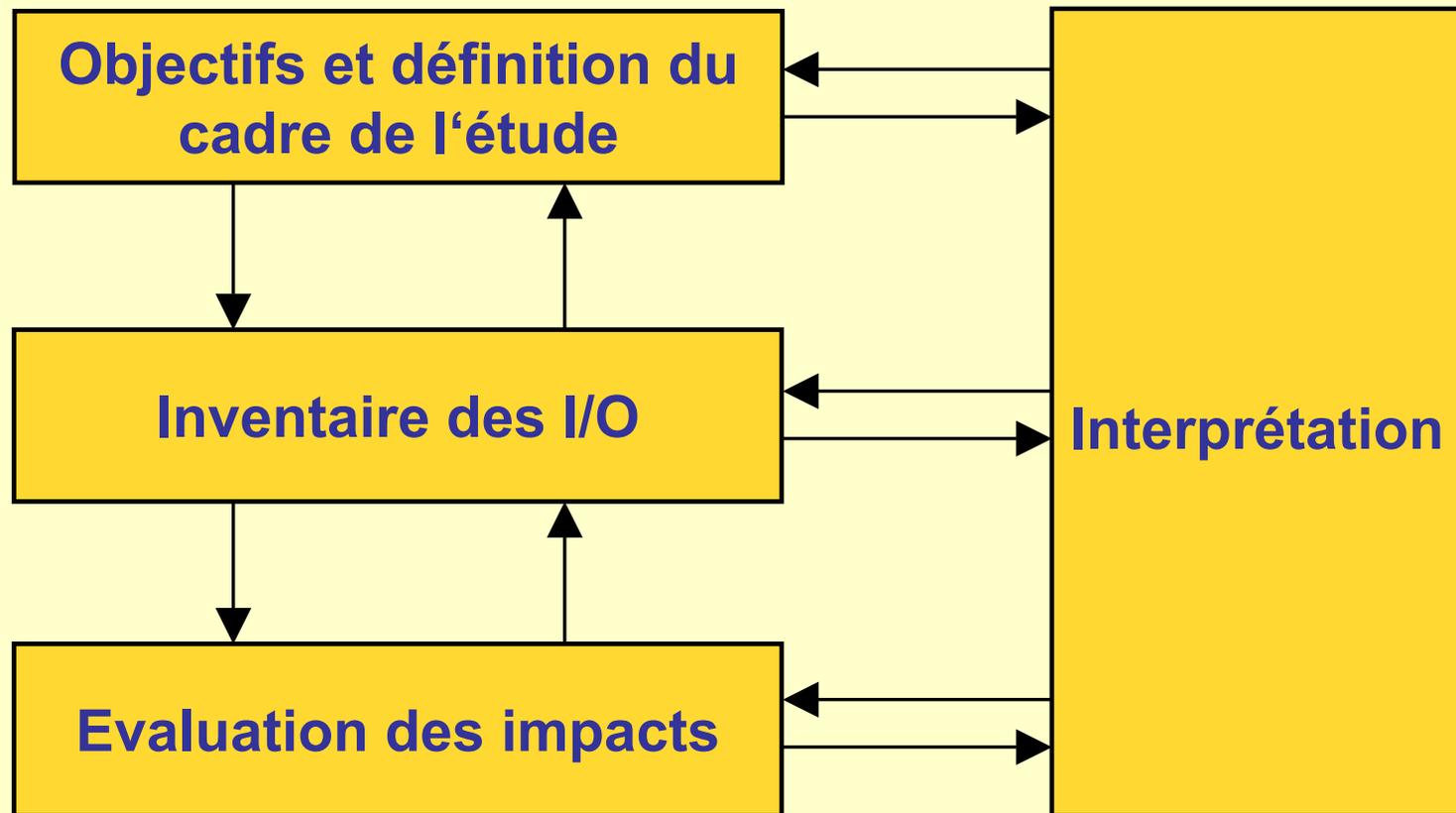
Définition : ACV, c'est l'évaluation des impacts environnementaux d'un procédé de production d'un bien ou d'un service (du berceau à la tombe)

Origines : Discipline récente, apparue en 74 aux USA dans l'industrie chimique et pour l'emballage des boissons

Ref : SETAC (1993), Normes ISO 14040-43 (1996-2000)

Les différentes étapes d'une analyse de cycle de vie

(selon les Normes ISO 14040-43)

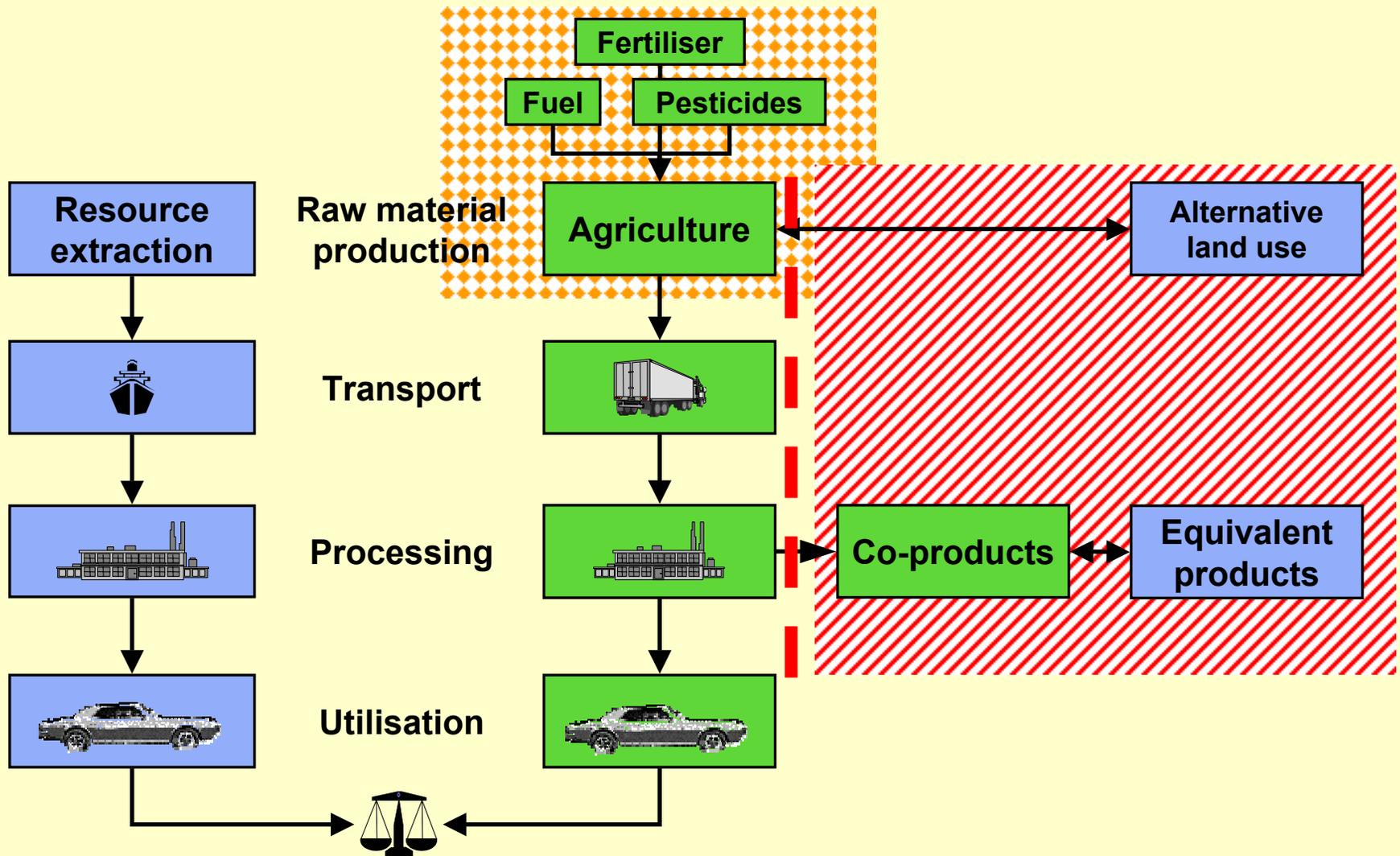


Objectifs et définition du cadre de l'étude

Fossil fuel

Biofuel

Credits

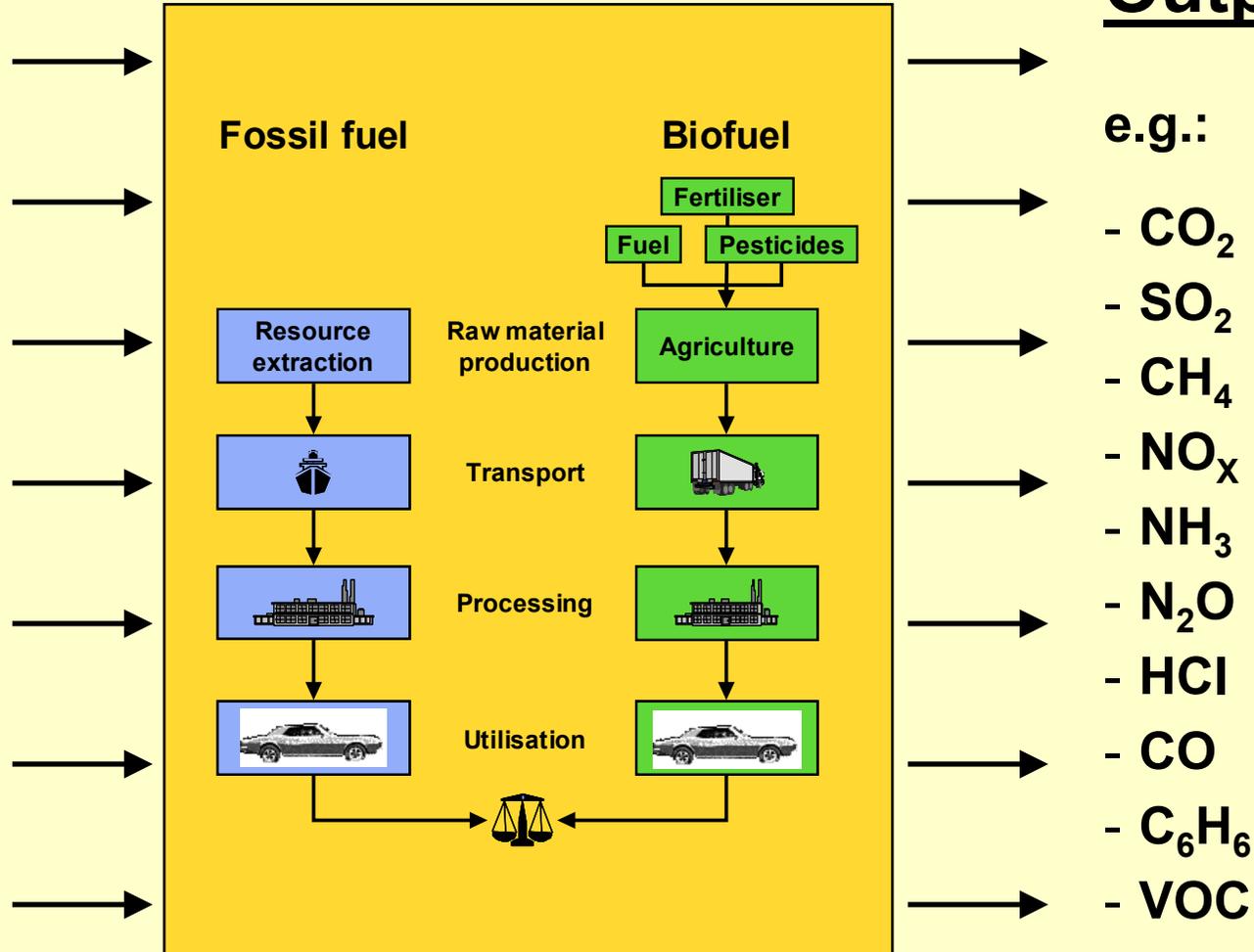


Inventaire des Inputs/Outputs

Inputs

e.g.:

- natural gas
- crude oil
- brown coal
- hard coal
- uranium
- water
- ...
- Pesticides
- Fertilisers
- ...



Evaluation des impacts

Impact category	Parameter	Substances (LCI)
Resource demand	Cumulated finite energy demand Mineral resources	Crude oil, natural gas, coal, uranium ore , ... Limestone, clay, metal ores, rock salt, pyrite,
Greenhouse effect	CO₂ equivalents	Carbon dioxide, nitrous oxide, methane, HCFCs, CFCs, methyl bromide, ...
Ozone depletion		Nitrous oxide, HCFCs, CFCs, halons, methyl bromide, ...
Acidification	SO₂ equivalents	Sulphur dioxide, hydrochloric acid, nitrogen oxide, ammonia, hydrofluoric acid, ...
Eutrophication	PO₄ equivalents	Nitrogen oxides, ammonia, phosphate, nitrate
Summer smog	Ethene equivalents	Hydrocarbons, nitrogen oxides, carbon monoxide, HCCs, ...
Human and eco toxicity		Nitrogen oxide, carbon monoxide, hydrochloric acid, diesel particulate, dust, ammonia, benzene, benzo-a-pyrene, sulphur dioxide, Dioxines ...

Parmi les principales études

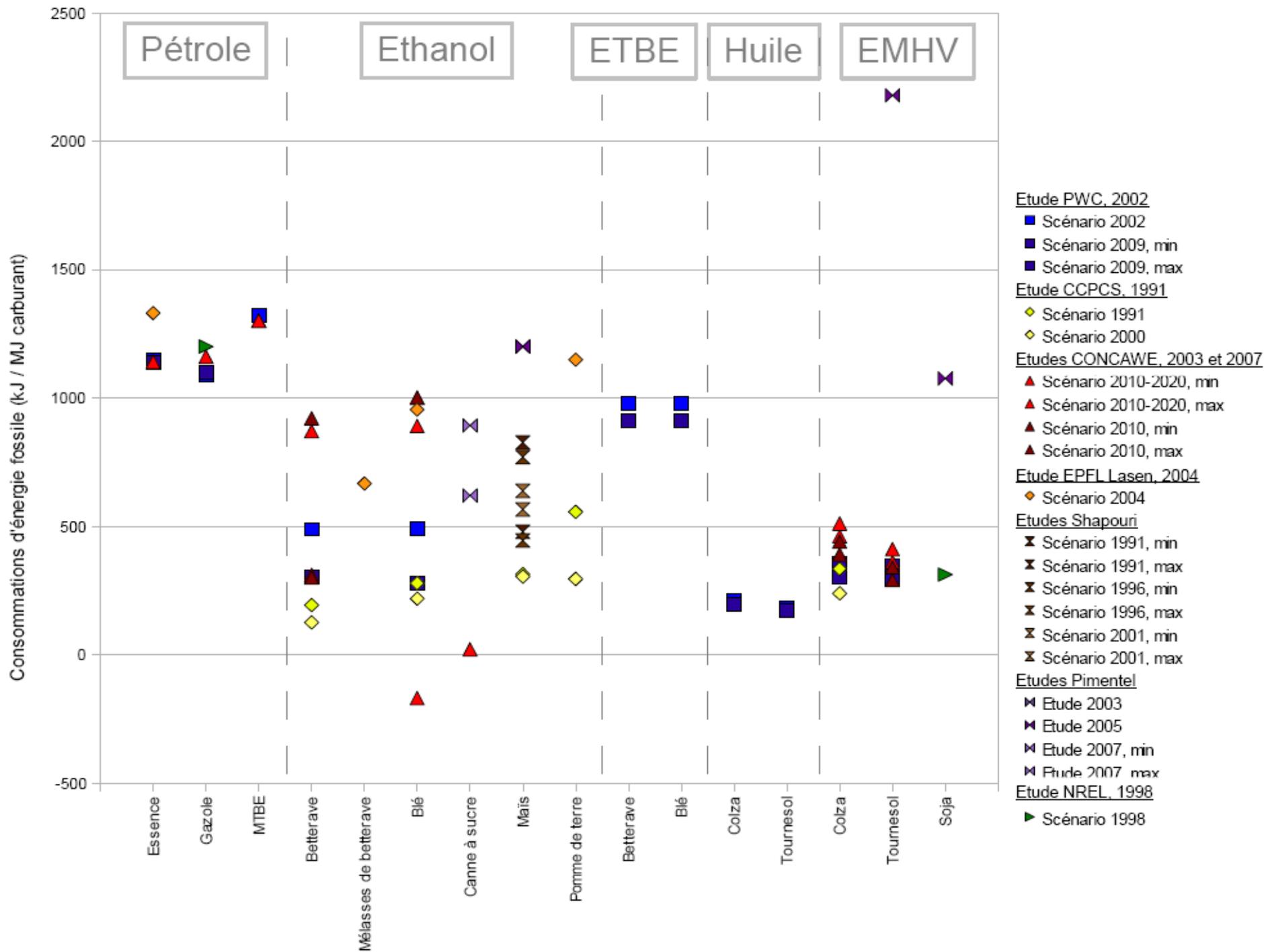
ADEME/DIREM. Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants. Rapport d'après les travaux d'Ecobilan PricewaterhouseCoopers, novembre 2002 (132p.), rapport d'annexes (39p.) et note de synthèse (17p.).

CONCAWE, EUCAR, JRC. Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context. Well-to-Wheels Report. Version 2a, Decembre 2005. 88p

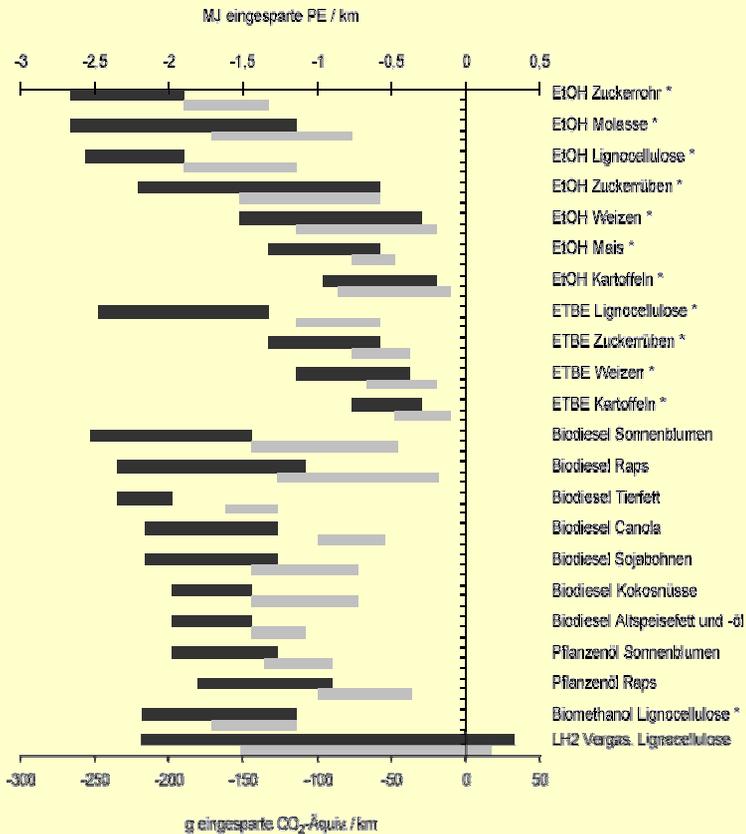
GM, LBST, BP, EXXONMOBIL, SHELL, TOTAL FINA ELF. GM Well-to-Whell Analysis of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions of Advanced Fuel / Vehicle Systems – Etude européenne, septembre 2002 (138p), rapport d'annexe : Full background report (410p.)

IFEU Bioenergy chains (EU programme 2006) and Which bioenergy fits to EU? (1999)

Etudes US : TW Patzek (2006) Thermodynamics of the corn ethanol biofuel cycle [includes Pimentel (2003), Shapouri (2002), Wang (1997) and Berthaume (2001)]



Des résultats très variables d'une étude à l'autre, des variations liées aux **données d'entrées** et en particulier à la **méthode d'allocation des impacts**



Source IFEU (2004) et JEC (2007)

- Représentativité géographique et temporelle, choix de la référence
- ITK notamment usage des engrais azotés (**émissions directes et indirectes de N₂O**)
- Changement d'usage des sols (carbone sol, biodiversité...)

Méthodes d'affectation des impacts (au prorata massique, énergétique, économique... ou méthode des impacts évités.

Plages de variation des études EU

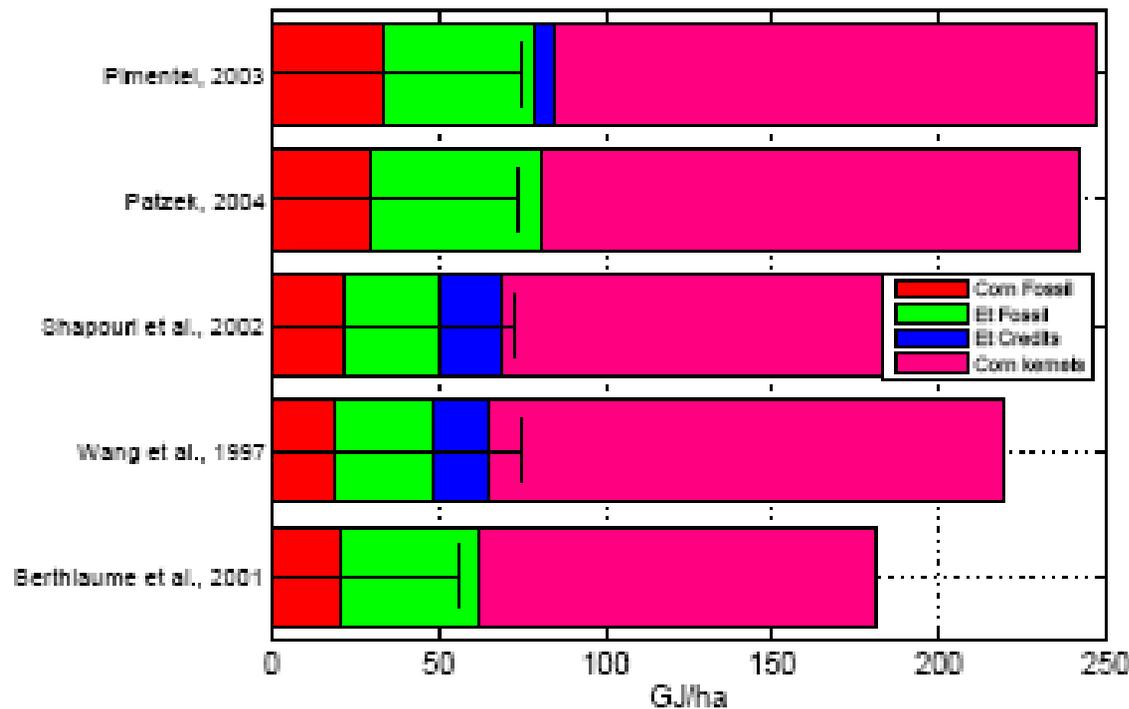


Figure 19: The overall energy balance of ethanol production. The two or three leftmost parts of each bar represent the specific fossil energy used in corn farming and ethanol production. The fossil energy inputs into ethanol production are the sum of the green part and the blue energy credit part for some authors. The rightmost part is the calorific value of corn grain harvested from 1 hectare. The total lengths of the horizontal bars represent all energy inputs into ethanol production. The horizontal lines with the vertical anchors represent the calorific value of ethanol obtained from one hectare of corn. Note that the total energy inputs into ethanol production are equivalent to ~4–5 metric tonnes of gasoline per hectare. The ethanol's calorific value is equal to 1–1.3 metric tonnes of gasoline.

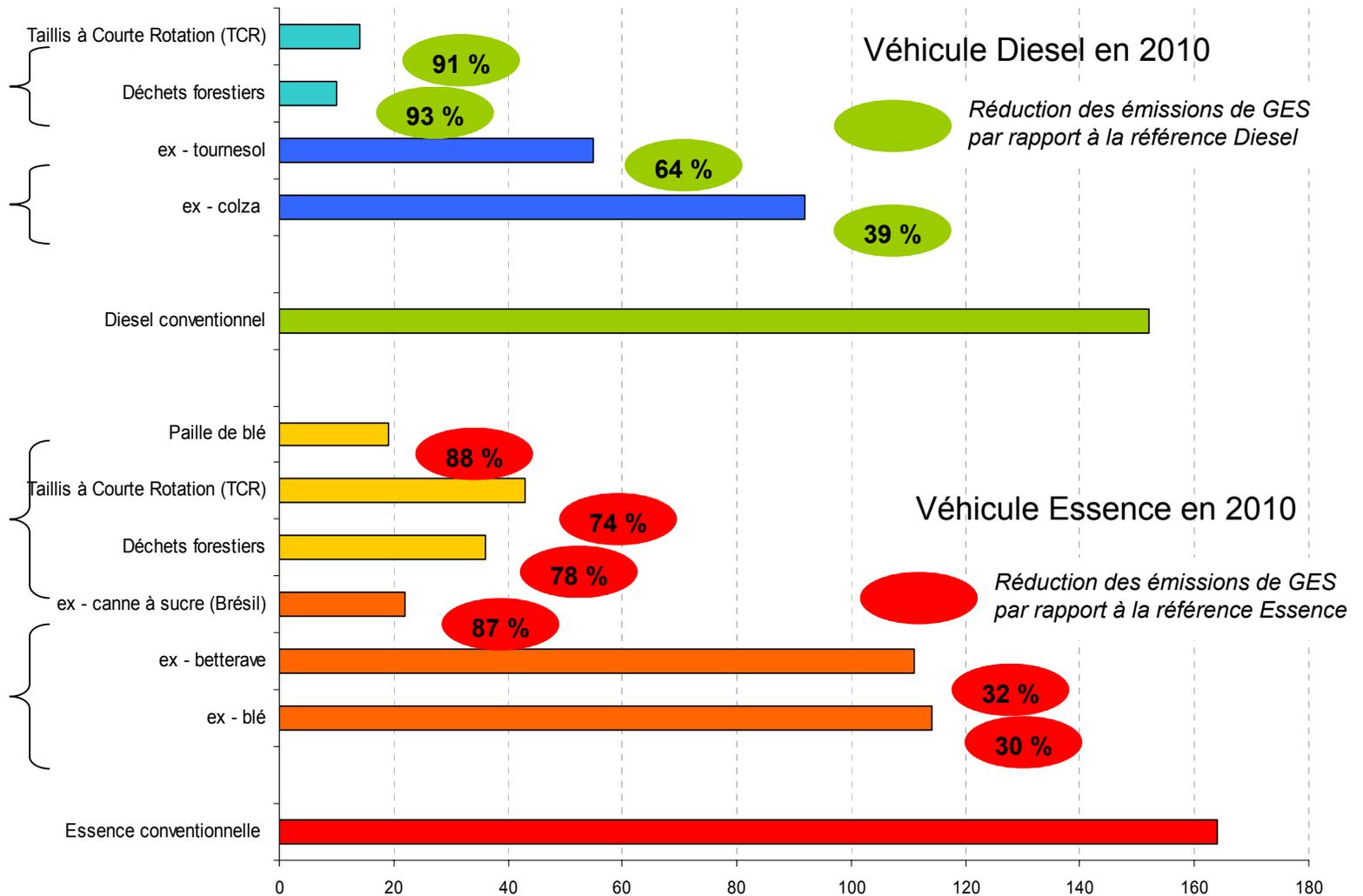
Bilans des émissions de GES du puits à la roue (en g eq.CO₂ / km)

2^{ème} génération :
Diesel de synthèse
(BTL)

1^{ère} génération :
Biodiesel
(EMHV)

2^{ème} génération
Éthanol ex
biomasse
lignocellulosique

1^{ère} génération :
Éthanol



Compte tenu des pressions sur les surfaces agricoles, les productions destinées aux biocarburants doivent être performantes par unité de surface

	Tonne de CO2 évitée par hectare
Canne à sucre avec et (sans) bagasse	8.7 (3.9) G1 ou G2 ?
Betterave	5.6
Blé	2.2
Tournesol	1.9
Colza	1.6

Quelles convergences?

L'évaluation des impacts globaux (épuiement des ressources, GES) est plus fiable que celle des impacts locaux ou régionaux,

Les bilans d'énergie et de GES des biocarburants sont toujours positifs (avec des plages de variations entre les études, cf Divergences),

Au niveau local et régional, les biocarburants sont toujours moins performants que les carburants fossiles

Dans la discussion des études, les impacts locaux (autres que ceux liés aux émissions de N₂O) sont systématiquement oubliés

Les divergences entre les études



"HEY, I THOUGHT WE WERE WORKING WITH THE SAME DATA..."

Les résultats bruts de ces deux études

Bilan énergétique (Énergie restituée/Énergie fossile mobilisée)

	DIREM/ADEME	Concawe
Essence	0.88	0.88
Diesel	0.91	0.86
Éthanol de blé	2,04	[5.00-1.12]*
Éthanol de betterave	2,04	[3.23-1.15]*
EM Colza	3.03	[2.17-1.96]*
EM Tournesol	3.12	[2.85-2.50]*

(*) selon les modalités d'allocation

Bilan de gaz à effet de serre (en g.eqCO2/MJ)

	DIREM/ADEME	Concawe
Essence	86	86
Diesel	81	88
Éthanol de blé	34	[30-58]*
Éthanol de betterave	34	[38-60]*
EM Colza	24	[41-45]*
EM Tournesol	20	[34-38]*

(*) selon les modalités d'allocation

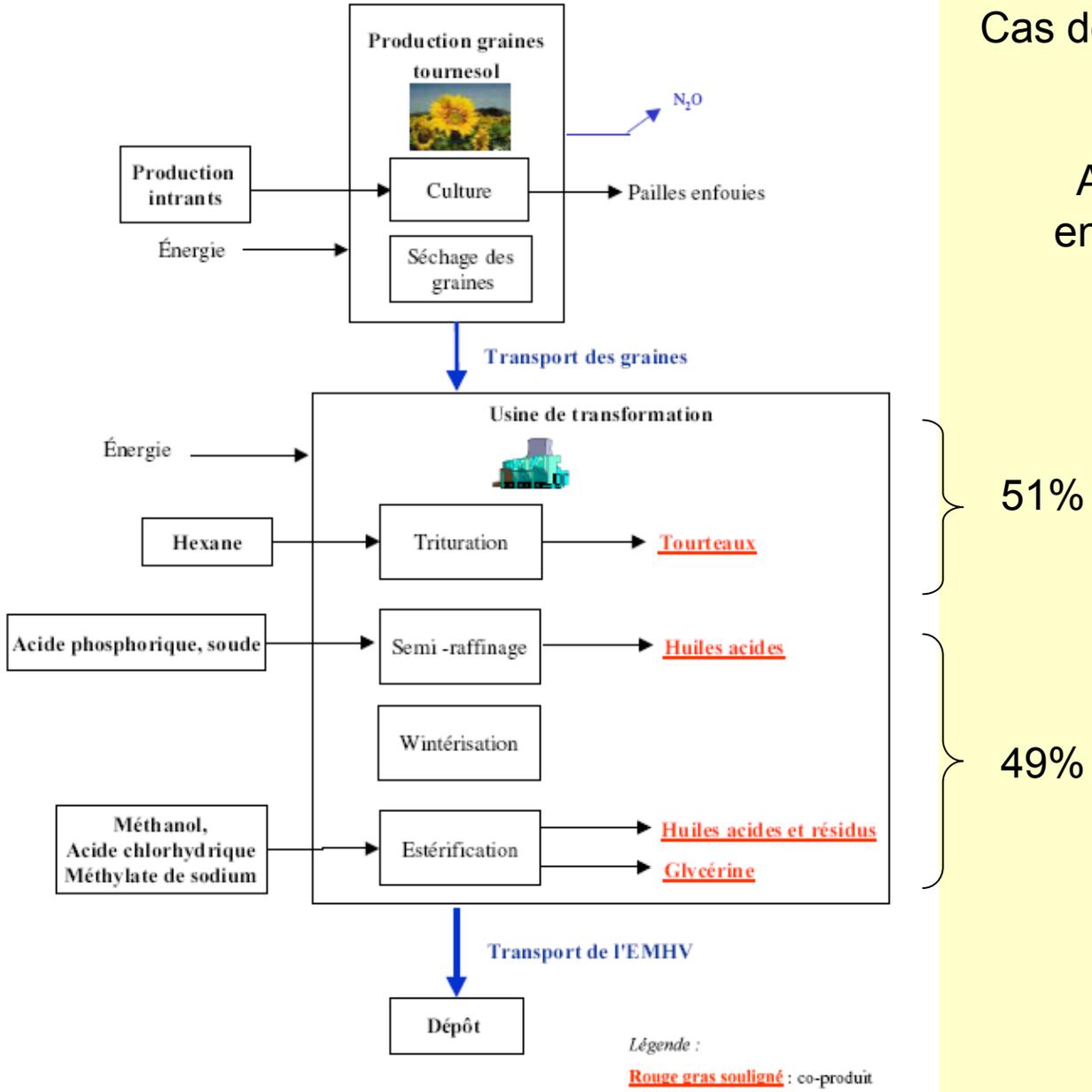
Une approche méthodologique différente pour l'allocation des intrants

Concernant les carburants fossiles (essence et diesel), l'allocation entre les différents produits et co-produits est basée sur des équivalences massiques ou énergétiques. Cette différence n'a pas d'impact significatif sur les résultats (les différentes allocations donnent des résultats similaires)

En revanche, pour les co-produits issus de la biomasse, l'étude ADEME/DIREM utilise l'équivalence massique alors que l'étude Concawe utilise systématiquement l'extension des frontières du système (méthode de substitution). Recommandée par l'ISO, la méthode de substitution est recommandée par la norme ISO, mais en cas de difficulté, l'allocation massique ou énergétique est possible

Cas de l'étude DIREM/ADEME

Allocation massique entre tourteaux et huile



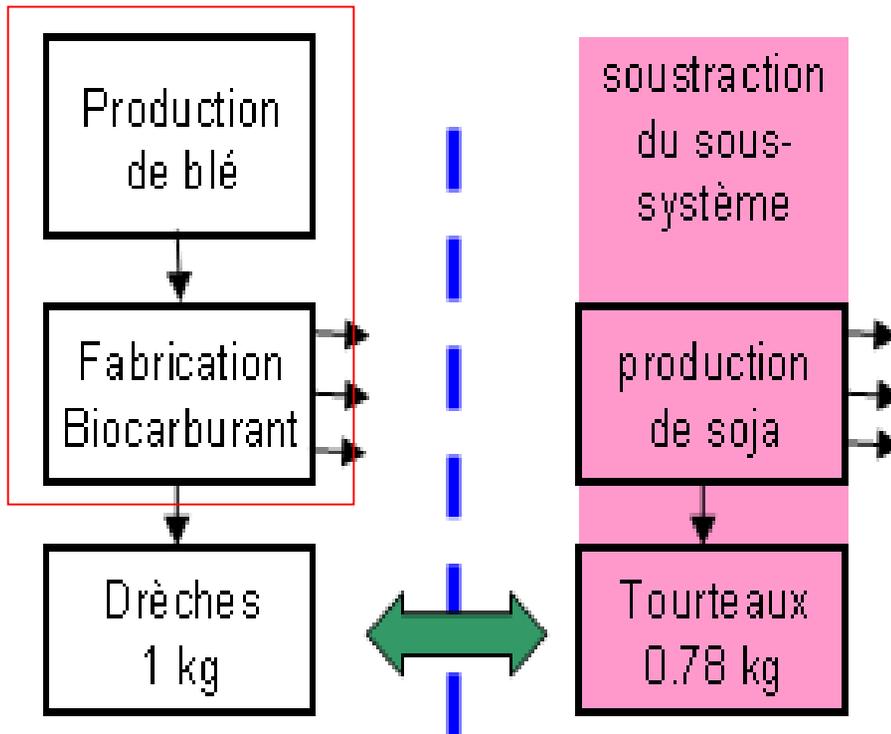
Cas de l'étude Concawe

Extension du système
selon la norme ISO

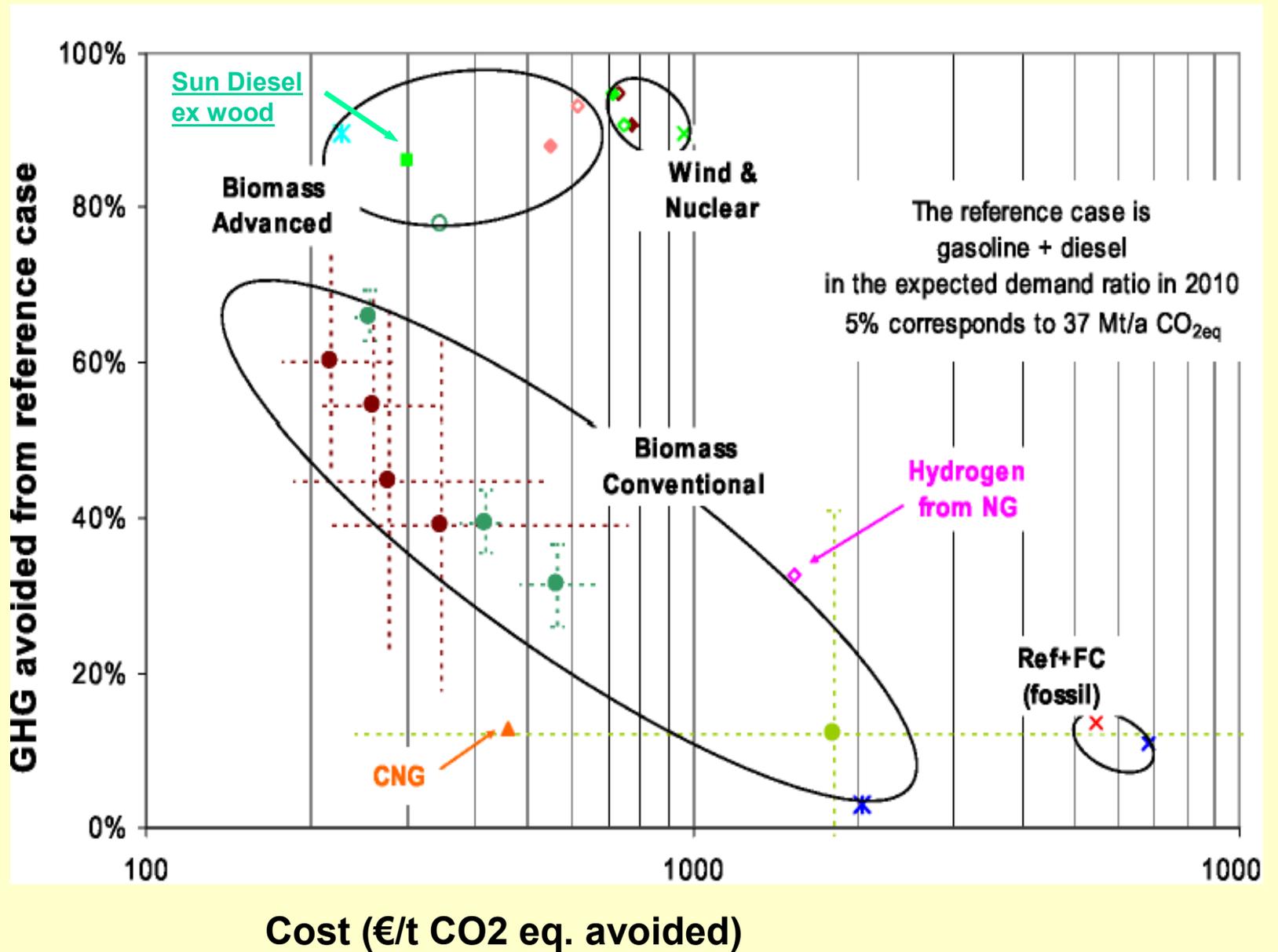
Production de soja sur la base
d'une production aux USA

La différence majeure est due
au coût de l'engrais azoté
versus la fixation symbiotique
(de 140 à 170 kg/ha)

Définition du système par CONCAWE



Equivalence en alimentation animale,
basée sur le contenu en protéines



Source : WtW Study (Eucar/Concawe 2004)

**Des études de sensibilité
indispensables!!**

Cf Etude BIO IS 2008

Figure 17 – Résultats des analyses de sensibilité relatives aux méthodes d'allocation pour l'éthanol de blé – Bilans Energie fossile

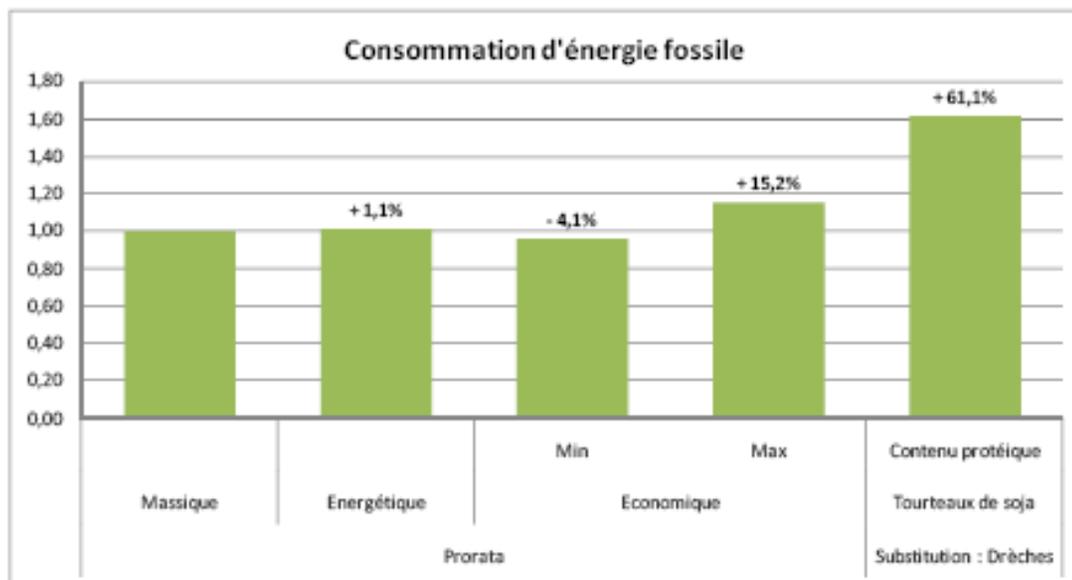
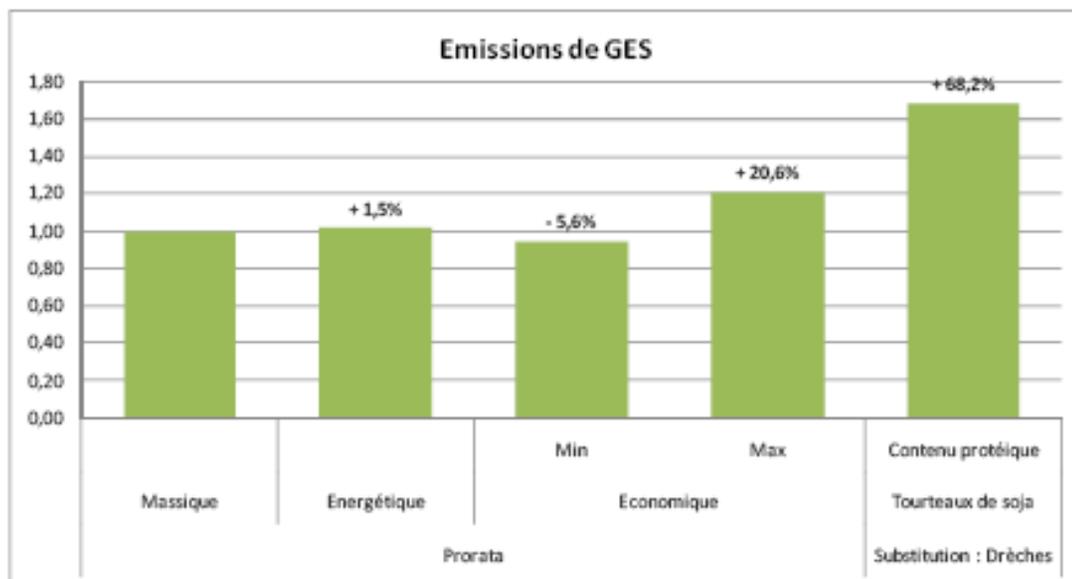


Figure 18 - Résultats des analyses de sensibilité relatives aux méthodes d'allocation pour l'éthanol de blé – Bilans GES



7.5.5.1 ETHANOL DE BETTERAVE

Figure 15 – Résultats des analyses de sensibilité relatives aux méthodes d'allocation pour l'éthanol de betterave – Bilans Energie fossile

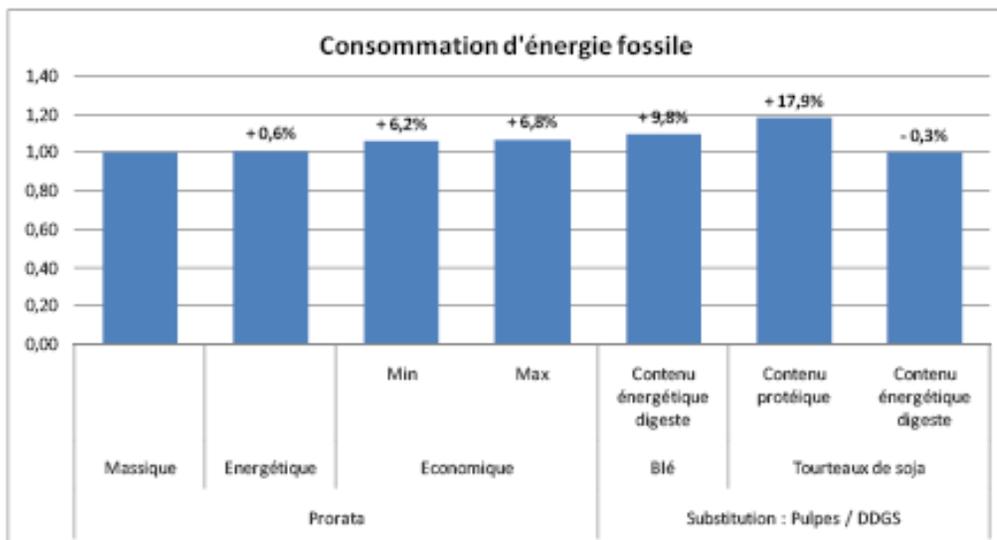


Figure 16 – Résultats des analyses de sensibilité relatives aux méthodes d'allocation pour l'éthanol de betterave – Bilans GES

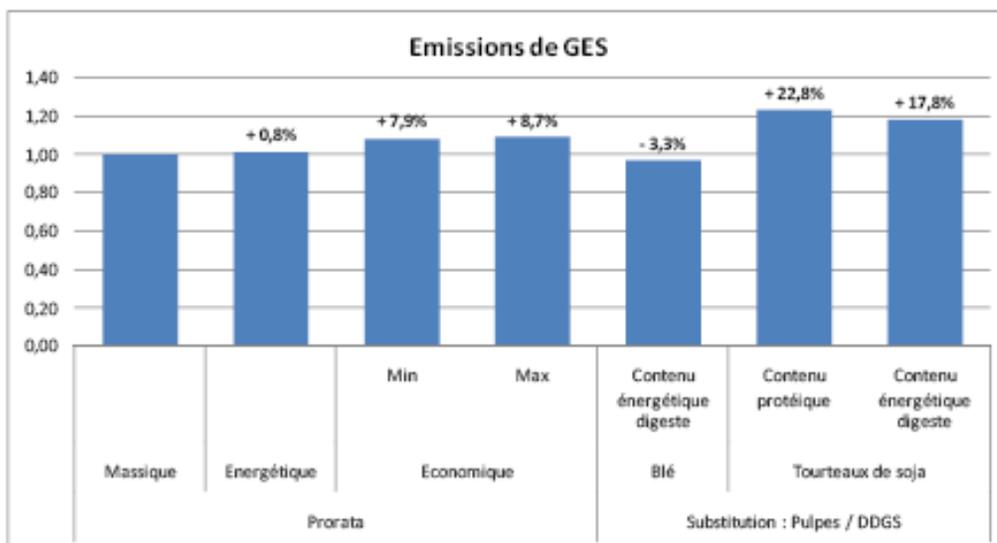
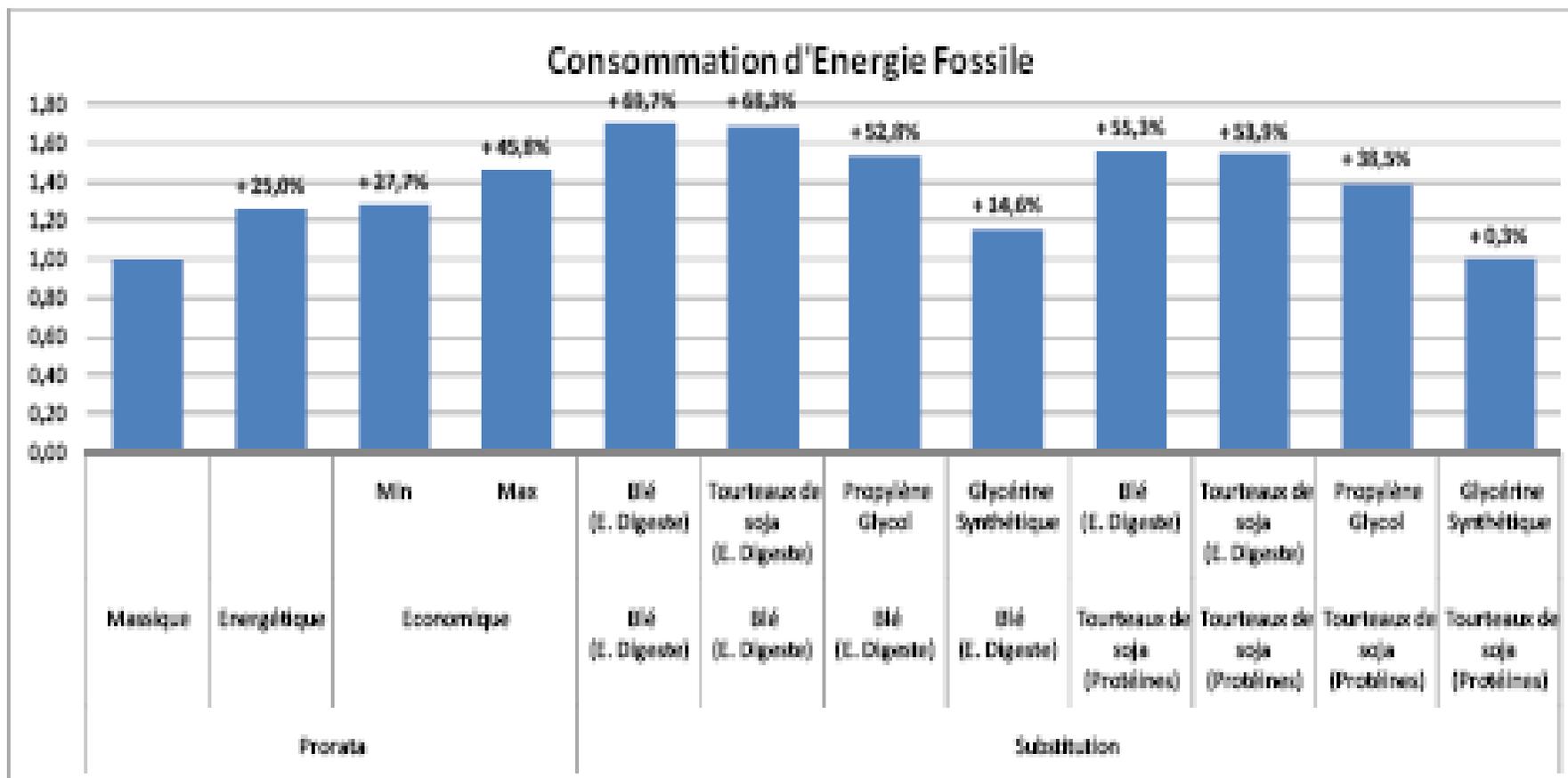


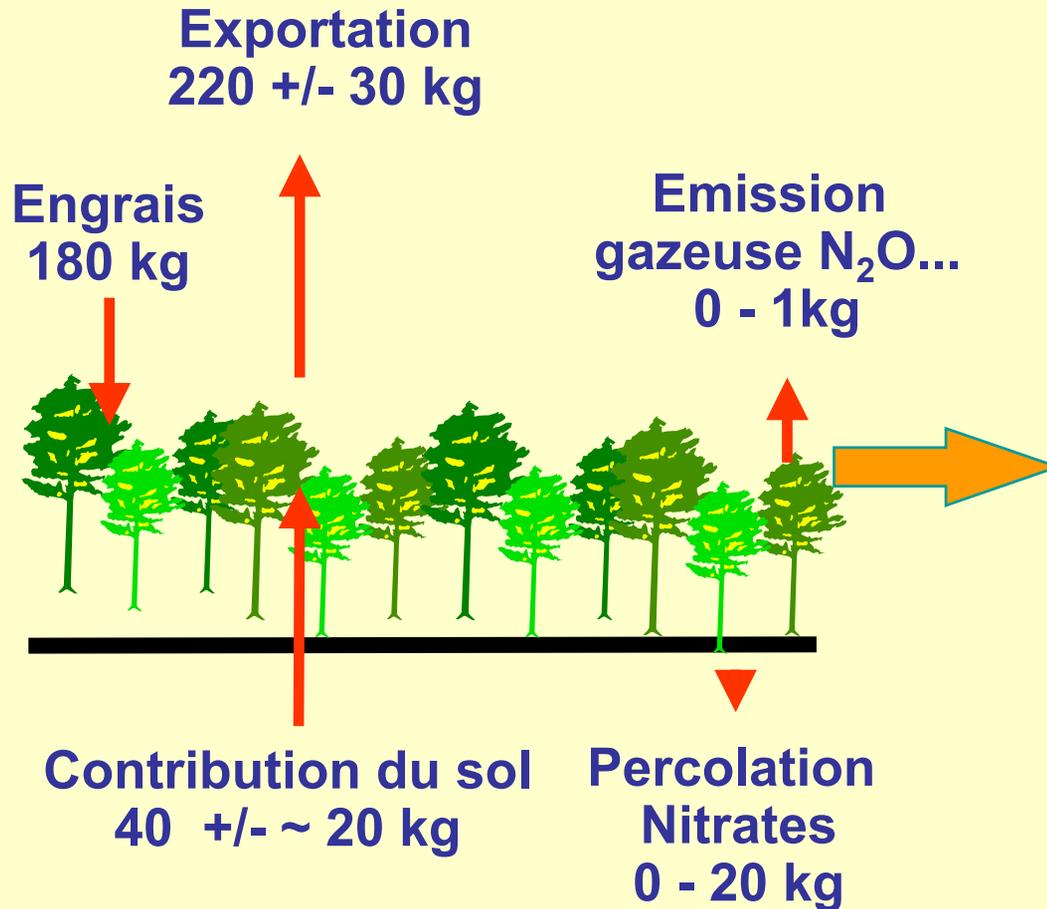
Figure 21 – Résultats des analyses de sensibilité relatives aux méthodes d'allocation pour l'EMHV de colza – Bilans Energie Fossile



Emissions de N₂O au champ (en g N₂O/ha)

	DIREM-ADEME	Concawe
Blé	1.454	2.23 (+/- 1.49)
Betterave	3.520	2.79 (+/- 0.88)
Colza	1.336	3.12 (+/- 1.23)
Tournesol	0.503	1.11 (+/- 0.33)

Des flux de plusieurs ordres de grandeur, des incertitudes de l'ordre des flux



- Approche par une méthode de bilan est inopérante
- Besoins en métrologie notamment pour les émissions gazeuses

Figure 7 - – Résultats des analyses de sensibilité relatives aux émissions de N₂O

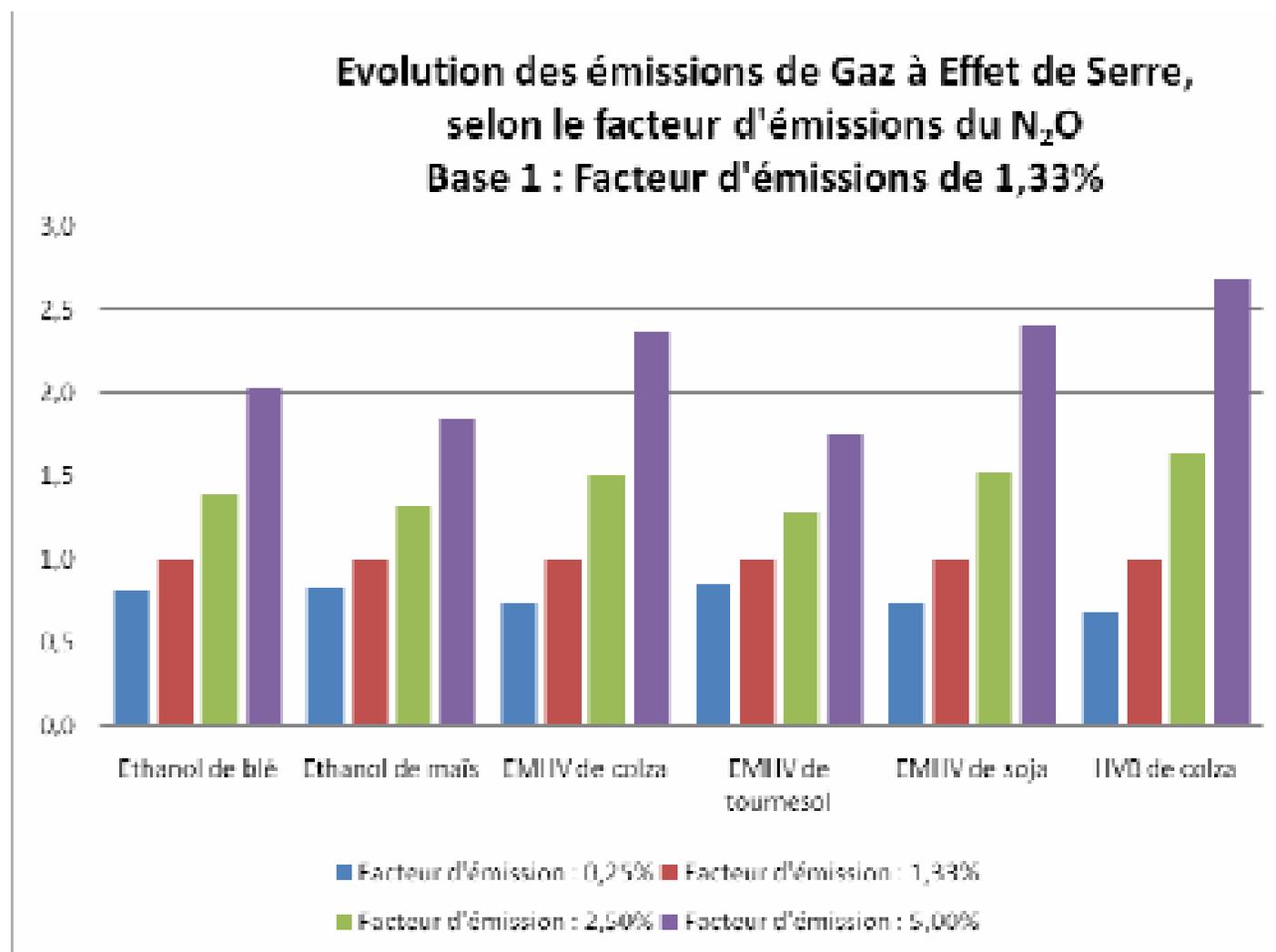
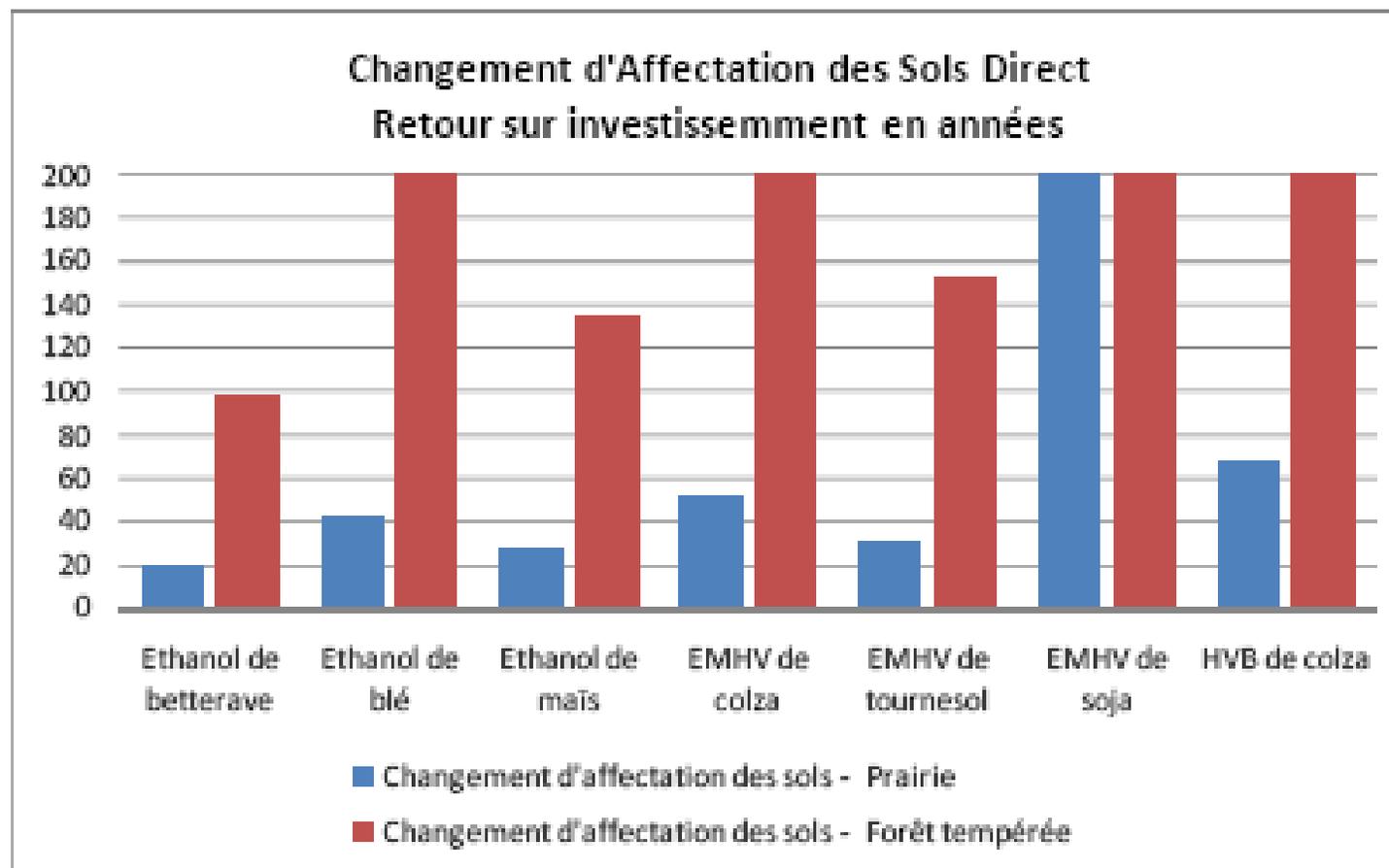


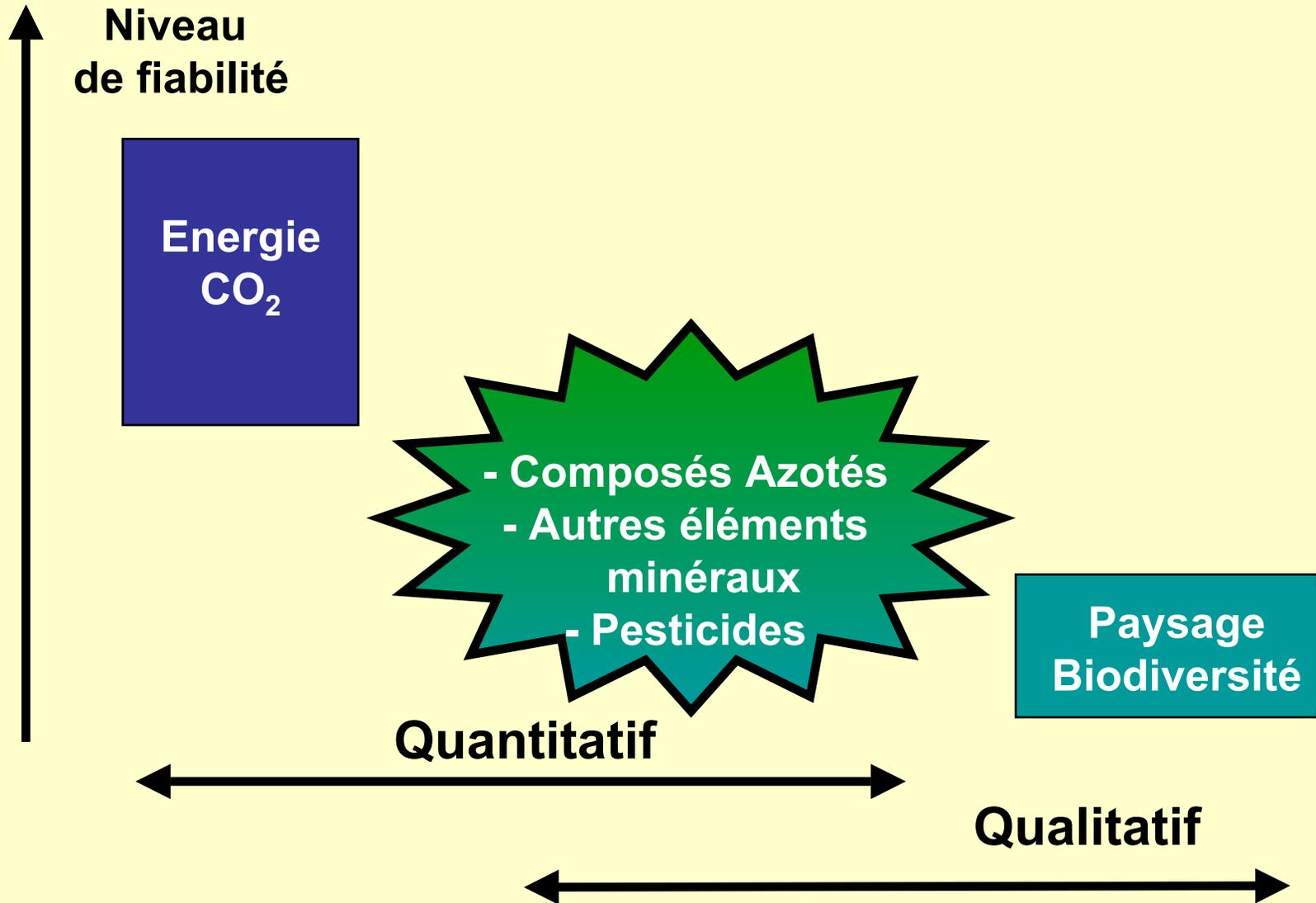
Figure 8 – Résultats des analyses de sensibilité relatives au CAS direct – Retour sur investissement en année



Le graphique ci-dessous souligne que les filières analysées présentent un bilan défavorable par rapport aux carburants fossiles, en cas d'amortissement du changement d'affectation des sols direct sur 20 ans, en cas de conversion du prairie.

**L'acceptabilité des filières « bioénergie »
passe aussi par une amélioration de
l'évaluation des impacts
locaux et régionaux**

Fiabilité et représentativité des flux



Des échelles de temps très différentes : de l'heure à plusieurs décennies

**Quelle échelle de temps?
Besoins en Intégration temporelle
L'apport de la modélisation**

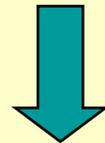
Fonctionnement de la plante

Emissions de N₂O

Episodes de drainage

Biotransformations C/N

Déclaration
CDM-UNFCCC



Séquestration Carbone

Heure

Qques jours

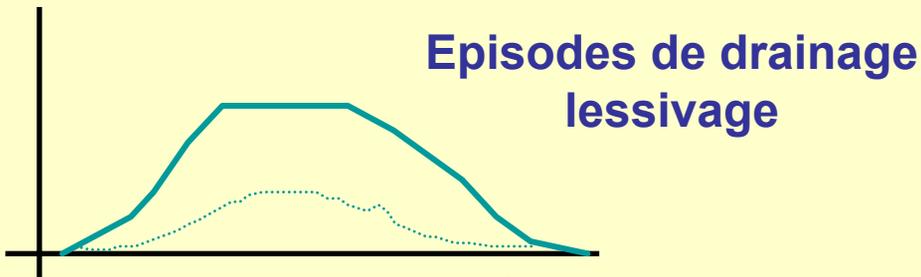
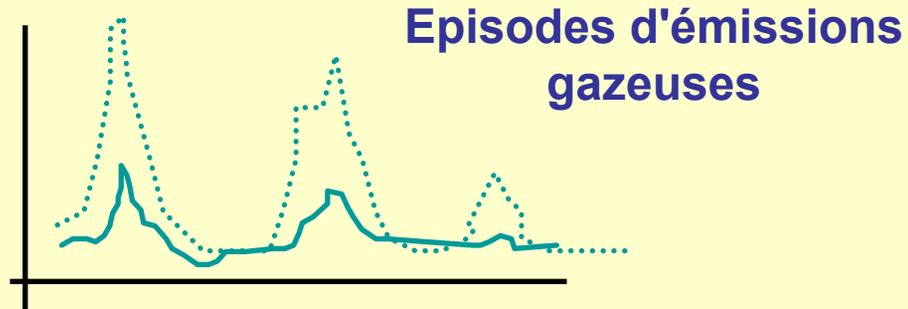
Saison
végétation

Cycle de

Pluriannuel



Intégration dans le temps cycle de végétation et interculture



Besoin d'un modèle
global
de fonctionnement

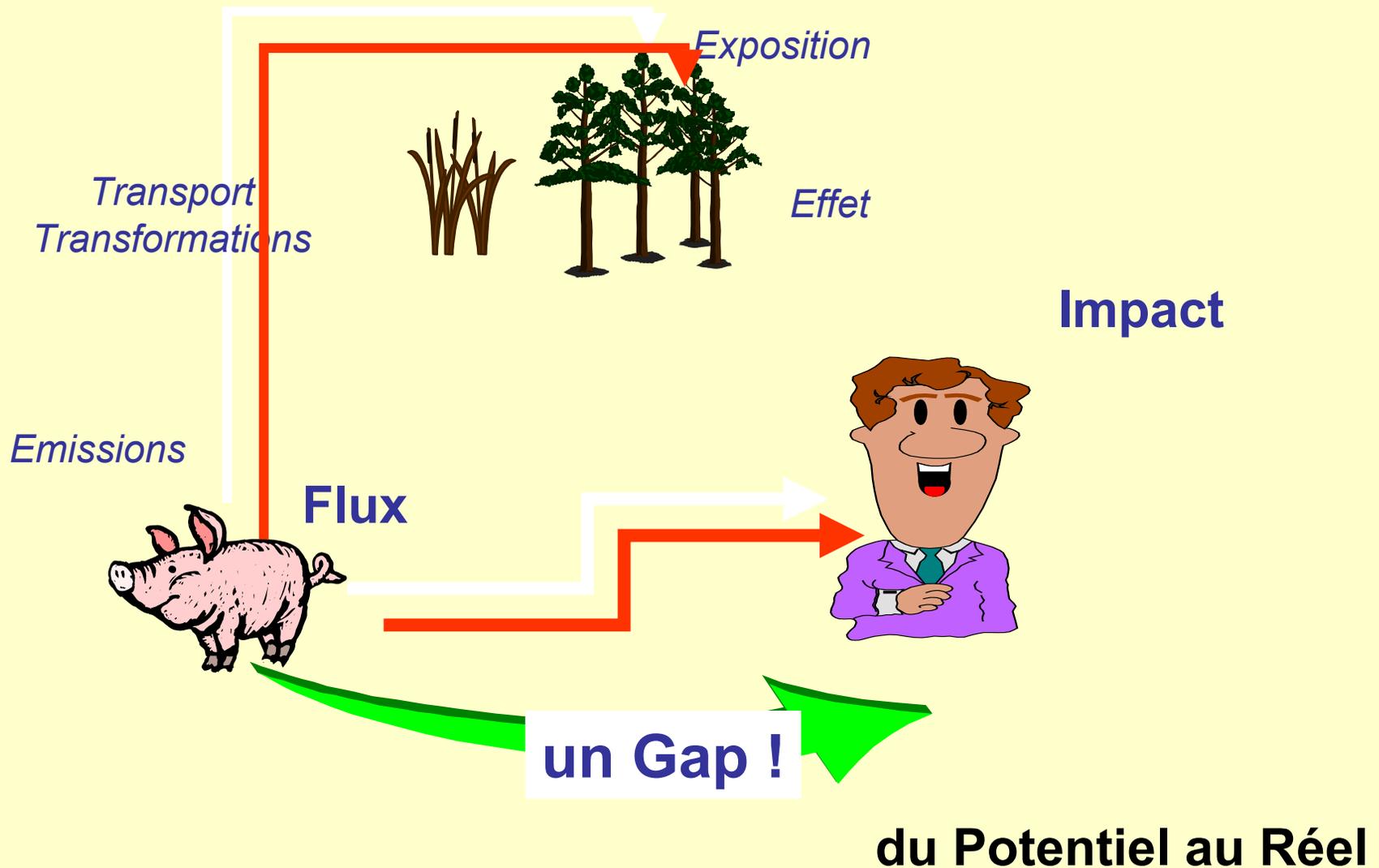
Données ponctuelles

Calage d'un modèle
de fonctionnement

Utilisation du modèle

Pour un sol donné et
un état initial donné
quantification des risques
par une analyse fréquentielle

Limites liées à l'évaluation des impacts



**Vers une LCIA
(Life Cycle Impact Assessment)
déclinée au niveau d'un bassin
d'approvisionnement**

Éléments de conclusions

Des évaluations d'impacts globaux fiables mais dépendant largement des hypothèses d'allocation

Des résultats « sans intérêt » si le corpus d'hypothèses et de méthodes est omis!!

L'évaluation des impacts locaux doit être fiabilisée et améliorée notamment par des approches spatialisées au niveau du bassin d'approvisionnement

Des besoins en modélisation (espace, temps) pour les processus clés liés notamment aux cycles du carbone, azote et eau...

Un outil pour mesurer le progrès au niveau d'un bassin de production (agriculture, industrie, utilisation)