

L'évaluation environnementale des filères bioénergie

Benoît GABRIELLE

INRA - AgroParisTech
Unité Mixte de Recherche Environnement et Grandes
Cultures
Thiverval-Grignon, France

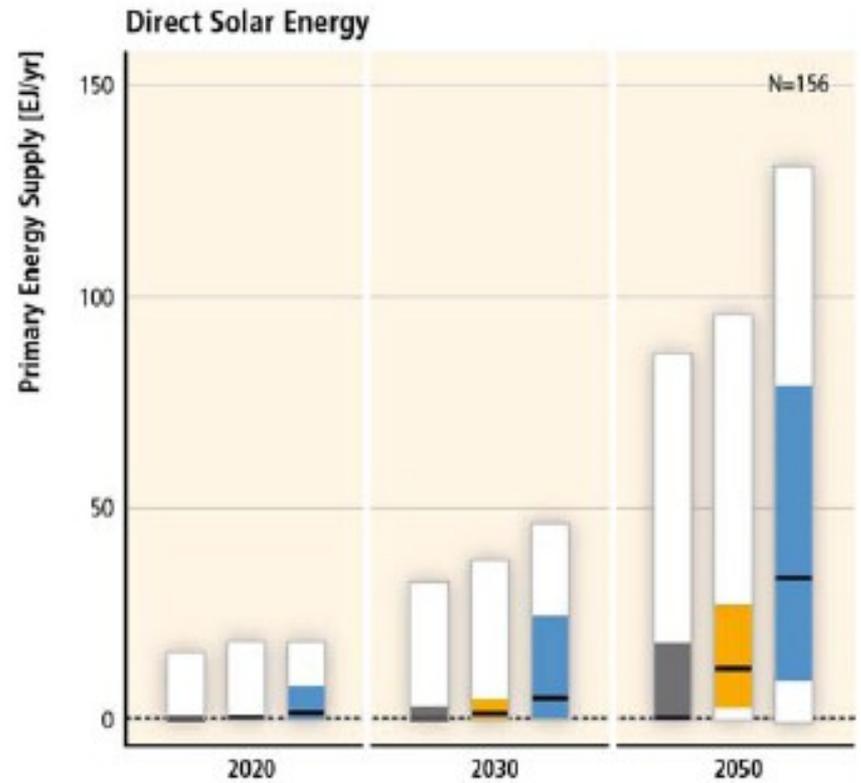
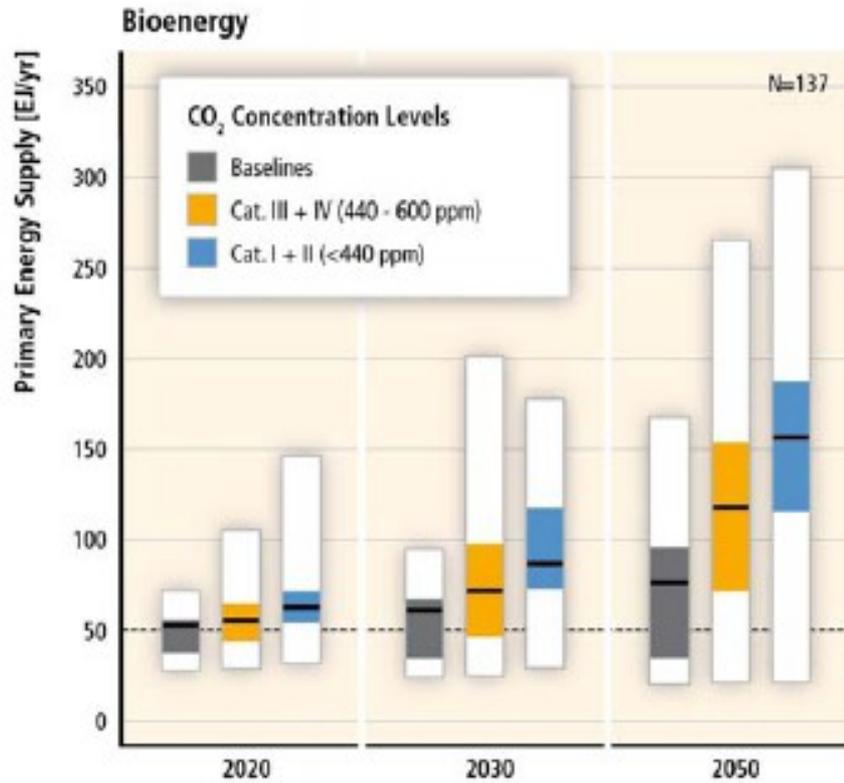
Benoit.Gabrielle@agroparistech.fr

Plan de la présentation

- Une exigence de performance environnementale
- Quels critères et quelle métriques?
- Application aux filières bioénergie
- Conclusion et défis futurs

Une contribution majeure à la transition énergétique

www.agroparistech.fr

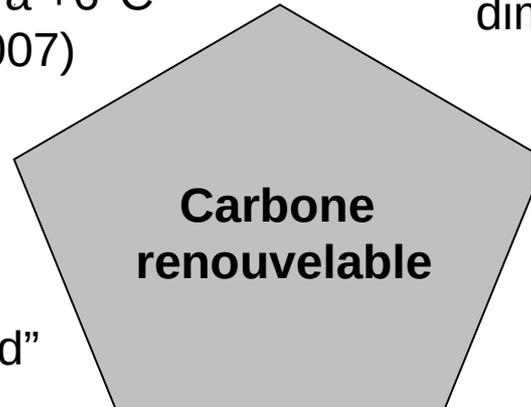


Développements de la bioénergie (gauche) et de l'énergie solaire (droite) pour respecter des contraintes climatiques croissantes d'ici 2050 (IPCC, 2011).

La biomasse au carrefour de nombreux enjeux

Défi climatique : +2°C à +6°C
en 2100 (GIEC 2007)

Défi énergétique :
diminution des réserves
fossiles



Défi alimentaire :
compétition "food / non food"

Défi environnemental :
impacts environnementaux
(globaux et locaux)

Défis socio-économiques:
développement des
territoires, création de valeur
ajoutée en Europe

Diapo: H. Boizard (INRA Laon-Mons)

- Performance environnementale élevée
- Faibles impacts sur la biodiversité, la ressource en eau et en terre
- Pas d'interférences négatives avec la production de biens alimentaires
- Co-bénéfices (limiter l'érosion des sols, création d'emplois, revenus)
- Acceptabilité sociale
- Compétitivité avec les autres formes d'énergie

Une expression dans les schémas de certification

✓ Mesures contraignantes

- ✓ RE Directive au niveau Européen
- ✓ Renewable Fuel Standards 2 (USA)
- ✓ Mesures Nationales en Allemagne, GB, NL

✓ Initiatives volontaires

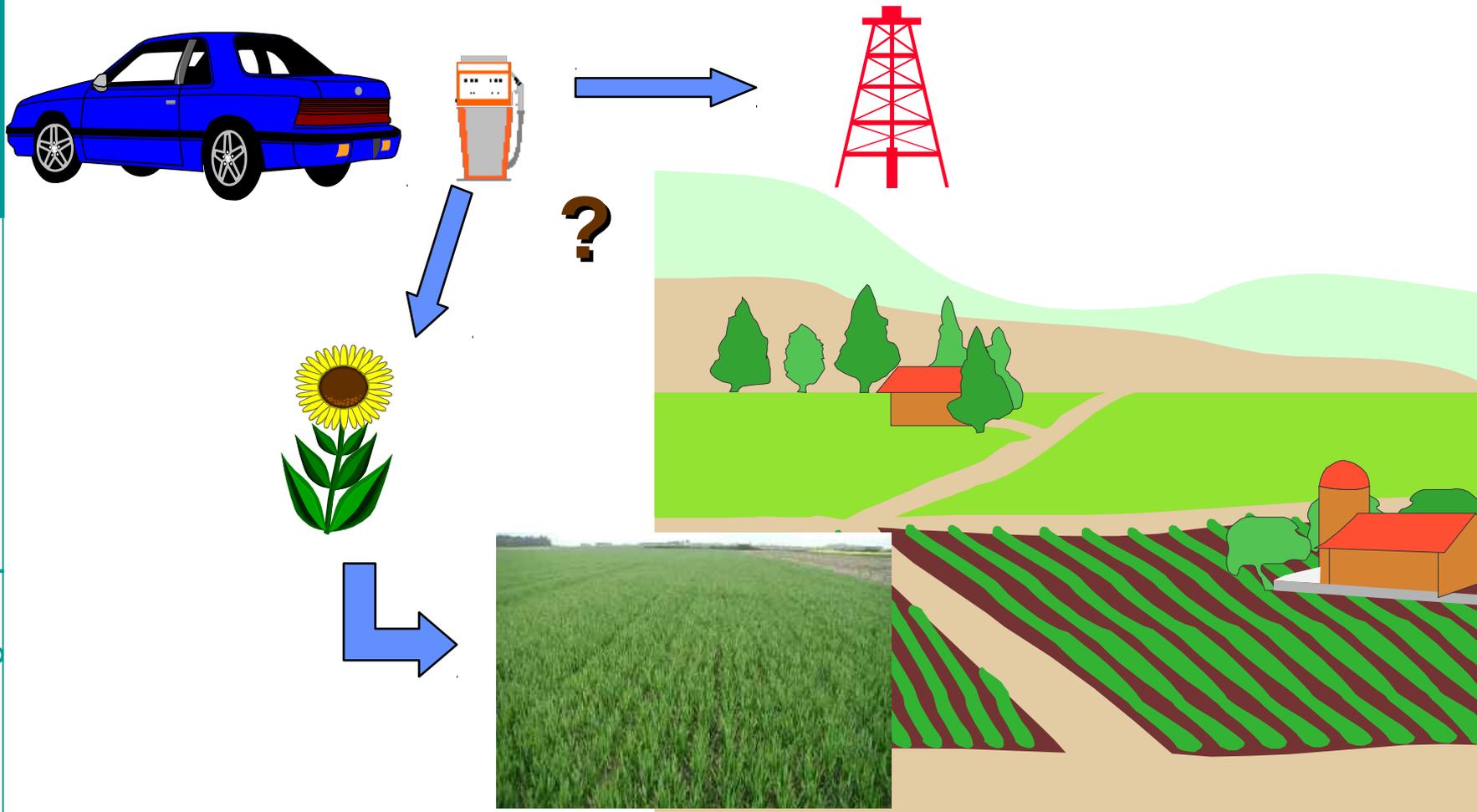
- ✓ Roundtable on Sustainable Biofuels (RSB)
- ✓ Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO)
- ✓ WWF International
- ✓ Forest Stewardship Council and Programme for the Endorsement of Forest Certification
- ✓

Ces schémas incluent une gamme de critères environnementaux, économiques et sociaux, et s'appliquent à une grande variété de produits finis

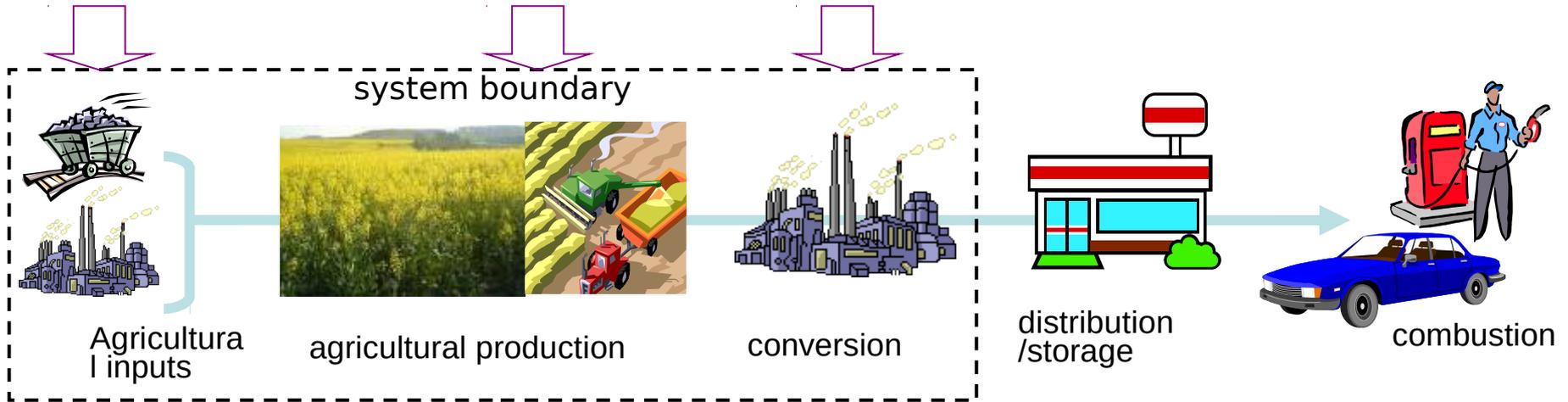
Plan de la présentation

- Une exigence de performance environnementale
- **Quelles métriques pour la durabilité ?**
- Les filières bioénergie: des résultats très variables
- Conclusion et défis futurs

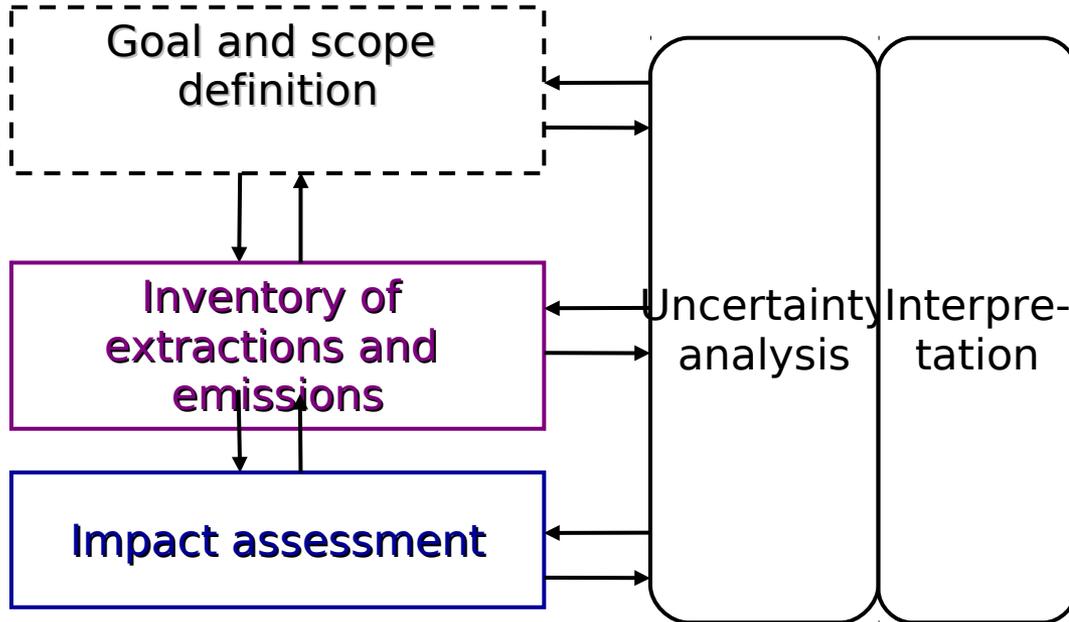
Evaluer une filière ou un territoire ?



Life Cycle Assessment (LCA) for bioenergy chains



$$\text{Indicator}_i = \sum_j (\text{substance}_j \times \text{factor}_{i,j})$$



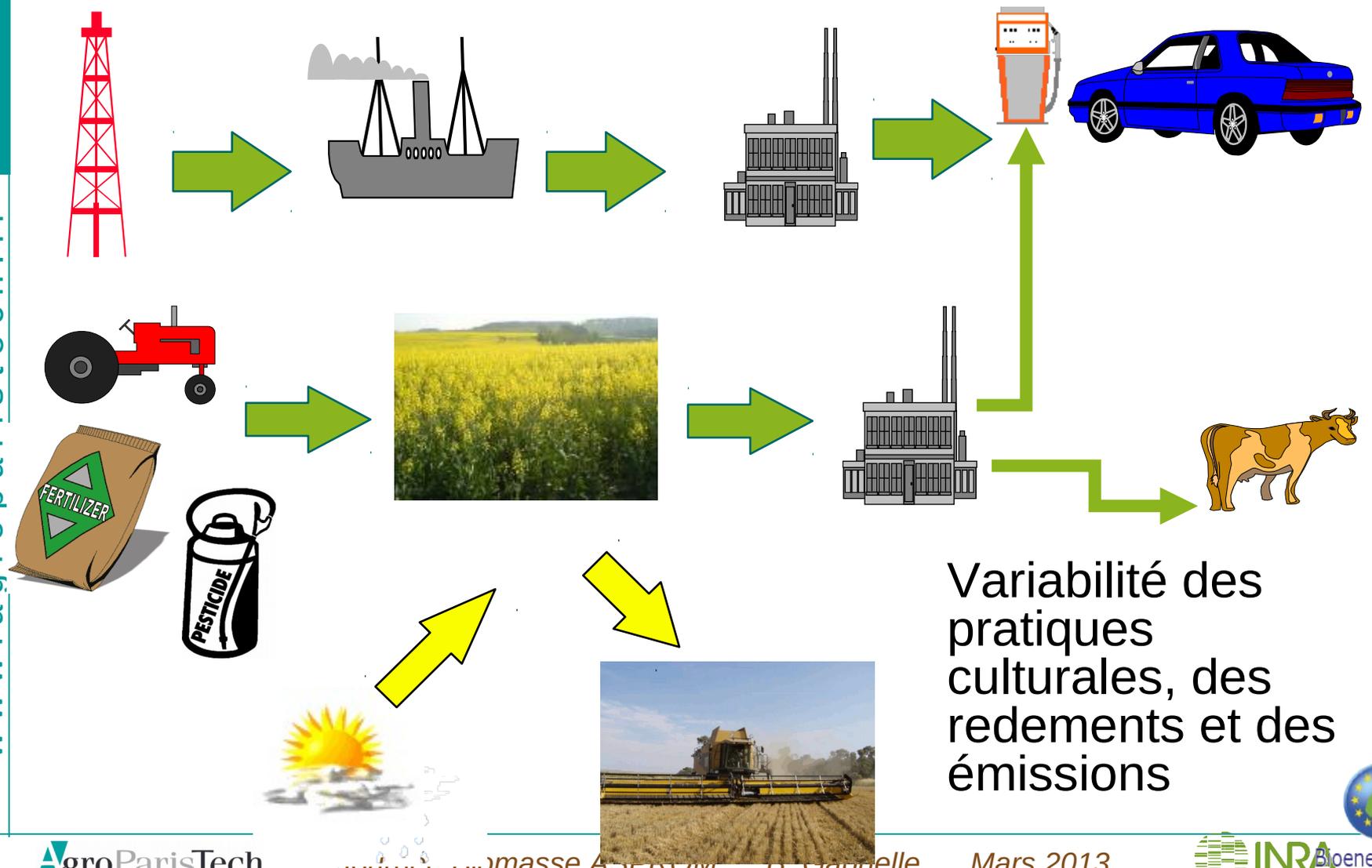
- Impact categories:**
- Global warming
 - Consumption of non-renewable resources
 - Eutrophication of ecosystems
 - Air quality (ozone)
 - Toxicity, ecotoxicity
 -

(ISO standards 14040)

Source: C. Bessou

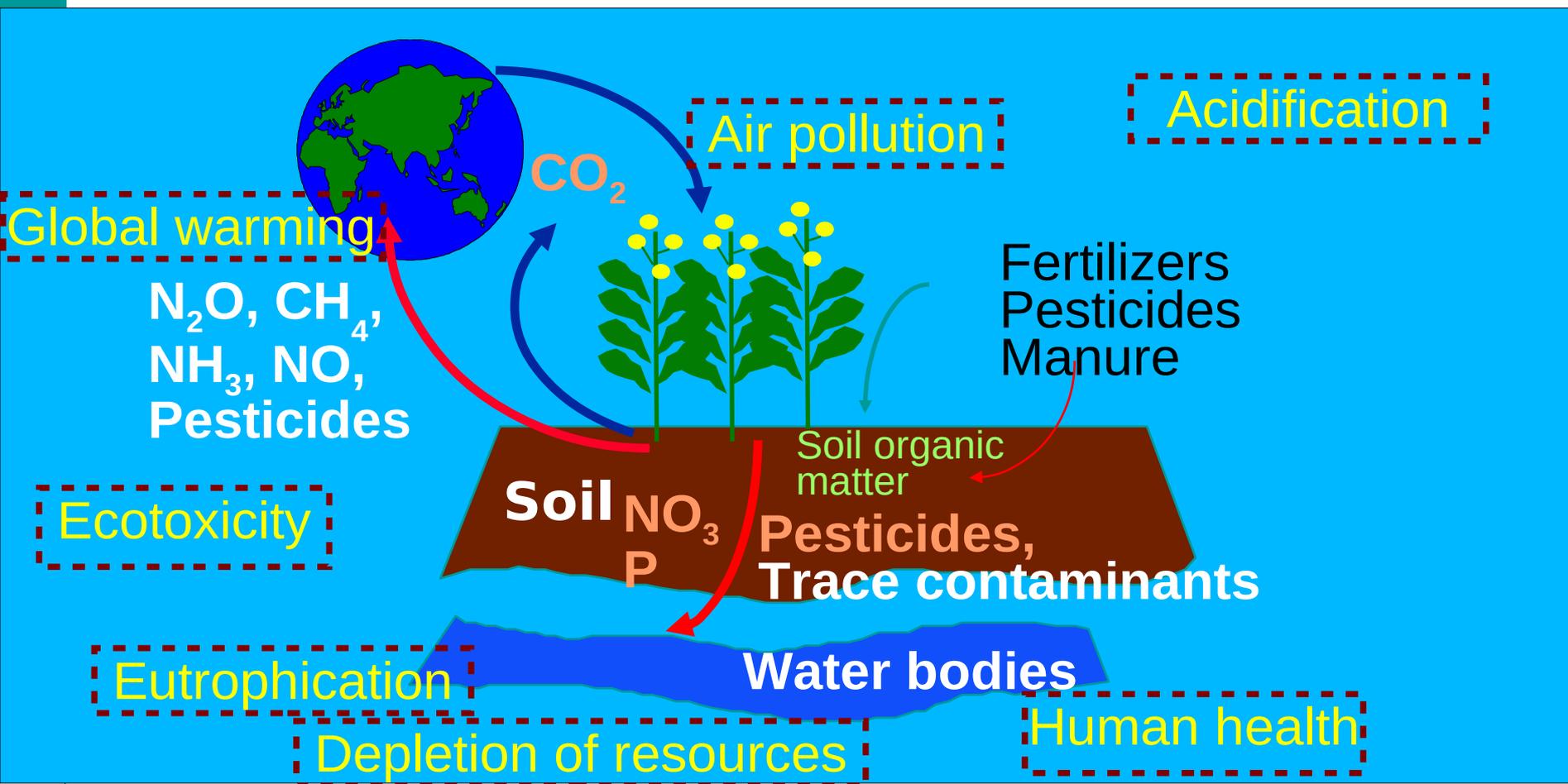
Les défis posés par l'évaluation des filières bioénergie

www.agroparistech.fr

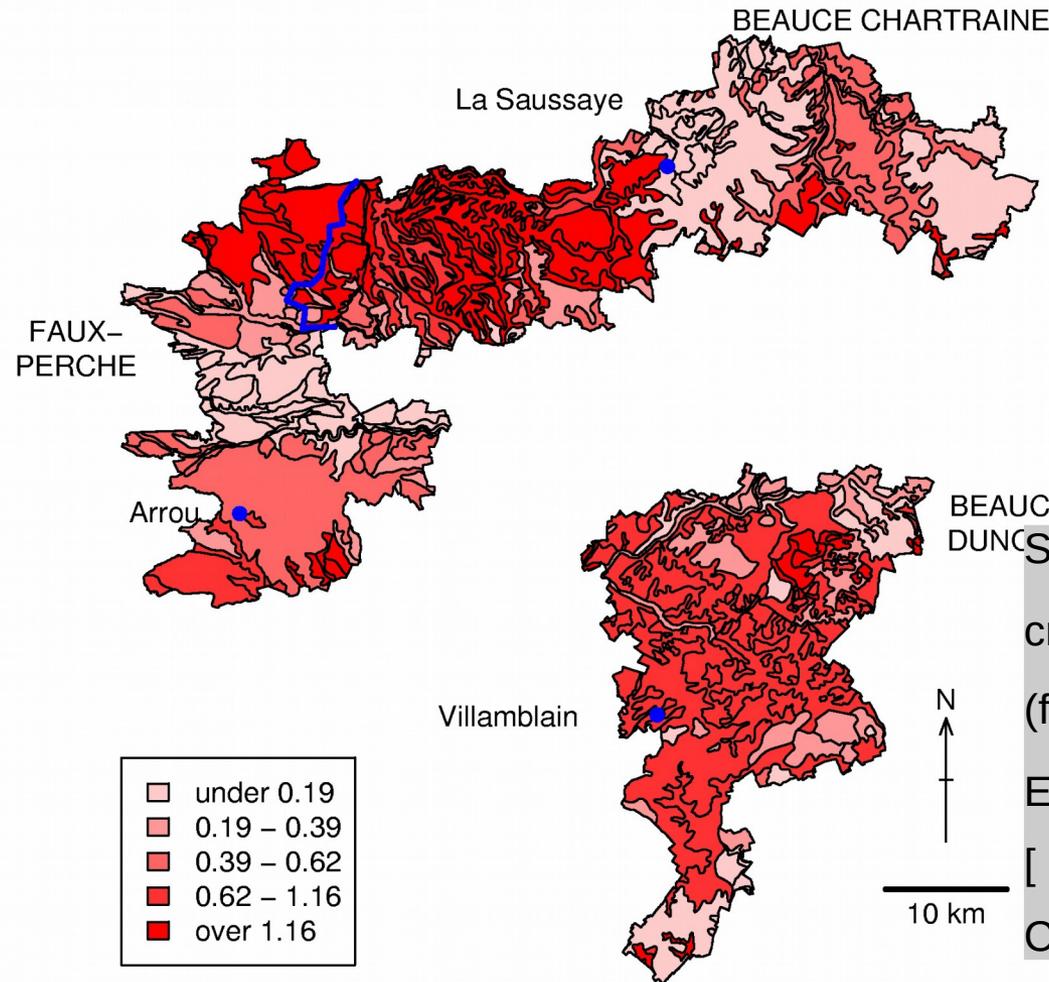


Variabilité des pratiques culturales, des redements et des émissions

Une large gamme de composés à mesurer



Comment appréhender la variabilité des émissions de N_2O



Simulation of N_2O emissions from wheat crops in the Beauce region of France (fluxes in $kg N_2O-N/ha/yr$).

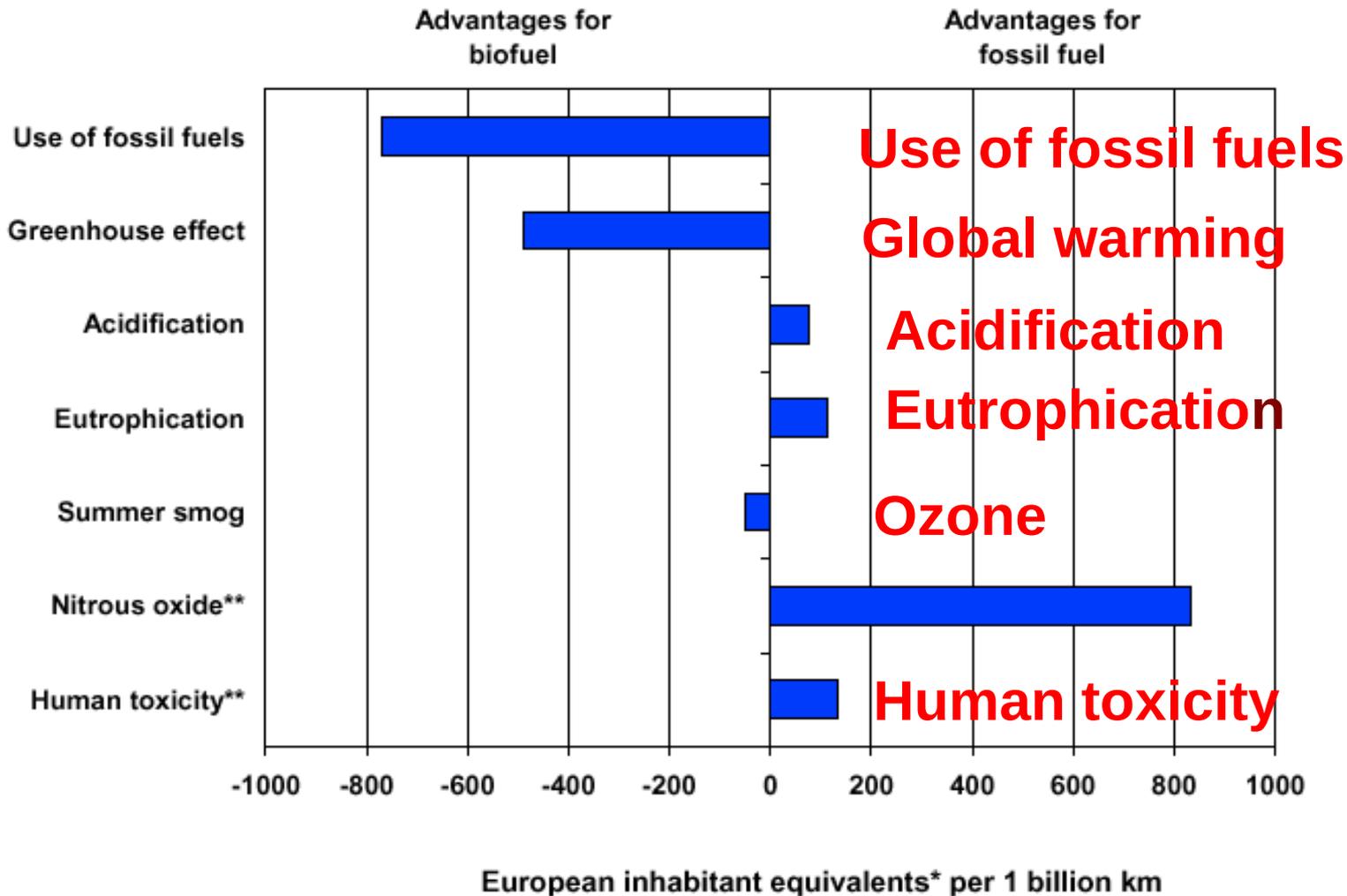
Emission factors range from 0.1 to 0.3% [IPCC (2006) recommends 1%; Crutzen et al. (2008) suggest 3 to 5 %]

Gabrielle et al., Global Biogeochem. Cycles, 2006.

Plan de la présentation

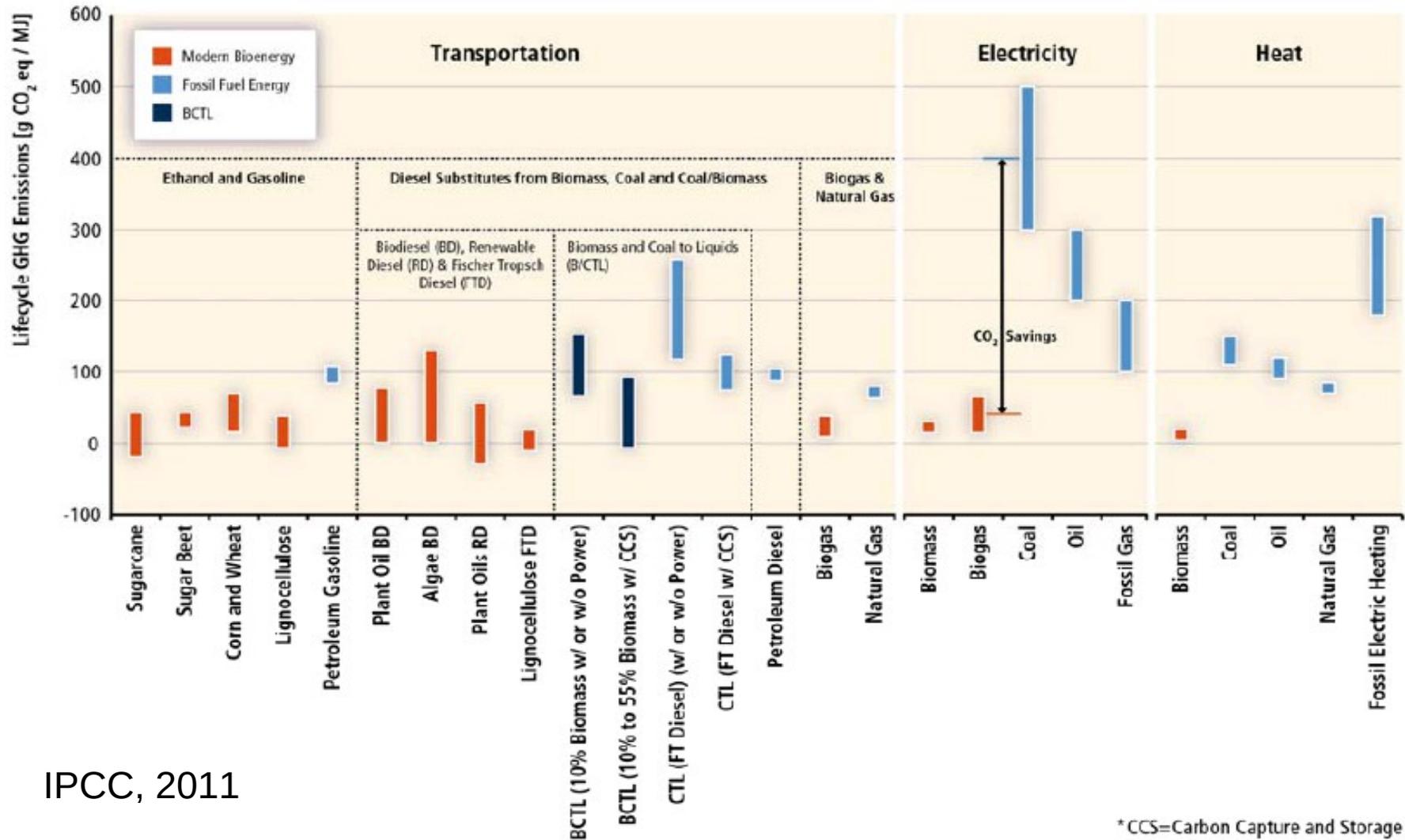
- Une exigence de performance environnementale
- Quelles métriques pour la durabilité ?
- Les filières bioénergie: des grandes tendances mais des résultats très variables
- Conclusion et défis futurs

Bénéfices globaux contre dommages locaux



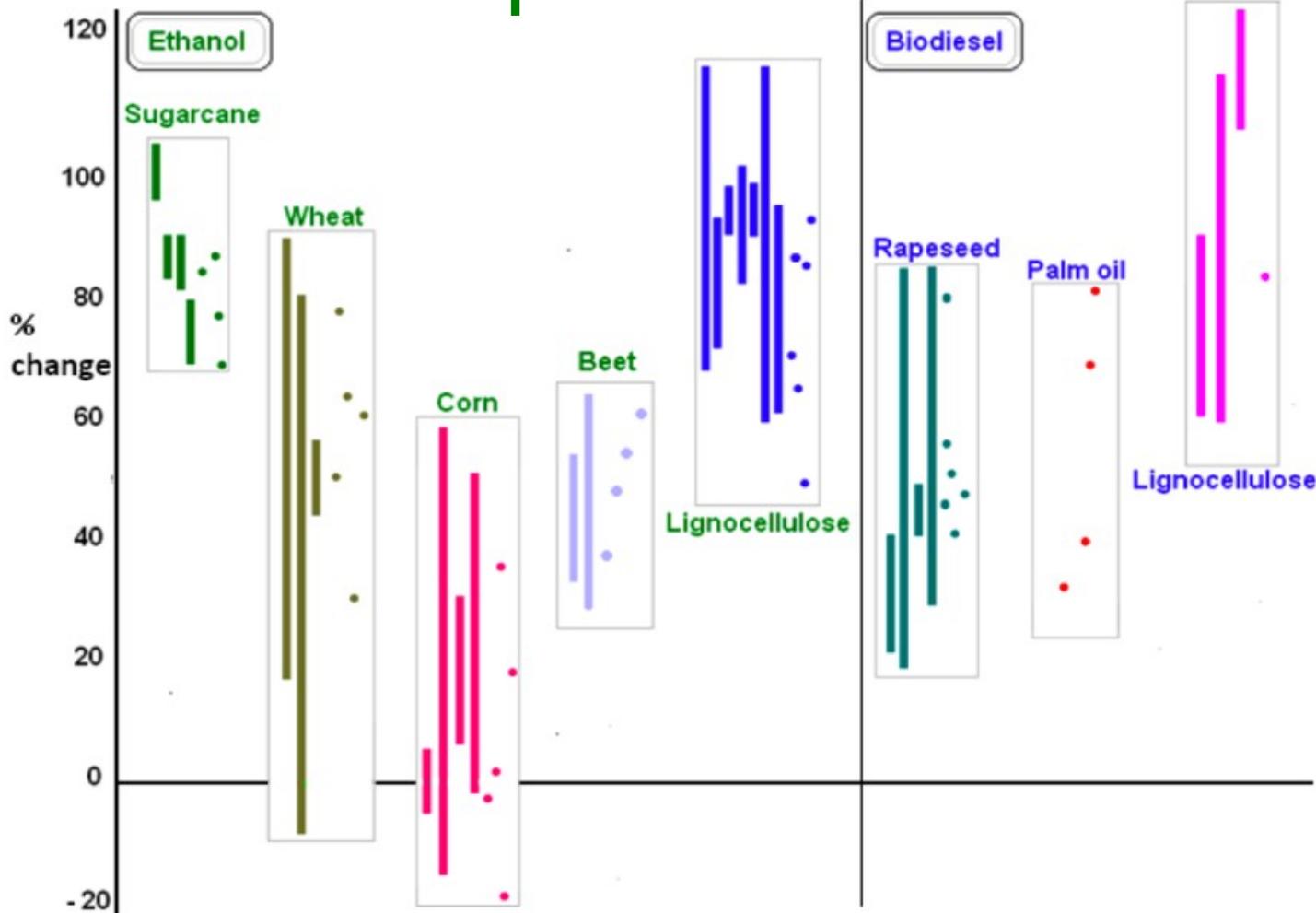
Comparaison de l'éthanol et de l'essence en Europe (Reinhardt, 2000)

Des économies de GES plus marquées pour chaleur/électricité



IPCC, 2011

De fortes incertitudes pour les biocarburants



Economies de GES des biocarburants par rapport à leurs équivalents fossiles.
Source: IEA, 2008.

Sources of discrepancies across LCA studies

Methodological assumptions:

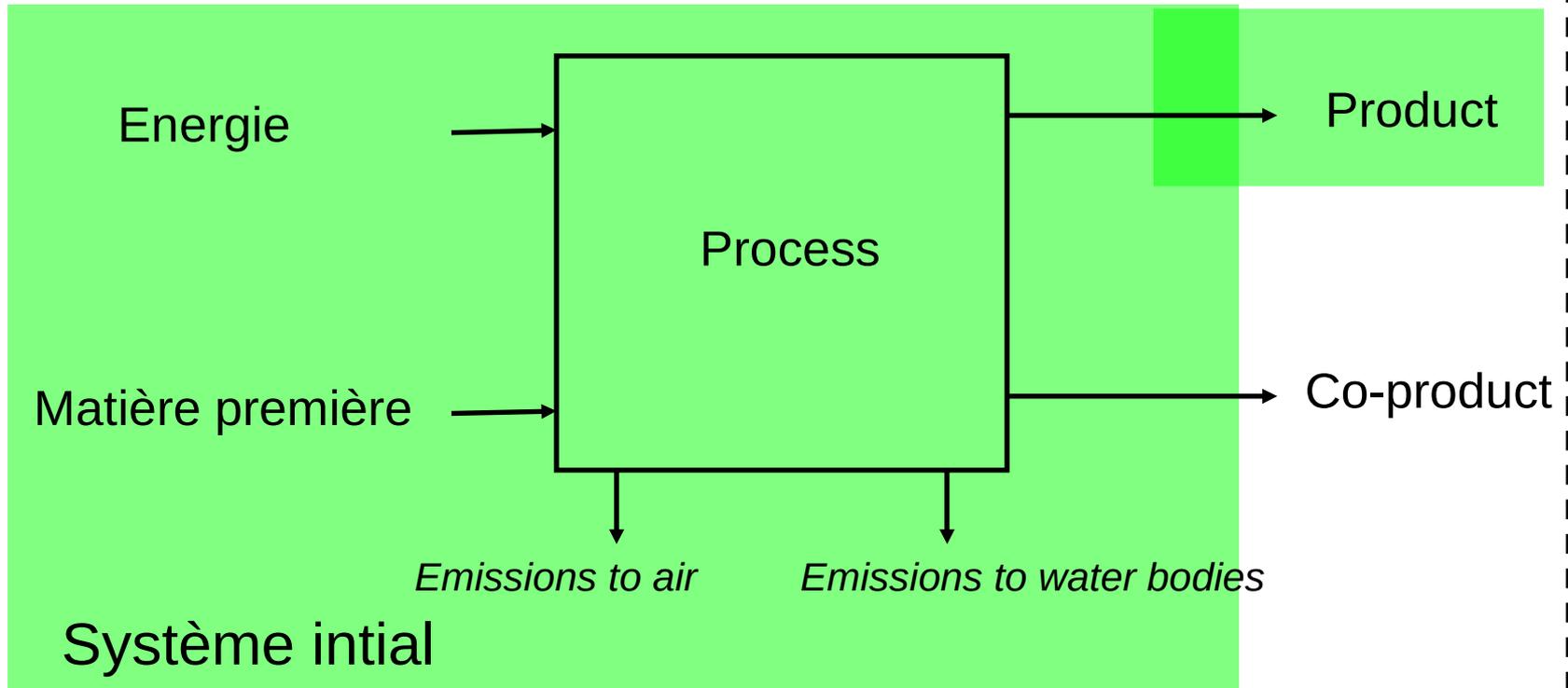
- Choice of impact metrics and characterization
- Definition of systems boundaries
- Handling of by-products

Quality of input data: representativity, precision,
transparency

- Feedstock production and emissions (eg N_2O)
- Logistics and industrial processing
- Context (eg, power production: average mix or

marginal)

Allocation vs. system expansion for by-products

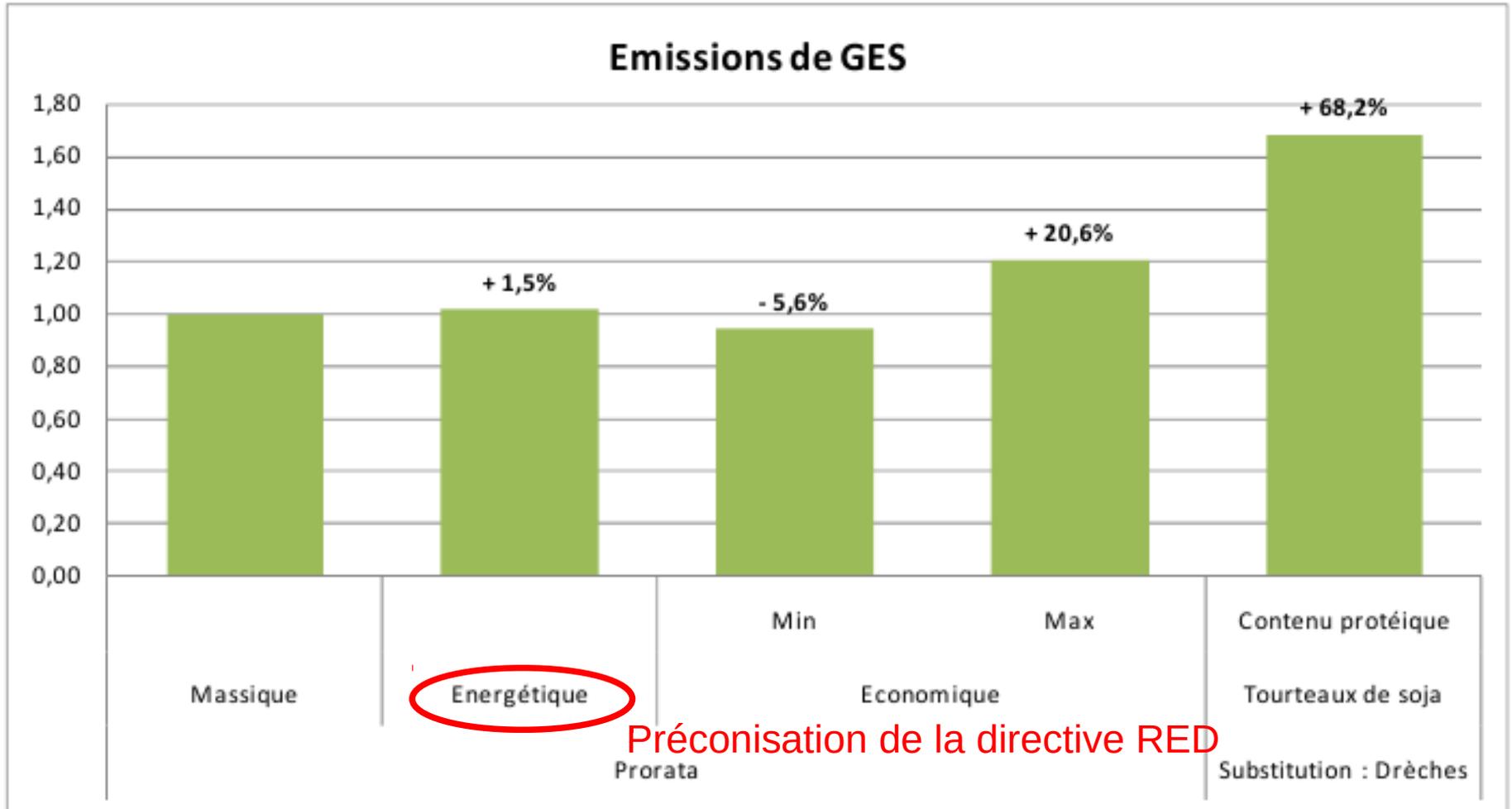


New system for comparison with alternative solutions

Source: S. His, IFPEN

Effet du traitement des co-produits

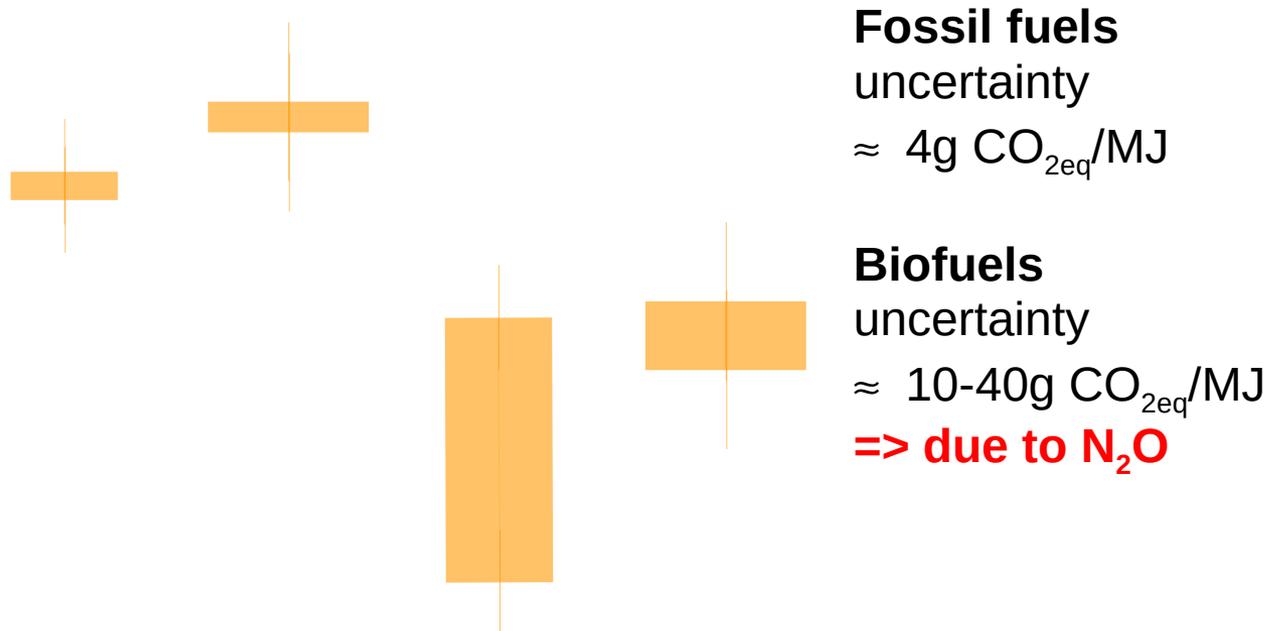
Emissions de GES relatives pour l'éthanol de blé en France



Source: Référentiel pour les ACV des biocarburants de première génération en France, BioIS/ADEME, 2008.

L'incertitude n'est pas symétrique

Uncertainty in the GHG emissions of biofuels



JRC/EUCAR/CONCAWE 2008

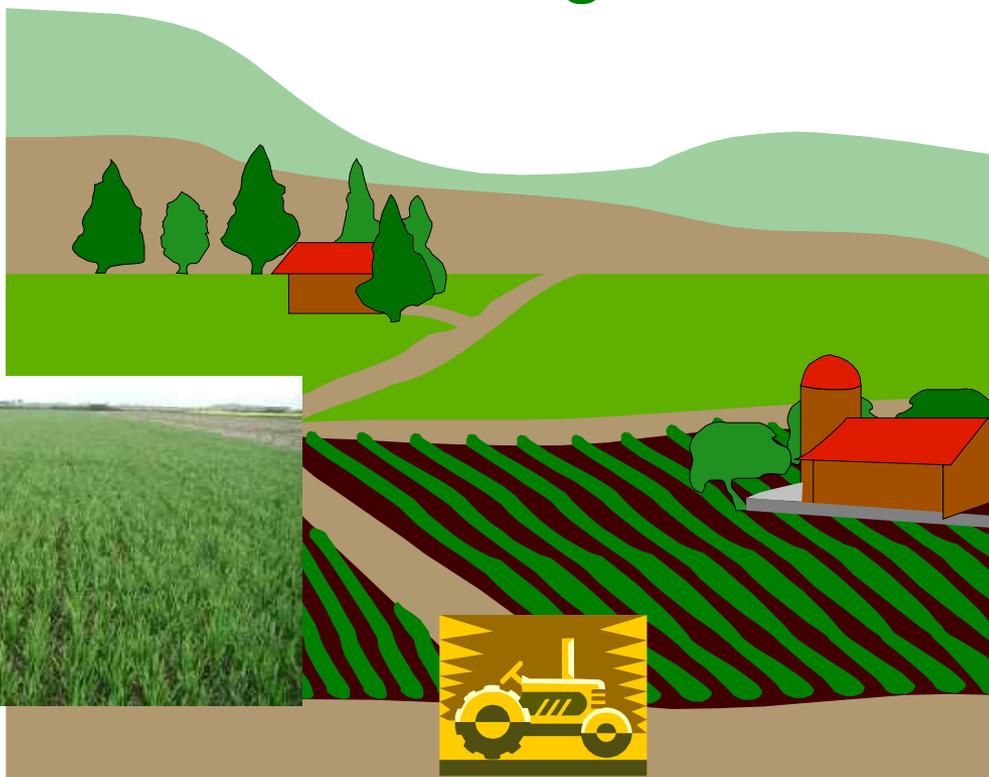
Source: C. Bessou (2009)

100

7

Quels effets

sur l'usage des sols ?



Déforestation

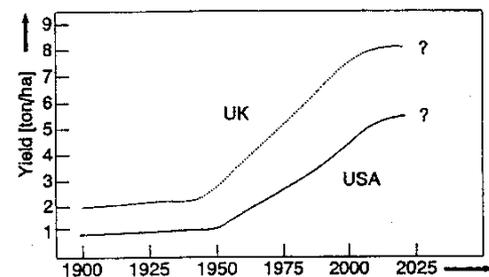
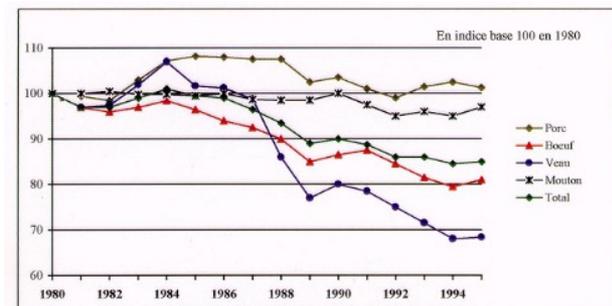


Figure 2.2 Development of soil productivity for wheat in the UK and the USA. Source: Rabbinge & Van Latesteijn, 1992.

Augmentation des rendements? ?

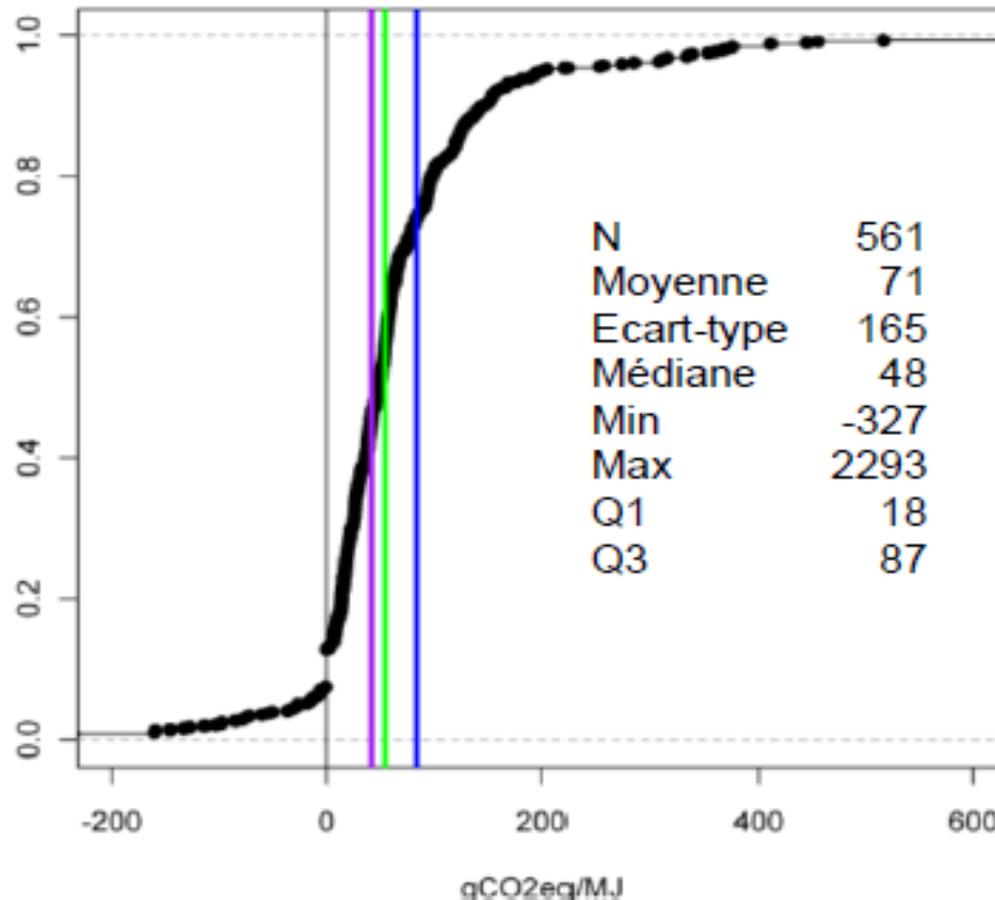


Changements de régime alimentaire ?

Le développement de la biomasse risque d'induire une tension sur la disponibilité en terres agricoles pour produire des aliments et de l'énergie.

Quels seront les ajustements nécessaires ?

Un champ de recherche émergent

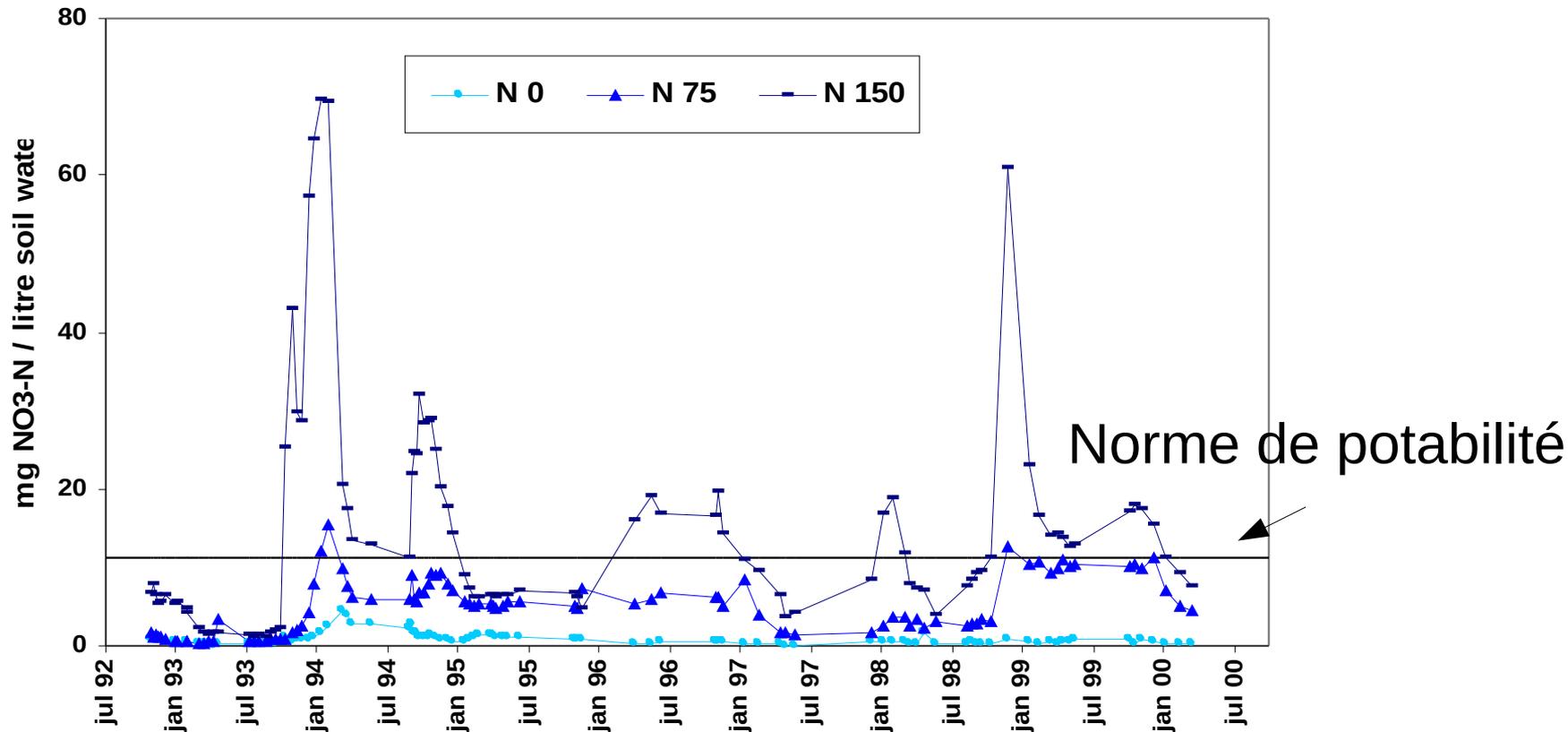


Facteurs CASd+ (en gCO₂eq/MJ annualisés sur 20 ans) collectés.

Source: De Cara et al. (2012)

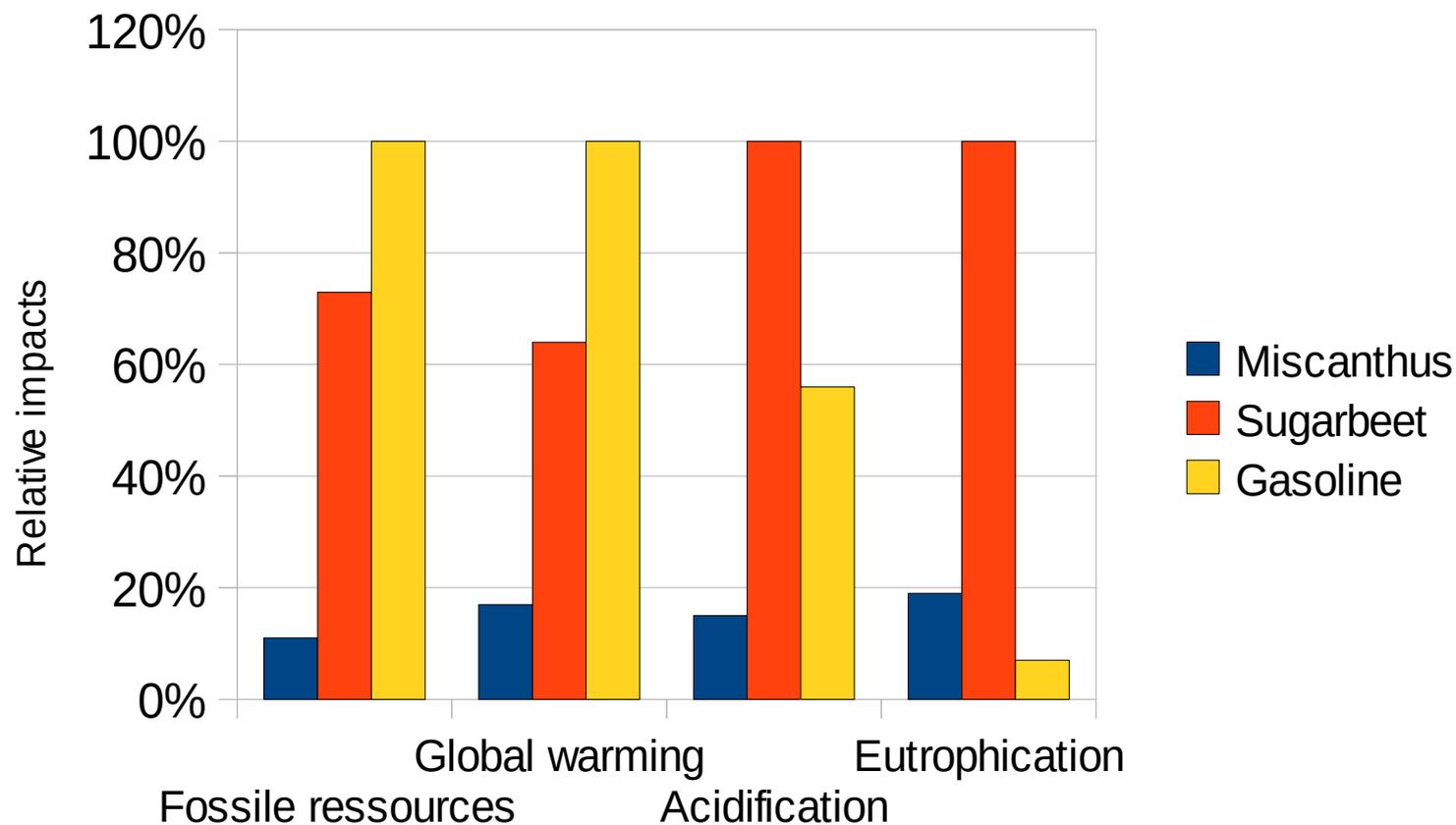
Intérêt du miscanthus

Pertes de nitrates vers les eaux



→ Une réduction de 50 kg N/ha/an par rapport à une céréale

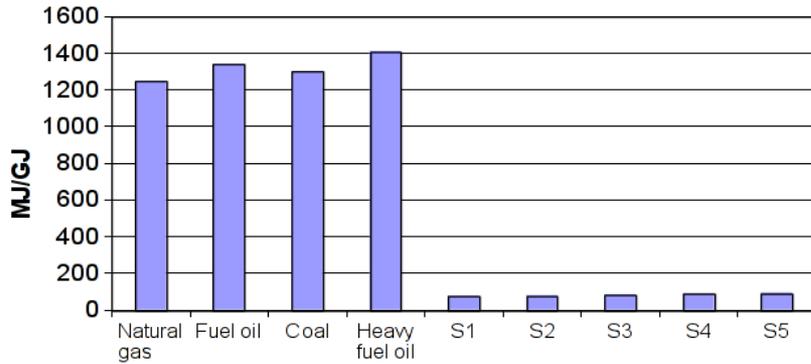
Les bioénergies peuvent générer des externalités positives



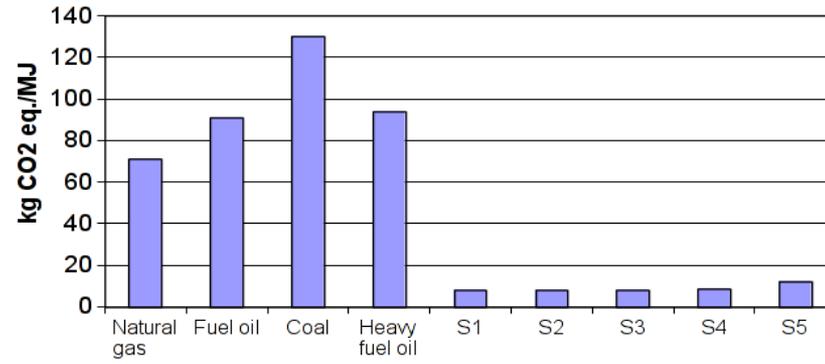
Impacts cycle de vie de bioéthanol et d'essence.
Source: Bessou (2009)

Intérêt de l'eucalyptus pour la chaleur

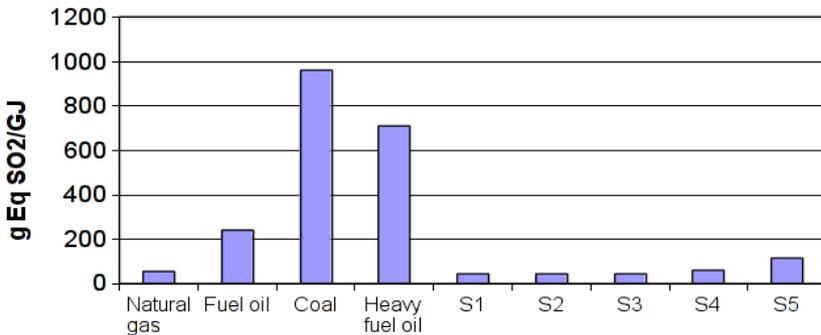
Non Renewable Energy Consumption



Global warming



Acidification



Eutrophication

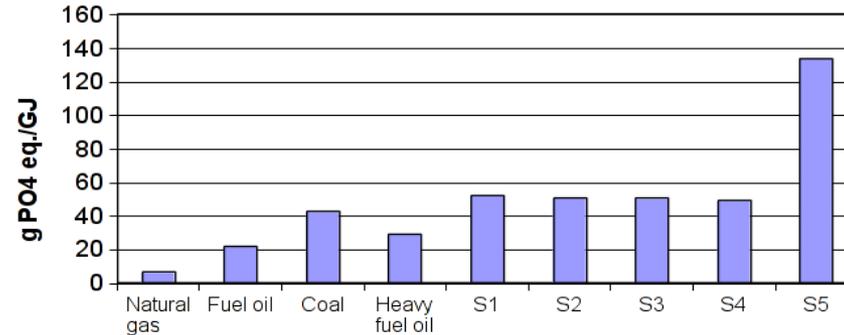
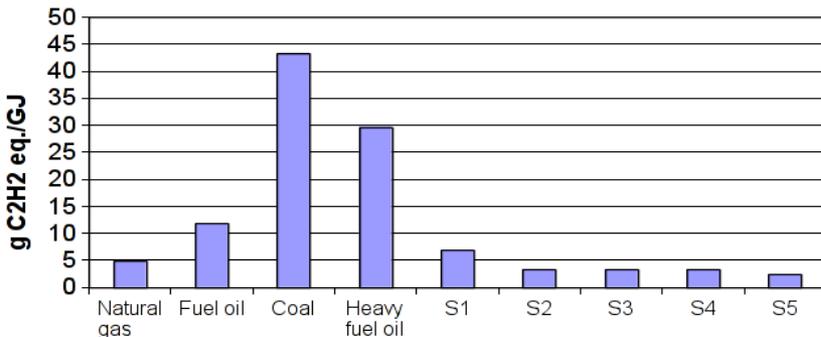


Photo chemical ozone creation potential



Impacts ACV comparés entre une production de chaleur à partir de sources fossiles ou de taillis d'eucalyptus en courte rotation (Gabrielle, Nguyen The et al., 2012)

Conclusion

- La production de biomasse est contrainte par de nombreux facteurs physiques et économiques (ressource en terres), et par les critères de durabilité (économies de GES, biodiversité, acceptabilité sociale).
- L'évaluation des projets de bioénergie se généralise et un certain nombre de lignes directrices sont disponibles (par exemple la directive RED).
- Quelques tendances se dessinent (arbitrages impacts locaux/globaux, électricité/chaleur plus performants que carburants, 2G vs 1G...)
- Mais il reste un certain nombre d'inconnues en termes d'externalités positives ou négatives (biodiversité, eau, changements d'usage directs et indirects).
- Le bassin d'approvisionnement est l'échelle-clé pour améliorer les évaluations environnementales et la performance des projets.
- La co-construction entre les opérateurs économiques et les parties prenantes de ces bassins est souhaitable pour le succès (et la durabilité) des projets bioénergie (actions du réseau Carnot 3BCar).

Bibliographie

- BioIS; ADEME; MEDAD; MAP; ONIGC & IFPEN Elaboration d'un référentiel méthodologique pour la réalisation d'Analyses de Cycle de Vie appliquées aux biocarburants de première génération en France BioIntelligence Service, Paris, 2008
- Bessou, C. Emissions de gaz à effet de serre des biocarburants : amélioration des Analyses de Cycle de Vie par la prise en compte des facteurs de production locaux. Thèse de Doctorat ABIES, AgroParistech, 2009.
- De Cara, S.; Goussebaïle, A.; Grateau, R.; Levert, F.; Quinemer, J. & Vermont, B. REVUE CRITIQUE DES ETUDES EVALUANT L'EFFET DES CHANGEMENTS D'AFFECTATION DES SOLS SUR LES BILANS ENVIRONNEMENTAUX DES BIOCARBURANTS. ADEME, 2012.
- Edenhofer, O. et al (ed.) IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Summary for Policymakers. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2011.
- Gabrielle, B.; Laville, P.; Duval, O.; Nicoullaud, B.; Germon, J. C. & Hénault, C. Process-based modeling of nitrous oxide emissions from wheat-cropped soils at the sub-regional scale Global Biogeochemical Cycles, 2006, 20, GB4018
- Gabrielle, B.; Nguyen The, N.; Maupu, P. & Vial, E. Life-cycle assessment of eucalyptus short-rotation coppices for bioenergy production in Southern France. GCB Bioenergy, 2013, 5, 30-42
- Jorgensen, U. Zhu, Z.; K.Minami & Xing, G. (ed.) Impacts of human-disturbed nitrogen cycling on ecosystem and environment. Proc. 3rd International Nitrogen Conference, Nanjing, China, October 2004. How to reduce nitrate leaching by production of perennial energy crops 2004, 513-518.
- Reinhardt, G. Bio-energy for Europe. Which ones fit best? Rapport final du projet BioFit, IFEU, Heidelberg, 2000.

Merci pour votre attention

