

Efficienne de l'azote dans les systèmes agricoles diversifiés – réflexions et perspectives

Olivier GODINOT
Institut Agro Rennes Angers

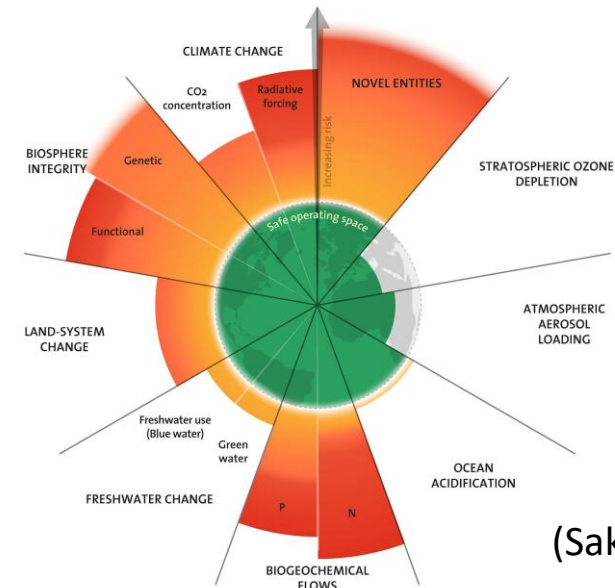
Enjeux de l'azote



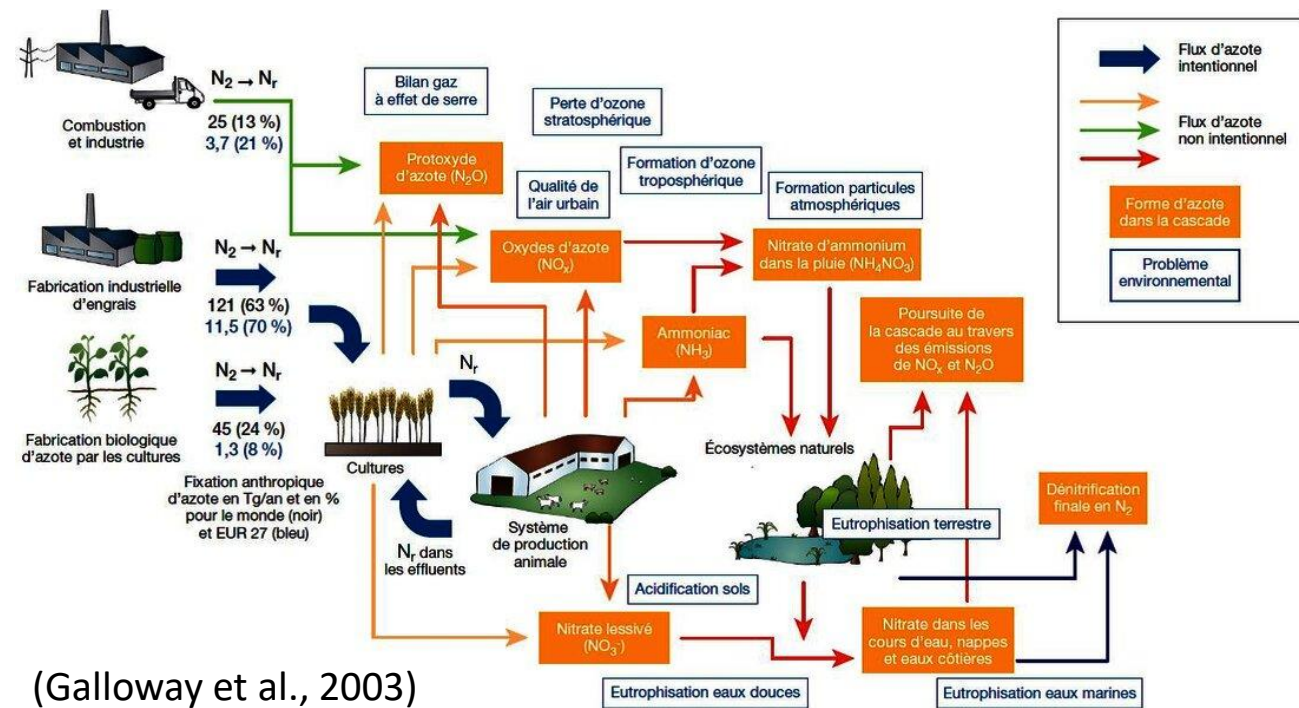
Applying liquid manure more precisely than this would be chosen, reduce odour and emit less ammonia.

Too much of a good thing

(Sutton et al. 2011)



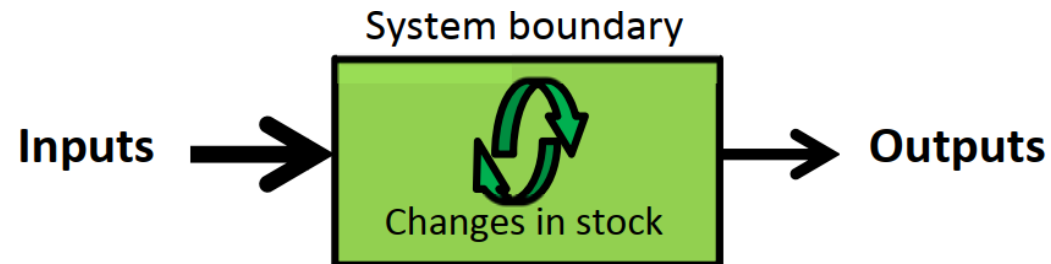
(Sakschewski et al. 2025)



(Galloway et al., 2003)

L'efficacité d'utilisation de l'azote

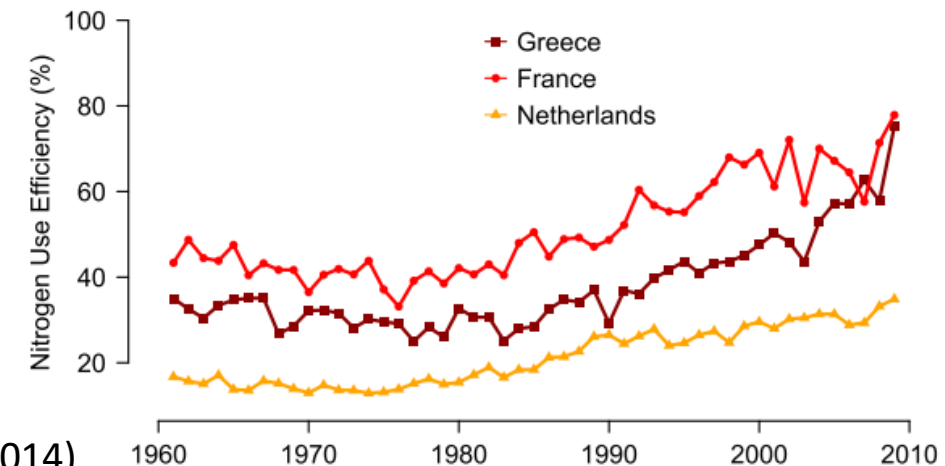
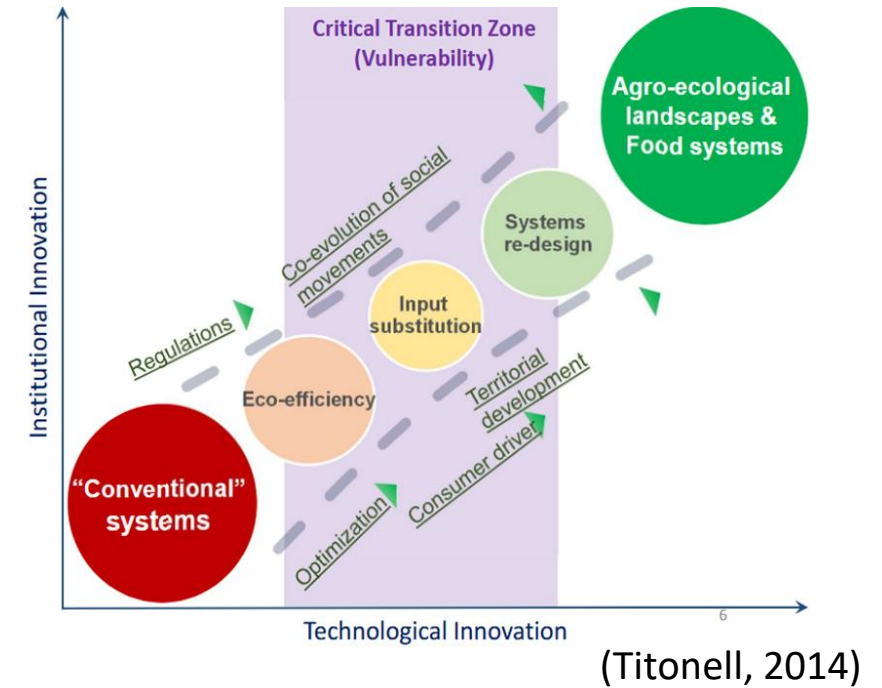
- Efficacité de l'azote : nombreuses définitions et modalités de calcul selon l'échelle et l'objectif (efficacité agronomique des engrais (kg rendement / kg Nfert), efficacité de conversion alimentaire des animaux, efficacité physiologique des plantes ($NUE = NUtE \times NUpE$)...)
- Définition habituelle à l'échelle de la ferme et du territoire : **NUE = sorties N / entrées N**
- Exprime l'efficacité de **conversion des intrants** azotés (engrais, aliments, fixation, dépôt...) **en produits utiles** (produits animaux et végétaux sortant du système)



(EUNEP, 2016)

Intérêts de l'indicateur NUE

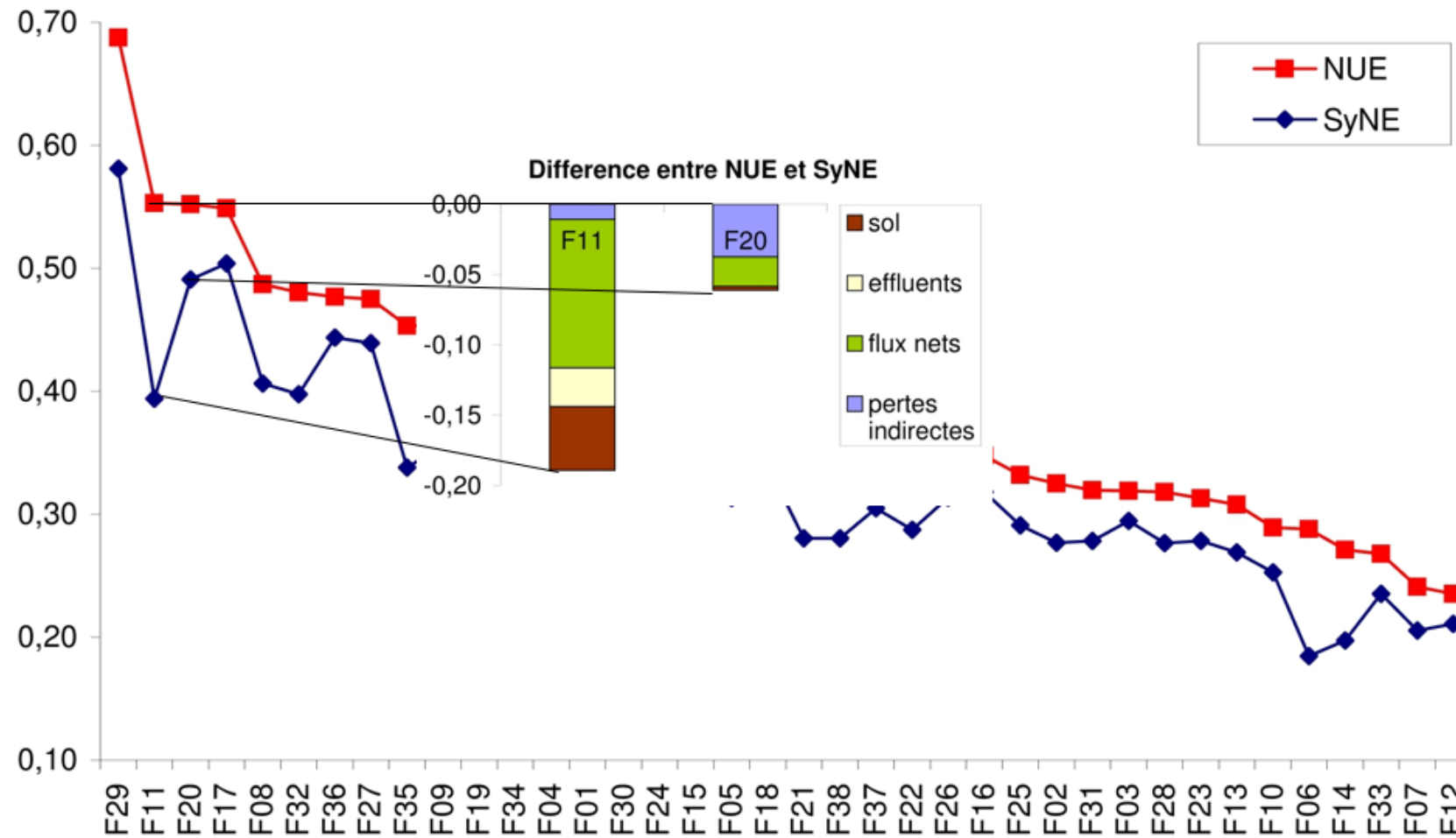
- Un levier majeur pour améliorer la durabilité de l'agriculture (Bodirsky et al., 2014 ; Sutton et al., 2011)
- Premier pas vers l'agroécologie (E/S/R) ?
- Relativement simple à calculer à différentes échelles, facile à comprendre => indicateur de référence pour comparer des modalités de gestion de l'azote
- Largement adopté par la communauté scientifique, les instances internationales (UE, EUNEP, PNUE, INI...), mais pas encore utilisé dans la réglementation



(Lassaletta et al., 2014)

Limites de NUE

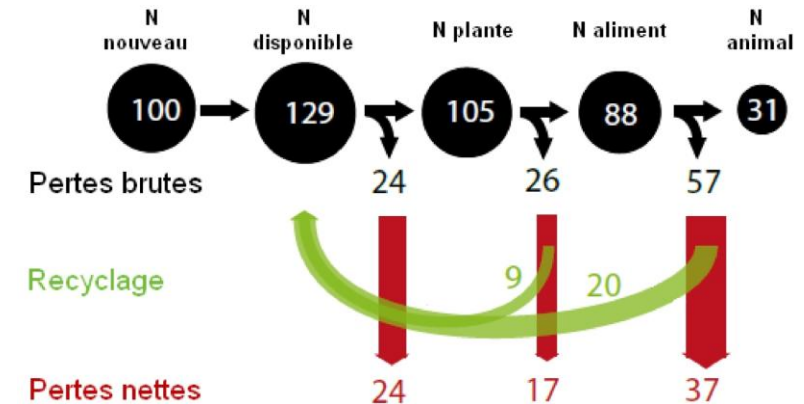
- Nombreux biais : pas de prise en compte des variations de stock de MO du sol, transfert de pollution via l'achat d'intrants, biais « achat - revente », statut des effluents



(Godinot et al., 2014)

Limites de NUE

- Nombreux biais : pas de prise en compte des variations de stock de MO du sol, transfert de pollution via l'achat d'intrants, biais « achat - revente », statut des effluents
- Grosse incertitude liée à certains flux, notamment fixation symbiotique
- Difficulté à adapter à la parcelle car ne tient pas compte des effets précédents
- Basé sur un bilan « N » : ne tient pas compte de la forme des intrants (différents engrais et aliments), des produits (protéines de nature différente), des pertes ($N_2O \neq NO_3^- \neq N_2$)
- Comparaison parfois « triviale » du fait de la meilleure efficacité des végétaux sur les animaux



(Galloway et al., 2007)

Production	NUE max
Céréales	90%
Volailles	59%
Porcs	49%
Œufs	48%
Lait	39%
Bovin viande	26%

(Godinot et al., 2015)

Propositions d'amélioration

- Ne pas considérer les effluents exportés comme des produits, mais comme des intrants négatifs (**bilan net entrées – sorties d'effluents = « crédit engrais »** ; éventuellement appliquer un CAU)
- Tenir compte des pertes azotées liées à la production des intrants (**méthode simple : NUE des cultures achetées** ; **Méthode détaillée : données d'inventaires ACV**)
- Calculer les flux nets par grandes catégories de produits (**animaux vendus – achetés, cultures vendues – aliments achetés** ; facile mais très rarement fait)
- Tenir compte des variations d'azote du sol (**modélisation AMG x C/N**, demande beaucoup de données à la parcelle, complexe et incertain ; métamodélisation ?)
- Améliorer les informations sur la fixation symbiotique : **des idées ?**

(EUNEP, 2016 ; Godinot et al., 2014, 2015 ; Quemada et al., 2020)

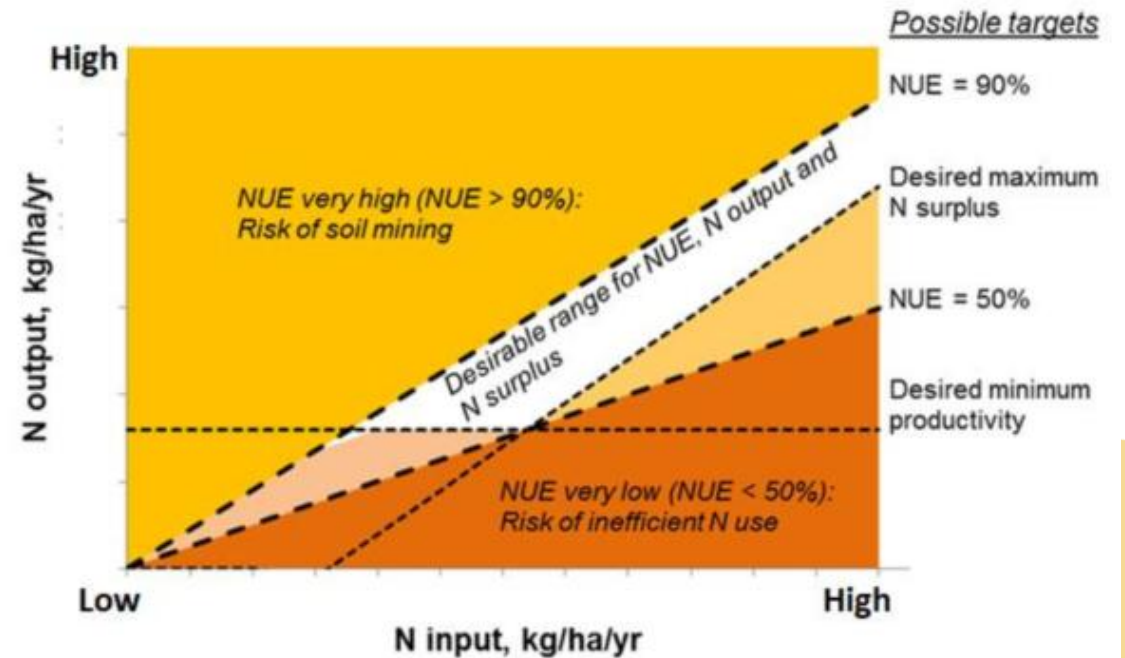
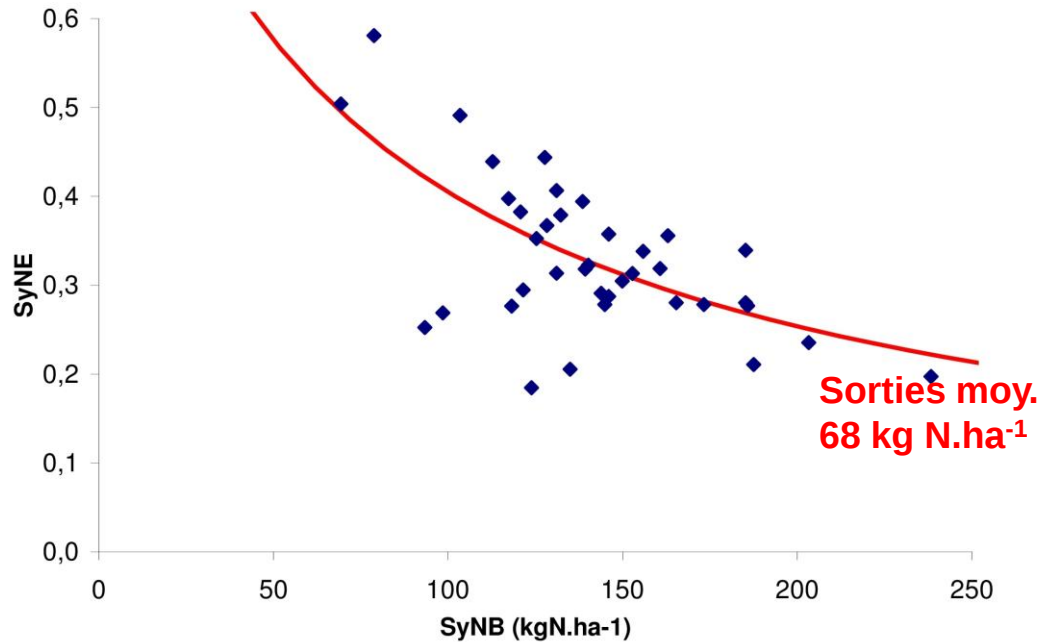
Propositions d'amélioration

- Ne pas considérer les effluents exportés comme des produits, mais comme des intrants négatifs (**bilan net entrées – sorties d'effluents = « crédit engrais »** ; éventuellement appliquer un CAU)
- Tenir compte des pertes azotées liées à la production des intrants (**méthode simple : NUE des cultures achetées** ; **Méthode détaillée : données d'inventaires ACV**)
- Calculer les flux nets par grandes catégories de produits (**animaux vendus – achetés, cultures vendues – aliments achetés** ; facile mais très rarement fait)
- Tenir compte des variations d'azote du sol (**modélisation AMG x C/N**, demande beaucoup de données à la parcelle, complexe et incertain ; métamodélisation ?)
- Améliorer les informations sur la fixation symbiotique : **des idées ?**

(EUNEP, 2016 ; Godinot et al., 2014, 2015 ; Quemada et al., 2020)

Propositions et idées

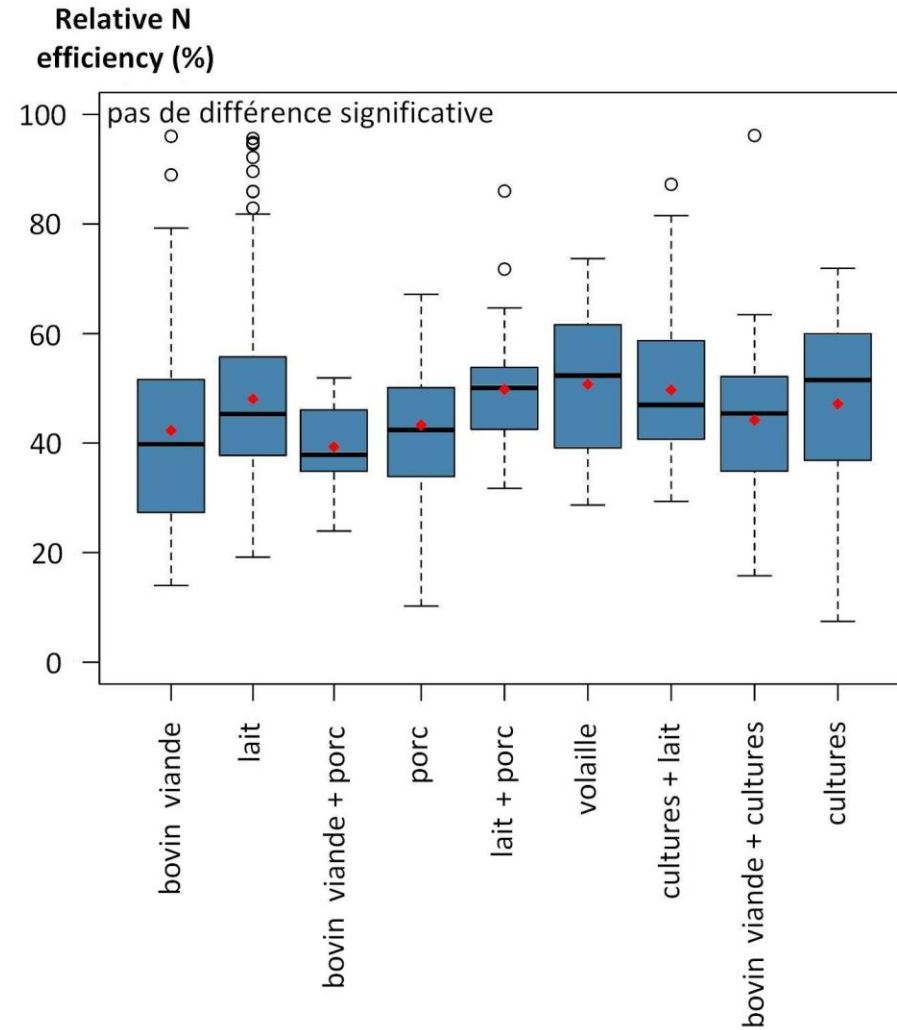
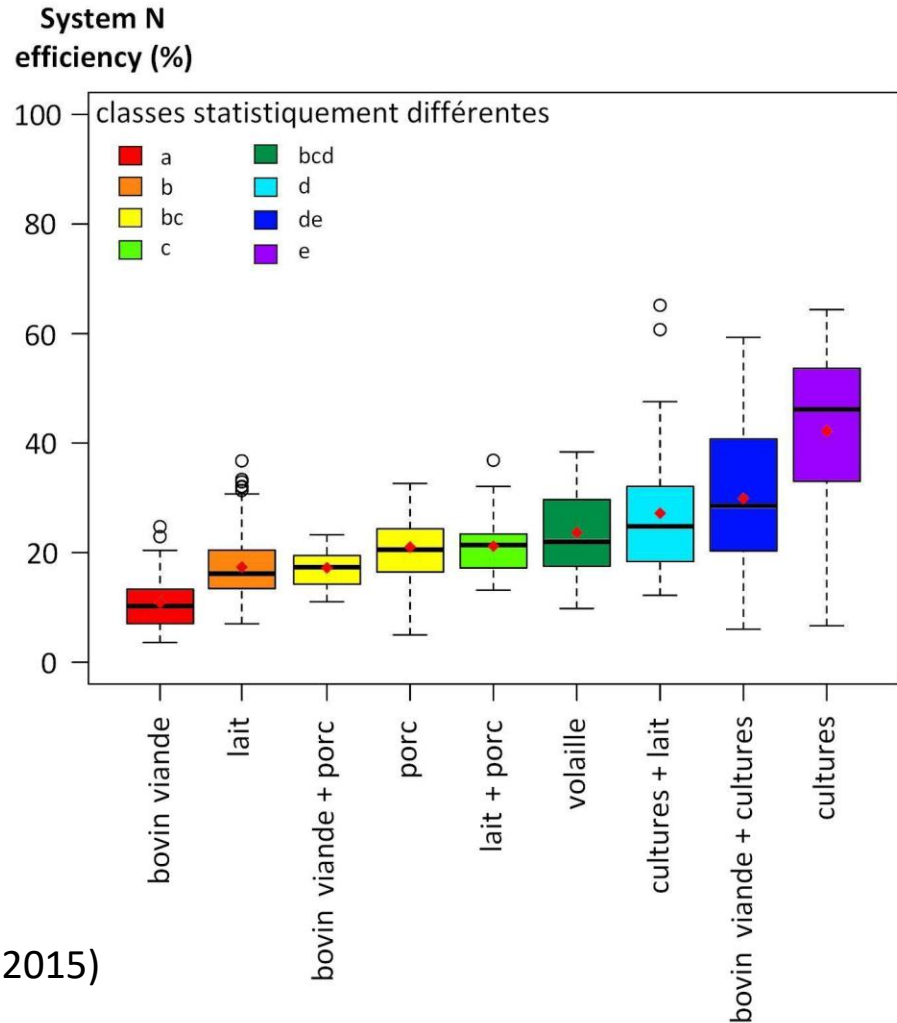
Une bonne NUE n'est pas synonyme de faibles pertes => **toujours associer cet indicateur à un indicateur de pertes (surplus azoté) et à un indicateur de productivité : le characteristic operating space**



(EUNEP, 2016 ; Godinot et al., 2014 ; Quemada et al., 2020)

Propositions et idées

En polyculture élevage, la nature des productions est déterminante sur NUE : indicateurs relatifs ?



(Godinot et al., 2015)

Réflexions et questions

- Dans des systèmes à très faibles intrants (Mirecourt), il est très difficile de calculer NUE, car les variations d'azote du sol et l'incertitude liée aux flux d'azote fixés deviennent très influentes sur le résultat final
- Les systèmes à très faibles intrants sont souvent synonymes de très faibles pertes, même s'ils sont peu efficaces
 - mais il peut y avoir des pertes importantes liées à un retournement de prairie / luzerne, de forts reliquats hivernaux mal valorisés par une céréale d'hiver...
 - Mais ces effets précédents ou minéralisation du sol ne sont pas pris en compte dans le calcul de NUE
- **Intérêt de cet indicateur dans des systèmes très autonomes ?**
- **La NUE est-elle un indicateur utile surtout dans des systèmes intensifs en intrants ?**
- **La NUE est-elle antagoniste de la robustesse ?**

