

Colloque des GIS Avenir Elevages et Grandes Cultures
18 décembre 2024 - Paris

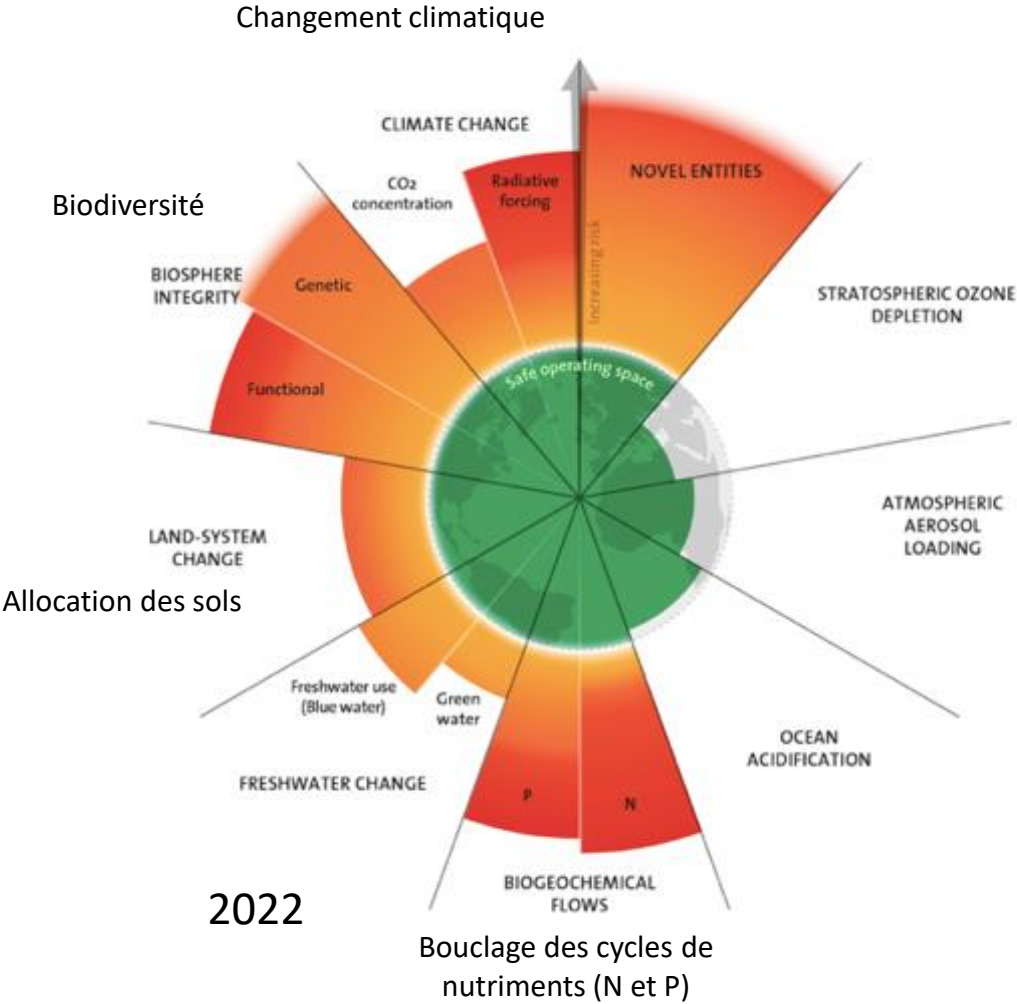
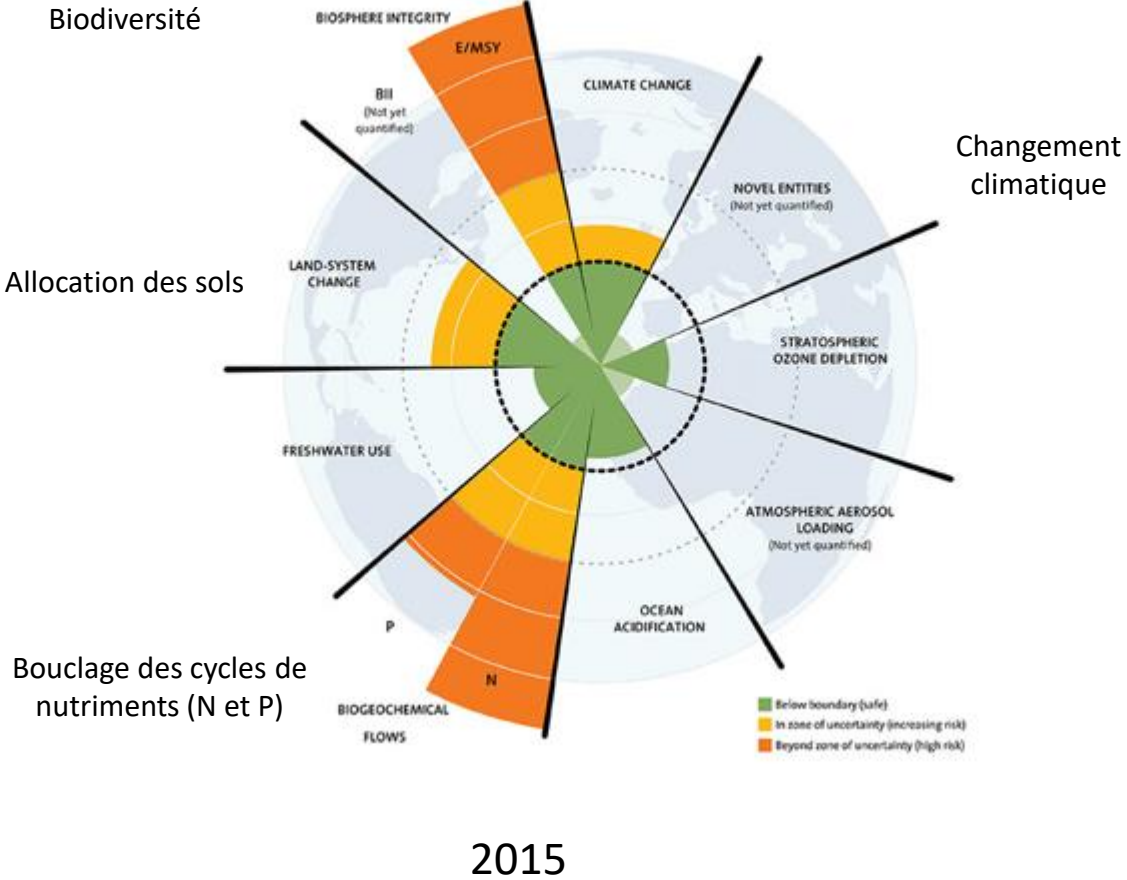
Azote et protéines dans le contexte des limites planétaires

Christian HUYGHE

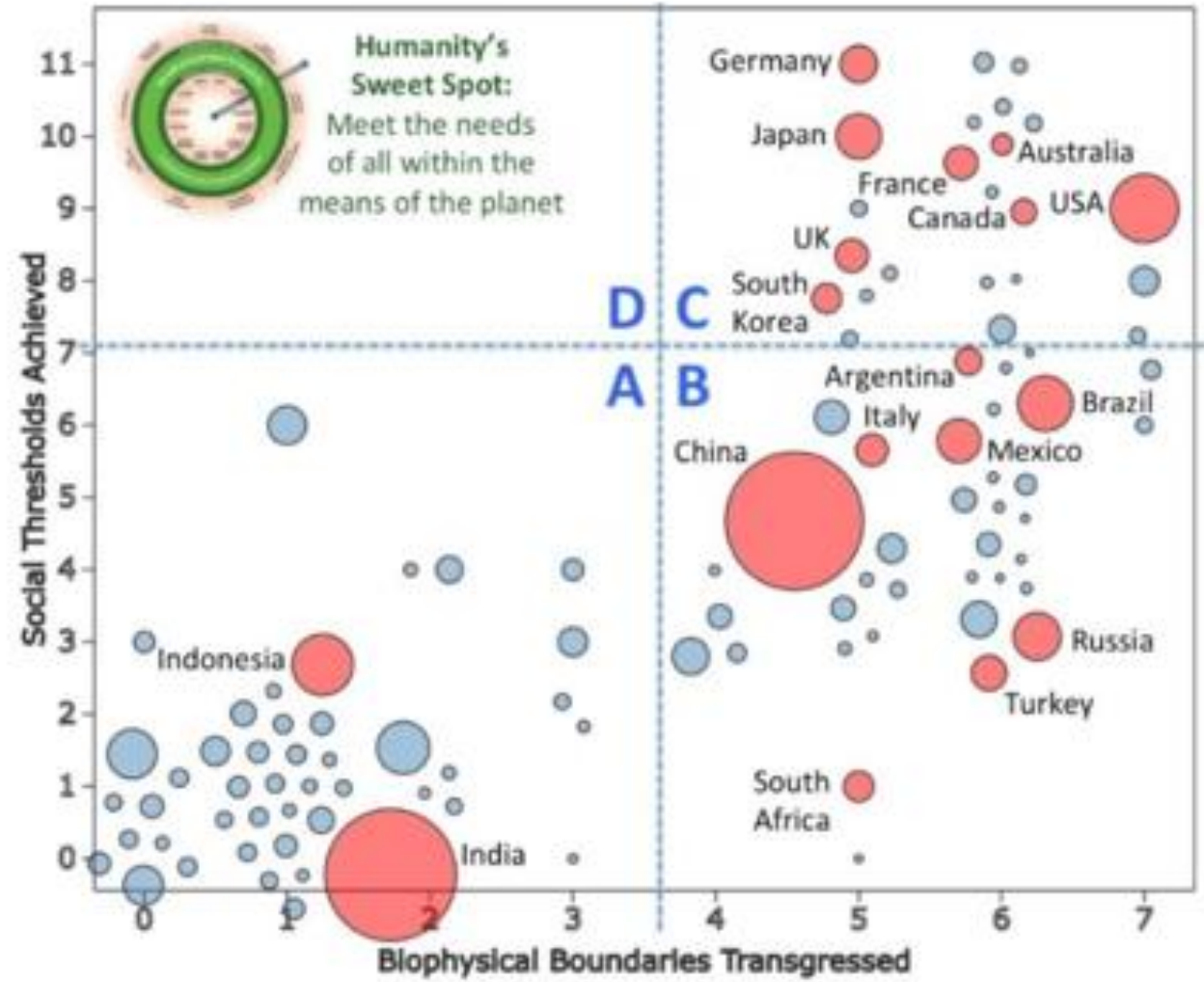
Directeur Scientifique Agriculture Inrae



L'activité humaine a conduit à dépasser les limites planétaires (Johan Rockström (2009))



JUSTE: répondre aux besoins du bien-être social



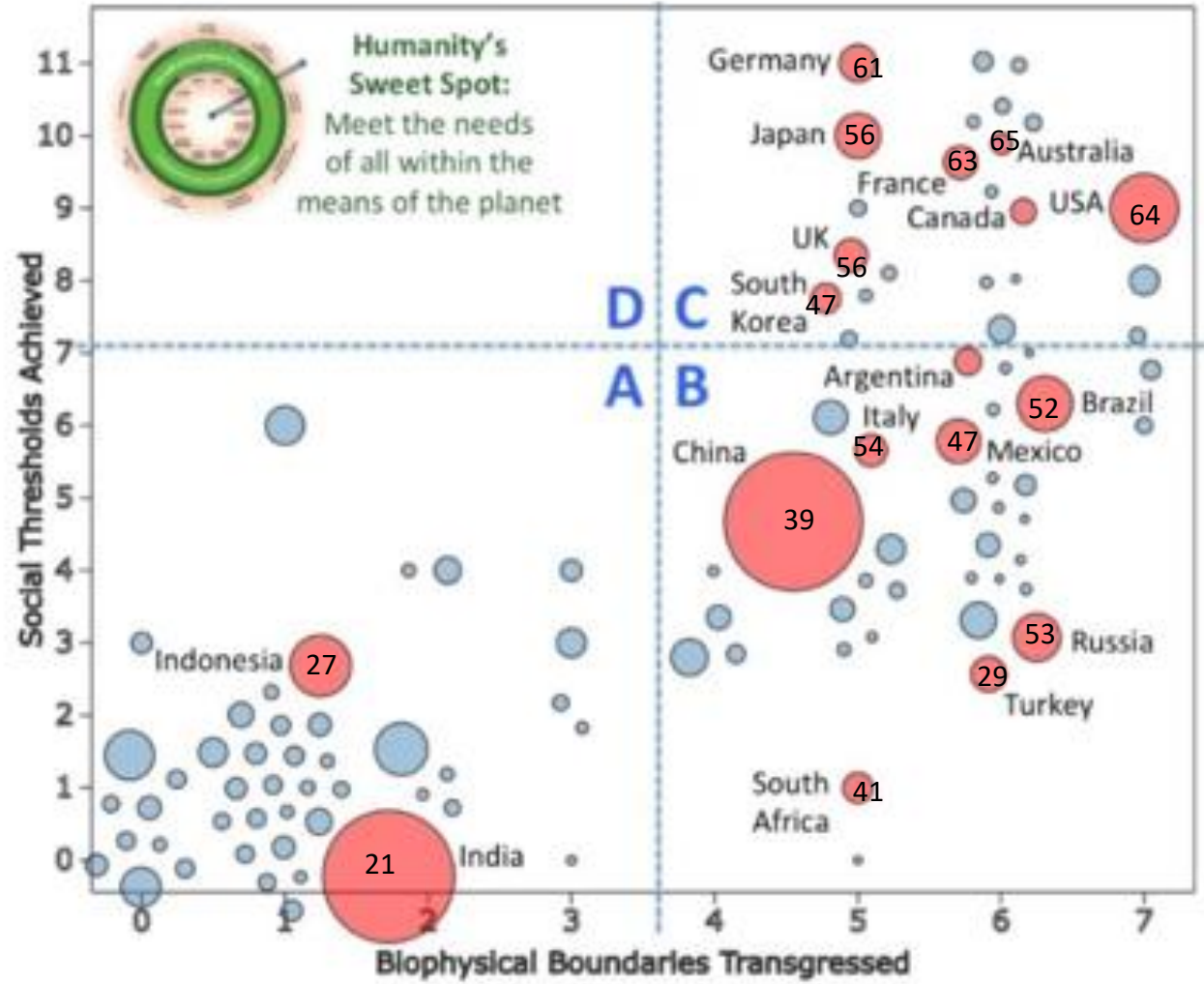
SUR: Les limites planétaires

SAFE: biophysical boundaries

L'équité sociale au prix d'une proportion élevée de protéines animales ?

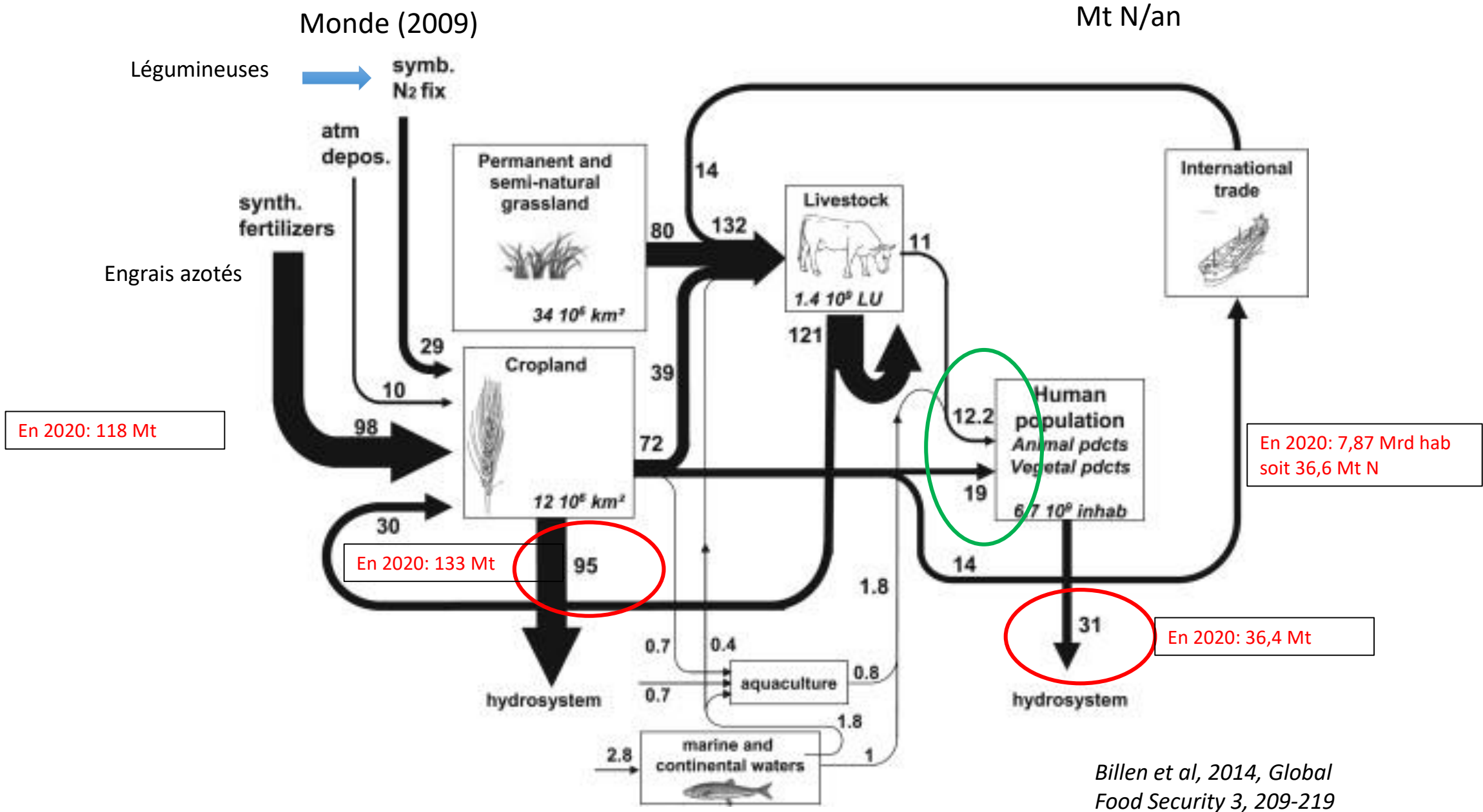
JUSTE: répondre aux besoins du bien-être social

% protéines animales



SUR: Les limites planétaires

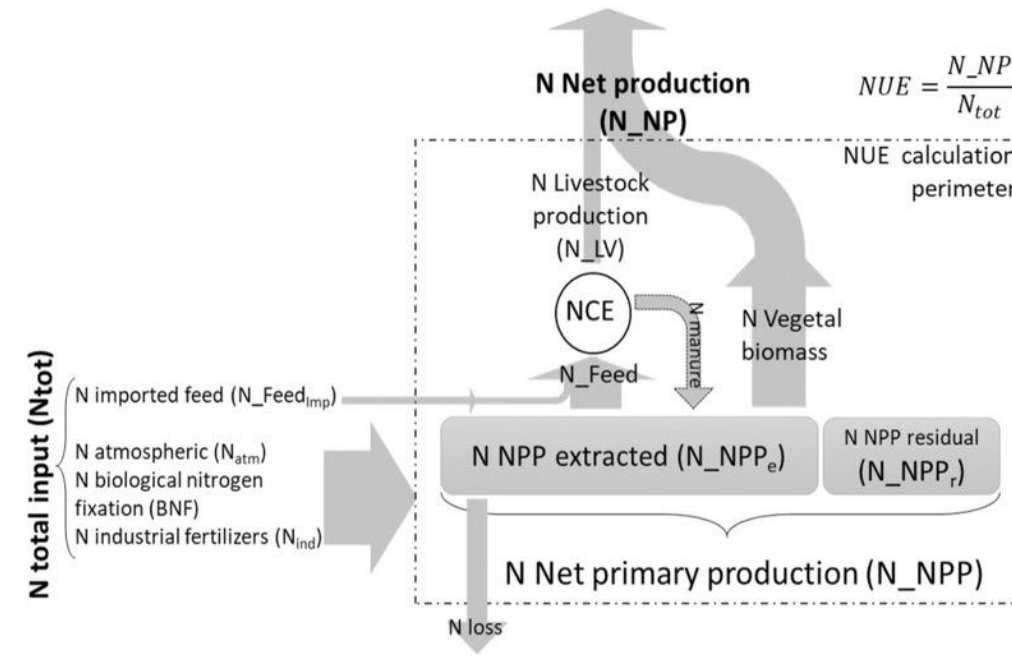
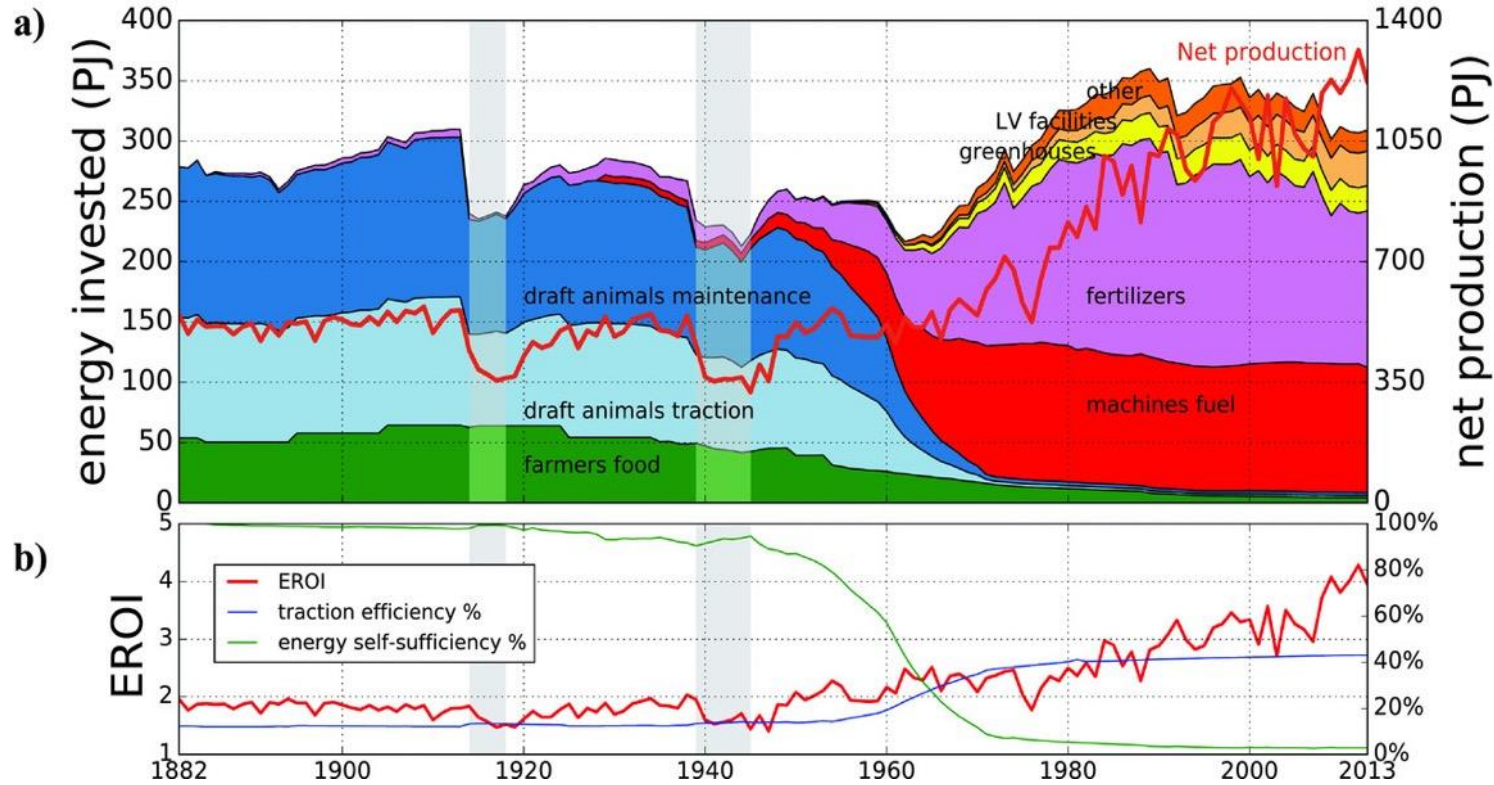
SAFE: biophysical boundaries



Exemple du cycle azote et protéines au niveau mondial: une illustration de cycles non bouclés, source de pertes considérables

En agriculture: quelles transitions majeures ?

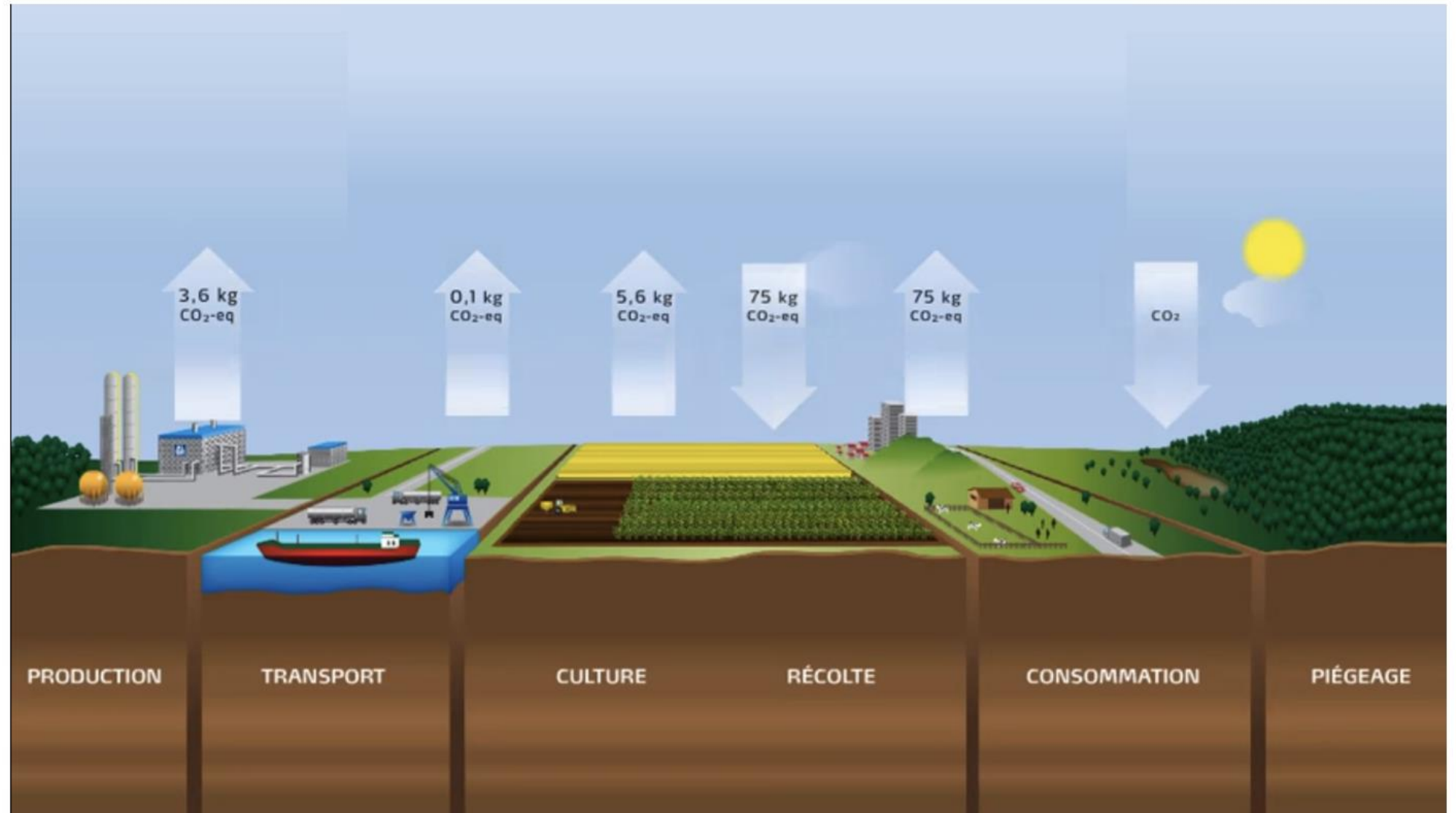
Energie, Azote et production agricole, sur la base de données historiques, France, 1882–2013.



Les émissions moyennes de GES **par kg d'azote minéral utilisé** (avec les meilleures techniques disponibles en 2024)

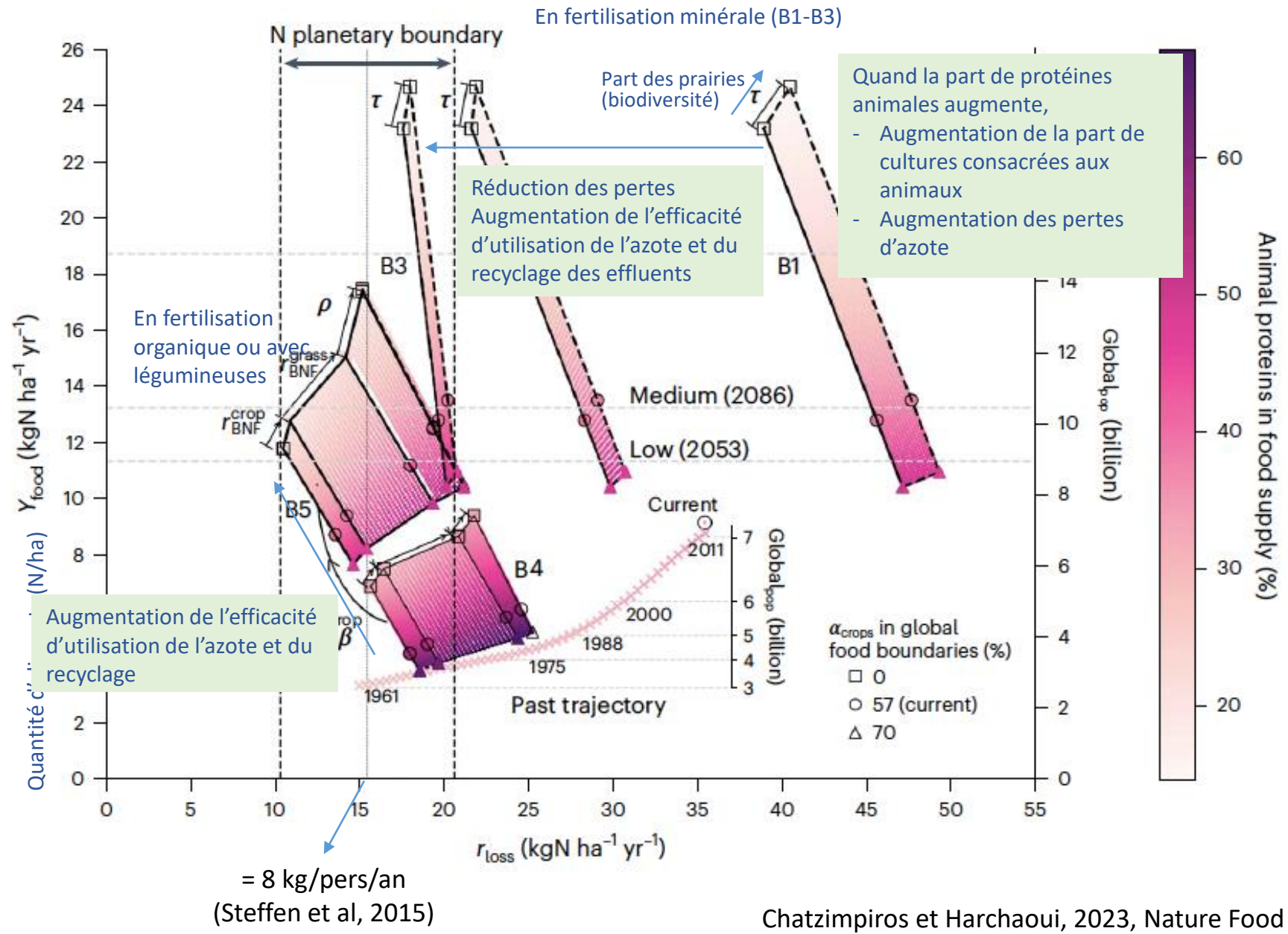
Soit 9,3 kg CO₂-eq par kg de N produit et utilisé

Sous hypothèse de MTD, les engrais azotés minéraux représentent 1,1 Mrd t CO₂-eq, soit 3% des émissions mondiales !



Source: Yara

Pour construire la réflexion, poser des cadres forts et des ambitions fortes



Comment peut-on s'en sortir ?

1. Réduire les pertes et gaspillages

1. Les pertes restent très (trop) élevées. Peu de nouveautés sur ce champ.

Comment peut-on s'en sortir ?

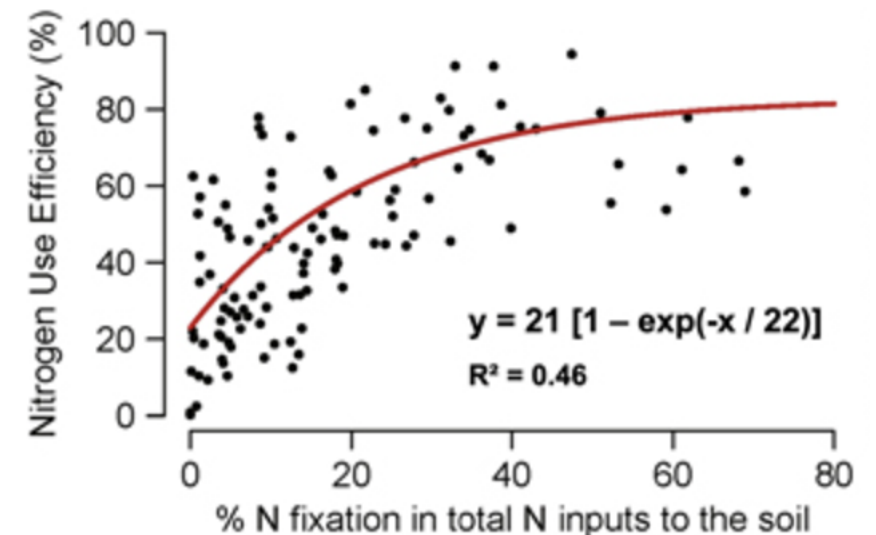
1. Réduire les pertes et gaspillages
2. Utiliser les co-produits, une fois les pertes et gaspillages réduits (= bioéconomie dans les dimensions cascading et circularité)

Comment peut-on s'en sortir ?

1. Réduire les pertes et gaspillages
2. Utiliser les co-produits, une fois les pertes et gaspillages réduits (= bioéconomie dans les dimensions cascading et circularité)
3. Améliorer les efficacités d'utilisation de l'azote
 - En production végétale
 - Choix des espèces et place des légumineuses (à graines, fourragères et de service)
 - Amélioration génétique: beaucoup de papiers, progrès génétique limité. Très bonne synthèse de Cormier et al (2016) sur les voies possibles

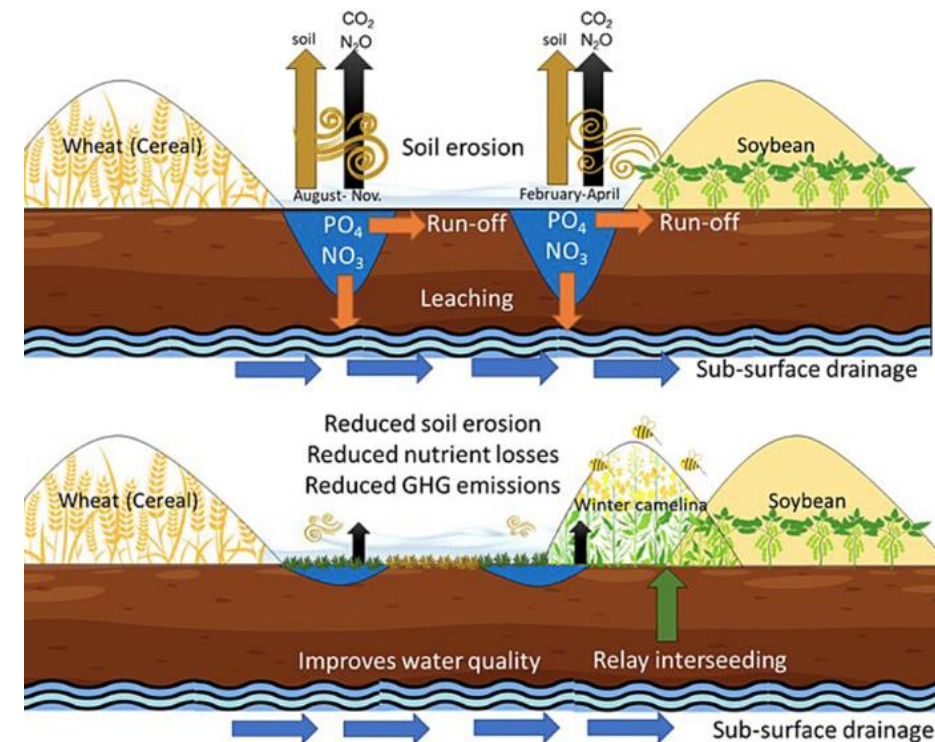
Comment peut-on s'en sortir ?

1. Réduire les pertes et gaspillages
2. Utiliser les co-produits, une fois les pertes et gaspillages réduits (= bioéconomie dans les dimensions cascading et circularité)
3. Améliorer les efficacités d'utilisation de l'azote
 - En production végétale
 - Choix des espèces et place des légumineuses (à graines, fourragères et de service)
 - Amélioration génétique: beaucoup de papiers, progrès génétique limité. Très bonne synthèse de Cormier et al (2016) sur les voies possibles
 - Utilisation de biostimulants ?
 - Evolution des structures de couverts et des successions culturales
 - Cultures en association
 - Cultures sur mulchs vivants
 - Cultures en relay-cropping





| Primary crop | Relay crop | LER | Reference |
|-----------------|------------|---|--------------------------------|
| Wheat | Soybean | 1.64–1.96 (soybean cultivar dependent) | Jacques et al. (1997) |
| Wheat | Soybean | 1.82 (Year 1), 1.76 (Year 2) | Caviglia et al. (2011) |
| Wheat | Cotton | 1.20–1.53 (dependent on number of rows of each crop in combination) | Zhang et al. (2007) |
| Corn | Soybean | 1.85–2.20 (dependent on N fertilizer rate and year) | Chen et al. (2019) |
| Corn | Soybean | 1.56–1.85 (corn hybrid dependent) | Raza et al. (2021) |
| Winter camelina | Soybean | 1.30–1.80 (soybean cultivar and interseeding date dependent) | Mohammed, Gesch, et al. (2022) |



Comment peut-on s'en sortir ?

1. Réduire les pertes et gaspillages
2. Utiliser les co-produits, une fois les pertes et gaspillages réduits (= bioéconomie dans les dimensions cascading et circularité)
3. Améliorer les efficacités d'utilisation de l'azote (NUE)
 - En production végétale
 - En production animale
 - Modifier les équilibres entre les différentes productions animales (↘ monogastriques et → ruminants 'à l'herbe')
 - Amélioration génétique de l'efficacité d'utilisation de l'azote
 - Chez le porc, héritabilité du NUE de 0.54 (Kasper, 2024, Animal), mais un défi pour le phénotypage
 - Chez la vache laitière, le NUE difficile à mesurer a été estimé via la teneur en urée du lait. Mais la sélection semble peser sur le microbiote du rumen et son fonctionnement (Honerlagen et al, 2024, Zuchtungskunde)
 - Chez la volaille, détection de nombreux QTL impliqués dans l'efficacité alimentaire (Mignon-Grasteau et al, 2015, GSE)

Comment peut-on s'en sortir ?

1. Réduire les pertes et gaspillages
2. Utiliser les co-produits, une fois les pertes et gaspillages réduits (= bioéconomie dans les dimensions cascading et circularité)
3. Améliorer les efficacités d'utilisation de l'azote
4. **Modifier les sources d'azote**
 - Utilisation des effluents urbains: risques sanitaires et présence de xénobiotiques
 - Extraction des nutriments

Comment peut-on s'en sortir ?

1. Réduire les pertes et gaspillages
2. Utiliser les co-produits, une fois les pertes et gaspillages réduits (= bioéconomie dans les dimensions cascading et circularité)
3. Améliorer les efficacités d'utilisation de l'azote
- 4. Modifier les sources d'azote**
 - Utilisation des effluents urbains
 - **Couplage animal – végétal (les effluents d'élevage sont un réservoir d'azote gigantesque)**
 - Comme le recouplage spatial est complexe, il faut
 - Transporter des éléments nutritifs (coût du transport ?)
 - Corriger la valeur nutritive des effluents
 - Mobiliser les potentialités des micro-organismes du sol (biostimulation)

Comment peut-on s'en sortir ?

1. Réduire les pertes et gaspillages
2. Utiliser les co-produits, une fois les pertes et gaspillages réduits (= bioéconomie dans les dimensions cascading et circularité)
3. Améliorer les efficacités d'utilisation de l'azote
- 4. Modifier les sources d'azote**
 - Utilisation des effluents urbains
 - Couplage animal – végétal
 - Augmenter la part des légumineuses dans la sole cultivée: jusqu'où est-il possible d'aller sans engendrer d'autres difficultés (maladies, excédents azotés ?) ?

Comment peut-on s'en sortir ?

1. Réduire les pertes et gaspillages
2. Utiliser les co-produits, une fois les pertes et gaspillages réduits (= bioéconomie dans les dimensions cascading et circularité)
3. Améliorer les efficacités d'utilisation de l'azote
4. **Modifier les sources d'azote**
 - Utilisation des effluents urbains
 - Couplage animal – végétal
 - Augmenter la part des légumineuses dans la sole cultivée
 - **Produire de l'engrais azoté à partir d'énergie verte**
 - Aujourd'hui, la production à partir de méthane engendre *a minima* **3,6 kg CO₂ eq/kg N**
 - Pile à hydrogène
 - Yara
 - FertigHy: projet à Languevoisin-Quiquetry (Somme) avec un investissement de 1,3 Mrd€ !

En conclusion

- On n'est pas sorti de l'auberge !
 - La plupart des leviers sont disponibles et connus depuis des années, et pourtant...
 - Mais on peut y arriver !
- Pas de solution unique, mais une série de petits leviers à mobiliser à toutes les étapes de la chaîne de valeur
- La définition d'un objectif partagé (revenir dans les limites planétaires) permet d'avoir une boussole commune et de construire une métrique partagée

Merci pour votre attention

