

Contribution de l'élevage à l'agriculture biologique : modélisation des flux d'azote à l'échelle nationale

Fanny VERGELY, Aurélie WILFART, Joël AUBIN, Souhil HARCHAOUI
INRAE, Institut Agro Rennes-Angers, SAS, 35000 Rennes, France



➤ Le Pacte Vert européen vise **25 % des surfaces cultivées en agriculture biologique (AB) d'ici 2030**



➤ Plusieurs études ont exploré des **scénarios de conversion complète à l'AB ou l'agro écologie afin d'estimer l'impact sur le cycle de l'azote (N)** à l'échelle mondiale (*Muller et al., 2017 ; Barbieri et al., 2021 ; Chatzimpiros et Harchaoui, 2023*) ou européenne (*Billen et al., 2021*):

- **N est le principal facteur limitant l'expansion de l'AB → fixation biologique de l'azote (BNF)**
- **Les animaux d'élevage sont nécessaires** en tant que **source de protéines** pour la sécurité alimentaire + moyen de **recycler l'azote des prairies vers les terres cultivées**



Mettre en évidence la contribution des animaux d'élevage dans la circularité de N en AB

1. **Evaluer les flux de N en AB à l'échelle nationale**
2. **Quantifier la dépendance de l'AB aux sources d'N externes**



Données utilisées

Données statistiques

- Agence Bio 2021
- Data Gouv 2021
- Agreste 2020

Références techniques

- Chambre d'Agriculture
- ITAB
- Interbev
- CORPEN

Références bibliographiques

- *Le Noë et al, 2018*
- *Lassaletta et al, 2014*
- *Seufert et Ramankutty et al, 2017*

Experts

- Echange avec des experts (INRAE, Chambre d'Agriculture du Pays de la Loire et INTAB)

Sol et pertes

- **Pas de variations annuelles des stocks de N dans le sol (modèle à l'équilibre)**
- Pertes comprises dans les efficacités d'utilisation de l'azote (NUE)

Prairies

- **NUE fixée à 75%**
- Part des légumineuses entre 10 et 30%

Cultures

- **NUE fixée à 70%**
- Part destinée à l'alimentation des animaux (24%)

Animaux

- **L'efficacité de conversion de l'azote (NCE) des animaux en AB**

Bilan des flux et du cycle de l'azote dans les systèmes agroalimentaires biologiques en France en 2021

Indicateurs d'azote sur le système AB

- **NUE_{tot}** : N sorties divisées par N entrées
- **N_{autonomie}** : Apports locaux de N divisés par l'apport total de N
- **N_{autonomie_alimentation_animale}** : Production locale de N pour l'alimentation animale divisée par les besoins en N pour l'alimentation animale

N_{entrée}
BNF

N atmosphérique
N import alimentation animale
N importation effluent conventionnel

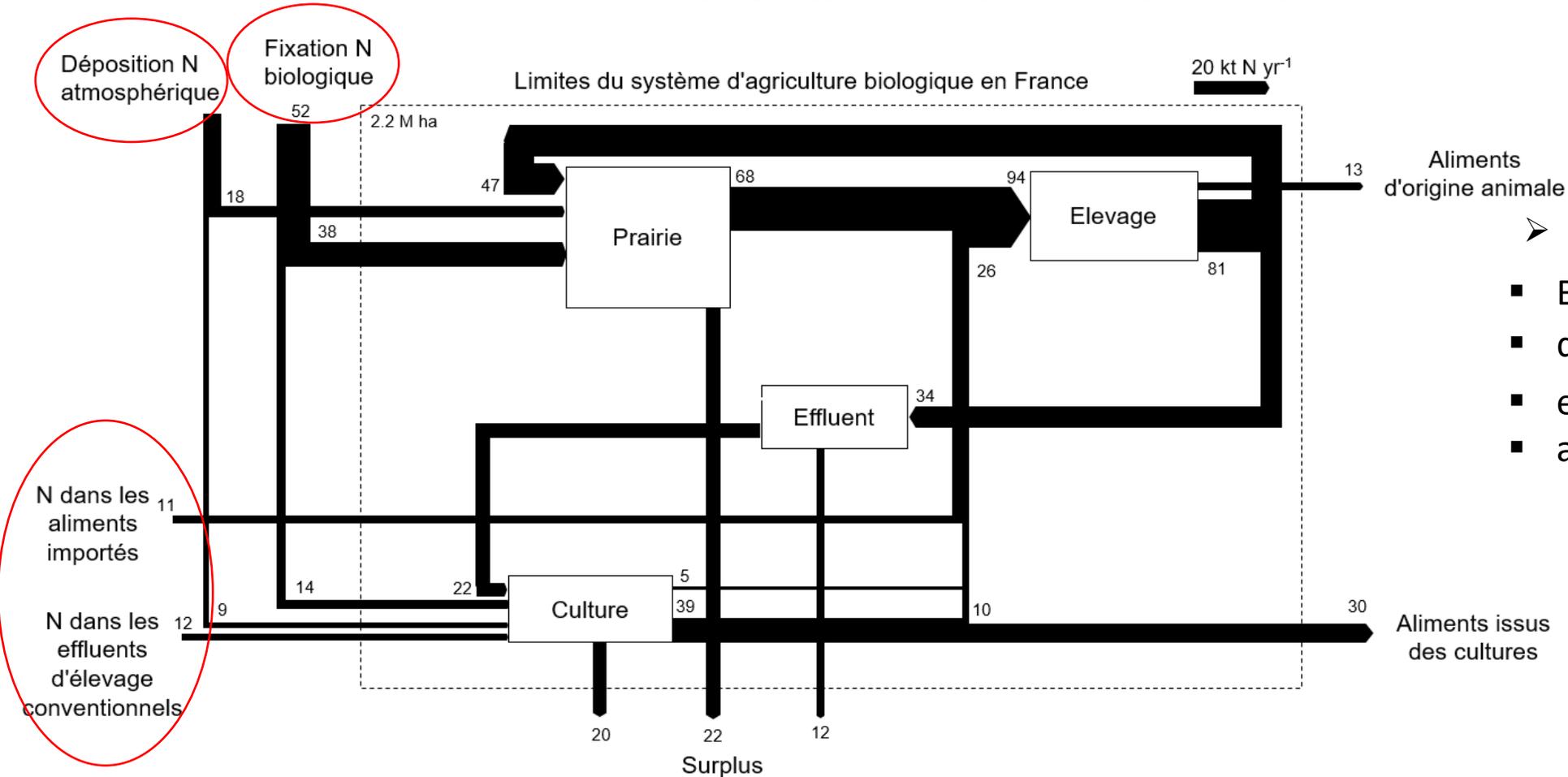
N_{sortie}

N production animale
N production végétale

N_{surplus}
N_{entrée} - N_{sortie}

Adaptation du modèle ALPHA (Chatzimpiros et Harchaoui, 2023)

Etat actuel des flux d'azote en AB en France en 2021



➤ Principaux apports de N en % :

- BNF (51 %)
- dépôts atmosphériques (27 %)
- effluent conventionnel (11 %)
- aliments importés (11 %)

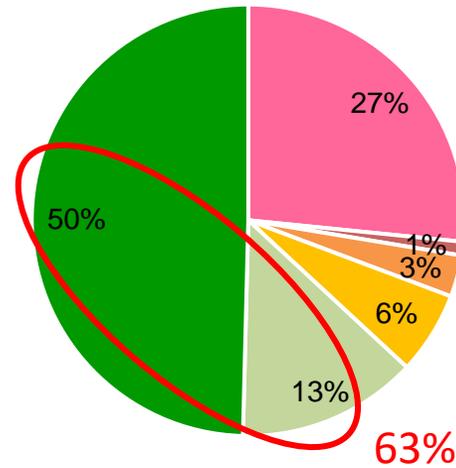
| Indicateur | Résultat |
|---|----------|
| NUE _{tot} | 42% |
| N _{autonomie} | 78% |
| N _{autonomie_alimentation_animale} | 87% |

La largeur des flèches est proportionnelle à la taille de la valeur annuelle en Kt N

Composition de la production d'azote à partir des types de (a) cultures et prairies ou (b) d'élevage en agriculture biologique

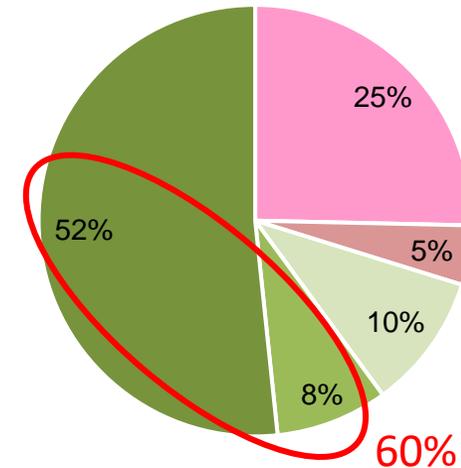
a.

- Céréales
- Fruits & Légumes
- Oléagineux
- Protéagineux
- Prairies artificielles
- Prairies



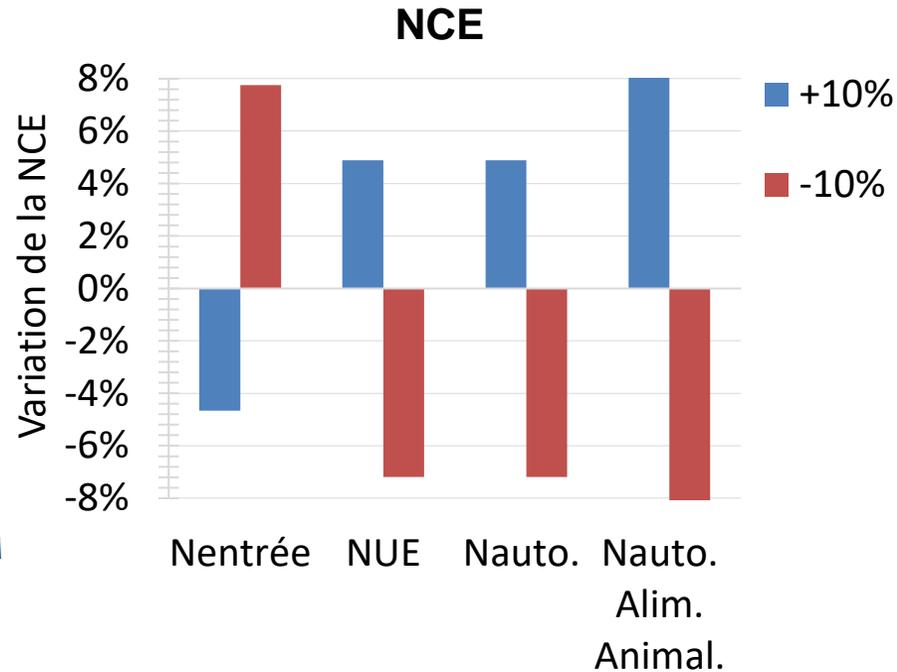
b.

- Poulets & Œufs
- Porcs
- Moutons & Chèvres
- Bœuf
- Lait

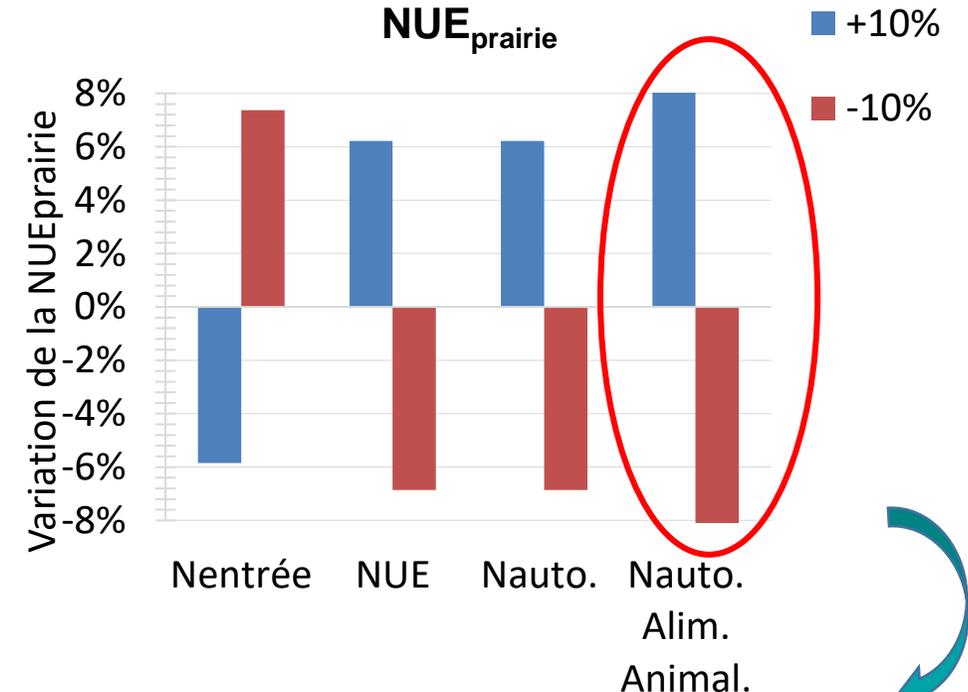


- ↘ **nombre d'animaux** = changement d'usage des terres + baisse de la quantité d'effluent disponible en AB
- les oléagineux, les fruits & légumes ne fixent pas de N = **augmentation des apports externes de N** (effluent conv.)
- **Pour** ↗ **l'autonomie en N** : conversion des prairies permanentes en rotations de cultures et prairies temporaires + augmentation du pourcentage de légumineuses à graines dans l'alimentation humaine

Analyse de sensibilité



NCE est de 14 % mais dépend fortement de la composition du cheptel



NUE très variable et dépend des pratiques de fertilisation = difficile d'établir une moyenne pour l'ensemble d'un pays

➤ Les indicateurs N varient de -9% à 13% pour NCE et de -10% à 13% pour NUE_{prairie}

➤ Grande sensibilité des indicateurs des sorties du modèle concernant les **données d'efficacité d'utilisation de N**

Comparaison du système AB avec l'agriculture France

| Indicateur | AB en France en 2021 | Agriculture en France ¹ en 2013 | Unité |
|--|----------------------|---|--|
| $N_{\text{entrée}}$ | 45 | 101 | kg N ha ⁻¹ yr ⁻¹ |
| BNF | 51 | 16 | |
| N_{atm} | 27 | 5 | |
| $N_{\text{conv_effluent}}$ | 11 | 0 | |
| N_{ind} | 0 | 69 | % of $N_{\text{entrée}}$ |
| $N_{\text{import_alimentation_animale}}$ | 11 | 10 | |
| N_{sortie} | 19 | 53 | kg N ha ⁻¹ yr ⁻¹ |
| N_{surplus} | 26 | 48 | kg N ha ⁻¹ yr ⁻¹ |
| NUE_{tot} | 42 | 53 | % |
| $\text{Animal}_{\text{production}}$ | 30 | 17 | |
| $\text{Plant}_{\text{production}}$ | 70 | 83 | % of N_{sortie} |

¹ Adapté de Harchaoui and Chatzimpiros (2019)

Dépendance de l'AB aux sources d'azote externes

22 % de l'apport total en N en AB provient de sources externes

Importation d'effluent conventionnel

- **Temps élevé passé au pâturage** des animaux en AB
- **35 % des effluents utilisés pour fertiliser les terres cultivées biologiques proviennent du conventionnel** ($16 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)

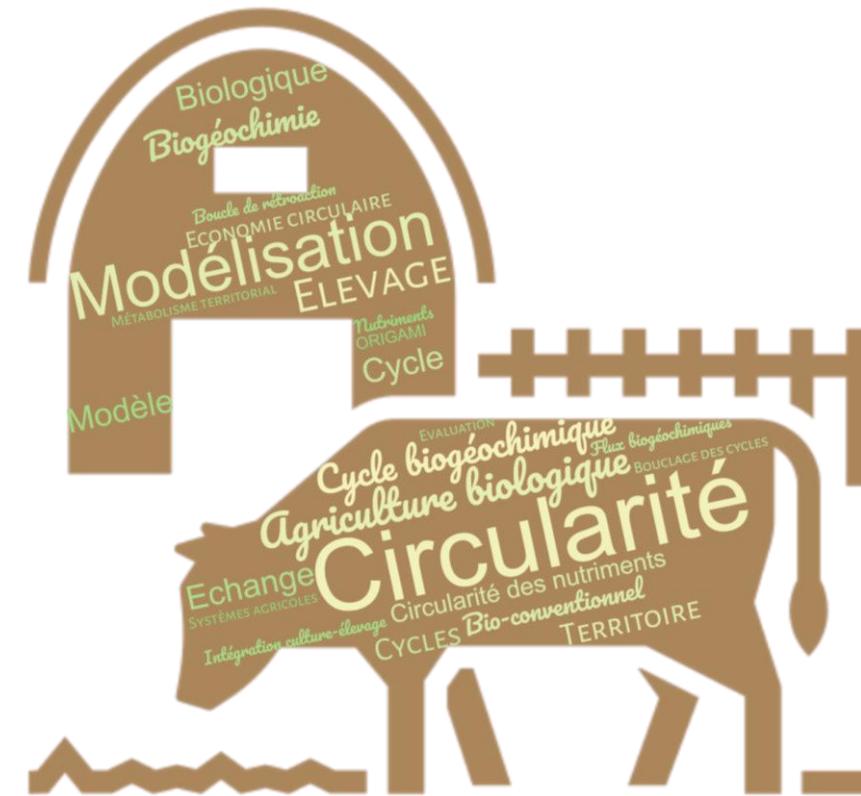
+ de bâtiment
+ d'animaux

Importation d'aliments pour animaux

- **Soja et tourteaux de soja** (d'Afrique, d'Inde, de Chine, des Amériques et d'Europe)
- **37 % et 6% de l'azote alimentaire total des besoins nutritionnels** des monogastriques et des ruminants

- de monogastrique

- Le nombre actuel d'animaux d'élevage biologique ne permet pas de répondre aux besoins en N des cultures biologiques
- Les **choix d'assolements** et **l'intégration de l'élevage** dans le développement de l'AB peuvent apporter une contribution essentielle à la circularité des nutriments et aux effluents organiques directement disponibles
- Evaluer des **scénarios d'expansion impliquant des contributions variables du cheptel biologique et conventionnel dans la circularité de l'azote** - afin de comprendre la capacité de l'AB à se développer
- **Affiner à une plus petite échelle spatiale** pour mieux prendre en compte les **contraintes biophysiques locales** et celles des acteurs agricoles



INRAE

> Merci pour votre attention



Annexes

| Indicateur | Calcul | Equation | Unité |
|--|---|--|--|
| $N_{\text{entrée}}$ | Somme des N entrées | $N_{\text{input}} = \frac{(BNF + N_{\text{atm}} + N_{\text{feed_import}} + N_{\text{conv_manure}})}{AL}$ | kg N ha ⁻¹ yr ⁻¹ |
| N_{sortie} | Somme des N sorties | $N_{\text{output}} = \frac{(N_{\text{food_animal}} + N_{\text{food_crop}})}{AL}$ | kg N ha ⁻¹ yr ⁻¹ |
| N_{surplus} | N entrées moins N sorties | $N_{\text{loss}} = N_{\text{input}} - N_{\text{output}}$ | kg N ha ⁻¹ yr ⁻¹ |
| NUE_{tot} | N sorties divisées par N entrées | $NUE = \frac{N_{\text{output}}}{N_{\text{input}}}$ | % |
| $N_{\text{autosuffisance}}$ | Apports locaux de N divisés par l'apport total de N | $N_{\text{self_sufficiency}} = \left(\frac{BNF + N_{\text{atm}}}{AL} \right) / N_{\text{input}}$ | % |
| $N_{\text{autosuffisance_alimentation_animale}}$ | Production locale de N pour l'alimentation animale divisée par les besoins en N pour l'alimentation animale | $N_{\text{feed_self_sufficiency}} = \left(\frac{N_{\text{feed_grass}} + N_{\text{feed_crop}} + N_{\text{feed_residues}}}{N_{\text{feed}}} \right)$ | % |

Annexes

Répartition de la surface des cultures et des prairies en AB en 2021 (Agence Bio, 2021)

