



Carrefours de l'innovation
agronomique



L'association agriculture-élevage: une condition clé du bouclage des cycles?

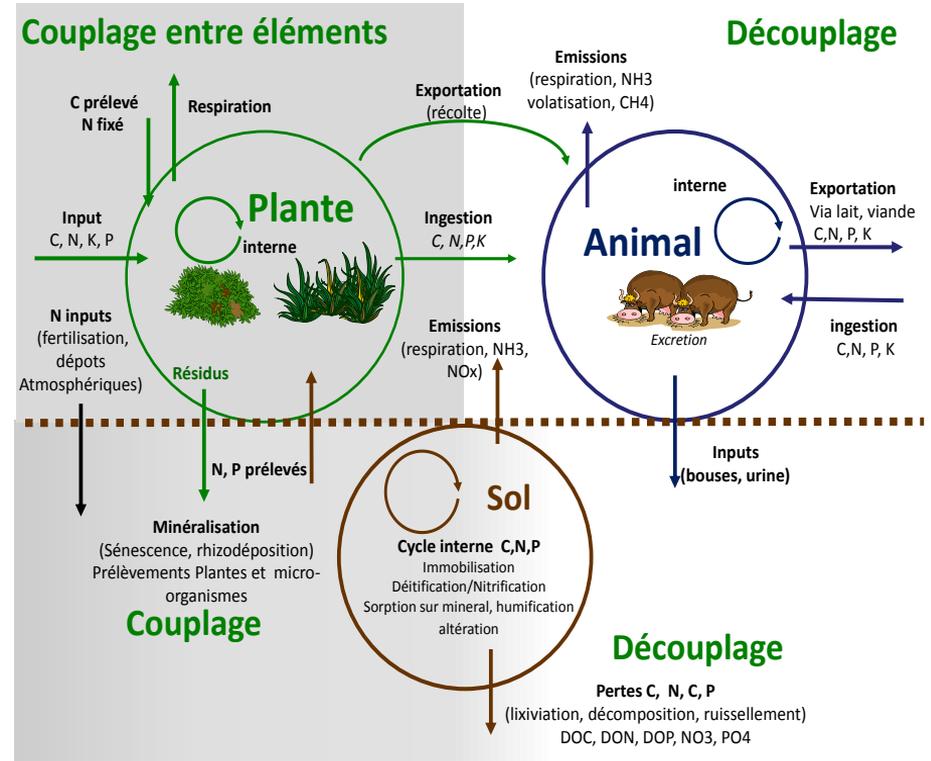
Sylvain PELLERIN, INRA

12 décembre 2019 | Espace Toumaï | Poitiers



Dans les agrosystèmes les cycles CNP sont étroitement interconnectés, avec

- Des flux entre compartiments (sols, végétaux, animaux)
- des phases de couplage et de découplage entre éléments
- Des émissions de composés polluants vers l'eau (NO_3^- , ions phosphates, DOC) et l'air (N_2O , CH_4 , NH_3)



Cellier, Pellerin, Recous, Vertès, 2019



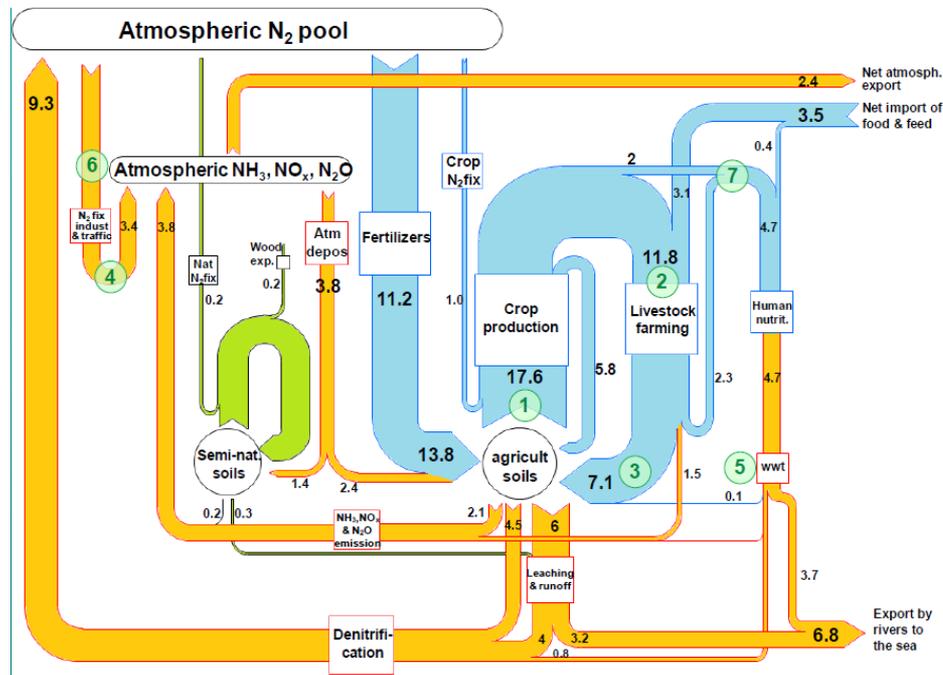
Carrefours de l'innovation
agronomique



12 décembre 2019
Espace Toumaï | Poitiers

L'élevage contribue à l'utilisation de ressources N et P, du fait des surfaces dédiées à la production de son alimentation

En Europe, 67% de l'azote prélevé par les végétaux est consommé par les animaux (European Nitrogen Assessment)



Sutton, 2011



Il contribue aussi aux émissions de polluants vers les eaux et l'atmosphère, à la fois directement (CH_4 entérique; N_2O , CH_4 et NH_3 liés aux effluents) et indirectement via les surfaces dédiées à la production d'aliments (N_2O)



	Sans les surfaces dédiées	Avec les surfaces dédiées
Nitrates vers les eaux (NO_3^-)	25-30%	50%
Emissions d'ammoniac (NH_3)	80%	90%
Emissions de protoxyde d'azote (N_2O)	35-40%	70%

Contribution de l'élevage aux émissions de NO_3^- , NH_3 , N_2O en France (INRA, 2012)



Mais il permet de valoriser/maintenir des surfaces en prairies permanentes, caractérisées par des stocks de C plus élevés qu'en grande culture

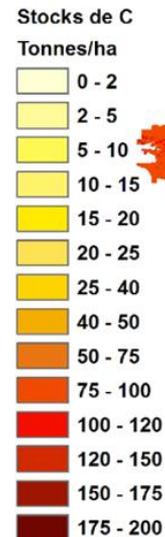
En France le stock de C des sols sur l'horizon 0-30cm est de 3,58 Gt (6,08 sur l'horizon 0-100cm) (Mulder et al., 2016)

Les stocks les plus élevés se trouvent

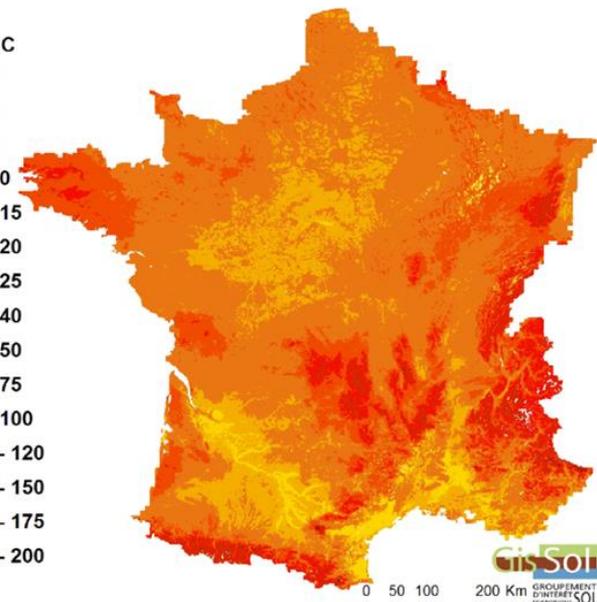
- Dans les régions d'altitude
- Sous forêt et sous prairie

	min	moyenne	médiane	max	écart type
Stock de C organique sous prairie permanente (t/ha)	18,1	84,6	78,3	309	35.0
Stock de C organique sous grande culture (t/ha)	9,92	51,6	47,9	137	16.2
Stock de C organique sous forêts (t/ha)	6.87	81.0	73.4	230	35.4

INRA, 2019



Source: Gis Sol, IGCS-RMQS, Inra 2017.



INRA, GIS SOL



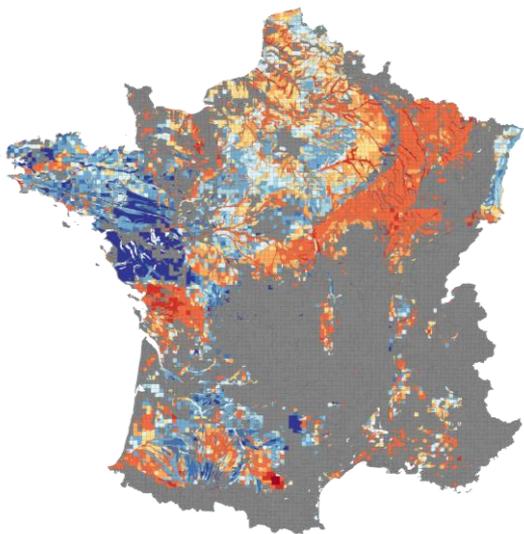
Carrefours de l'innovation
agricole



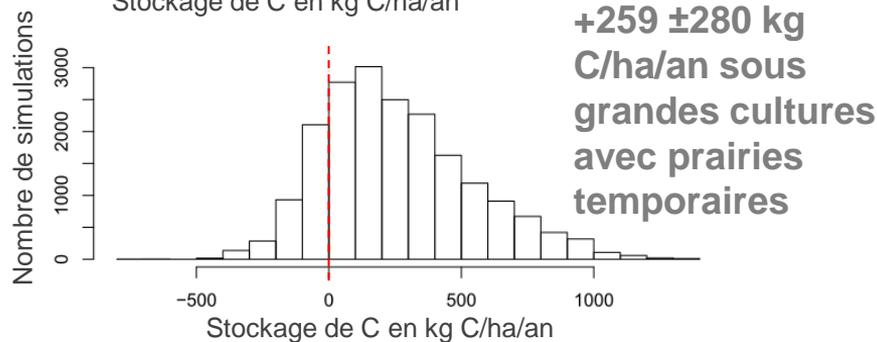
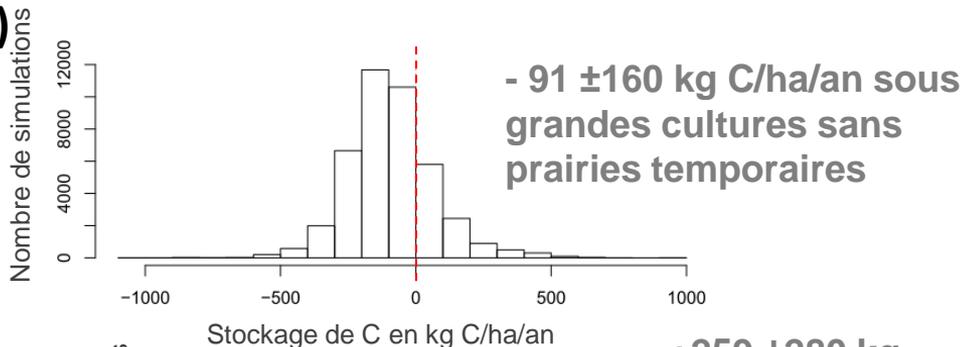
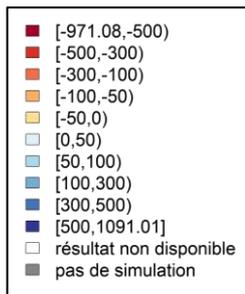
12 décembre 2019
Espace Toumaï | Poitiers

Il permet aussi d'introduire de la diversité dans les successions de culture (ex prairies temporaires), avec des effets favorables sur les stocks de C, les entrées d'azote par fixation symbiotique, la maîtrise des bioagresseurs)

Carte du stockage de carbone annuel dans les terres arables (simulations STICS)



En kg C/ha/an



INRA, 2019



Carrefours de l'innovation agricole



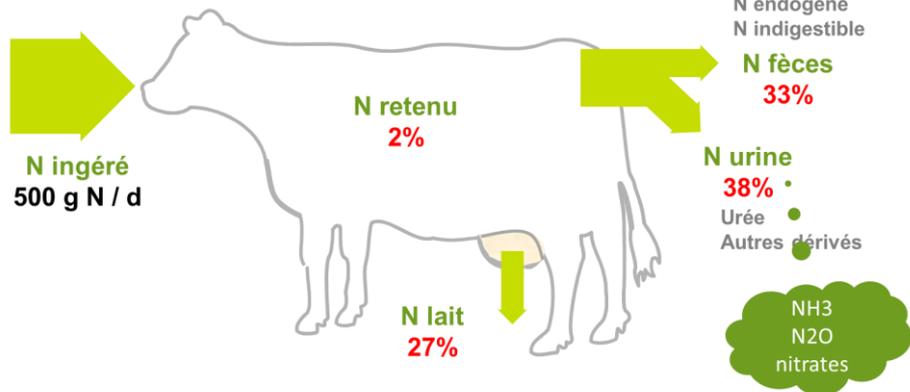
12 décembre 2019
Espace Toumaï | Poitiers

Il produit des effluents, utilisables comme engrais, en substitution aux engrais de synthèse



Utilisation de l'azote par la vache laitière

Vache produisant 26kg de lait, en ingérant 19 kgMS à 16% MAT



En France les apports de N, P, K par les produits organiques, incluant les restitutions au pâturage, représentent 39% des apports de N, 70% des apports de P, 82% des apports de K

Spek et al. 2013; Dijkstra et al. 2013



Carrefours de l'innovation
agricole



12 décembre 2019
Espace Toumaï | Poitiers

Dans les systèmes de polyculture-élevage, les éléments minéraux du sol absorbés par les végétaux sont ingérés par les animaux puis transformés en produits animaux; Une partie est rejetée sous forme de déjections qui sont utilisées pour fertiliser les sols, assurant un « bouclage » local du cycle



L'évolution de l'agriculture a conduit à un « non bouclage » local des cycles du fait

- D'une spécialisation croissante des exploitations et des régions de production
- D'une ségrégation géographique entre régions d'élevage et de grandes cultures, avec une concentration croissante des élevages
- D'un développement des échanges internationaux d'engrais, d'aliments pour animaux (soja), de produits agricoles



Spécialisation des exploitations agricoles

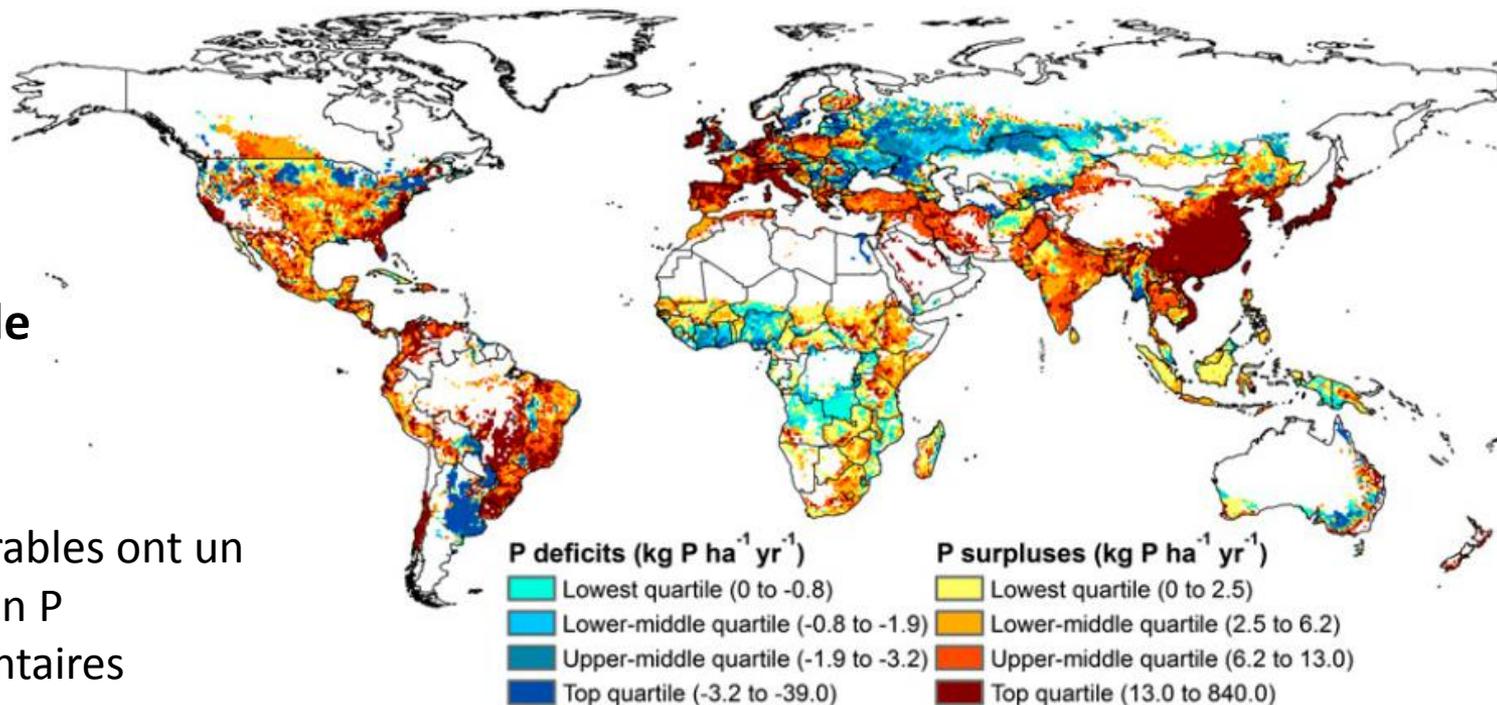


	1970	1979	1988	2000	
Nombre d'exploitations agricoles	175000	145000	125000	100000	→ - 40%
Grandes cultures	47.7	54.4	62.3	63.7	→ + 16%
Polyculture élevage	26.7	19.7	16	15.3	→ - 11,4%
Elevages herbivores spécialisés	21	21.1	17.2	15.8	→ - 5,2%
Autres	4.5	4.5	4.5	5.2	

Evolution des OTEX dans le bassin parisien entre 1970 et 2000 (Mignolet, 2008)



Avec des transferts de fertilité entre régions du monde et des déséquilibres de bilans



15% des terres arables ont un bilan déficitaire en P
35% sont excédentaires

(MacDonald et al., 2011)



Carrefours de l'innovation
agricole



12 décembre 2019
Espace Toumaï | Poitiers

La ségrégation géographique entre régions d'élevage et de grandes cultures conduit à une sous-valorisation de la ressource organique

Bilan P simplifié des sols agricoles français

(en kt P an⁻¹; moyenne 2002-2006; d'après Senthilkumar et al., 2012)

Prélèvement net par les cultures et les prairies	452
Effluents d'élevage	310
Boues de STEP épandues	24
Déchets compostés épandus	30
Total apports organiques	364
Complément théorique à fournir par les engrais minéraux	88
Consommation réelle d'engrais minéraux P	286

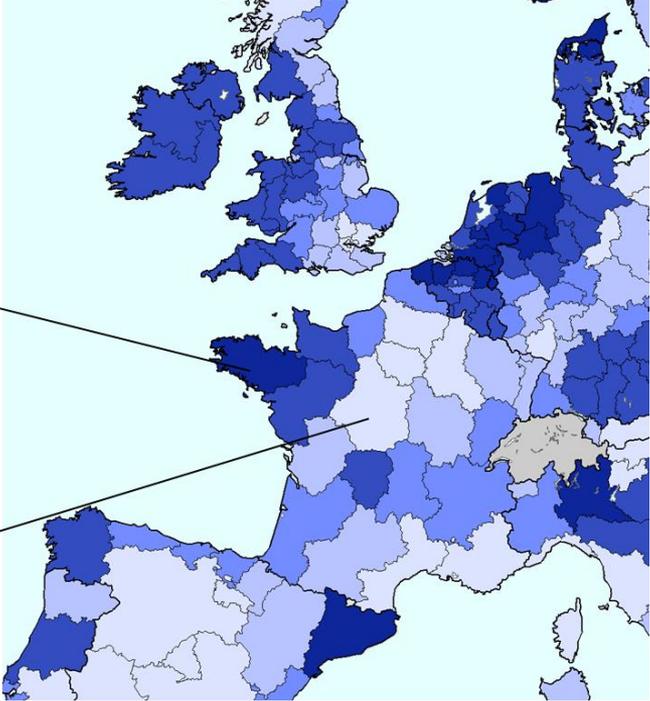


Exemple de deux régions françaises

Brittany



Centre



Bilan P des sols agricoles de la région Bretagne (Moyenne 2002-2006)

(en kg P ha⁻¹ an⁻¹)



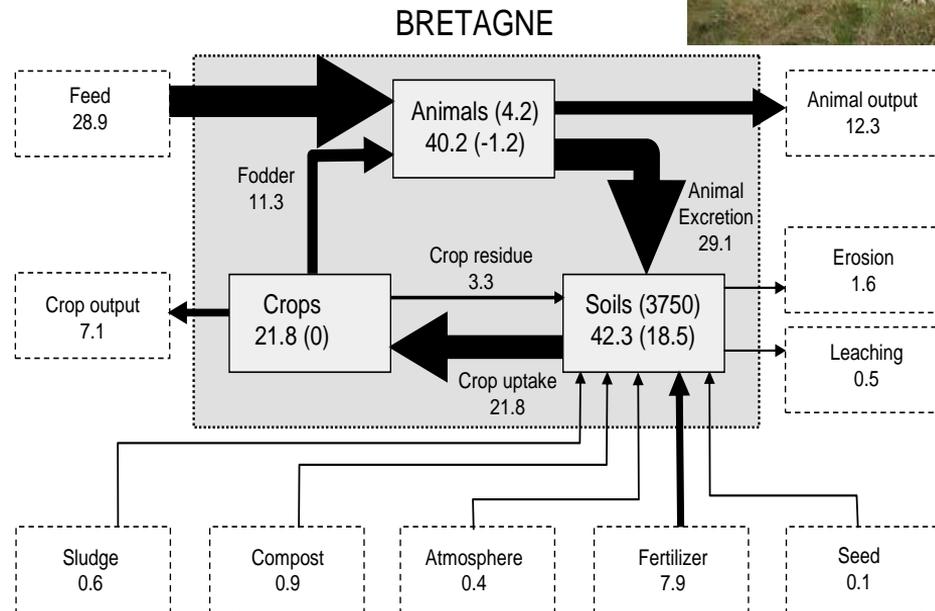
- Importations (38.8)

- 28.9 aliments du bétail
- 7.9 engrais minéraux P
- 2 autres (boues,...)

- Exportations (21.5)

- 12.3 produits animaux
- 7.1 produits végétaux
- 2.1 érosion, lessivage

- Solde de +17.3 kg P ha⁻¹ an⁻¹



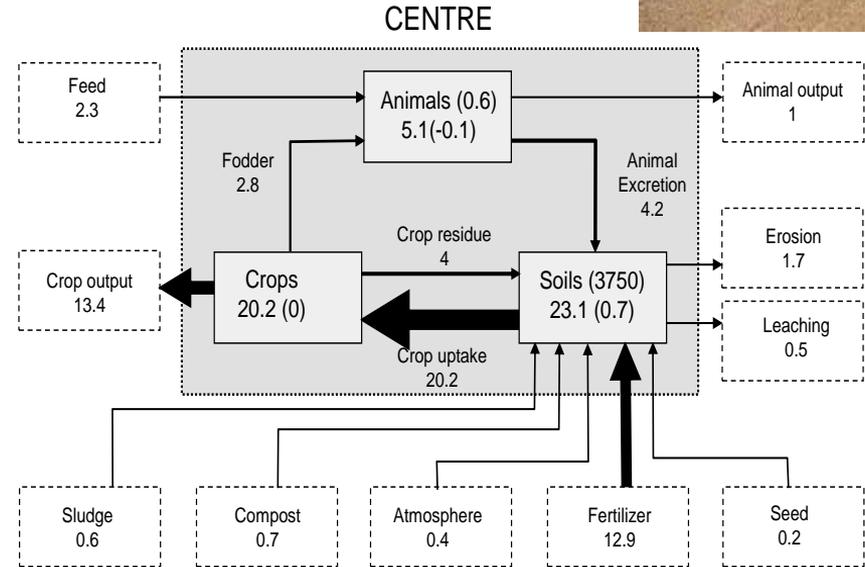
⇒ Le bilan P serait moins excédentaire en l'absence d'entrées sous forme d'engrais minéraux P, mais il le resterait quand même du fait des aliments du bétail importés (Senthilkumar et al., 2012)



Bilan P des sols agricoles de la région Centre (Moyenne 2002-2006) (en kg P ha⁻¹ an⁻¹)



- Importations (17.1)
 - 2.3 aliments du bétail
 - 12.9 engrais minéraux P
 - 1.9 autres (boues,...)
- Exportations (16.6)
 - 1 produits animaux
 - 13.4 produits végétaux
 - 2.2 érosion, lessivage
- Solde de +0.5 kg P ha⁻¹ an⁻¹



⇒ le bilan P des sols est équilibré mais au prix d'une importation d'engrais minéraux P de synthèse



Pourquoi et comment ré-associer agriculture et élevage pour mieux boucler les cycles?



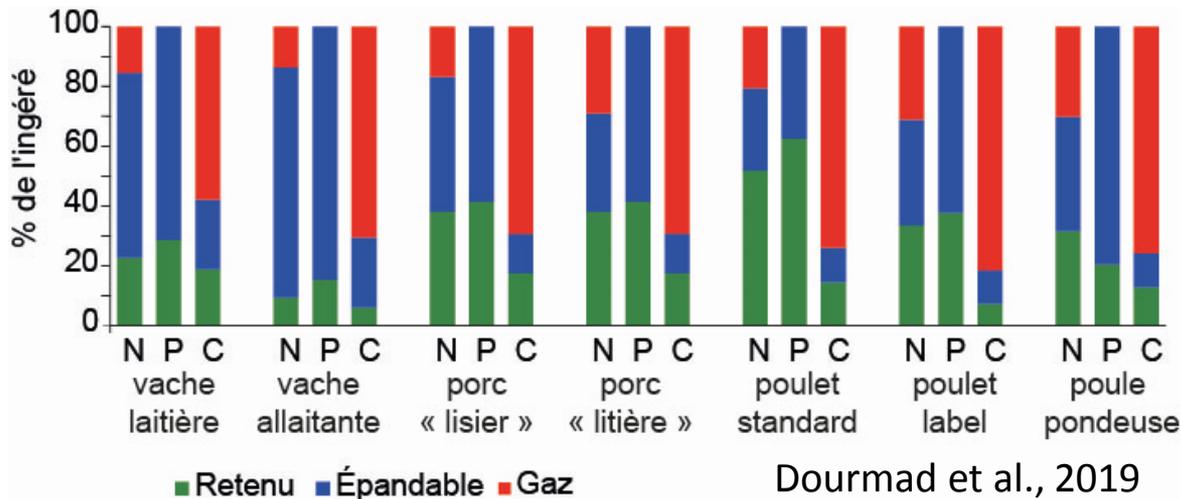
Carrefours de l'innovation
agronomique



12 décembre 2019
Espace Toumaï | Poitiers

- L'efficacité d'utilisation des éléments minéraux par les animaux est faible.
- Des progrès importants ont été faits, par l'amélioration génétique, l'ajustement des rations (alimentation multiphasées, acides aminés de synthèse, phytases)
- De nouveaux progrès sont encore possibles, mais on s'approche d'un plafond

Efficiéce d'utilisation de l'azote (N), du phosphore (P) et du carbone (C) par différentes espèces et productions animales (d'après Corpen 1999, 2001, Giovanni et Dulphy 2008, ITAVI 2013, RMT 2016, Faverdin et al 2006, Rigolot et al 2008)



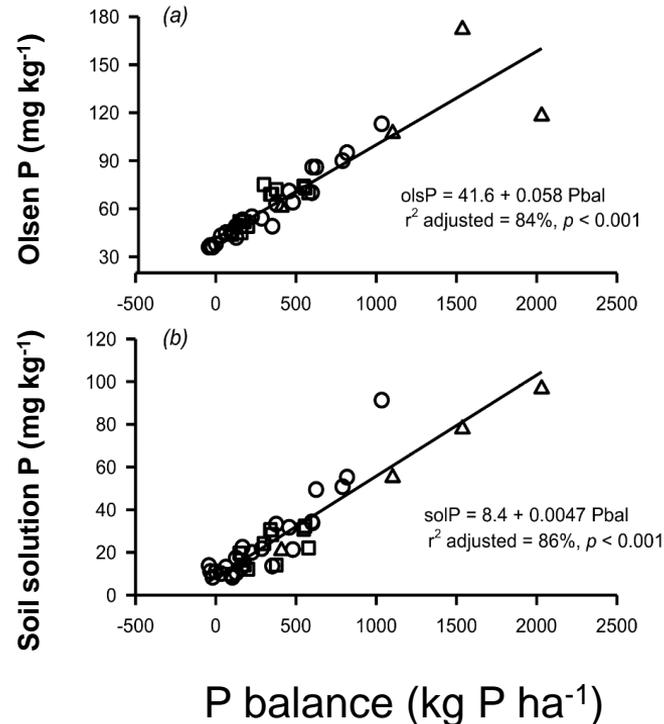
A l'inverse, l'efficacité d'utilisation des éléments minéraux contenus dans les effluents d'élevage par les végétaux est élevée.

Les essais au champ montrent que les produits organiques sont aussi efficaces que les engrais minéraux pour l'entretien à moyen terme de la fertilité P des sols

○	Fumier de volailles
□	Superphosphate (TSP)
△	Fumier de volailles + TSP

Shepherd and Withers, 1999

Bémols: problème d'asynchronie entre la fourniture des éléments minéraux et les besoins des plantes; rapports N/P



Pour être efficient du point de vue de l'utilisation des éléments minéraux les systèmes d'élevage doivent donc être associés à des surfaces d'épandage

Une déconcentration de l'élevage est souhaitable, mais la spécialisation et l'industrialisation des filières associées rendent peu probable un retour généralisé à des systèmes de polyculture élevage

Il faut imaginer des formes de réassociation agriculture-élevage innovantes, y compris à des niveaux d'organisation supérieur à l'exploitation

Leur mise en œuvre suppose le maintien d'une certaine diversité des systèmes de production au niveau territorial



Pistes

Relocalisation de la production végétale destinée à l'alimentation animale (protéagineux, légumineuses fourragères)

- Pour bénéficier des services rendus par les légumineuses (fixation N, réduction émissions N₂O, diversification)
- Pour éviter l'importation d'azote et de phosphore à l'origine de bilans excédentaires dans les régions d'élevage



Pistes

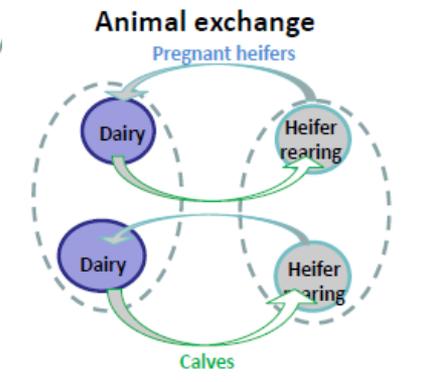
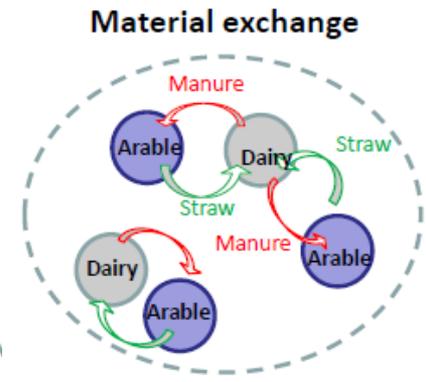
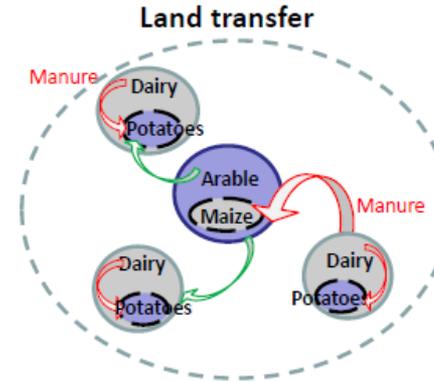
Echanges

- de matières (effluents, pailles,...)
- de surfaces
- d'animaux

entre exploitations/territoires pour boucler les cycles à un niveau supra-exploitation

Des technologies douces peuvent permettre de favoriser le transport par réduction de la charge pondérale (séparation de phase, tri,...)

Attention à l'effet rebond (surcroît d'intensification après mise en place des échanges)



Projet Cantotogether

Lowlands Highlands



Carrefours de l'innovation agricole



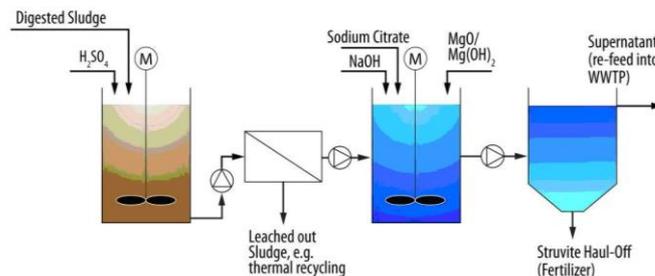
12 décembre 2019
Espace Toumaï | Poitiers

Pistes

- Intégration via des unités industrielles (ex méthaniseurs)
- Procédés technologiques de récupération des éléments minéraux des effluents (engrais de seconde génération, ex struvite) → vigilance sur contexte réglementaire, ACV, viabilité économique



Dissolution	Solid/Liquid Separation	Complexation & Struvite Precipitation	Struvite Crystallisation & Sedimentation
-------------	-------------------------	---------------------------------------	------------------------------------------



Merci pour votre attention!



Carrefours de l'innovation
agronomique



12 décembre 2019
Espace Toumaï | Poitiers