

# Réduire le recours aux engrais azotés de synthèse:

Quel potentiel et quel impact sur les émissions de  $N_2O$  à l'échelle France ?

S. Recous, M-H. Jeuffroy, C. Hénault, L. Bamière,

*INRA, UMR FARE, UMR Agronomie, UR Sols, UMR Economie publique,*





Expertise publique

S. Pellerin, L. Bamière, L. Pardon et coll. , 2013

Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre?

Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques



# Contexte et objectifs



**Les émissions de N<sub>2</sub>O par les sols agricoles représentent environ 50% des émissions du secteur agricole**

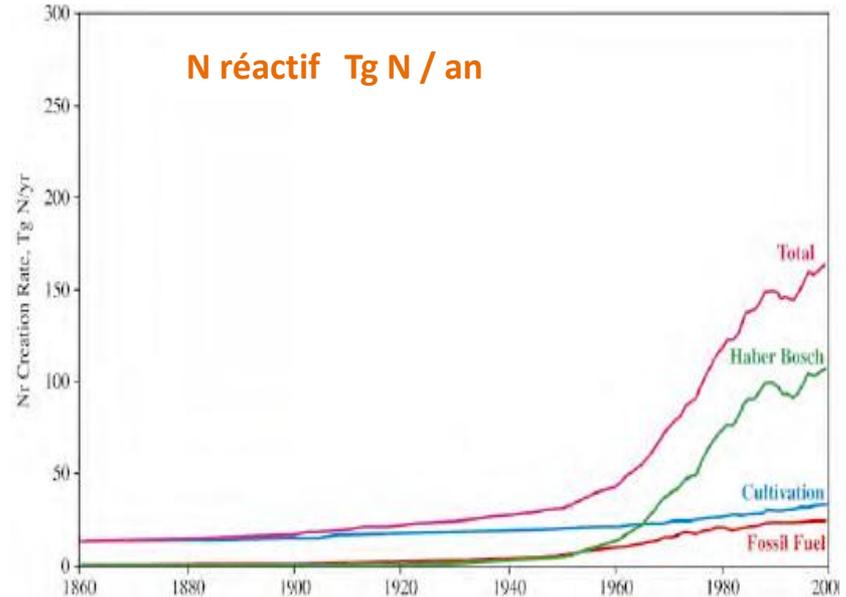
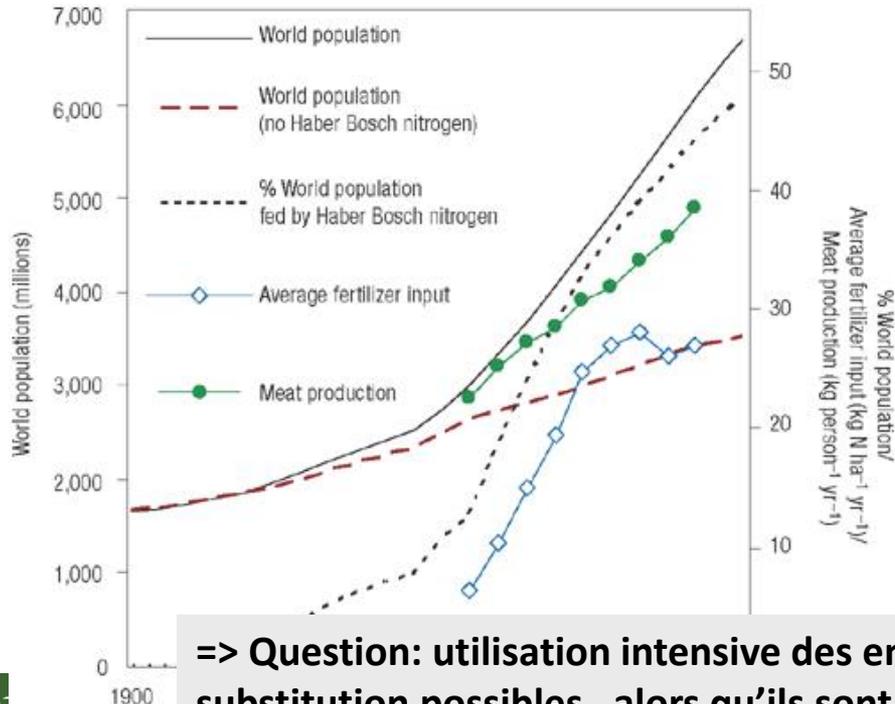
- Elles sont très fortement liées à l'usage des engrais azotés de synthèse.
- Elles sont comptabilisées sur la base des quantités de fertilisants azotés apportés (GIEC 1996)

**Les leviers présentés pour réduire l'usage des engrais azotés de synthèse :**

- En **raisonnant mieux les doses totales d'azote** à apporter sur grandes cultures
- En **améliorant la valorisation de la fertilisation organique**
- En utilisant des techniques qui **améliorent l'efficacité d'absorption de l'engrais azoté**
- En **augmentant les surfaces en légumineuses** à graines en grande culture et la part de légumineuses **dans les prairies temporaires**

# Enjeux À l'échelle globale

« Comment un siècle de synthèse de l'ammoniac a changé le monde » (Erisman et al. , 2008 ; Sutton et al., 2011)

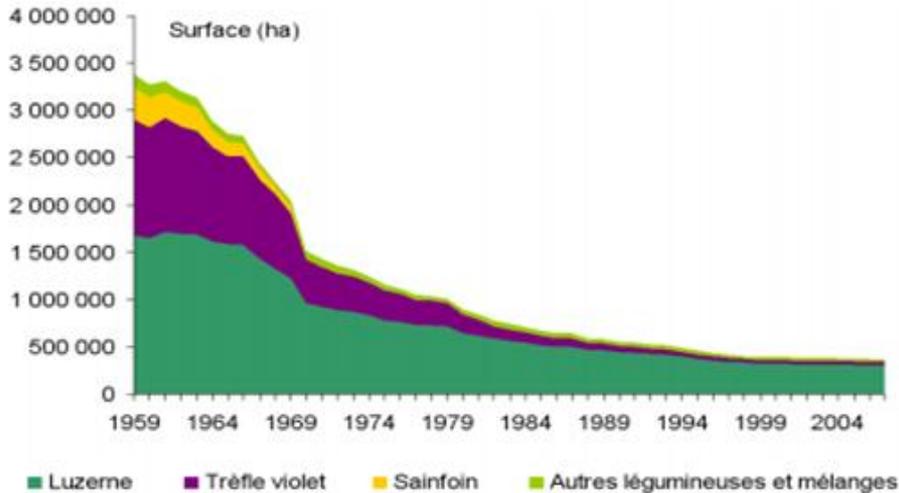


**=> Question: utilisation intensive des engrais minéraux et de leur réduction et/ou substitution possibles , alors qu'ils sont déterminants de la production agricole dans un contexte de forte demande alimentaire mondiale**

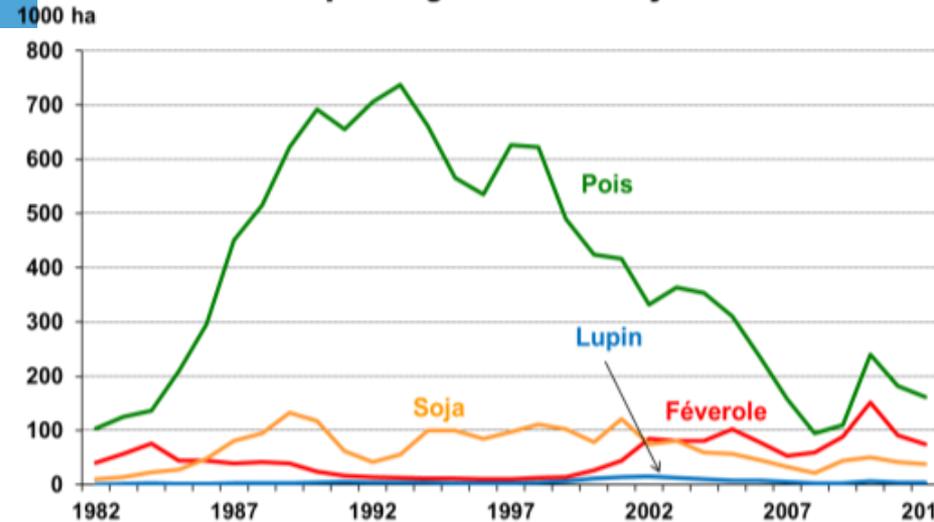
# Enjeux *Pour l'agriculture française*

Alors que les légumineuses constituent une source d'N non émettrice de GES (Rochette & Janzen 2005; Jeuffroy et al 2013), elles tendent à disparaître des assolements nationaux.

## Surfaces en légumineuses fourragères



Source: d'après données AGRESTE

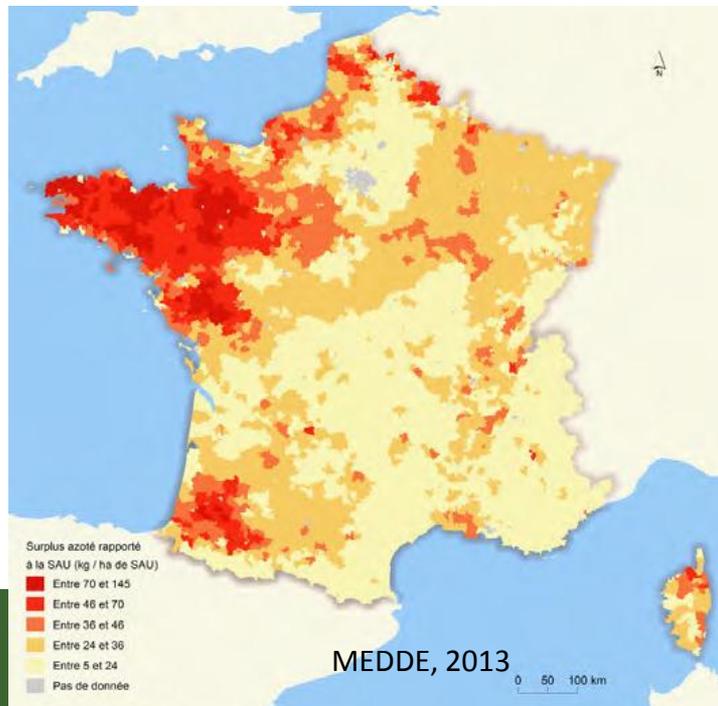


Sources : UNIP d'après SCEES/ONIOD/ONIGC/FranceAgriMer (jusqu'à 2011) et SSP (2012)



# Enjeux *Pour l'agriculture française*

Malgré la diminution amorcée des quantités de fertilisants minéraux azotés depuis 2000 (-10% environ), une situation générale de surplus azotés (en moyenne +32 kg N/ha SAU) , avec une grande disparité régionale et par culture.



Et ....

- Une faible efficacité moyenne des apports d'engrais (absorption < 50 % N apporté)
- Une contribution majeure aux émissions de  $N_2O$
- Une dépendance énergétique élevée des exploitations agricoles
- Des stratégies à déployer aussi vis-à-vis de l'émission d'ammoniac (plan particules) et la pollution diffuse par les nitrates (directive Nitrates)

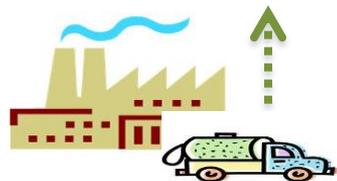
Comifer , 5 Novembre 2014



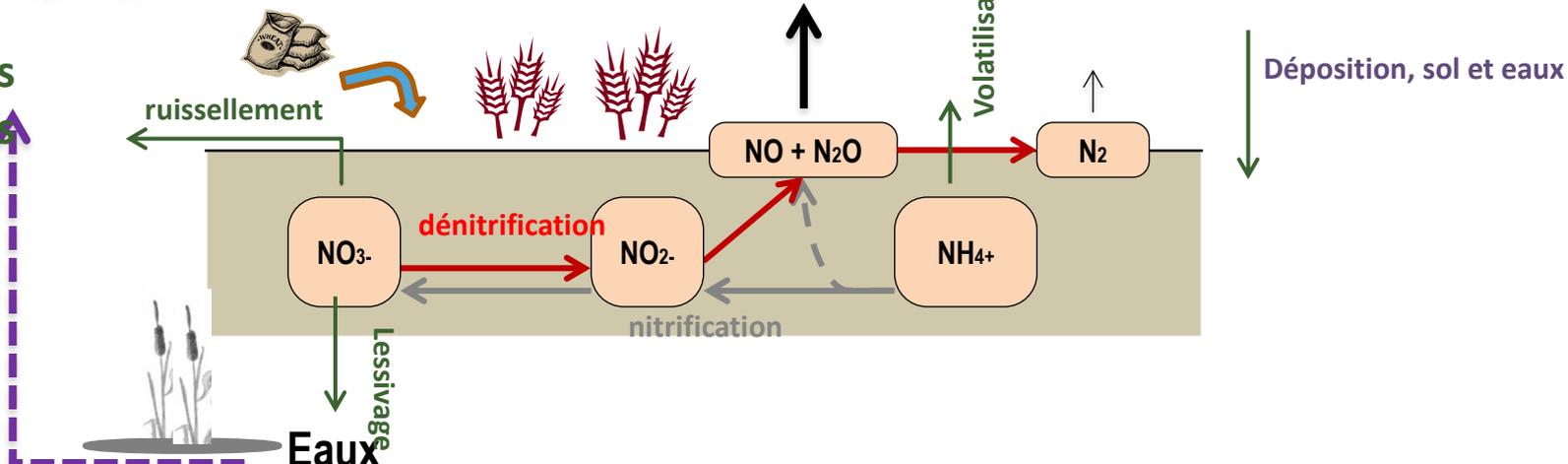
# Bases scientifiques

Source d'azote	GIEC 1996	GIEC 2006
Engrais minéral	1,25%	1,00%
Fixation symbiotique	1,25%	0
Résidus des légumineuses et des autres cultures	1,25%	1,25%

## Emissions amont induites

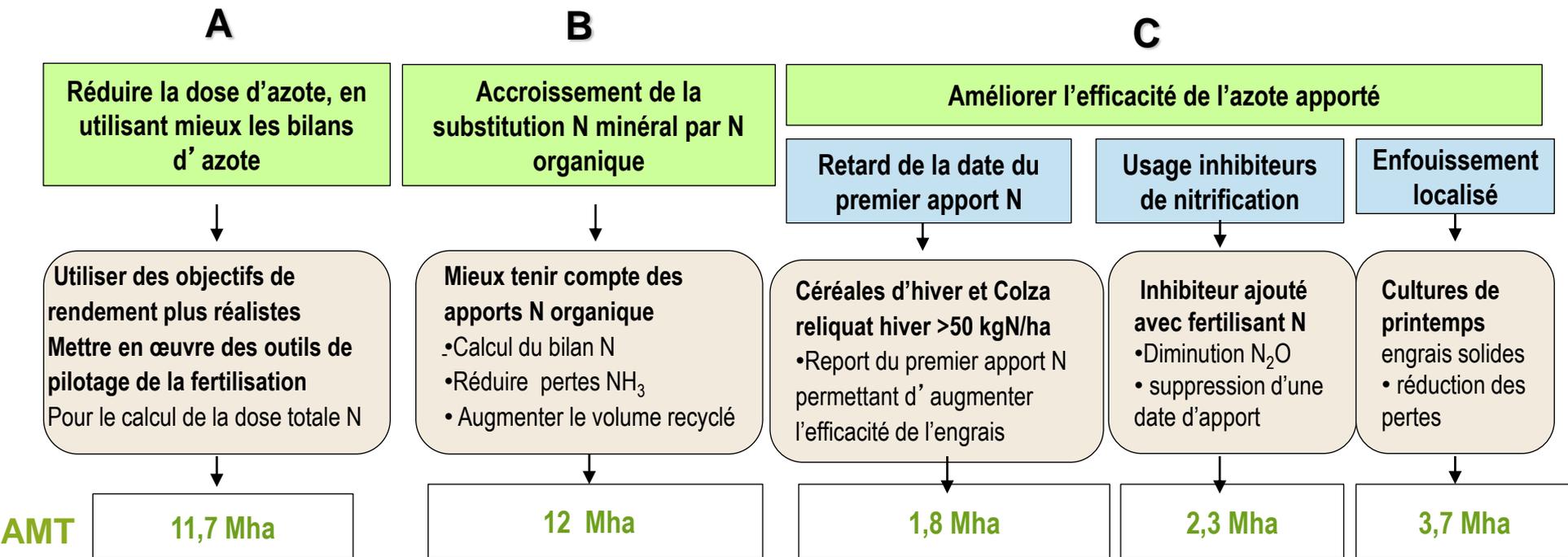


Emissions indirectes





# Leviers et règles de calcul retenus



# Leviers et règles de calcul

D1

D2

Augmenter les surfaces en légumineuses à graines en grande culture

Augmenter la part des légumineuses dans les prairies temporaires



Introduction d'une légumineuse à graines au détriment de:  
(1/6 blé tendre, 2/3 orge, 1/6 colza)  
• suppression fertilisation N  
• réduction -33 kg N/ha culture suivante

Augmenter et maintenir les légumineuses, en limitant la fertilisation azotée  
• -35 kg N /ha pour PT<20% leg.  
• -14 kg N/ha pour PT=20-40% leg.



1,3 Mha

3,1 Mha

AMT

## Emissions de N<sub>2</sub>O :

- Les légumineuses fixent l'azote de l'air et n'ont donc pas besoin de fertilisants azotés pour couvrir leurs besoins.
- De plus, elles laissent de l'azote dans le sol, ce qui permet de réduire la fertilisation azotée de la culture suivante.

## Autres effets:

### ▪ Modifications d'assolement

- économie de carburant (itinéraires techniques différents, suppression plus fréquente du labour après légumineuse)

### ▪ Réduction des doses d'engrais

- Réduction des émissions directes de CO<sub>2</sub> liées aux épandages
- Réduction des émissions induites de CO<sub>2</sub> liées à la fabrication et au transport des intrants en amont de l'exploitation



# Ex: Utiliser des bilans plus réalistes: surestimation des objectifs de rendement

Publication	Région et type de culture	Ecart entre rendement estimé et rendement obtenu (quintaux /ha)	Assiette
Agreste Centre 124 (2008)	Blé tendre Centre	+ 10 q	33 % des surfaces
Agreste Picardie 27 (2008)	Blé tendre Picardie	+ 5 à 10 q + 10 à 15 q > + 15 q	32% des surfaces 15 % des surfaces 12% des surfaces
Agreste Picardie 27 (2008)	Blé tendre , France	+ 5 à 10 q + 10 à 15 q > + 15 q	25% des surfaces 14 % des surfaces 12% des surfaces
Schneider et al. 2010	Blé tendre Aisne	+ 15 - 20 q	Préconisation Outil Farmstar vs. Enquête CER 02
Lagarde F. Champolivier L. 2006	Colza	5- 6 q (30-40 kg N/ha)	Non précisé

Données sur les écarts entre rendements estimés et rendements réalisés trouvés dans les enquêtes pratiques culturales, et la littérature.  
*Pellerin et al. 2003*

**Surestimation moyenne 6,6 Qx/ha , - 20 kg N /ha**





## Ex: Utiliser un outil de pilotage de la fertilisation azotée

Culture	Surface de l'échantillon (ha)	Dose moyenne réalisée sous Epiclès (kgN/ha)	Dose Agreste 2006 moyenne nationale (kg N/ha)	Moyenne Epiclès - Moyenne Agreste (kg N/ha)
Betterave sucrière	18257	95	108	-13
Blé tendre	562537	160	165	-5
Colza	215608	146	165	-19
Mais grain	123812	131	156	-25
Orge	187486	119	130	-11
Pomme de terre	4590	135	159	-24
Tournesol	77789	32	56	-24

Écarts entre la dose moyenne recommandée par l'outil EPICLES et la dose moyenne pratiquée sur les mêmes cultures à l'échelle France (d'après Berthoud A., 2010)

**Estimation haute de progression + 93% des surfaces GC (données SSP 2006 surfaces sans outils de pilotage) - 13 kg N / ha sur 12 Mha**



# Ex: Ajuster les dates d'apport aux besoins des cultures: retard du 1<sup>er</sup> apport sur blé, orge et colza d'hiver

Données reliquats LDAR

Année	Blé				Orge				Colza			
	Nb parcelles	Rsh kg N/ha	nb parcelles > 50 kg N ha <sup>-1</sup>	% parcelles > 50 kg N ha <sup>-1</sup>	Nb parcelles	Rsh kg N/ha	nb parcelles > 50 kg N ha <sup>-1</sup>	% parcelles > 50 kg N ha <sup>-1</sup>	Nb parcelles	Rsh kg N/ha	nb parcelles > 50 kg N ha <sup>-1</sup>	% parcelles > 50 kg N ha <sup>-1</sup>
2005	1193	55	606	51%	108	37	19	18%	32	25	0	0%
2006	1301	62	868	67%	49	42	17	35%	59	23	0	0%
2007	1243	50	558	45%	56	36	6	11%	73	23	0	0%
2008	1372	48	681	50%	119	36	0	0%	81	33	6	7%
2009	1149	42	158	14%	102	34	6	6%	39	22	0	0%
2010	1174	41	133	11%	79	33	0	0%	40	26	0	0%
2011	1189	37	37	3%	63	31	0	0%	40	27	0	0%
2012	858	39	114	13%	50	35	0	0%	30	20	0	0%
<b>Total // Moyenne</b>	<b>9479</b>	<b>47</b>	<b>-</b>	<b>32%</b>	<b>626</b>	<b>35</b>	<b>-</b>	<b>9%</b>	<b>394</b>	<b>25</b>	<b>-</b>	<b>0.9%</b>

Décalage du premier apport, augmentation du CAU -> réduction de la dose N totale

- 15 kg N / ha sur 1.8 Mha





## Ex: remplacer des grandes cultures (blé, orge, colza) par des légumineuses à graines

surface <sup>en</sup>	variation <sup>en</sup> surface <sup>(%)</sup>	variation <sup>en</sup> épandage <sup>en</sup> engrais <sup>(ha)</sup>	variation <sup>en</sup> QN <sup>en</sup> résidus <sup>(t/ha)</sup>	variation <sup>en</sup> quantité <sup>en</sup> herbicides <sup>(kg<sup>ma</sup>/ha)</sup>	variation <sup>en</sup> quantité <sup>en</sup> fongicides <sup>(kg<sup>ma</sup>/ha)</sup>	variation <sup>en</sup> quantité <sup>en</sup> insecticides <sup>(kg<sup>ma</sup>/ha)</sup>	variation <sup>en</sup> épandage <sup>en</sup> phytos <sup>(ha)</sup>	variation <sup>en</sup> surface <sup>en</sup> labourée <sup>(ha)</sup>
blé	-3%	-453 <sup>537</sup>	-1 <sup>409</sup>	-29 <sup>260</sup>	-38 <sup>139</sup>	-4 <sup>389</sup>	-1 <sup>486</sup> <sup>431</sup>	-584 <sup>331</sup>
colza	-10%	-365 <sup>756</sup>	-3 <sup>343</sup>	-10 <sup>241</sup>	-5 <sup>352</sup>	-11 <sup>704</sup>	-975 <sup>336</sup>	-154 <sup>203</sup>
orge	-37%	-1 <sup>463</sup> <sup>1023</sup>	-10 <sup>689</sup>	-46 <sup>317</sup>	-58 <sup>521</sup>	-5 <sup>352</sup>	-2 <sup>405</sup> <sup>210</sup>	-421 <sup>351</sup>
légumineuses à graines	300%		27 <sup>497</sup>	17 <sup>556</sup>	17 <sup>556</sup>	17 <sup>556</sup>	4 <sup>380</sup> <sup>645</sup>	763 <sup>698</sup>
TOTAL		-2 <sup>282</sup> <sup>316</sup>	11 <sup>556</sup>	-68 <sup>762</sup>	-84 <sup>356</sup>	-4 <sup>389</sup>	13 <sup>168</sup>	-396 <sup>187</sup>

**Economie annuelle de 122 kg N /ha sur 1.27 Mha**





# Résultats à l'horizon 2030, par an

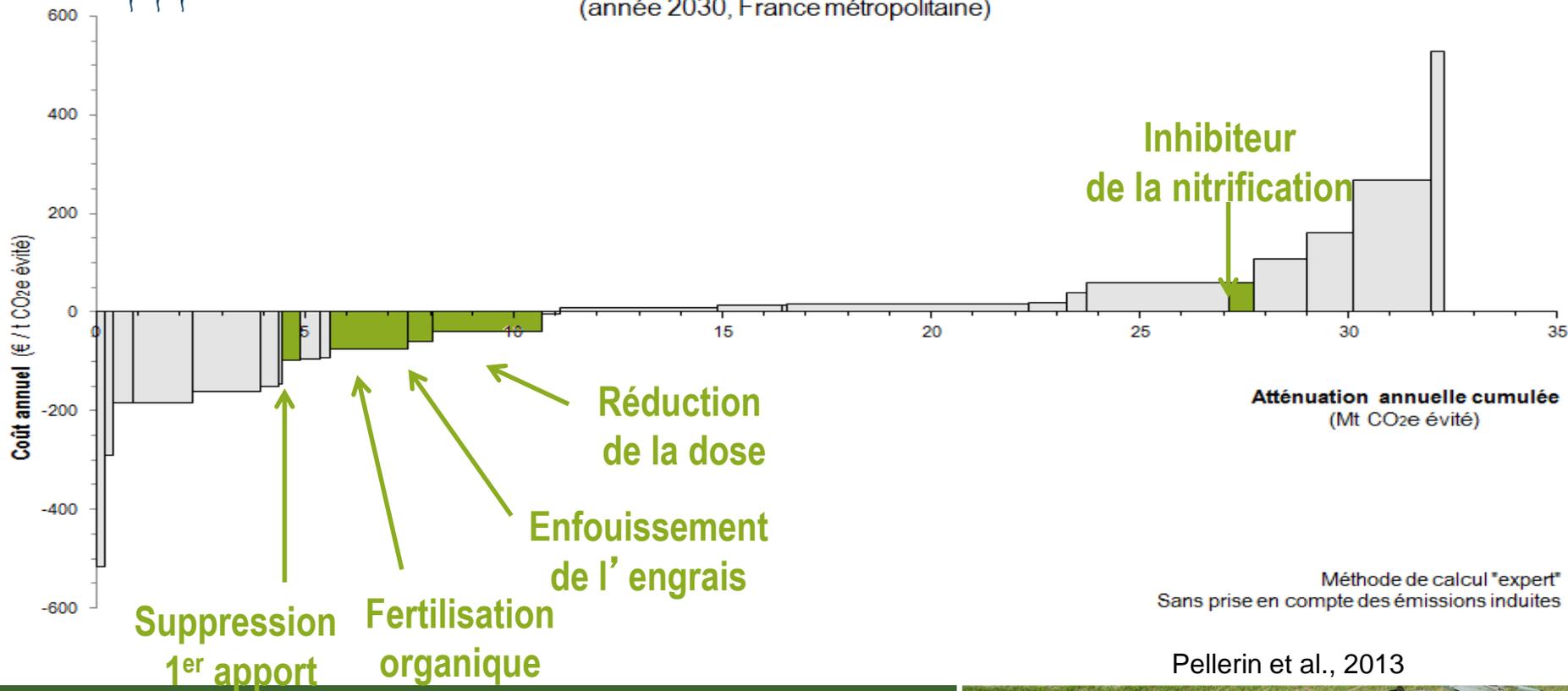
	A	B	C	D1	D2
Réduction d'engrais minéral (kg N)	19,7 kg N /ha (14,8 à 29,4),	14,4 kg N/ha (9,8 – 22,2),	C1 : 15,0 kg N/ha C2 : 10,2 kg N/ha C3: 12,3 kg N/ha (0 à -18,4)	Suppression sur la légumineuse, 33 kg N/ha sur culture suivante	-29 kg N/ha en moyenne
	→ 230 821 t N / an	→ 176 257 t N /an.	→ 96 942 t N /an	→ 155 640 t N /an.	→ 82 980 t N /an
Potentiel d'atténuation CITEPA (Mt CO2e)	2,2	1,7	0,3 - 0,2 - 0,3	0,5	0,8
Potentiel d'atténuation expert (Mt CO2e)	2,6 (2,0 à 3,7)	1,9 (1,3 à 2,8)	0,4 - 0,6 - 0,6 (0,1 à 0,8)	0,9 (0,3 à 1,4)	0,5 (0,4 à 1,0)

- ⇒ Economie de 5 -10 % pour chaque sous action des quantités d'engrais azotés minéraux /an
- ⇒ La combinaison des sous actions (hypothèse d'additivité) ≈ 6,0 Mt CO2e/an (calcul CITEPA) soit 13% des émissions liées à la fertilisation azotée des sols agricoles.





## Coûts de la tonne de CO<sub>2</sub>e évité pour l'agriculteur et potentiels d'atténuation (année 2030, France métropolitaine)



**INRA**  
SCIENCE & IMPACT

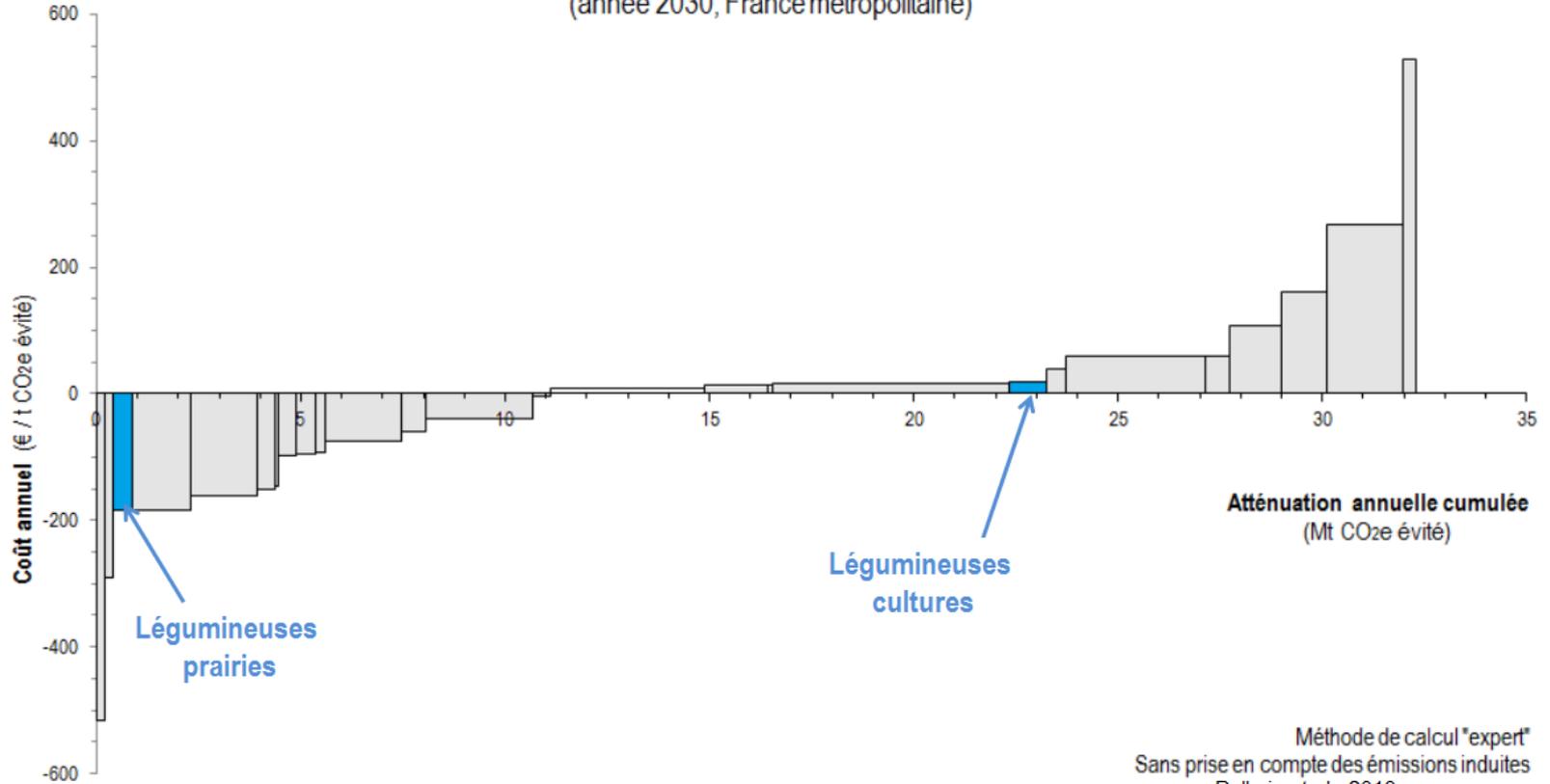


Comifer, 5 Novembre 2014





## Coûts de la tonne de CO<sub>2</sub>e évité pour l'agriculteur et potentiels d'atténuation (année 2030, France métropolitaine)



**INRA**  
SCIENCE & IMPACT



Comifer , 5 Novembre 2014





# Conclusions (1)

**Un potentiel réel de réduction de la fertilisation minérale azoté et des émissions de GES associées**

❖ **Des potentiels d'atténuation moyens** à l'échelle unitaire (ha) , **pour des assiettes d'application variables selon les leviers considérés:**

- Des ordres de grandeur d'atténuation équivalents (fertilisation) ou plus faibles (légumineuses) que dans d'autres études internationales
- l'hypothèse de réduction des quantités d'azote peut sembler optimiste, mais elle répond vraiment à la nécessaire amélioration de l'efficacité de l'azote
- l'hypothèse d'accroissement des surfaces en légumineuses est faible par rapport à d'autres études (4,5% de la SAU; 13% au Canada; 32% aux USA) et par rapport aux surfaces actuelles de certains pays

**Des coûts faibles voire négatifs pour ces leviers ! Pourquoi ne sont-ils pas plus appliqués ?**





## Conclusions (2)

- ❖ **Une technicité supérieure est indispensable** notamment pour un accroissement significatif des surfaces en légumineuses (apprentissage des agriculteurs, formation des techniciens), et pour améliorer l'efficacité des apports d'engrais
- ❖ **Une meilleure valorisation économique des légumineuses chez les agriculteurs est nécessaire, mais nécessite des changements dans l'ensemble du système socio-technique** (Meynard et al., 2013)
- ❖ **En prairie**, les techniques proposées existent déjà et pourraient plus facilement être déployées.





# Merci pour votre attention !

Carrefour de l'innovation agronomique, Juin 2014 (CIAG) articles et vidéos

<http://www6.inra.fr/ciag/Revue/Volume-37-Juillet-2014>

Expertise Inra :

<https://www6.paris.inra.fr/depe/Projets/Agriculture-et-GES>

*Remerciements à Philippe Eveillard (UNIFA) , C. Le Roux et N. Damay (LDAR) , Jean-Pierre Cohan (Arvalis), Marc Hervé (Eurochem, Jean-Marie Machet, Françoise Vertes, TH. Morvan S. Houot (Inra), M. Cariolle (ITB), M. Lambert (Yara), C. Rocca (In Vivo)  
pour la mise à disposition de données et publications*

