



Capacité des sols à réduire le gaz à effet de serre N₂O

Déterminisme par leurs propriétés physico-chimiques

Implications pour la gestion des émissions

Hénault C., Bourennane H., Ayzac A., Ratié C., Saby N., Véricel G., Eglin T., Le Gall C.





Contexte Général

- Augmentation des concentrations atmosphériques en GES

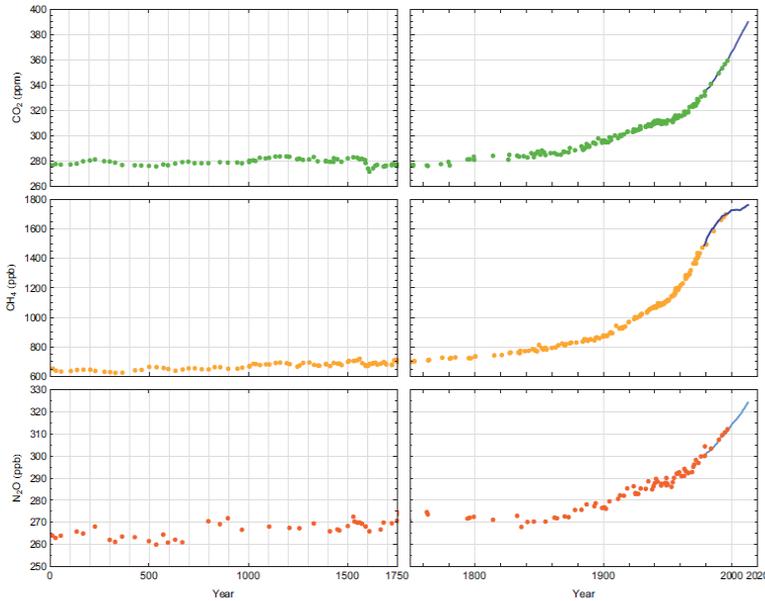
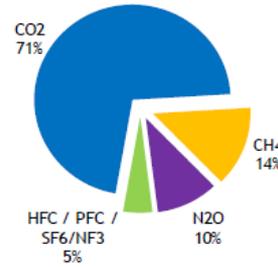


Figure 6.11 | Atmospheric CO₂, CH₄, and N₂O concentrations history over the industrial era (right) and from year 0 to the year 1750 (left), determined from air enclosed in ice core and firn air (colour symbols) and from direct atmospheric measurements (blue lines, measurements from the Cape Grim observatory) (MacFarling-Meure et al., 2006).

- Contribution de l'agriculture aux émissions de GES (France)



- 3 % du CO₂
- 67 % du CH₄
- 90 % du N₂O

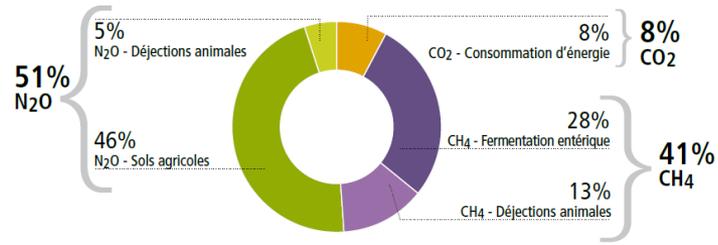


Figure 11 : part des activités dans les émissions agricoles en France en 2008

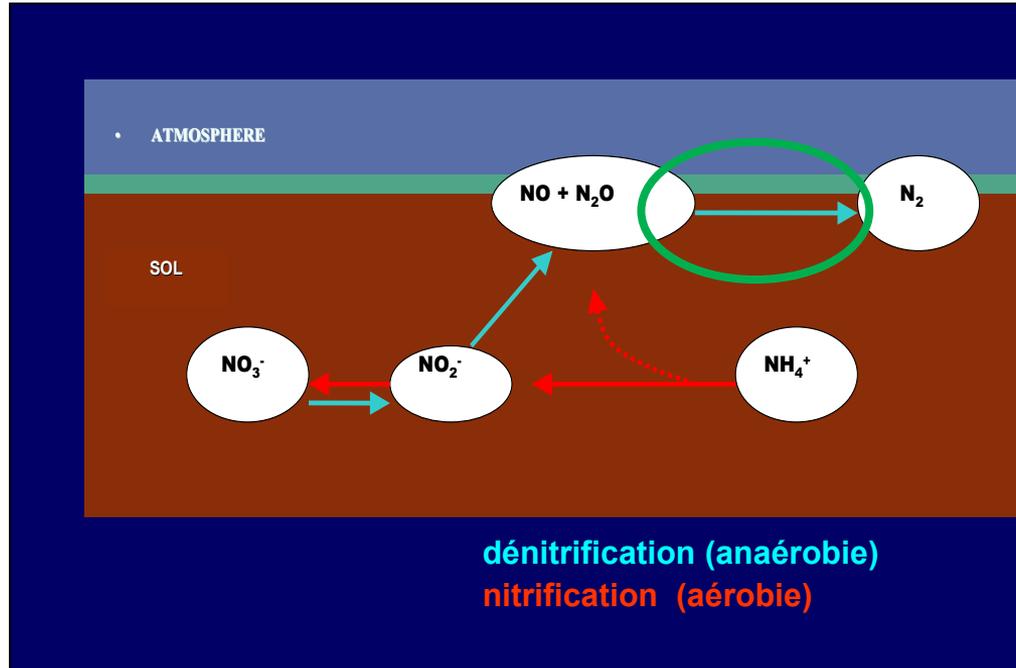
Source : CITEPA, 2009.





Concepts du projet SOLGES

- Concepts scientifiques mobilisés : **La réduction de N_2O en N_2 / Phénotypes de sols**

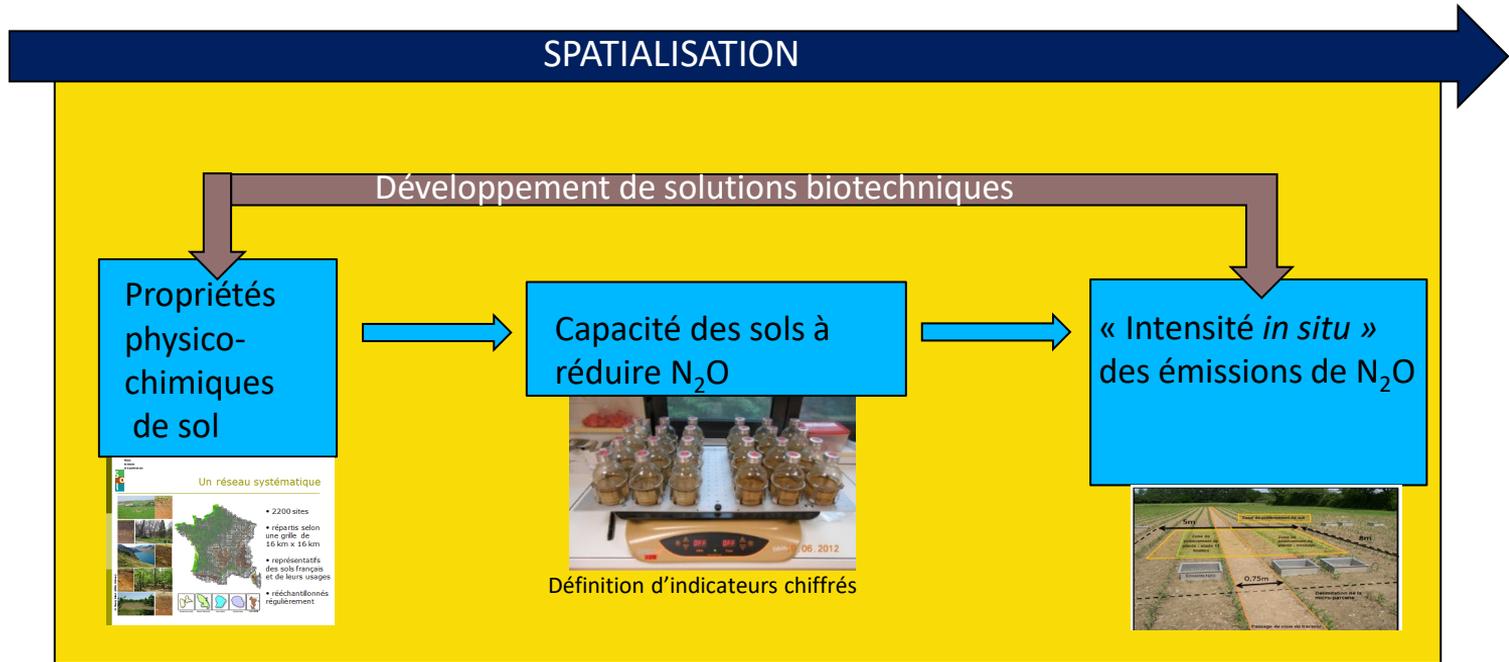


- pas de transfert de pollution sur le cycle de l'azote
- pas de lien direct avec la production agricole
- variabilité spatiale de fonctionnement / phénotype



Concepts du projet SOLGES

- L'organisation du projet





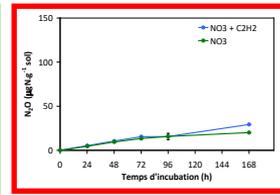
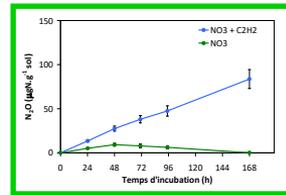
Caractérisation de la capacité des sols à réduire N₂O

• Matériels et Méthodes

Un test de laboratoire ISO
XP ISO/TS 20131-2



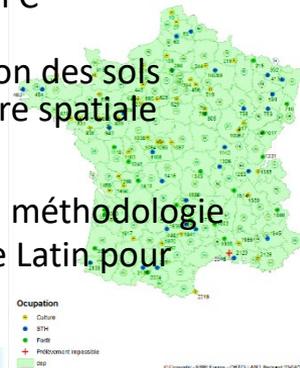
Calcul d'indicateurs avec des
règles d'interprétation



Réalisation de ce test sur 90
sols

- Utilisation du dispositif RMQS
- Identification de critères basée sur la littérature et avis d'experts

- Teneur en C
- pH
- Occupation des sols
- Couverture spatiale



- Utilisation de la méthodologie de l'Hyper Cube Latin pour définir les sites

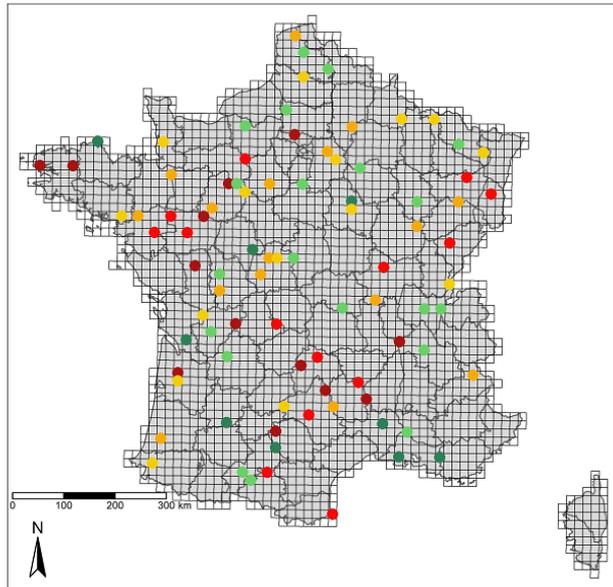


Phénotype	Caractéristique de fonctionnement du sol	Règle
N ₂ ORED+	Présente la capacité de réduire N ₂ O	r _{max} et index respectivement inférieur à 0.4 et 30
N ₂ ORED-	Présente une très faible capacité à réduire N ₂ O	r _{max} > 0.8 ou index > 50
N ₂ ORED+/-	Présente une capacité intermédiaire à réduire N ₂ O	autres



Caractérisation de la capacité des sols à réduire N₂O

- Résultats



Phénotype du sol	[sol] _{PHNZORED-}	[sol] _{PHNZORED+/-}	[sol] _{PHNZORED+}
Valeur de l'indicateur r_{\max}	> 0,8	0,4 < r_{\max} < 0,8	< 0,4
% des échantillons RMQS	40	28	32



Hénault et al., Scientific Reports, en révision



Déterminisme de la capacité des sols à réduire N_2O

- **Matériels et Méthodes**

- 90 valeurs de l'indicateur r_{max} , accompagnées des valeurs de 21 propriétés physico-chimiques (pHeau, CEC, Argile, ...) des sols
- Outils statistiques d'analyse
 - Régressions (simples, polynomiales,)
 - Arbre de régression boostée « GBM »
 - ACP couplée à la modélisation PLS
 - Arbres de classification et de régression couplés à l'analyse factorielle discriminante

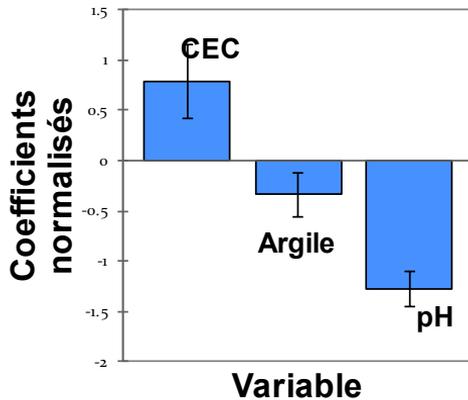




Déterminisme de la capacité des sols à réduire N₂O

• Résultats

Importance relative des propriétés physico-chimiques dans le déterminisme de la capacité des sols à réduire N₂O

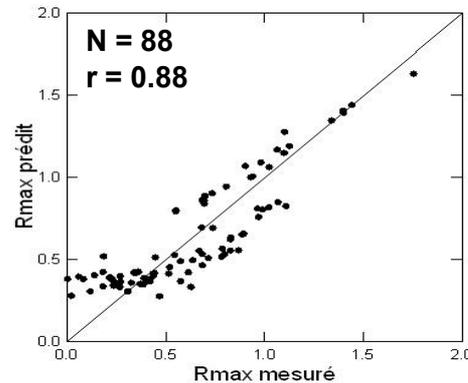


CEC (méthode Cobalt-Hexamine)



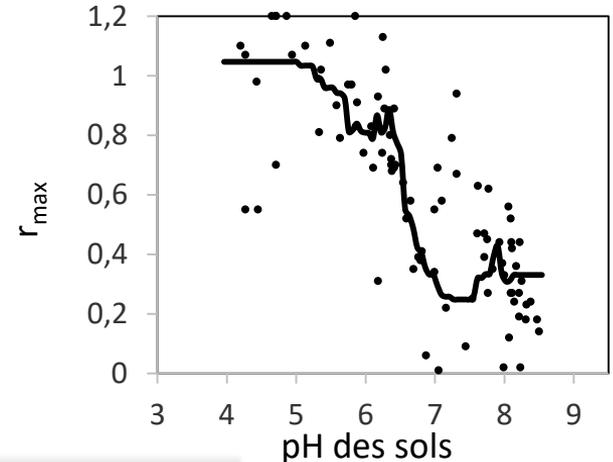
Capacité des sols à réduire N₂O : valeurs mesurées vs valeurs prédites par un modèle de régression PLS

$$r_{\max} = -0,4\text{pH} + 0,026 \text{ CEC} - 0,001 \text{ Argile} + 3,13$$



Hénault et al., Scientific Reports, en révision

r_{max} vs pH des sols : points expérimentaux et ajustement par une fonction GBM





Application au champ

• Matériels et Methodes

Site Arvalis de La Jaillière (Loire Atlantique)

T1 - Témoin sans amendement

T2 - Parcelle amendée

101	102	201	202	101	102	201	202
Apport CaC 0	Apport CaO 0	Apport CaC 0	Apport CaC 0	Apport CaC 0	Apport CaC 1000	Apport CaC 1000	Apport CaC 0
pH 6.66	pH 6.6	pH 6.55	pH 6.51	pH 6.59	pH 7.21	pH 6.87	pH 6.45
301	302	401	402	301	302	401	402
Apport CaC 0	Apport CaO 0	Apport CaC 0	Apport CaC 0	Apport CaC 1000	Apport CaC 0	Apport CaC 0	Apport CaC 1000
pH 6.93	pH 6.4	pH 6.66	pH 6.48	pH 6.99	pH 6.5	pH 6.22	pH 7.05



Mesures des émissions de N_2O à l'aide de chambres statiques:

- 3 chambres/microparcelle
- 20 mesures / campagne (\approx 1 mesure/ semaine entre février et juin)

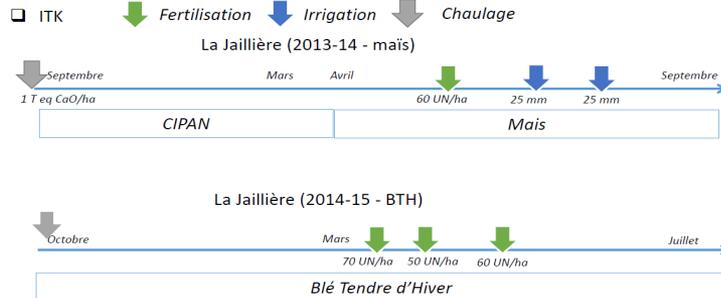


Mesure du pH, de la $T^{\circ}C$ du sol et du stock d'azote minéral à chaque date de prélèvement de N_2O

Mesures régulières de la capacité des sols à réduire N_2O (1/trimestre)



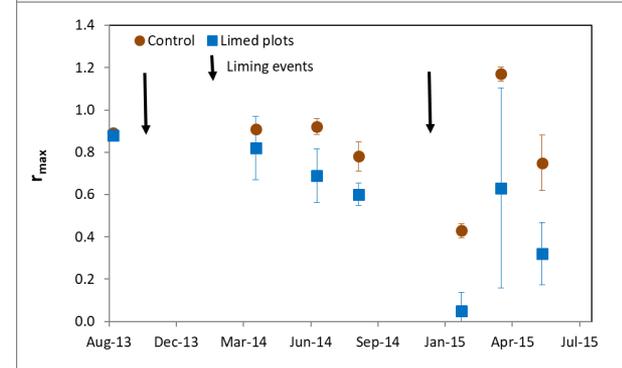
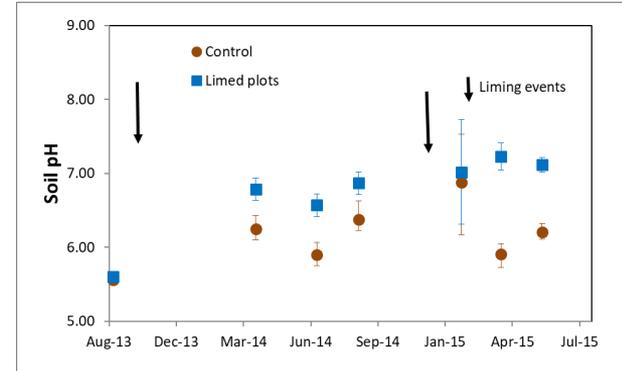
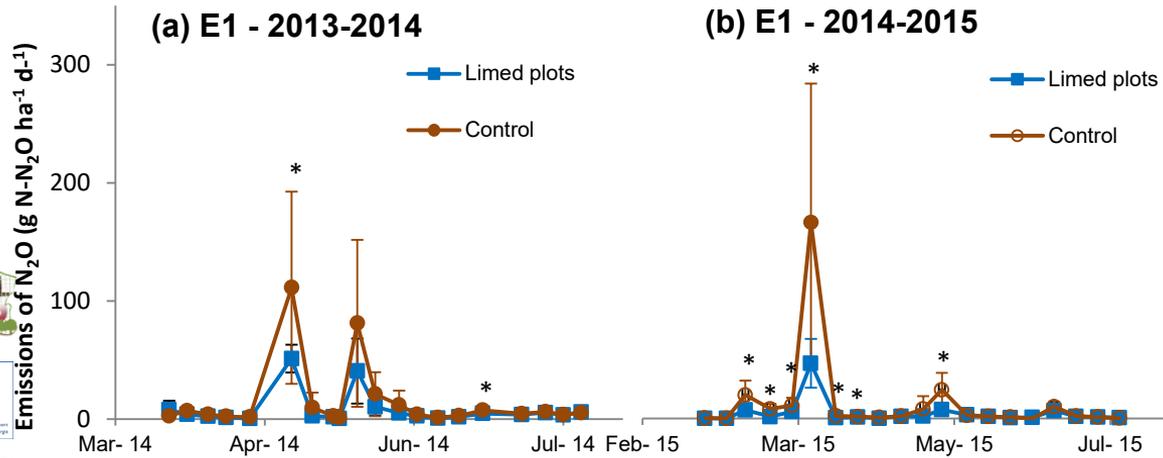
Allée enherbée





Application au champ

- Résultats



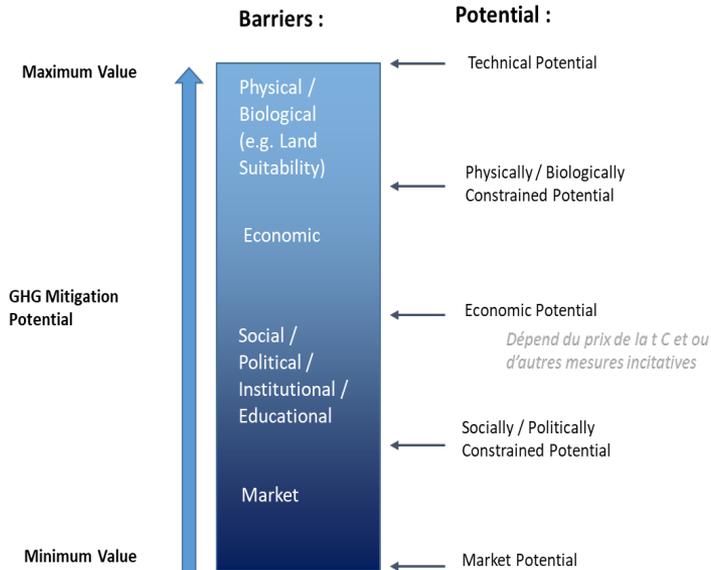
Hénault et al., Scientific Reports, en révision



Spatialisation du potentiel technique

- Concepts et contraintes actuellement prises en compte

Synthèse de « Costs and Potentials » (Smith et al., 2014)



Estimation des surfaces sur lesquelles activer la capacité des sols à réduire N₂O parmi les surfaces fertilisées

Apports de produits sur les sols cultivés et de prairie fertilisés, soit une estimation à 60 % des sols en France





Spatialisation du potentiel technique

• Matériels et Méthodes

– Estimation à partir de la base RMQS totale

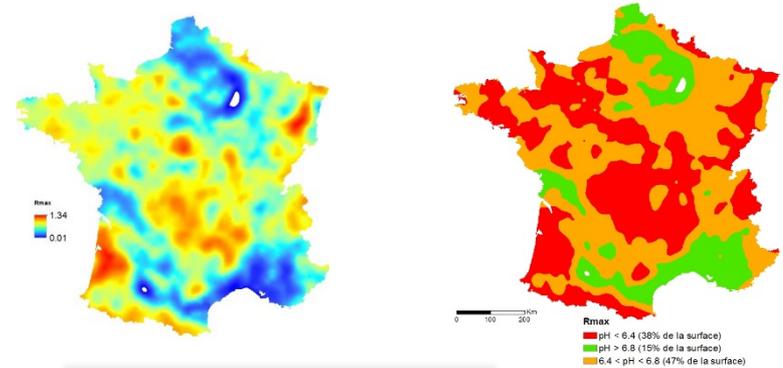
- par différentes techniques géostatistiques
- des surfaces de sol correspondantes à chaque phénotype,

– Application de coefficients d'abattement spécifiques par phénotype, issus de nos expérimentations *in situ*

– *Expression en termes d'émissions totales de GES*

(N₂O par les sols représente 6,5 % des émissions nationales totales)

• Résultats



Hénault et al., Scientific Reports, en révision

- Potentiel d'abattement des émissions de N₂O par la gestion du pH des sols acides, estimé à 15.7% (8.3% – 21.2%)
- **Soit 1.02%** (0.5% – 1.4%) des émissions totales





Discussion (1)

Relation pH des sols et émissions de N₂O

- Le rôle du pH des sols sur les émissions de N₂O et la capacité des sols à réduire N₂O est souligné dans la littérature, sur la base d'approches très diversifiées, développées à différentes échelles spatiales

Stehfest, E., Bouwmann, L.(2006) ; Wang, *et al.*, (2018) ; Liu, B. *et al.*, (2014). Sun, P. *et al.*, (2012).

- Cette étude a permis de mettre en évidence et de **préciser des points de rupture** dans l'interaction pH des sols et émissions de N₂O et de montrer la cohérence de cette interaction à différentes échelles spatiales





Discussion (2)

Application de ces résultats : le chaulage des sols

- **Indispensabilité** de réfléchir en termes de bilan de GES et notamment de prendre en compte les émissions de CO₂ à partir des carbonates des produits chaulant ou celles engendrées par la production des produits.
- Aller au-delà du calcul du potentiel technique (vulnérabilité maladies, contraintes économiques...) en accord avec le cadre proposé par IPCC
- Une piste solide de gestion des émissions de N₂O par les sols pouvant se décliner sur les différentes formes d'agriculture que l'on continue à investir
 - ChauGES
 - NatAdGES



Synthèse de « Costs and Potentials » (Smith et al., 2014)

