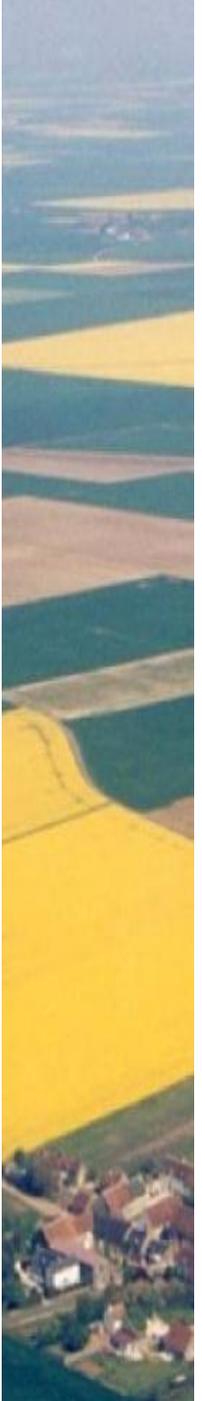


Agriculture et changement climatique : des relations ambivalentes

Pierre CELLIER
INRAE, UMR Ecosys, Grignon



De quoi va-t-on parler ?

Quelques bases sur les liens entre agriculture et changement climatique. On parlera des impacts du changement climatique sur la production agricole, des émissions de gaz à effet de serre (GES) en lien avec l'activité agricole, de l'échelle de la parcelle ou du poste d'activité (Ex : bâtiment) à celle du système de production et on situera tout ceci par rapport aux grands cycles et avec d'autres problématiques environnementales.

- Plan de la présentation
 - Impacts du changement climatique sur l'agriculture
 - Grands cycles biogéochimiques et émissions (mais aussi absorption) de gaz à effet de serre en agriculture : CO₂, N₂O, CH₄
 - Échelle de l'exploitation agricole
 - Rien n'est simple : interactions avec d'autres problématiques environnementales

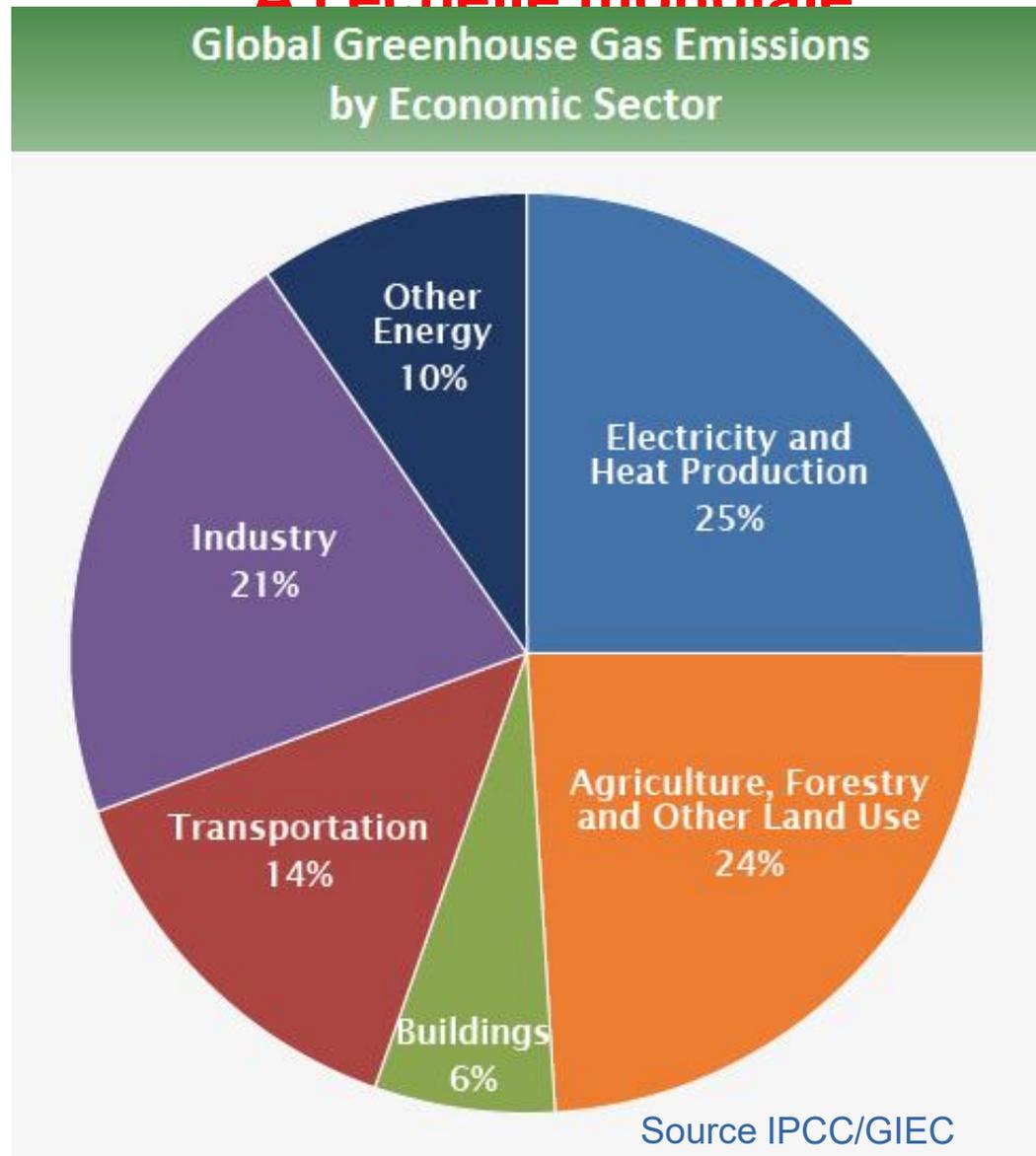


L'agriculture, activité impactante et impactée



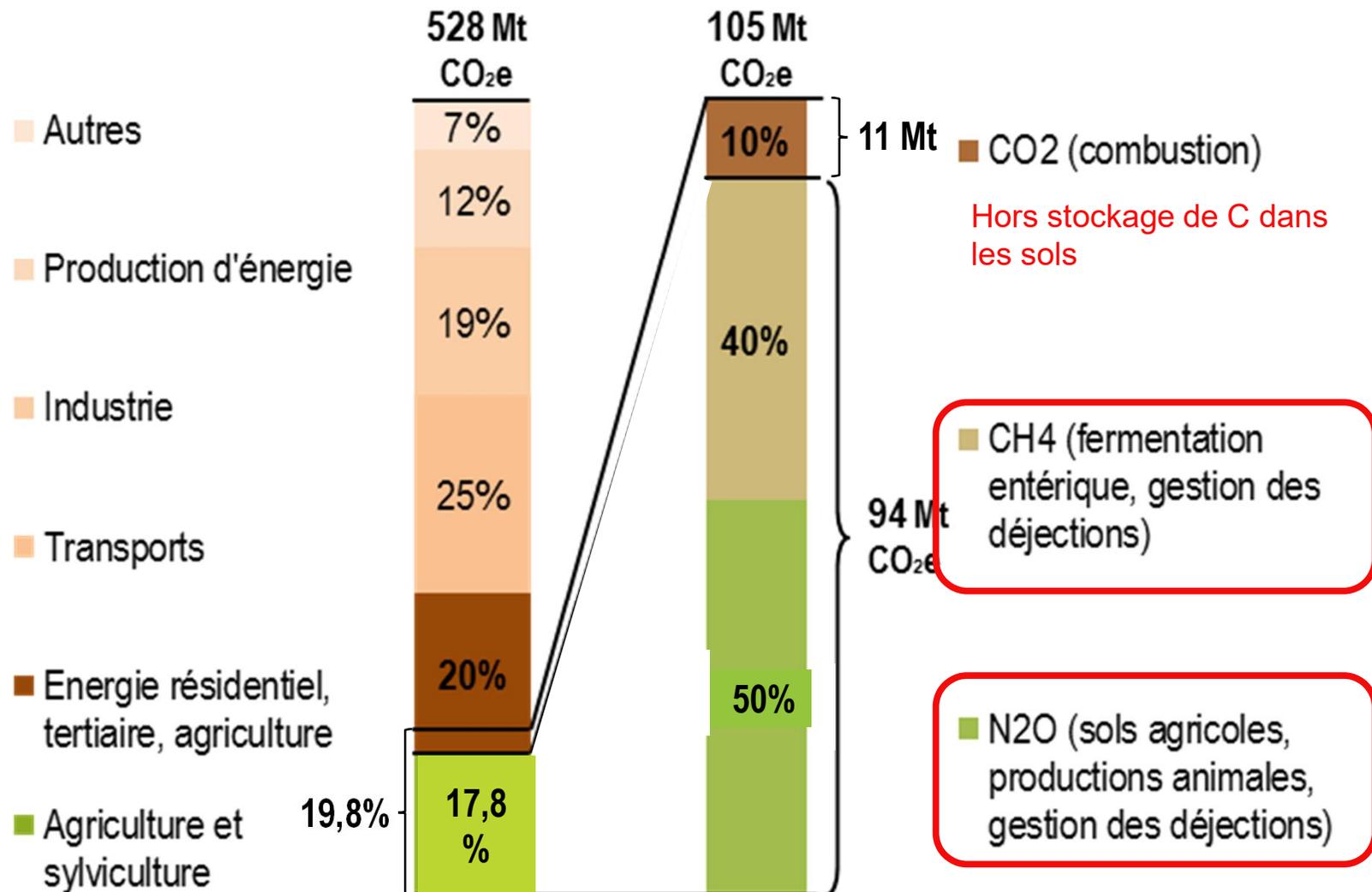
L'agriculture contribue aux émissions de gaz à effet de serre

A l'échelle mondiale



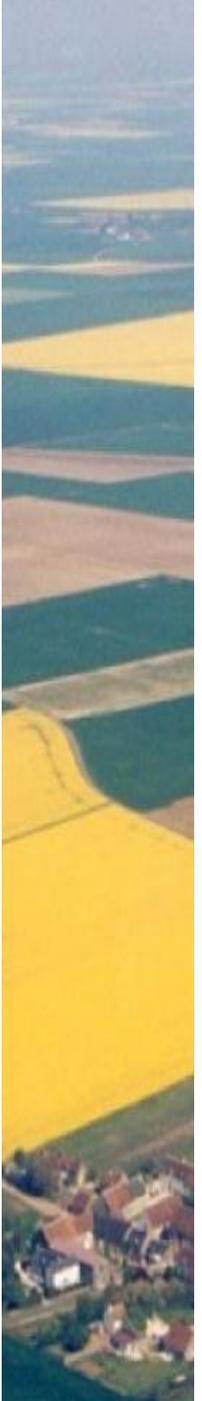
L'agriculture contribue aux émissions de gaz à effet de serre

Part des secteurs dans l'inventaire **A l'échelle nationale** Part des gaz dans les émissions agricoles



Une multiplicité d'impacts posant de nombreuses questions et problèmes aux activités agricoles, parfois sur leur pérennité

Quelques illustrations



Changement climatique. impacts des évolutions moyennes

- Augmentation des températures
- Variations des précipitations
- Augmentation de la teneur en CO₂

Des impacts variables selon les zones géographiques

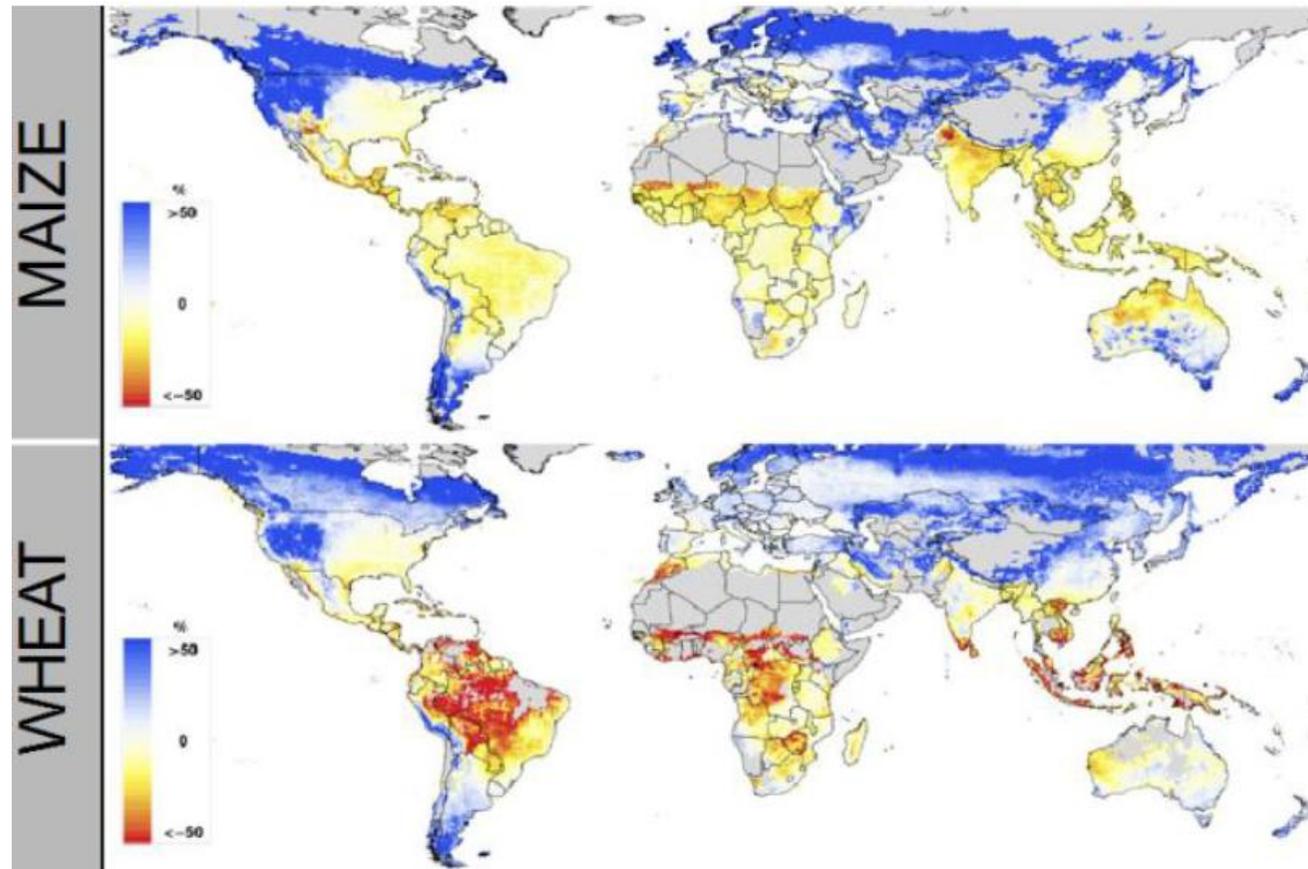


Figure 1. Median yield changes (%) with CO₂ effects for RCP 8.5 (2070-2099 vs. the 1980-2010 baseline) over 5 GCMs x 7 GGCMs (35 ensemble members) for rainfed maize and wheat.



Des impacts visibles, notamment sur la vigne et l'arboriculture

LES EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE DÉJÀ OBSERVÉS SUR LA VIGNE... VONT SE POURSUIVRE

A PHÉNOLOGIE

DÉBOURREMENT FLORAISON VÉRAISON

DE PLUS EN PLUS PRÉCOCES DANS TOUTES LES RÉGIONS VITICOLES

B DATES DE VENDANGES

AVANCÉES DANS TOUS LES VIGNOBLES

C MATURATION

AVANCÉE DE LA VÉRAISON

AUGMENTATION DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE

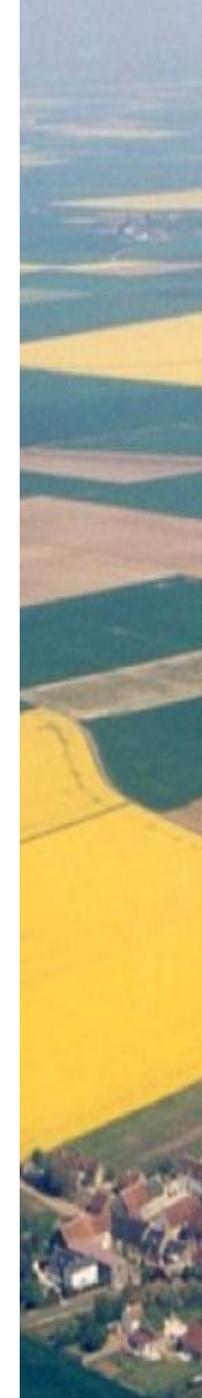
LA MATURATION SE DÉROULE EN CONDITIONS DE PLUS EN PLUS CHAUDES

D COMPOSITION DES RAISINS ET DES VINS

L'ACIDITÉ BAISSE

LA TENEUR EN ALCOOL POTENTIEL AUGMENTE

Nov. 2018 - © Inra - Graphisme document source : Studio28.com



Les émissions de CO2 menacent notre alimentation

L'augmentation de la concentration atmosphérique de gaz carbonique risque d'entraîner des carences en protéines et en minéraux pour des centaines de millions de personnes supplémentaires.

LE MONDE | 27.08.2018 à 17h16 • Mis à jour le 28.08.2018 à 12h57 |

Par Pierre Le Hir

Abonnez vous à partir de 1 €

Réagir ★ Ajouter

Partager (3 428)

Tweeter



Le CO₂ ou la double peine. On savait déjà que la hausse de la teneur de l'atmosphère en gaz à effet de serre – et singulièrement en dioxyde de carbone – menaçait la sécurité alimentaire de la planète en induisant des sécheresses plus fréquentes, plus sévères et plus durables, des précipitations torrentielles plus intenses, une submersion des zones littorales par des eaux salines, et une

Le réchauffement favorise le ravage des récoltes par les insectes nuisibles

L'appétit de ces animaux augmente en fonction de la température. Une étude dans « Science » s'inquiète de leur impact sur le riz, le maïs et le blé.

LE MONDE | 30.08.2018 à 20h00 • Mis à jour le 31.08.2018 à 08h12 |

Par Clémentine Thiberge

Abonnez vous à partir de 1 €

Réagir ★ Ajouter

Partager (2 402)

Tweeter



taisons ambivalentes

21/11/2021

Comment l'agriculture peut réduire ses émissions de gaz à effet de serre

Le Monde.fr | 23.09.2014 à 16h5 | Mis à jour le 23.09.2014 à 17h45 |

Par [Martine Vale](#)

Abonnez-vous à partir de 1 €

Réagir

Classer



Recommander

Partager

16 personnes le recommandent
que vos amis recommandent



À côté de l'énergie, de l'industrie ou des transports, l'agriculture a aussi sa part de responsabilité dans les émissions de gaz à effet de serre (GES) mondiales. Une grosse part même : 10 à 12 gigatonnes d'équivalent CO₂ par an, soit 24 % des rejets mondiaux.

Quelle est sa contribution par rapport aux autres secteurs d'activité?

L'agriculture peut-elle participer à la solution ?



PRODUCTION & FILIÈRES ALIMENTATION ENSEIGNEMENT & RECHERCHE MINISTÈRE



Accueil > Contribution de l'agriculture à la lutte contre le changement climatique : lancement d'un projet de recherche international : le « 4 pour 1000 »

Contribution de l'agriculture à la lutte contre le changement climatique : lancement d'un projet de recherche international : le « 4 pour 1000 »



Stéphane Le Foll,
Spokesperson of the French Government,
French Minister of Agriculture, Food and Forestry

Changement climatique. impacts d'événements extrêmes

- Sécheresses prolongées
- Précipitations intenses, érosion ... (Ex : 2016)
- Canicules (Ex : 2003, 2019)
- Gelées printanières (Ex : 2021)
- Augmentation des risques d'incendies (forêts)

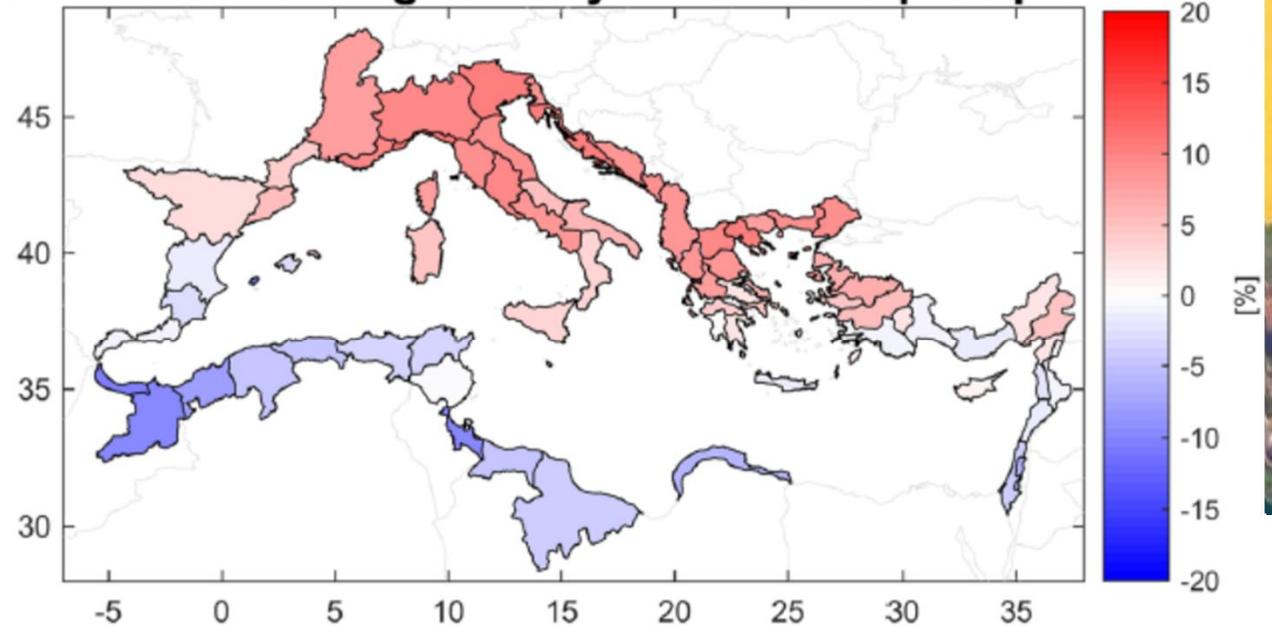
CHANGEMENT CLIMATIQUE



Épisodes méditerranéens et changement climatique

28/09/2020

RCP4.5 Mean change in 20-year extreme precipitation



Vignes brûlées par la canicule : les viticulteurs de l'Hérault, du Gard et de l'Aude inquiets pour leur avenir

De nombreux viticulteurs de l'Hérault, du Gard et de l'Aude ont perdu une grande partie de leurs vignes, brûlées par le soleil, suite à un épisode caniculaire sans précédent. Désormais, ils cherchent des réponses et s'interrogent sur l'avenir de leur filière.

Publié le 01/07/2019 à 08h00 • Mis à jour le 11/06/2020 à 22h05



Climat et agriculture : le gouvernement annonce une réforme du système assurantiel

Le ministre de l'agriculture, Julien Denormandie, a déclaré vendredi qu'il présenterait le 1er décembre un projet de loi de réforme du système d'assurances agricoles pour couvrir les risques liés au changement climatique.

Le Monde •

Publié aujourd'hui à 09h26, mis à jour à 10h34 • Lecture 1 min.

Les gelées printanières provoquent une chute « historique » des productions de vin et d'abricots en France

D'après les statisticiens du ministère de l'agriculture, la production de vin pourrait être jusqu'à 30 % plus basse en 2021 qu'en 2020. La filière des abricots risque de voir son chiffre d'affaires « reculer d'un tiers ».

Le Monde avec AP et AFP •

Publié le 06 août 2021 à 12h45 - Mis à jour le 06 août 2021 à 13h11 - Lecture 1 min.



l, près de Chablis.



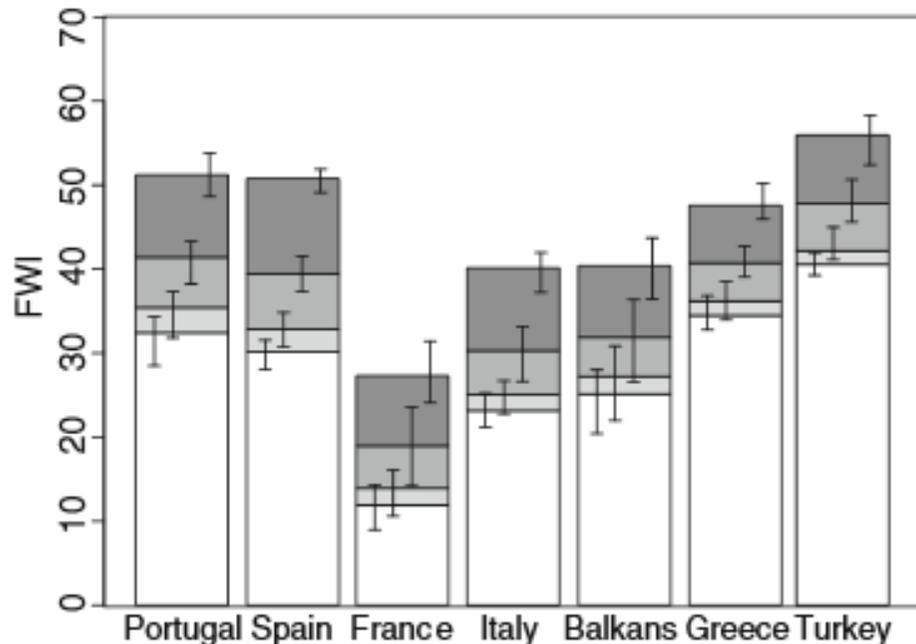
Dans les vignes de Benjamin Duclaux, viticulteur à Turin et Semons, des bourgeons et les premières feuilles ont relé. le 26 avril 2021. BRUNO AMSELLEM POUR « LE MONDE »



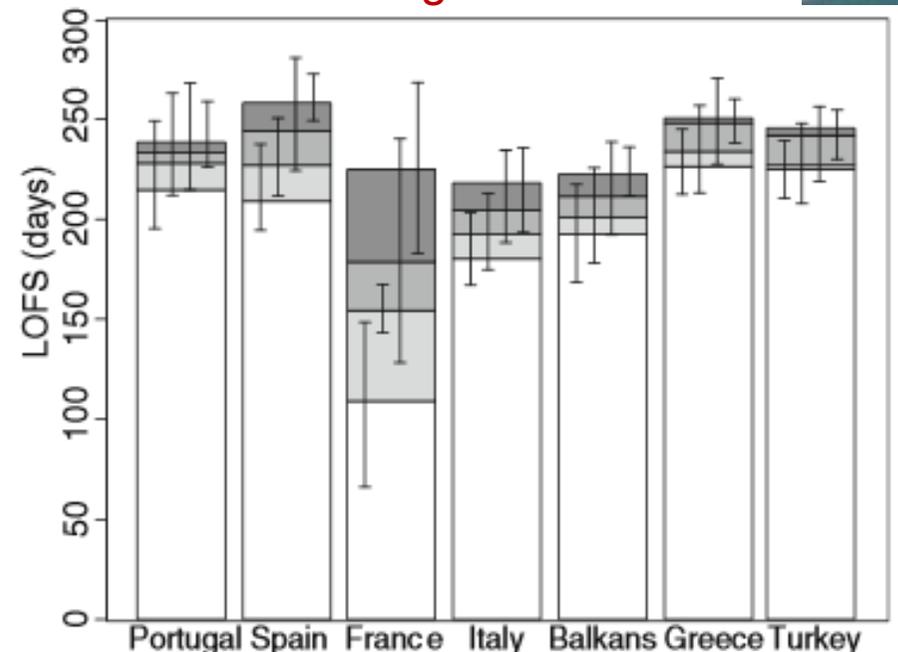
Risques d'augmentation de la fréquence de feux

Changement climatique → augmentation du risque de sécheresse et de la longueur de la saison propice aux feux

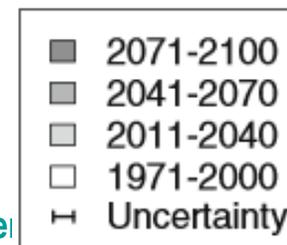
FWI = Fire Weather Index



LOFS = Length of Fire Season



FWI = f(météo, humidité végétation)
pour un scénario climatique (SRES-A1B)



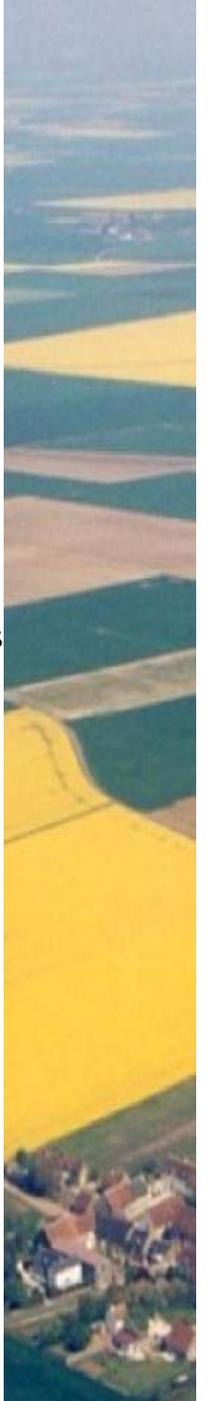
Bedia et al. (2014)

Origine et contrôle de ces émissions de gaz à effet de serre : du global au particulier



Quelques caractéristiques communes

- Les écosystèmes, notamment agricoles (incluant l'élevage), sont des « acteurs » majeurs des grands cycles biogéochimiques (eau, **C**, **N**, **P** ...) : fonctionnement de ces systèmes et superficies qu'ils occupent
- Les émissions de gaz à effet de serre (CO_2 , CH_4 , N_2O) en agriculture-élevage sont des étapes de ces cycles
- Les processus impliqués sont de nature biologique, donc fortement contrôlés par les facteurs du milieu (sol, climat ...) ; ils peuvent être modulés par des pratiques agronomiques

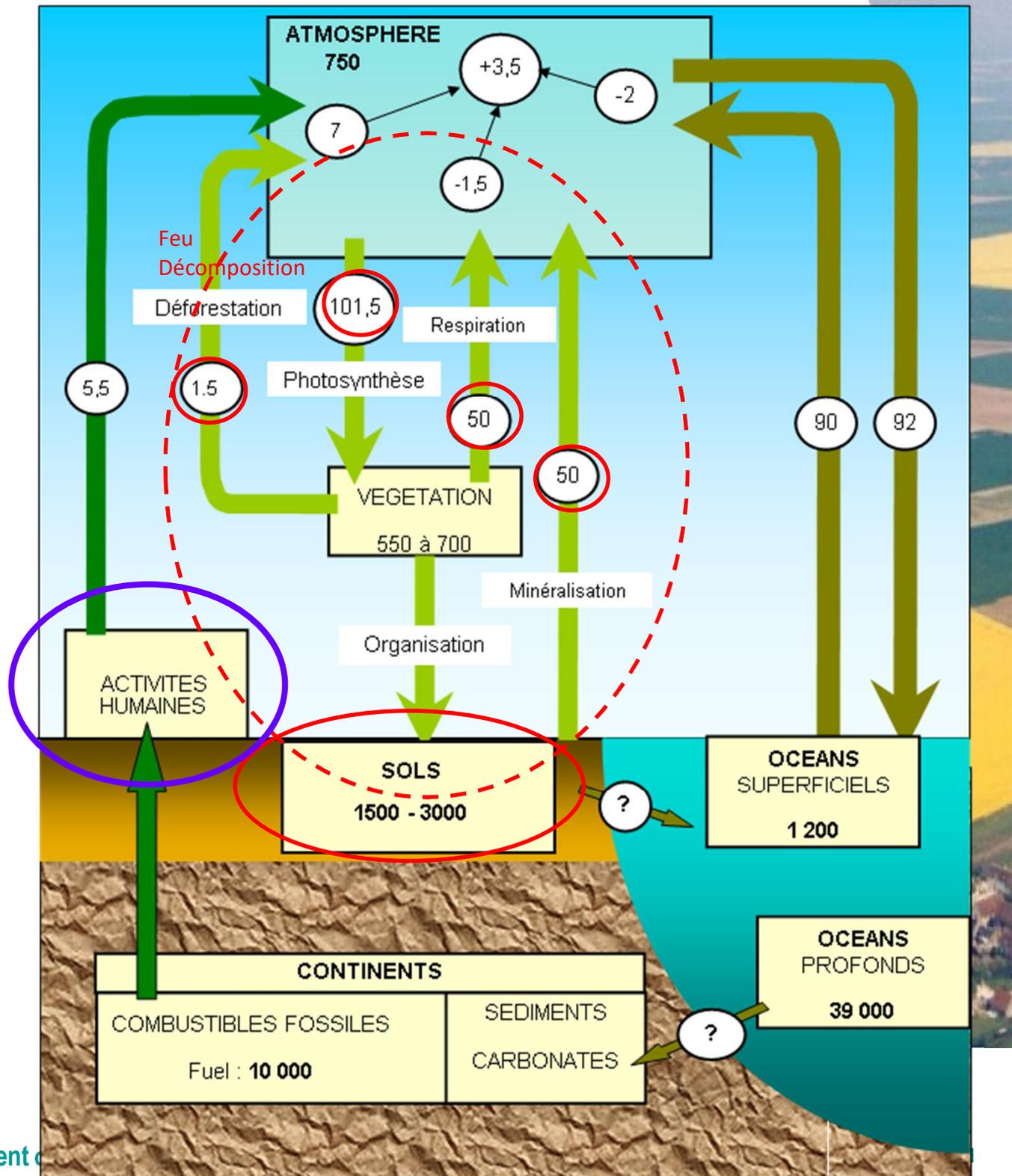


Le cycle global du carbone

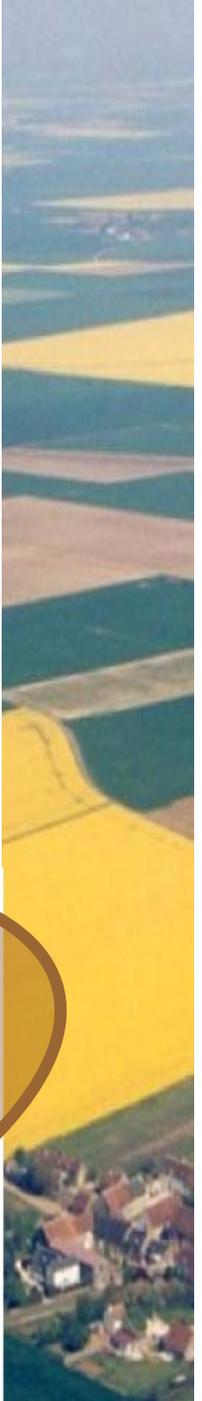
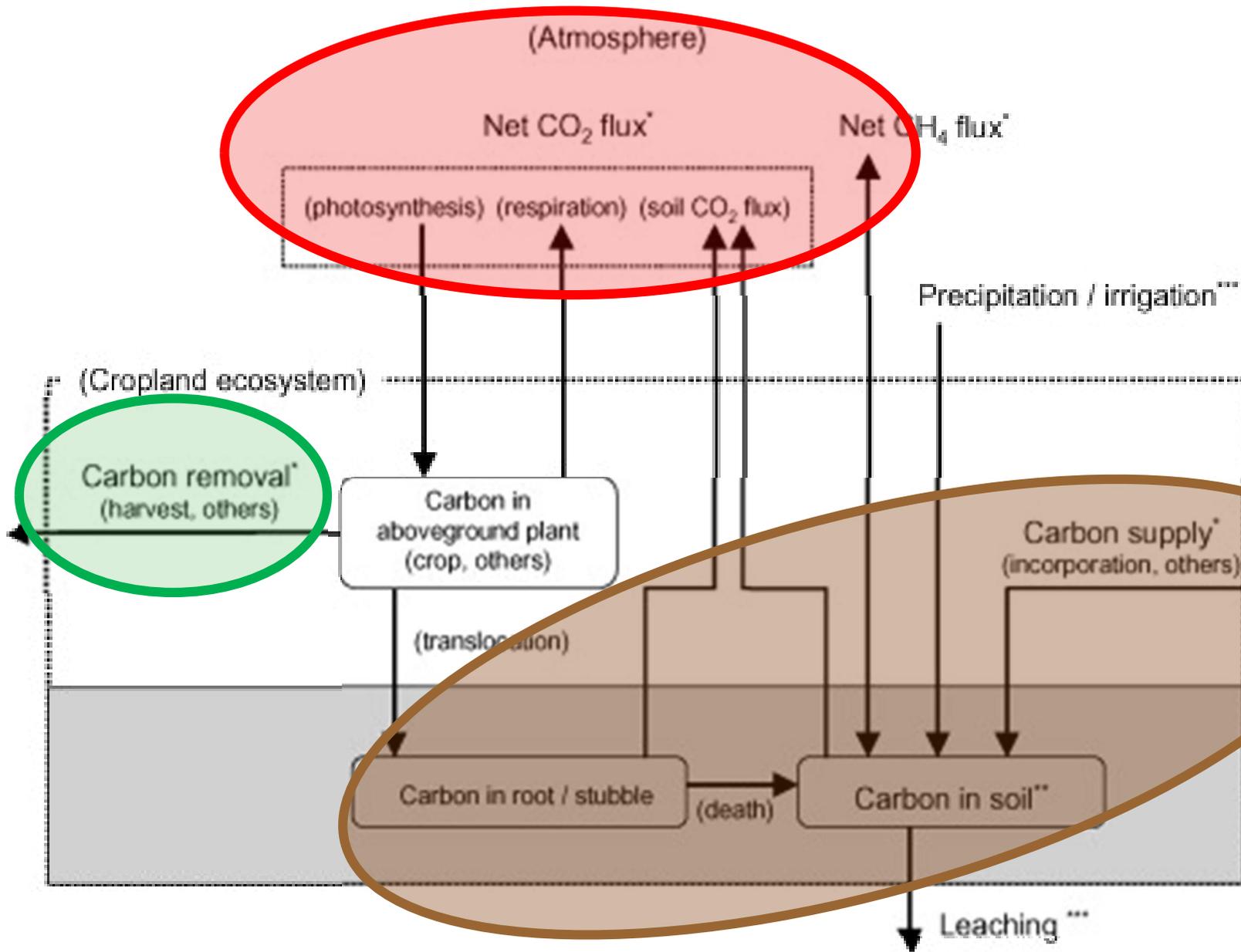
(stocks en Gt ; flux en Gt/an)

Formes oxydées du carbone : CO₂, matières organiques

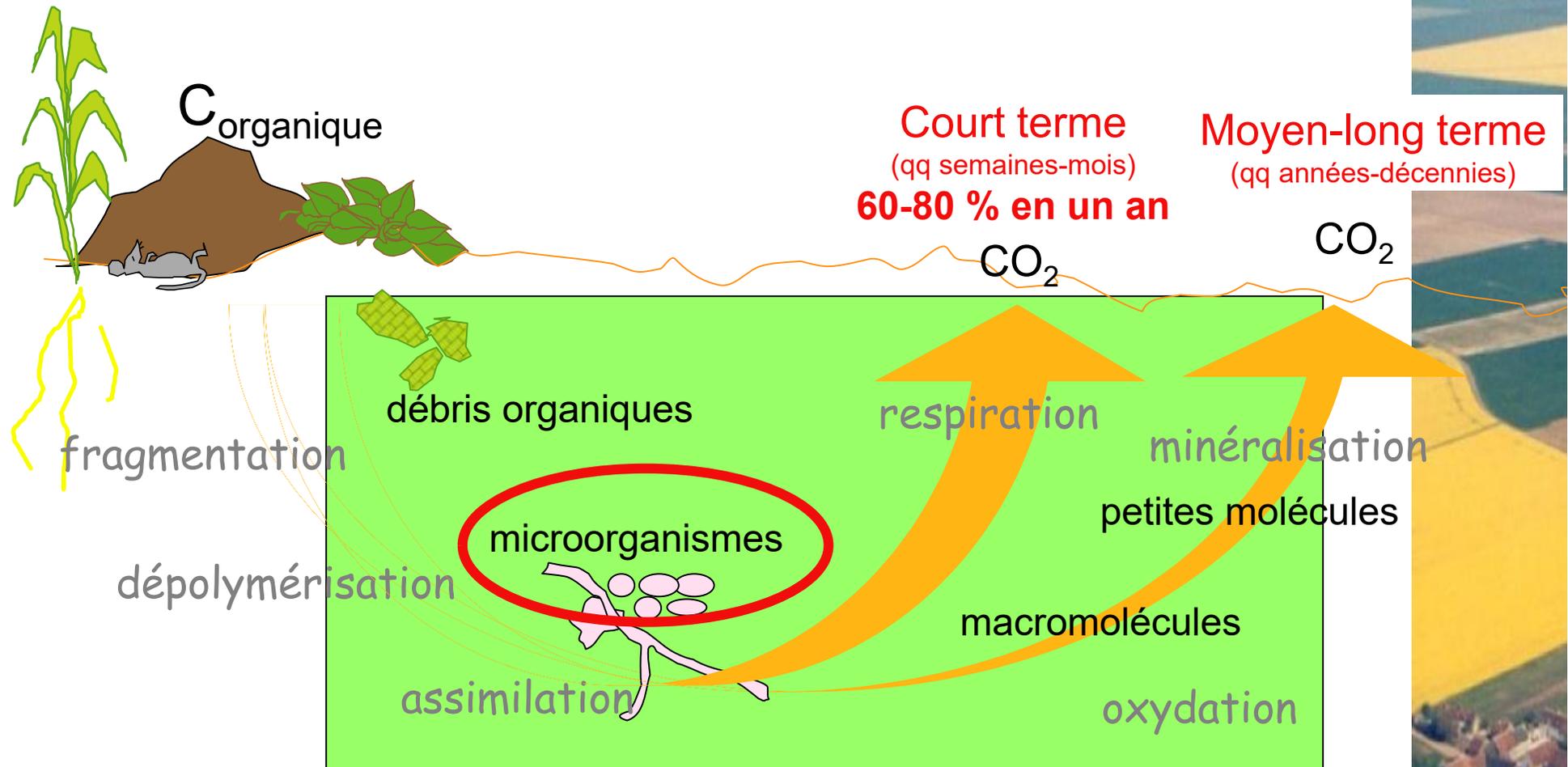
Un cycle largement dominé par les **écosystèmes** (notamment les sols) mais perturbé par les activités humaines



Représentation schématique du bilan de carbone d'une culture

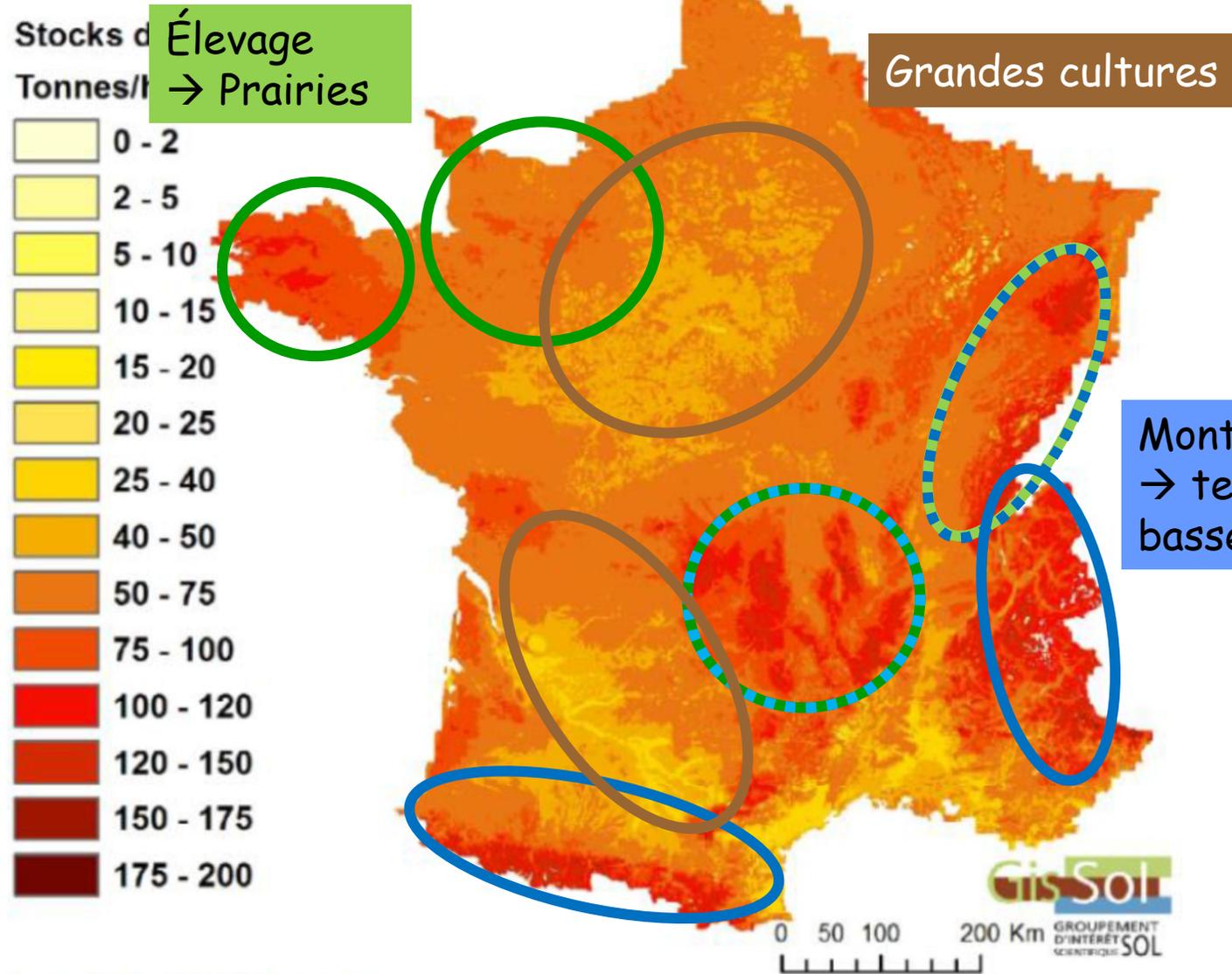


Formation et dégradation des matières organiques des sols



Un ensemble hétérogène, complexe, en perpétuel renouvellement par apport et dégradation (fonction du climat et du sol)
Des mécanismes biologiques impliquant une multiplicité d'organismes

Stocks de carbone

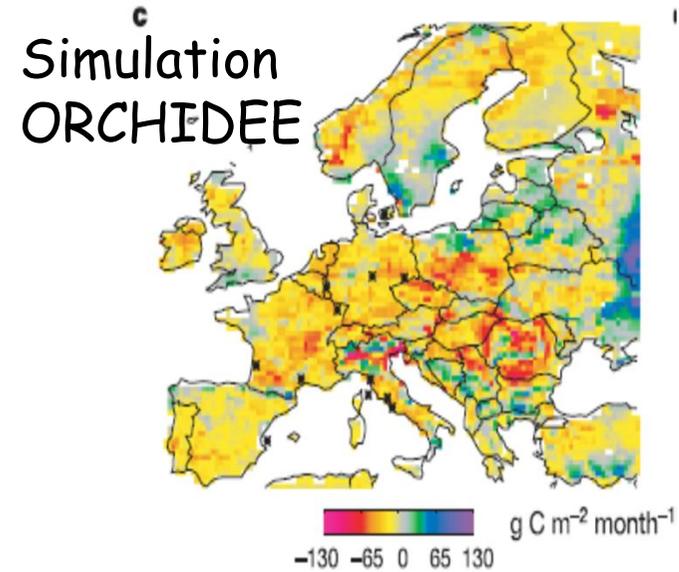
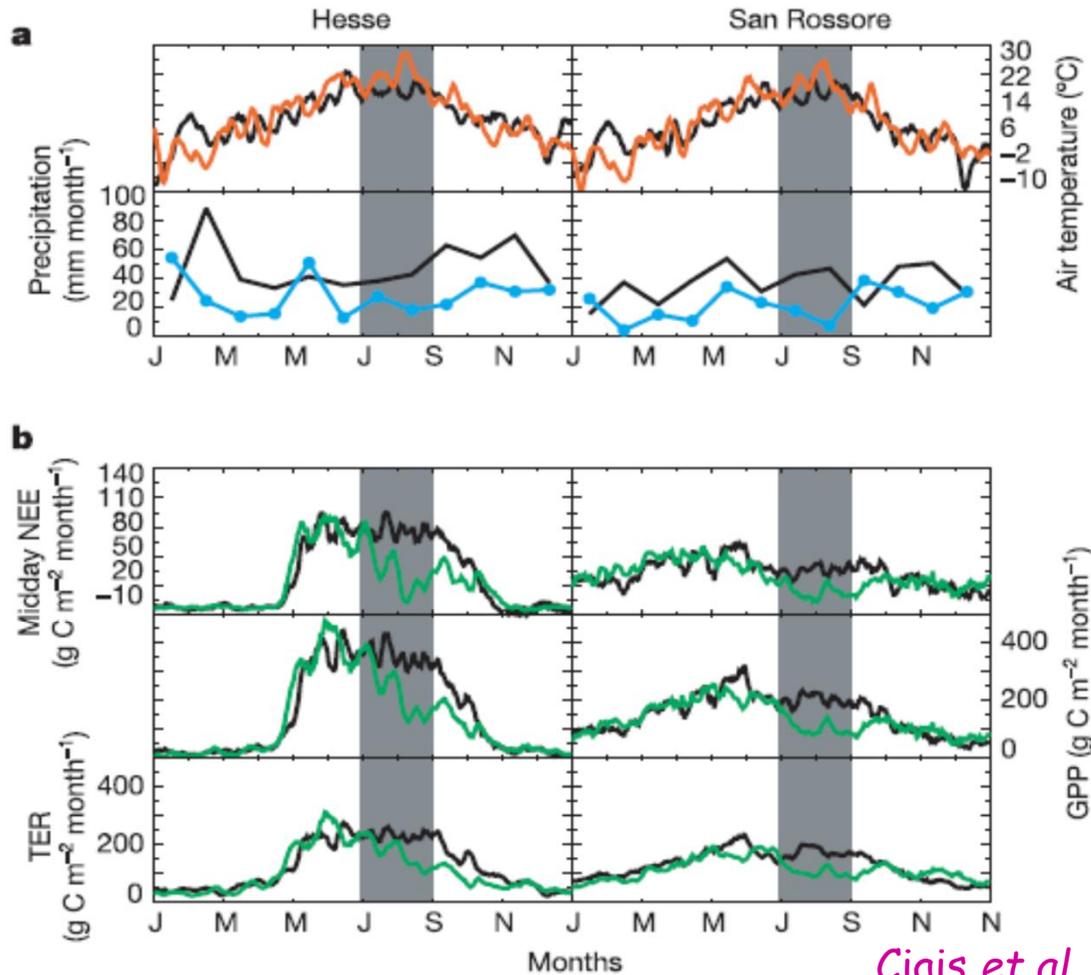


Source: Gis Sol, IGCS-RMQS, Inra 2017.

Figure 1-3. Carte des stocks de C organique des sols français (en tC/ha) sur les 30 premiers centimètres de sol (données GIS Sol)

Mais ce stockage de C dans les écosystèmes peut être fragile

Impact de la canicule de 2003 sur la fixation de carbone des forêts



Pertes de 30% de la productivité primaire
(≈ 4 années de séquestration)

Différentes hypothèses possibles :

- température
- stress hydrique
- ozone

Ciais et al., 2005

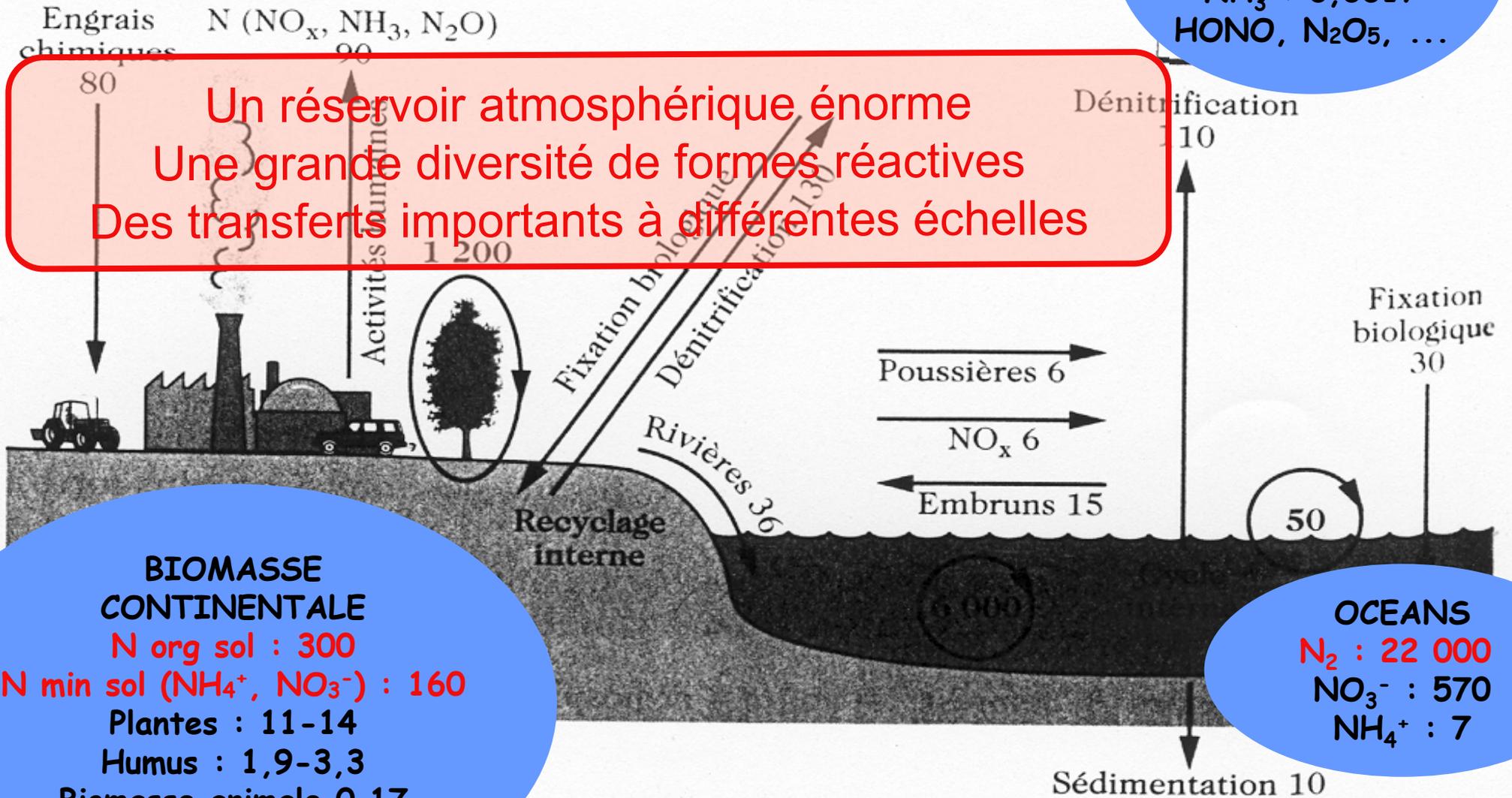
Figure 1 | Observed climate and ecosystem CO₂ fluxes during 2002 and 2003 at two forest sites. The two sites are a temperate deciduous beech forest in France (Hesse) and a southern evergreen pine forest site (San Rossore) in northern Italy. **a**, Climate fields. **b**, Ecosystem CO₂ fluxes. A five-day running average was applied to the original half-hourly flux and temperature data to remove diurnal variations. Precipitation values are monthly averages. Data for 2002 are in black and for 2003 in colour. The July

Cycle biogéochimique de l'azote

RESERVOIRS
 $10^{15} \text{ g} = \text{GT}$

→ Flux : $\text{Tg an}^{-1} = 10^6 \text{ tonnes.an}^{-1}$

ATMOSPHERE
 N_2 : 3 800 000
 $\text{NO}_x, \text{N}_2\text{O}$: 1,4
 NH_3 : 0,0017
 $\text{HONO}, \text{N}_2\text{O}_5, \dots$



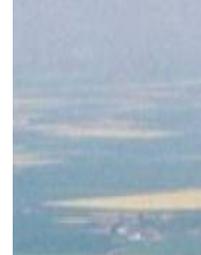
Un réservoir atmosphérique énorme
 Une grande diversité de formes réactives
 Des transferts importants à différentes échelles

BIOMASSE CONTINENTALE
 N org sol : 300
 $\text{N min sol} (\text{NH}_4^+, \text{NO}_3^-)$: 160
 Plantes : 11-14
 Humus : 1,9-3,3
 Biomasse animale 0,17
 Biomasse microbienne 0,5

OCEANS
 N_2 : 22 000
 NO_3^- : 570
 NH_4^+ : 7

(d'après Delmas et al., 2005)

Cycle de l'azote en Europe en 1900 et 2000



Europe (EU27), around 1900.
N fluxes in TgN/yr

Europe (EU27), around 2000.
N fluxes in TgN/yr

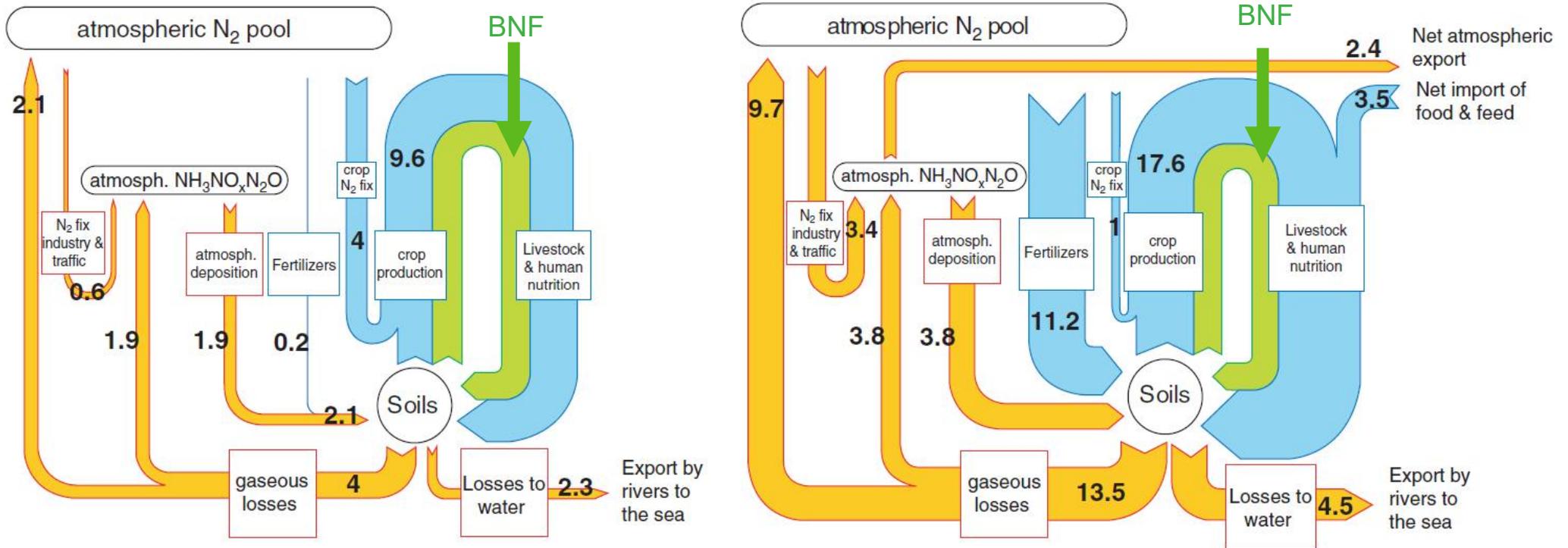


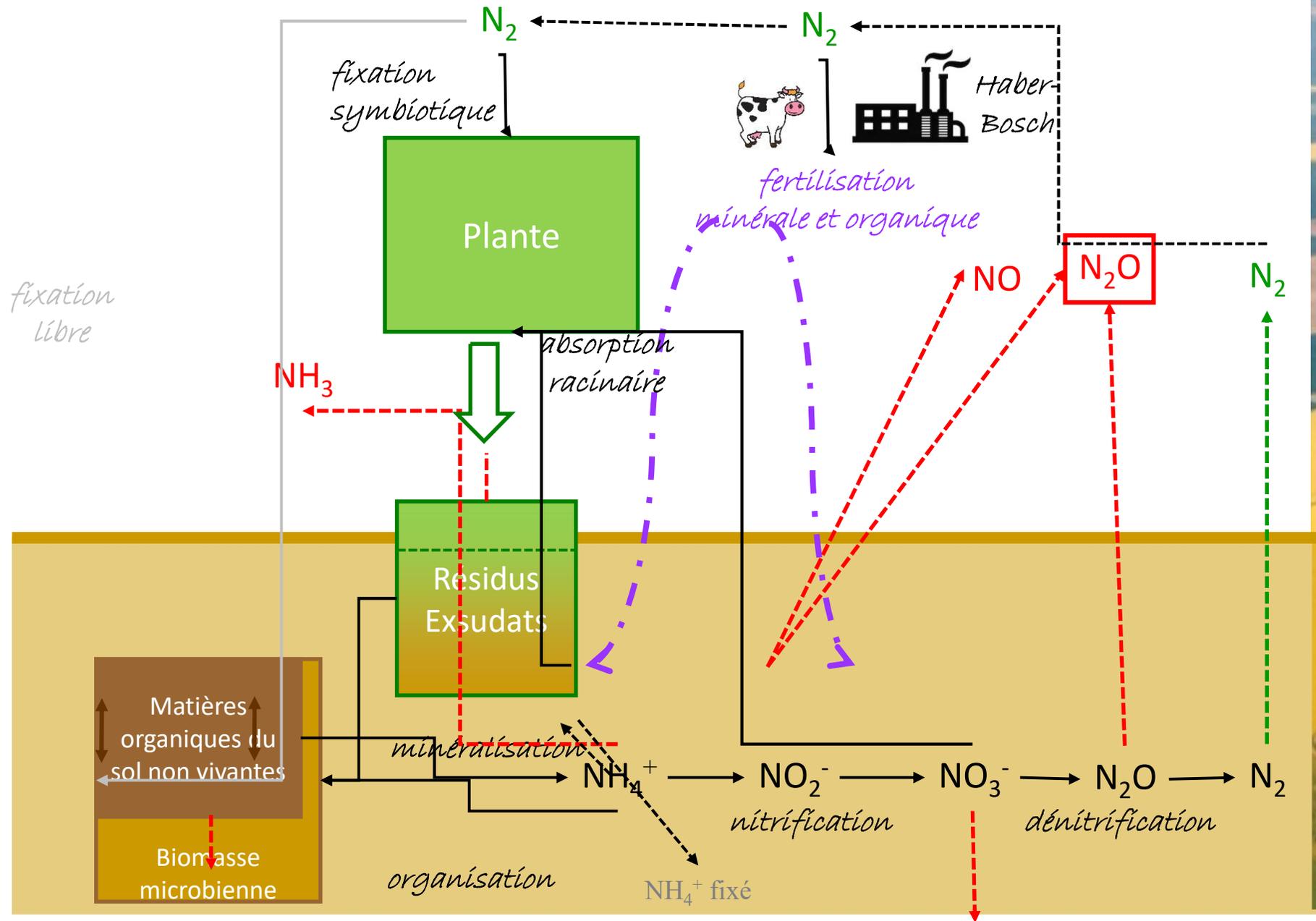
Figure SM.3 Simplified comparison of the European nitrogen cycle (EU-27) between 1900 and 2000. Blue arrows show intended anthropogenic nitrogen flows; orange arrows show unintended anthropogenic nitrogen flows. (Sutton et al., 2011, p. 164 and 16 supplementary material).

Un cycle très fortement marqué par les activités agricoles
Un cycle très perturbé par les activités anthropiques
(engrais, combustion) depuis le 20^e siècle

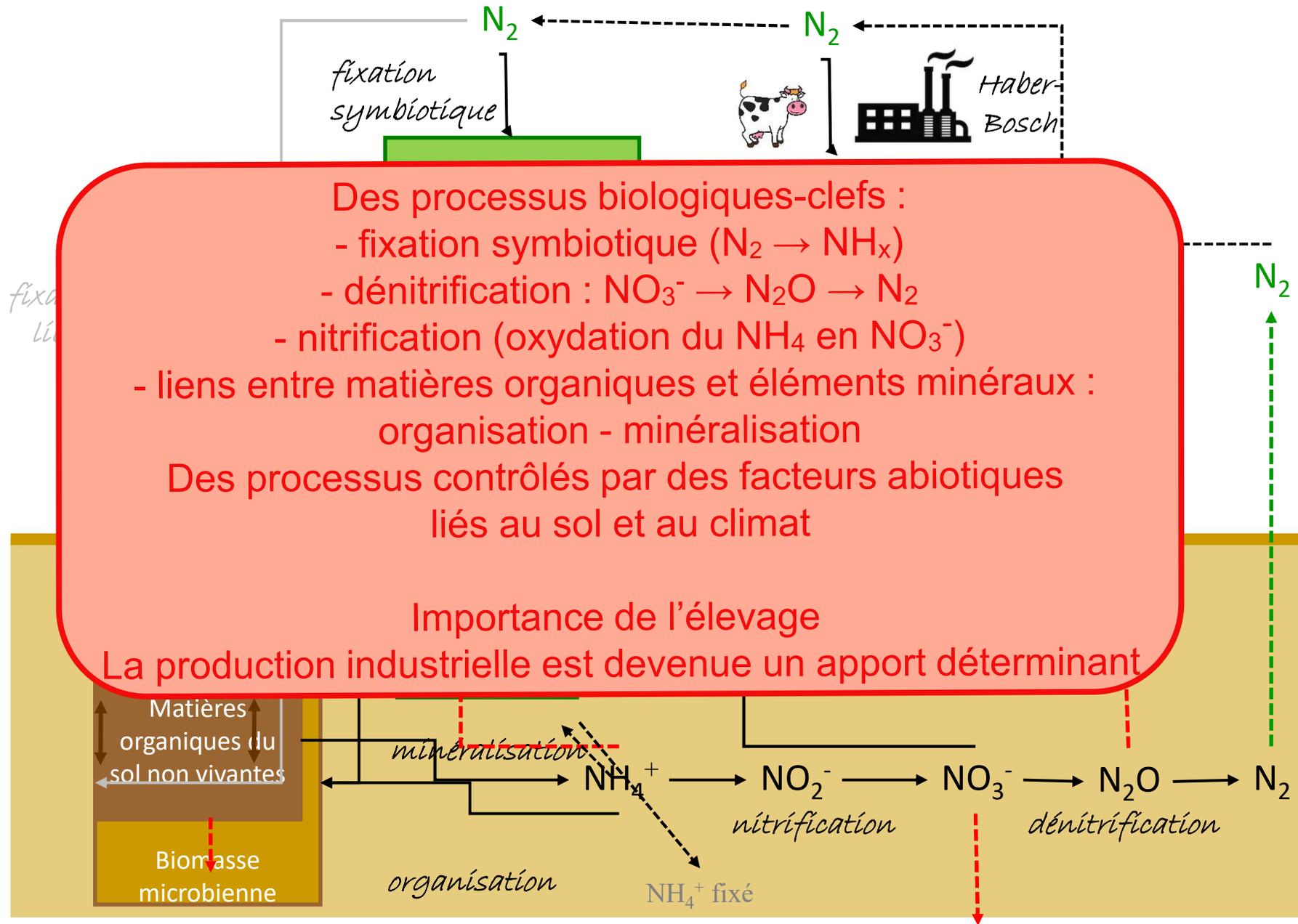


Sutton et al., 2011. European N Assessment

Le cycle de l'azote à l'échelle d'une culture



Le cycle de l'azote à l'échelle d'une culture



- Des processus biologiques-clefs :
- fixation symbiotique ($N_2 \rightarrow NH_x$)
 - dénitrification : $NO_3^- \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$
 - nitrification (oxydation du NH_4 en NO_3^-)

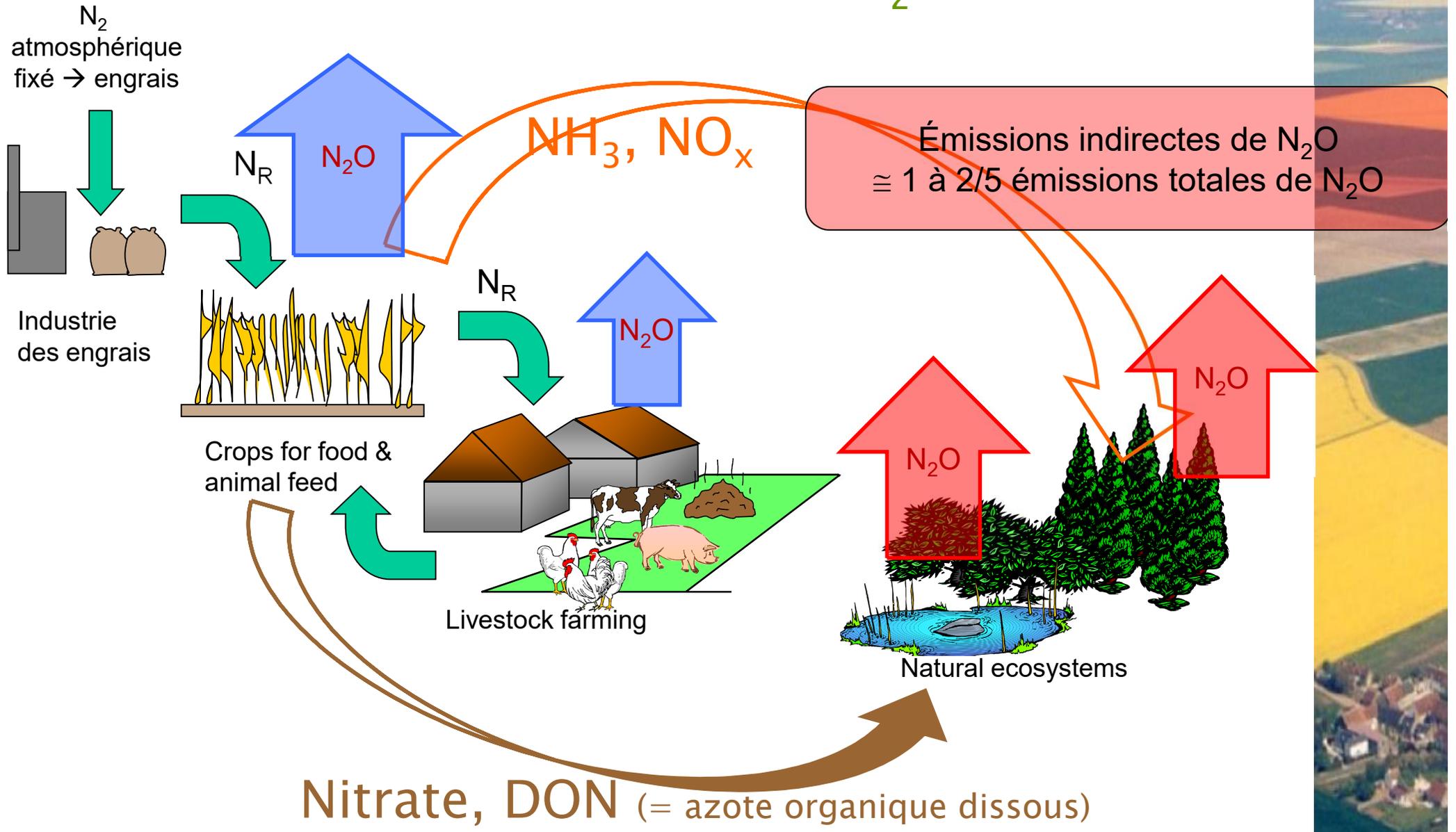
- liens entre matières organiques et éléments minéraux :
organisation - minéralisation

Des processus contrôlés par des facteurs abiotiques
liés au sol et au climat

Importance de l'élevage

La production industrielle est devenue un apport déterminant

Relations spatiales : émissions directes et indirectes de N₂O



Sources de méthane en France

Classement des sous-secteurs* les plus émetteurs (hors Utilisation des Terres, leur Changement et la Forêt) en 2012

Classement	Sous-secteur	Part du sous-secteur dans les émissions nationales de la France métropolitaine
1	Elevage dont:	75% dont :
	<i>Fermentation entérique</i>	56%
	<i>Déjections animales</i>	20%
2	Traitement des déchets	19%
3	Résidentiel	2,3%

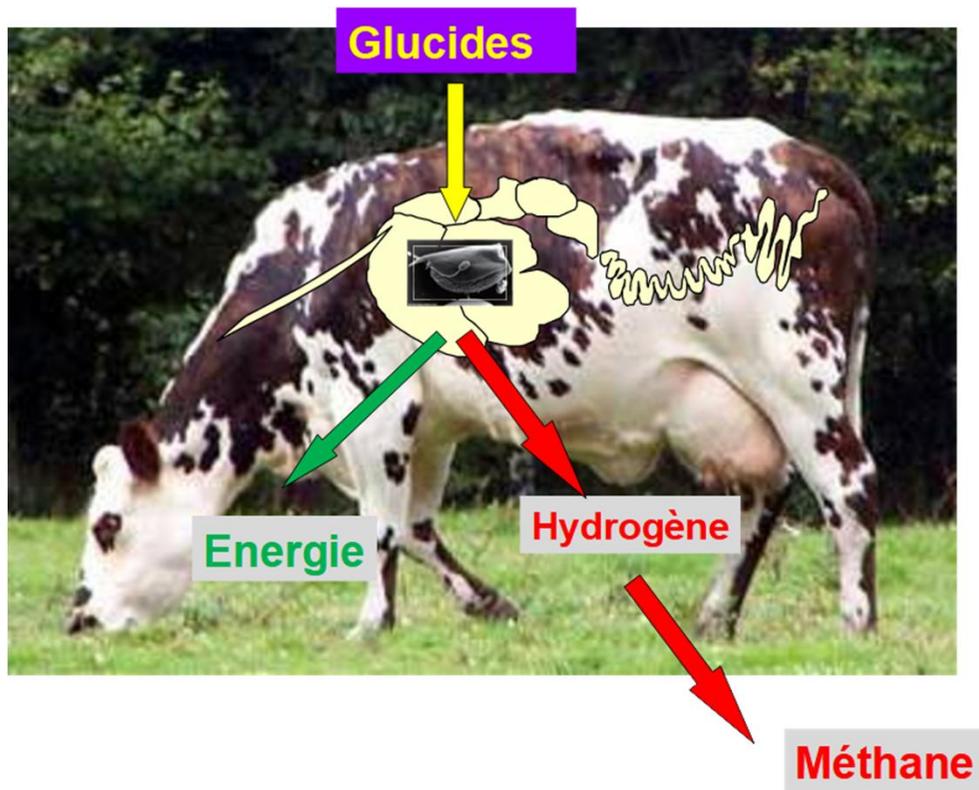
* : un secteur (au nombre de six au total : transformation de l'énergie, industrie manufacturière, résidentiel/tertiaire, agriculture/sylviculture, transport routier ou autres transports) est désagrégé en différents sous-secteurs.

→ l'élevage en première ligne



Production de méthane par l'élevage

Fermentation entérique
des ruminants



Stockage des effluents

Effluents d'élevage compactés,
peu aérés

⇒ Conditions anoxiques

⇒ Formation CH_4



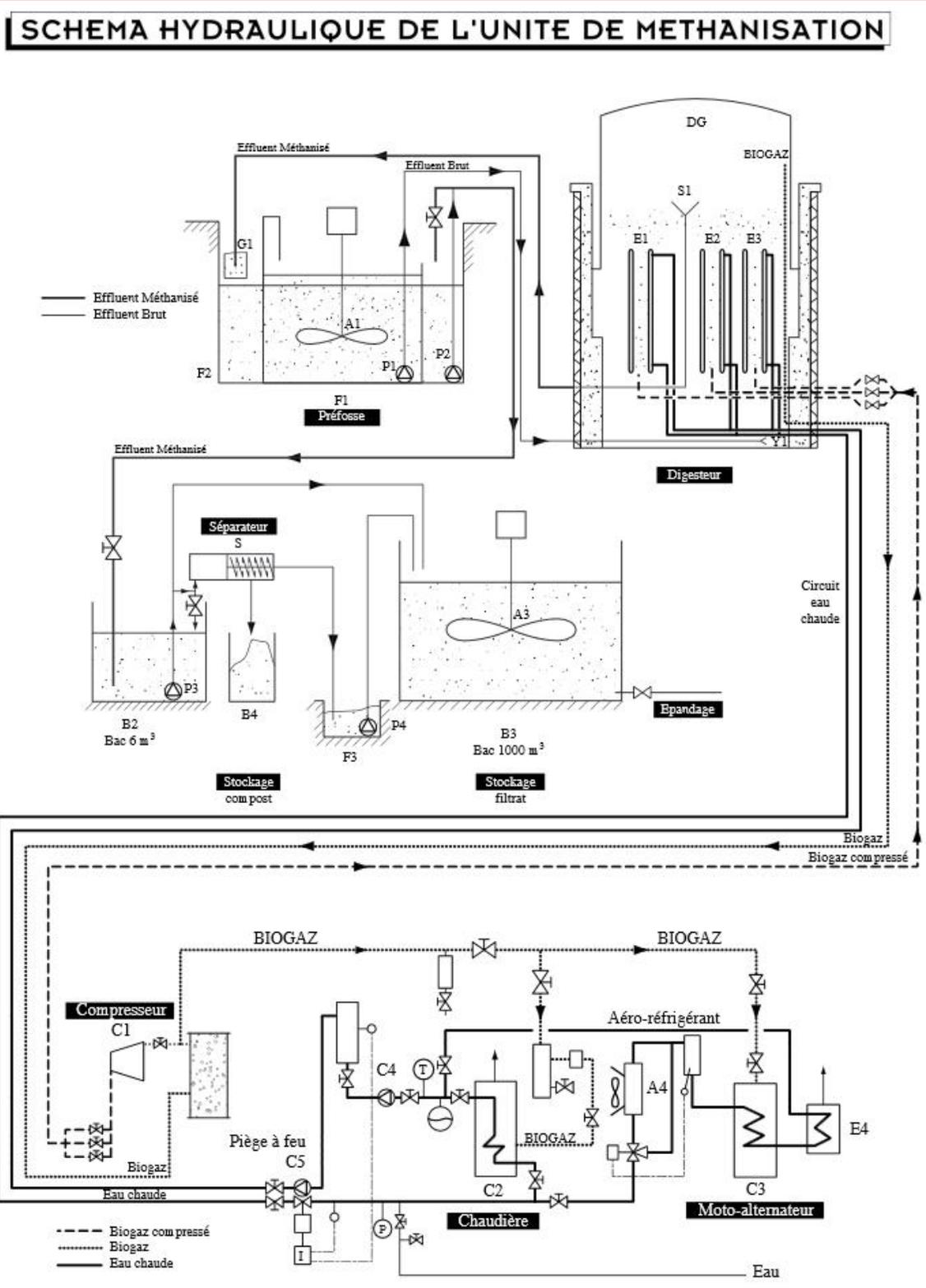
La production de méthane par les sols

- Grande variabilité des émissions
- Essentiellement les zones humides et les rizières

• Evaluation des émissions dans différents types de sols (g CH ₄ /ha/j)				
• Environnement	• Nombre de données	• Minimum	• Maximum	• Médiane
Sols exondés , engorgés temporairement	5	0	216	3
Zones humides non végétalisées	5	0	10 x 10 ³	3 x 10 ³
Milieus marécageux	11	0	17 x 10 ³	720
Tourbières	4	0	2 x 10 ³	433
Rizières	23	1	29 x 10 ³	3 x 10 ³

• Le Mer & Roger, 2001
→ si on considère que les sols oxydent aussi le méthane atmosphérique, les sols en France ne sont pas une source de méthane

Mais aussi une possibilité
de production d'énergie par
méthanisation des effluents
d'élevage
(+ co-produits)



Des émissions très significatives sous le double contrôle de facteurs naturels et anthropiques

- Importance de la production végétale comme source de carbone et motif des apports de fertilisants
- Importance des micro-organismes du sol pour la transformation, la stabilisation ou la consommation des matières végétales et animales
- Conditions climatiques moyennes qui conditionnent les productions végétales et animales et les processus naturels, notamment pédologiques
- Conditions climatiques extrêmes (canicules, sécheresses, inondations ...) qui peuvent induire des pics d'émission (Ex : 2003)
- Sols : lieu d'expression du métabolisme des micro-organismes (production végétale, recyclage des effluents) en interaction forte avec le climat
- Pratiques agricoles qui exacerbent les effets précédent par des apports d'intrants ou peuvent les limiter par des pratiques d'atténuation (drainage, chaulage, choix de cultures et de rotations ...)
- ...

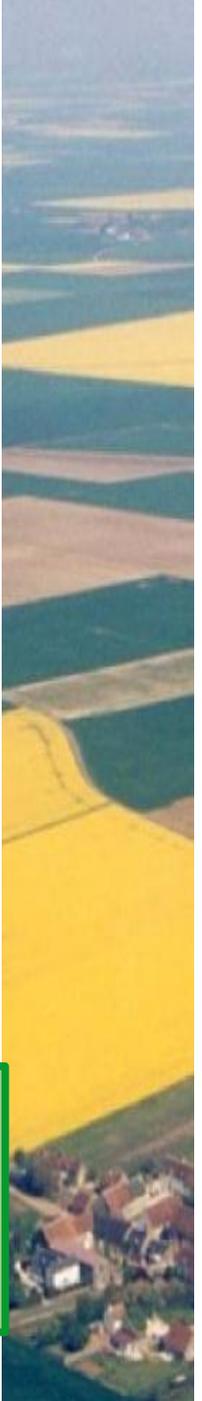


À l'échelle de l'exploitation agricole

Il est essentiel de considérer cette dimension qui est celle à laquelle sont opérés les choix stratégiques et où sont prises les décisions

Il est nécessaire de considérer à la fois l'ensemble des consommations directes ou indirectes et les émissions « internes » de gaz à effet de serre

Le bilan PLANETE est un outil pour calculer les **consommations d'énergie et les émissions de GES d'une exploitation agricole**. Il s'applique à la plupart des productions animales ou végétales existantes.

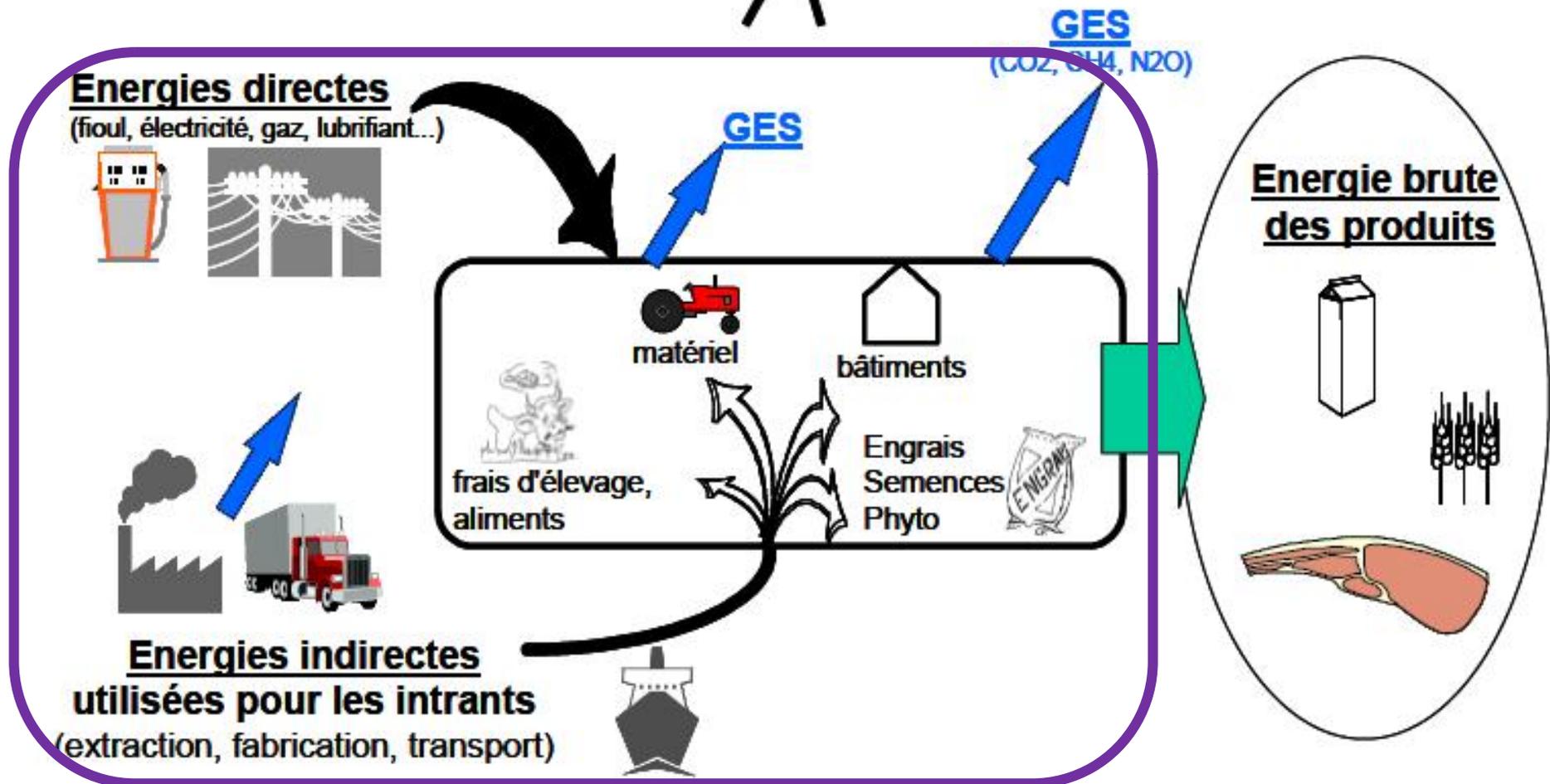
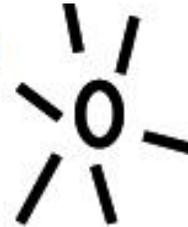


- Le bilan PLANETE est un outil pour calculer les **consommations d'énergie et les émissions de GES d'une exploitation agricole**. Il s'applique à la plupart des productions animales ou végétales existantes.
- La conception de l'outil a consisté à **identifier les principaux intrants** des exploitations agricoles, pour les principaux types de production, et à **définir les coefficients ou facteurs par type d'intrants** en procédant éventuellement à des regroupements pour simplifier la collecte des données et la rapidité de mise en oeuvre. Les tableaux de collecte des données, de calculs intermédiaires et de résultats ont été effectués sur un **tableur Excel**
- La réalisation d'un bilan PLANETE sur une exploitation nécessite les **données quantitatives des différents intrants utilisés sur l'exploitation**. Ces intrants sont convertis en énergie consommée et en GES émis grâce à des coefficients énergétiques unitaires (en MJ / unité) et des facteurs d'émissions de GES. Ces coefficients et facteurs sont issus de la **bibliographie nationale ou internationale**.

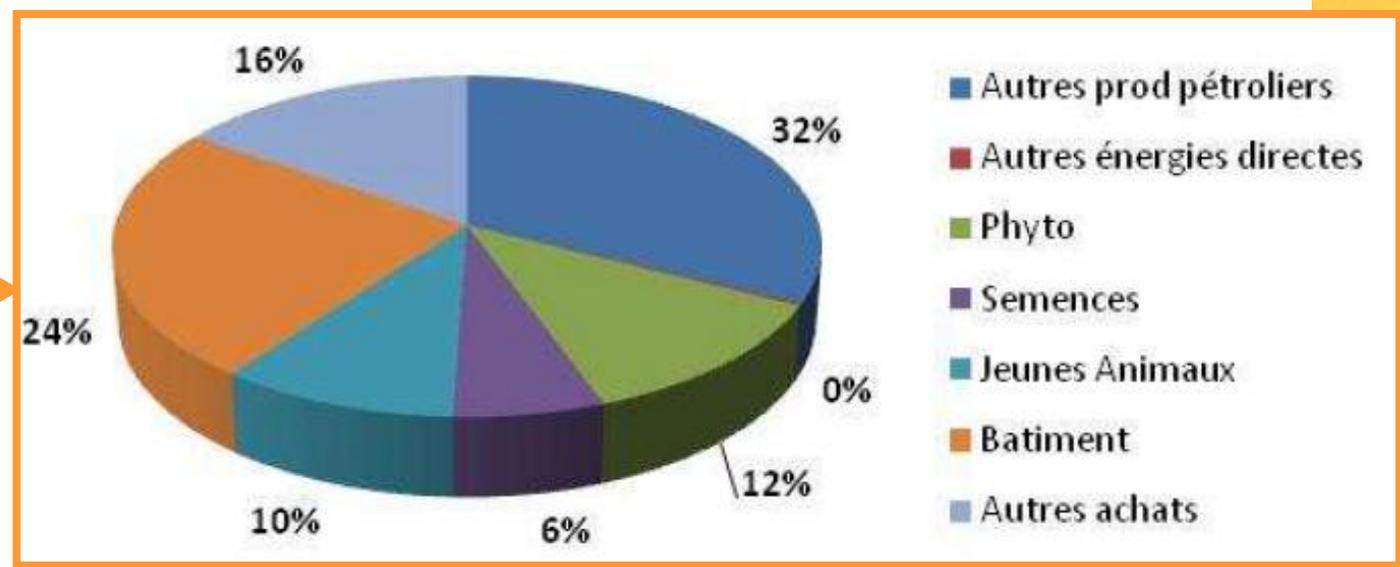
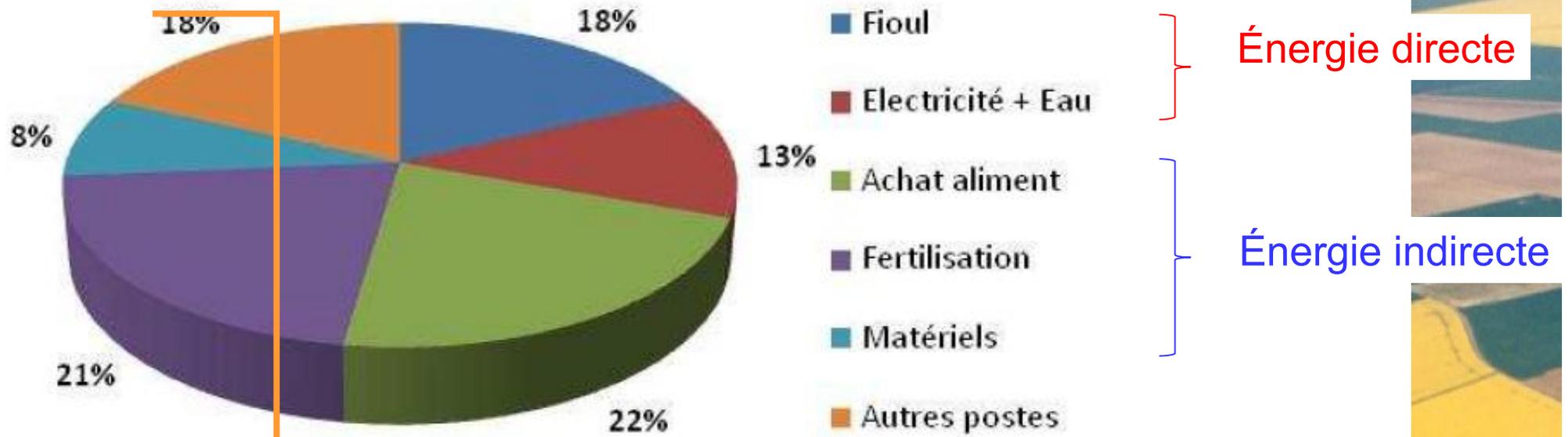
Le bilan PLANETE



énergie renouvelable
non comptabilisée

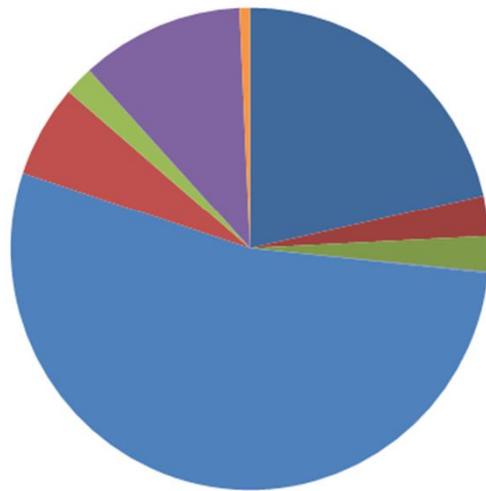


Consommations d'énergie primaire *(estimation sur >3000 exploitations)*

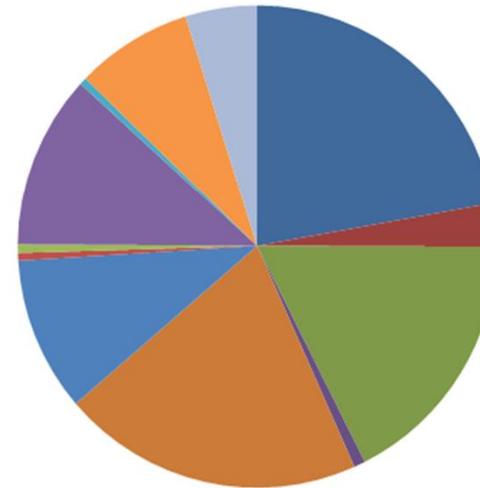


Comparaison de bilans par type de production

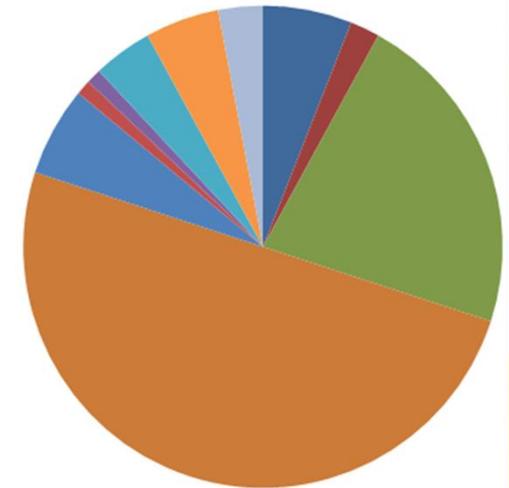
Grandes Cultures



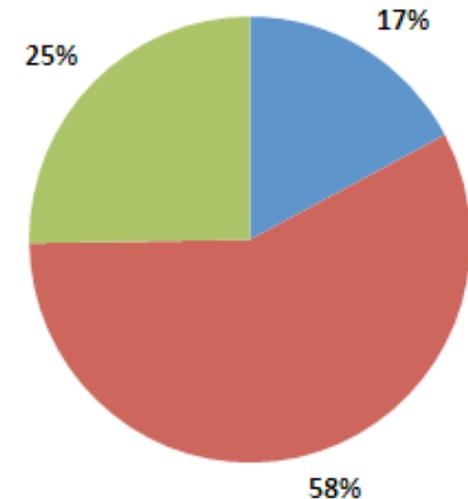
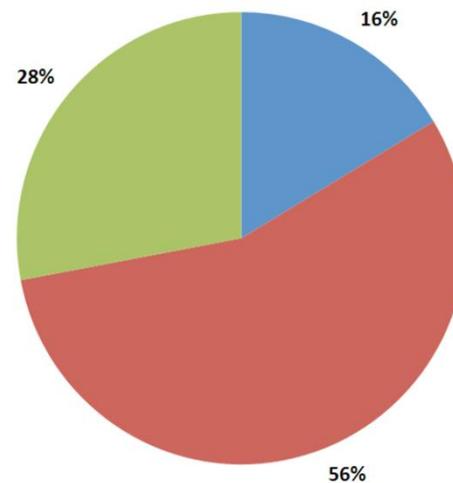
Bovins lait



Porcs



- N₂O = 58%
- CO₂ = 42%



■ CO₂
■ CH₄
■ N₂O

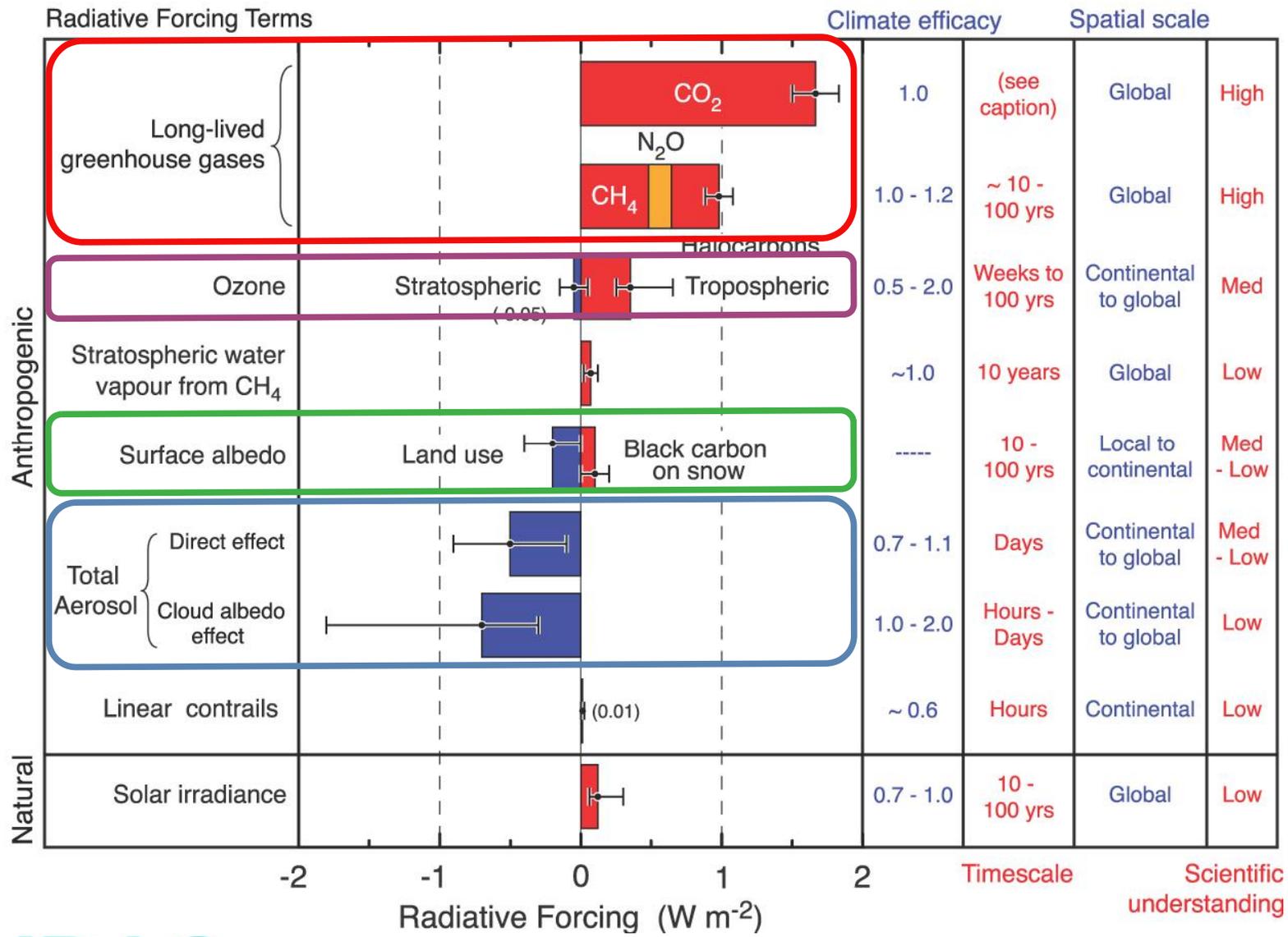
Pour élargir encore la vision des relations entre agriculture et changement climatique



D'autres composés sont à prendre en compte pour faire un bilan de la contribution de l'agriculture au pouvoir radiatif

A.

Radiative forcing of climate between 1750 and 2005

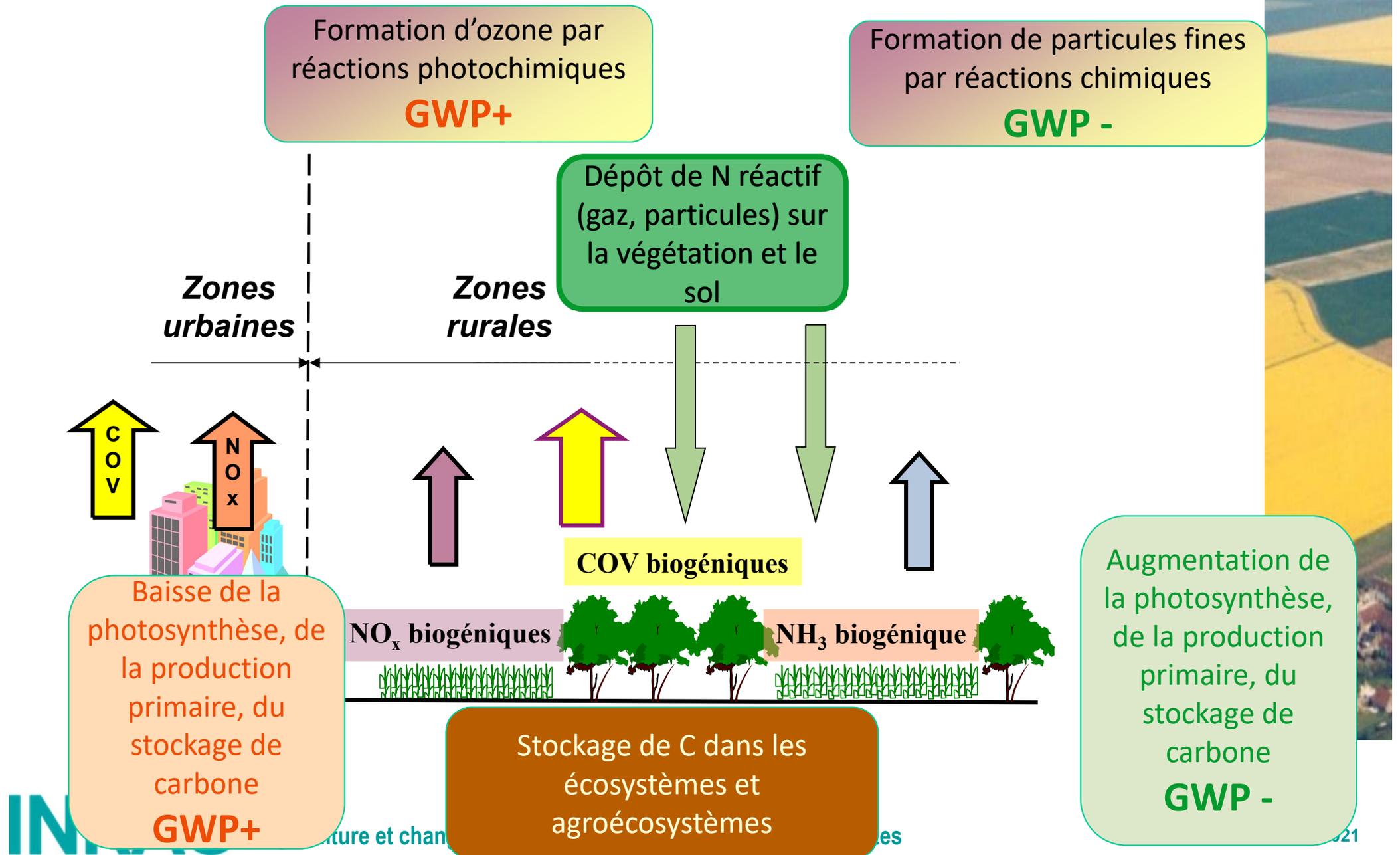


COV végétation
NO_x sols
N₂O sols

Changement d'usage des sols

NH₃ sol, élevage
COV végétation

Des relations complexes entre ces différentes composantes du pouvoir radiatif

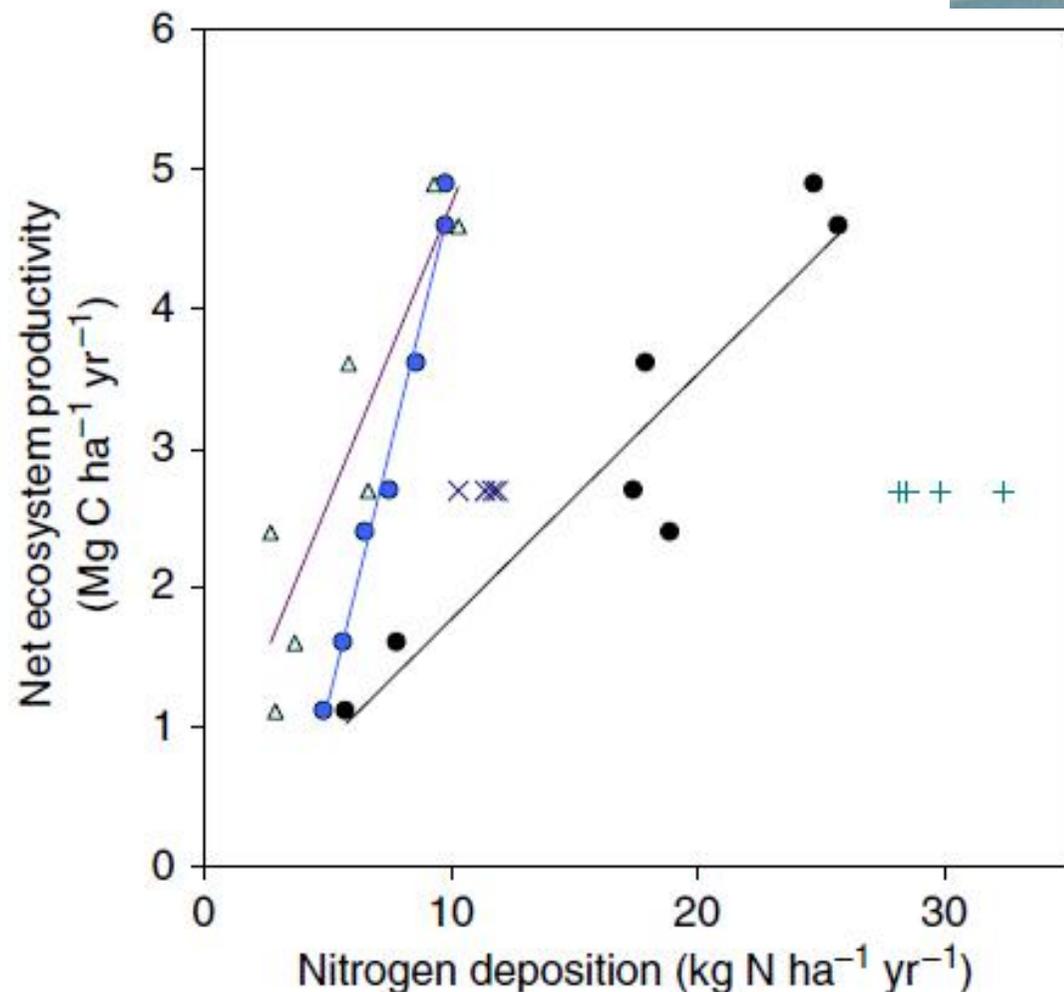


Dépôts d'azote et productivité des écosystèmes

Relations entre la productivité nette de forêts de latitude moyenne et différentes estimations des dépôts d'azote

- ● Magnagni et al. (2007): dépôts humides (C:N = 726:1)
 - ▲ EMEP dépôts humides (C:N = 428)
 - ● EMEP dépôts totaux (C:N = 177)
- Dépôts autour du site 7 de Magnagni et al. (2007) :
- x : NEG-TAP dépôts humides
 - + : NEG-TAP dépôts totaux

Sutton et al., GCB 2008 : C:N = 50-75:1
De Vries et al., 2008 : C:N = 30-70:1
Erisman et al., 2011 : C:N = 30-65:1



Impact radiatif des particules atmosphériques

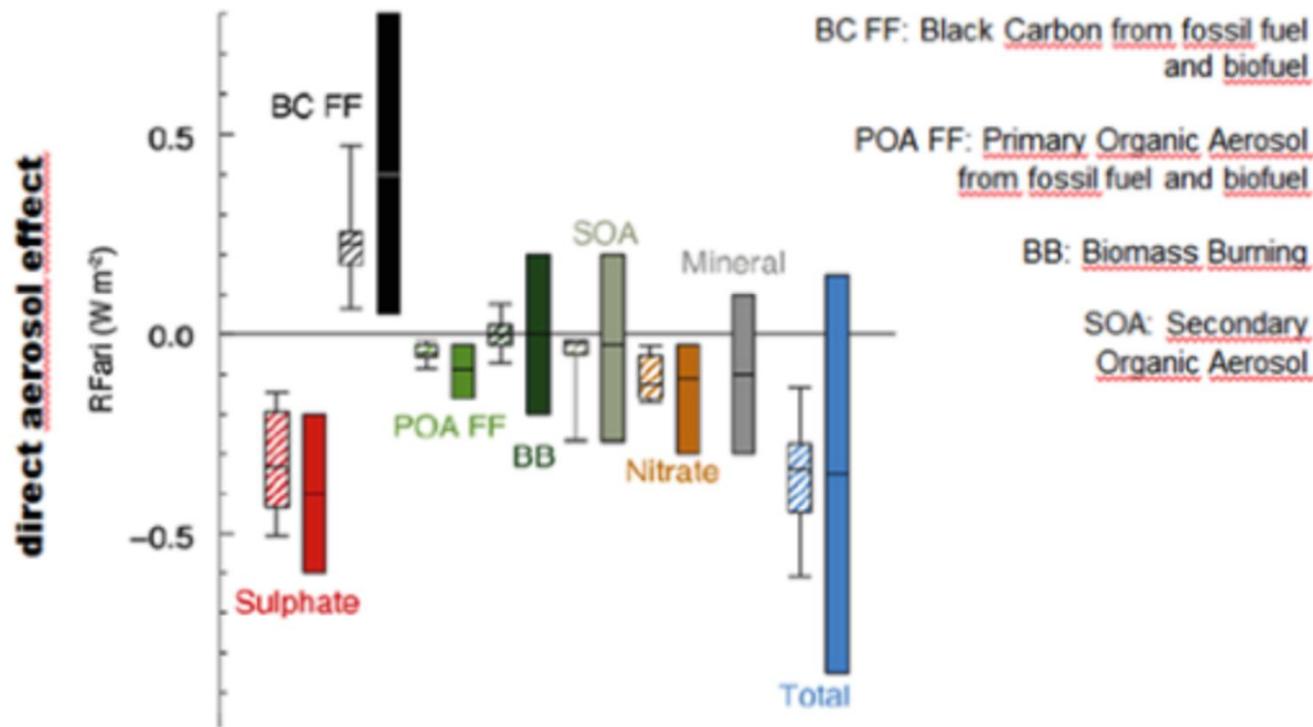


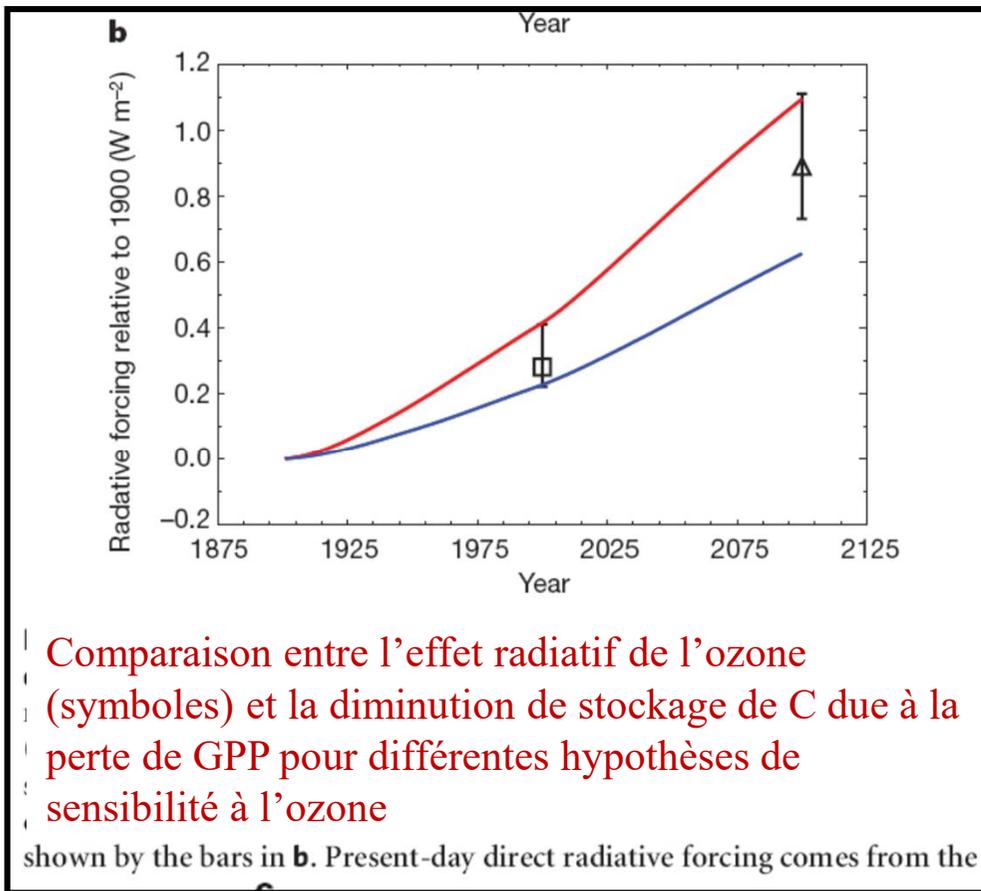
Figure 1. Forçage radiatif direct lié aux interactions aérosol-rayonnement (RFri) en W.m-2 pour différents types d'aérosols anthropiques (période 1750-2010, modèles AeroCom II).

→ Mais aussi des effets indirects liés à leur rôle dans la formation des nuages

Impact de l'ozone à l'échelle globale

(Sitch et al., 2007)

Scénario SRES-A2



Comparaison entre l'effet radiatif de l'ozone (symboles) et la diminution de stockage de C due à la perte de GPP pour différentes hypothèses de sensibilité à l'ozone

shown by the bars in **b**. Present-day direct radiative forcing comes from the

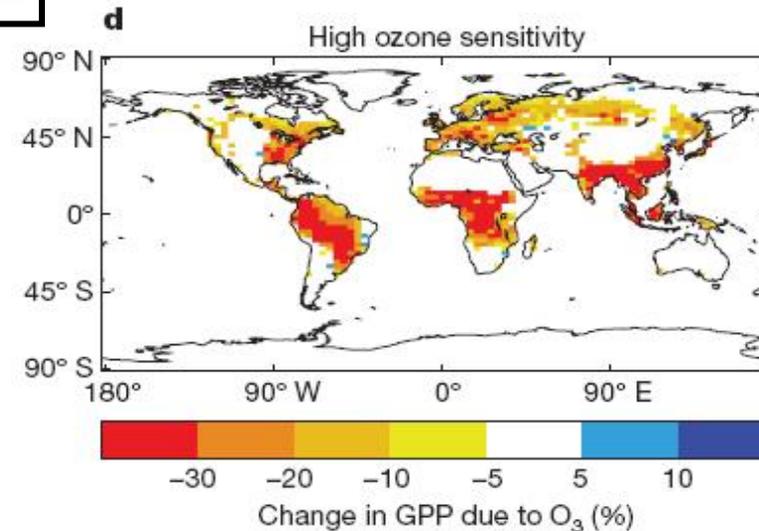
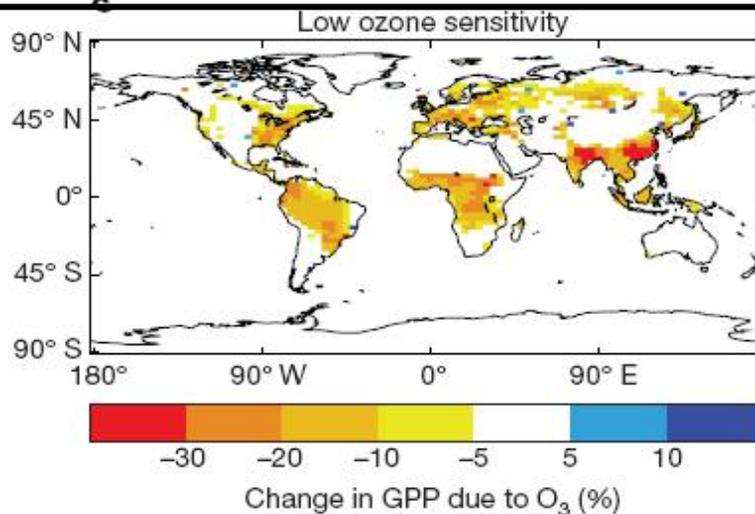
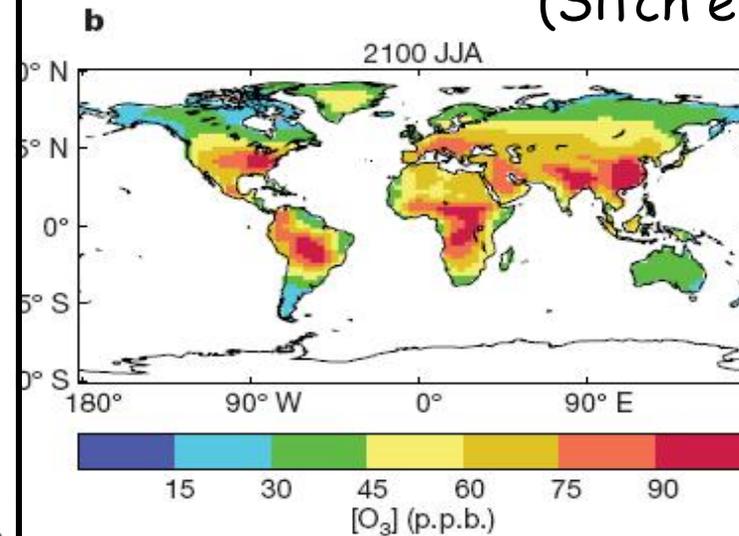


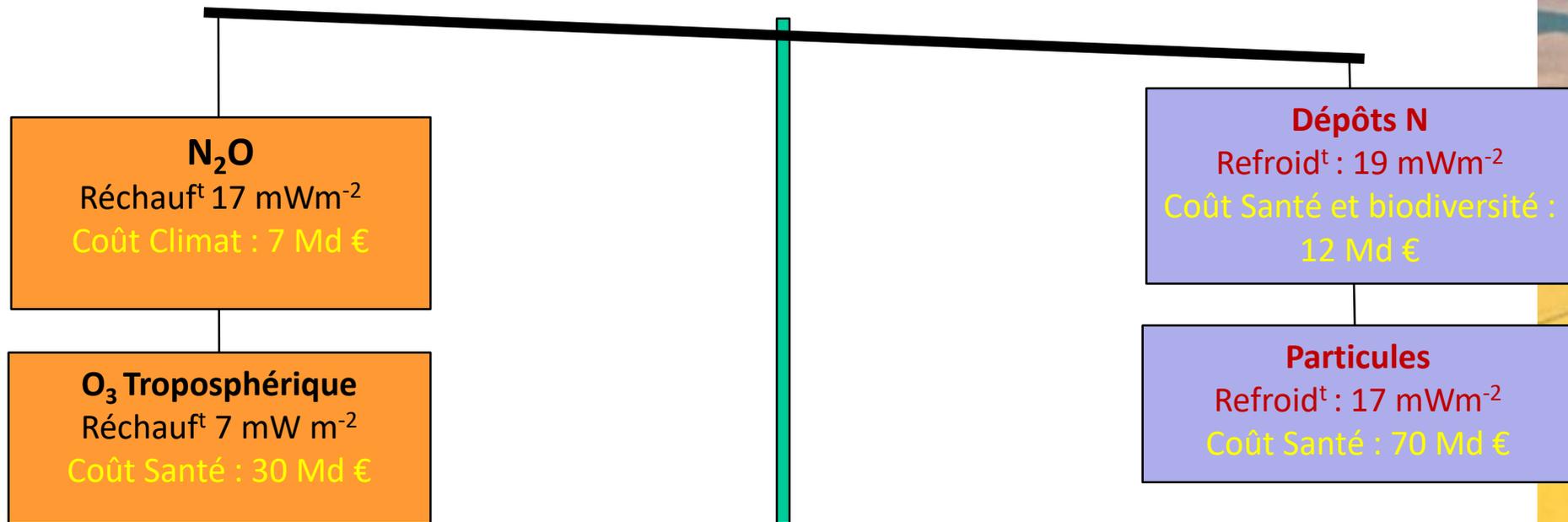
Figure 1 | Temporal change in primary productivity. a. p.p.b. averaged over June the year 2100 under the

Perte de productivité des écosystèmes (GPP) pour différentes hypothèses de sensibilité à l'ozone

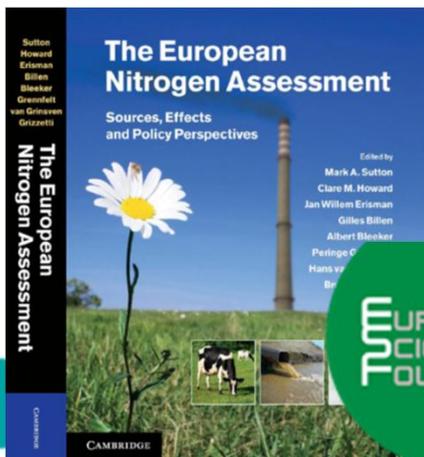
Change in GPP between 1901 and spherical $[CO_2]$ for 'low'

Azote et changement climatique : un bilan complexe, des interactions avec d'autres problématiques environnementales

Bilan du PRG pour l'UE27: -16 [-47 to +16] mW m⁻²



Les effets de l'azote sur le climat s'équilibrent plus ou moins, mais on ne peut pas compter sur les effets refroidissants des aérosols et des dépôts atmosphériques, qui ont des coûts sociétaux très importants pour la santé et les écosystèmes.



Synthèse

Agriculture et changement climatique : des relations ambivalentes

- L'agriculture, une activité impactante mais aussi impactée
- Rôle important des agroécosystèmes dans les grands cycles biogéochimiques ; conséquences sur les émissions de GES et le stockage de C dans les écosystèmes.
- L'agriculture fait aussi partie des solutions par le stockage de C, la méthanisation et autres énergies renouvelables
- Entre nature et actions humaines : des processus essentiellement biologiques mais une influence anthropique forte par le biais des intrants et de certaines pratiques. Des moyens d'action d'ores et déjà disponibles
- Des liens avec de multiples autres problématiques environnementales (qualité de l'air, des eaux, énergie, biodiversité ...) et la **sécurité alimentaire**, avec des effets pouvant être contradictoires.
- Un contexte qui pourrait s'élargir en prenant en compte d'autres composés à effet de serre directs et indirects
- ...
- Quid des agricultures du Sud ?