

Cycles carbone et azote & changement climatique : rôle des élevages

Tiphaine Tallec

INRA, Unité de Recherche sur l'Ecosystème Prairial

RMT, élevages & environnement - 25 mars 2010



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Plan

- 1° Le changement climatique
- 2° Emissions de gaz à effet de serre : rôle de l'élevage
- 3° Stocks de carbone dans les sols agricoles
- 4° Bilans carbone et GES de l'élevage de ruminants sur prairie

A satellite image of Earth showing a large, swirling storm system over the Atlantic Ocean. The storm is characterized by a dense, white cloud core surrounded by a thick ring of white clouds, with a dark, clear eye in the center. The surrounding ocean is a deep blue, and the landmasses of North and South America are visible on the right side of the frame. The text is overlaid on the storm's eye and inner ring.

1° Le changement climatique

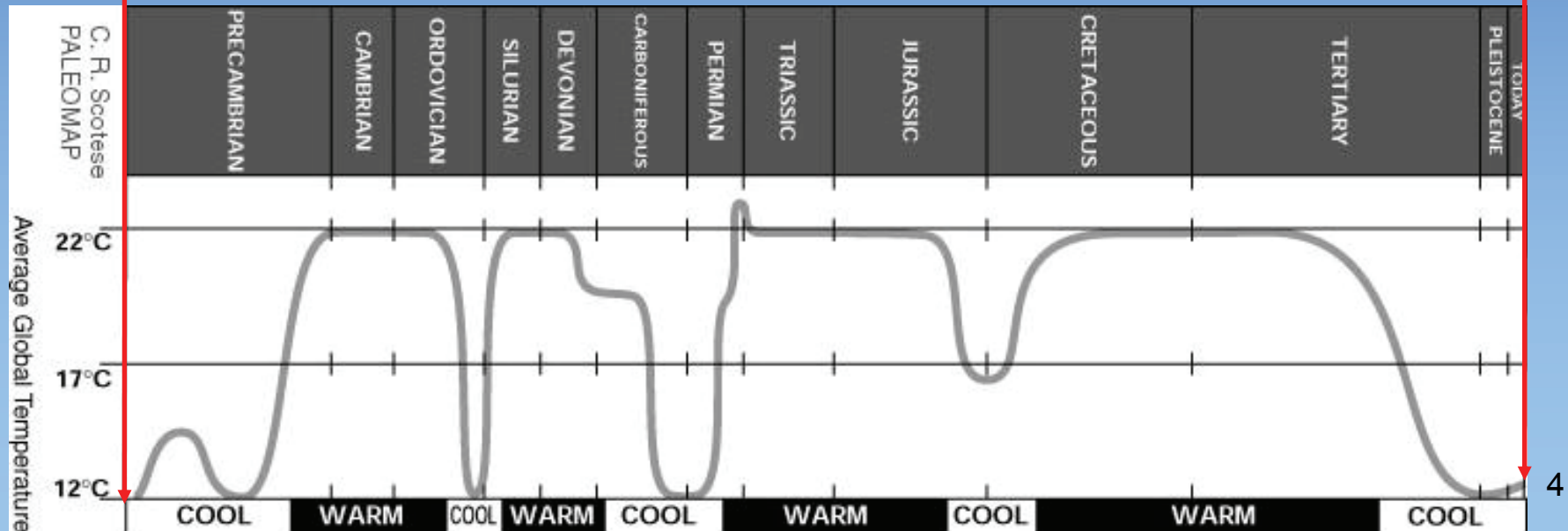
- Aujourd'hui
- Demain
- Les risques

S'intéresser à hier pour prévoir demain

- Le climat de la Terre a évolué au cours de son histoire, alternant périodes chaudes (interglaciations) et froides (glaciations)
- Quand on regarde cette évolution à grande échelle temporelle, nous nous situons dans une phase de réchauffement climatique naturelle et normale.

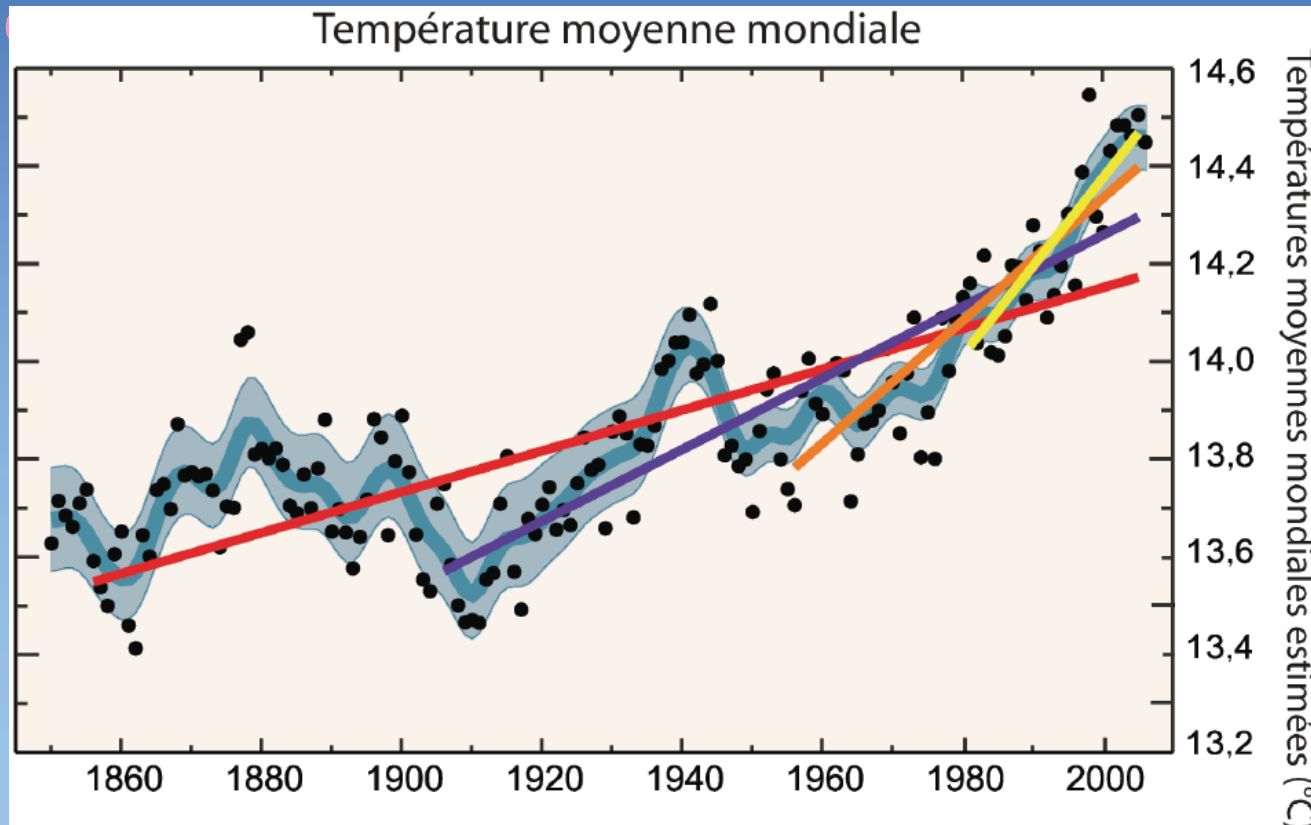
4.65 Ma

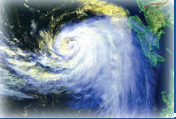
Aujourd'hui



Changements climatiques, une réalité

- Le réchauffement du système climatique est sans équivoque
- La température moyenne mondiale s'est élevée d'environ $0,74^{\circ}\text{C}$ les 100 dernières années et d'environ $1,6^{\circ}\text{C}$ en France

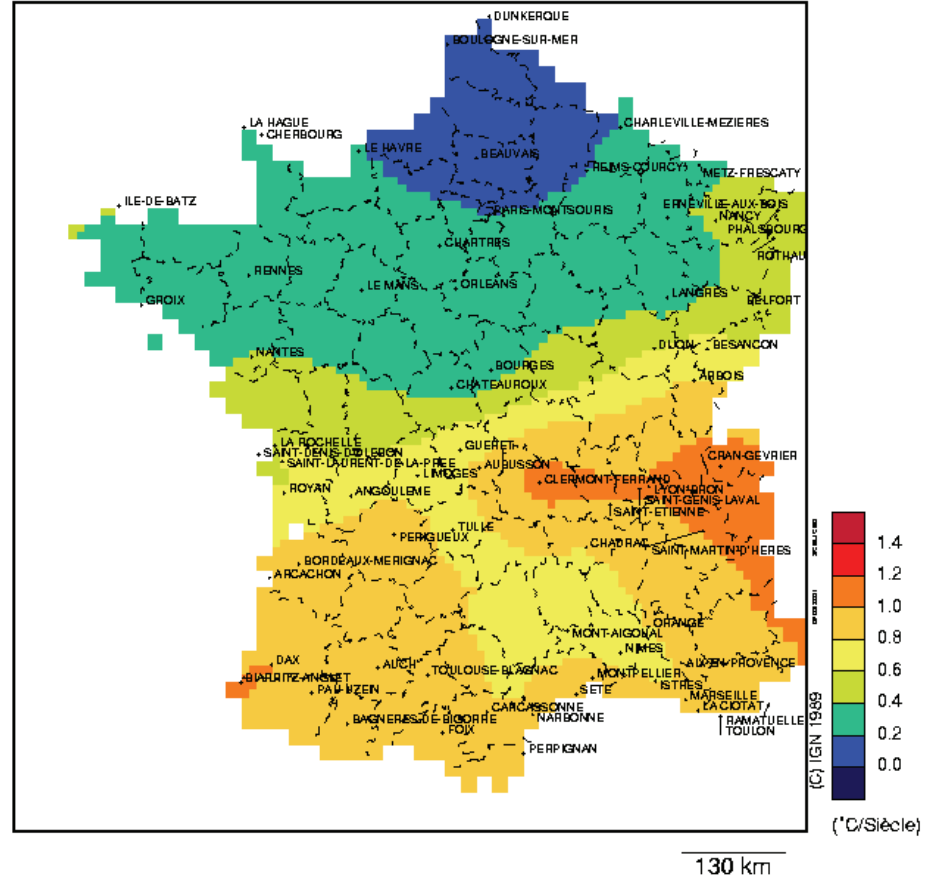
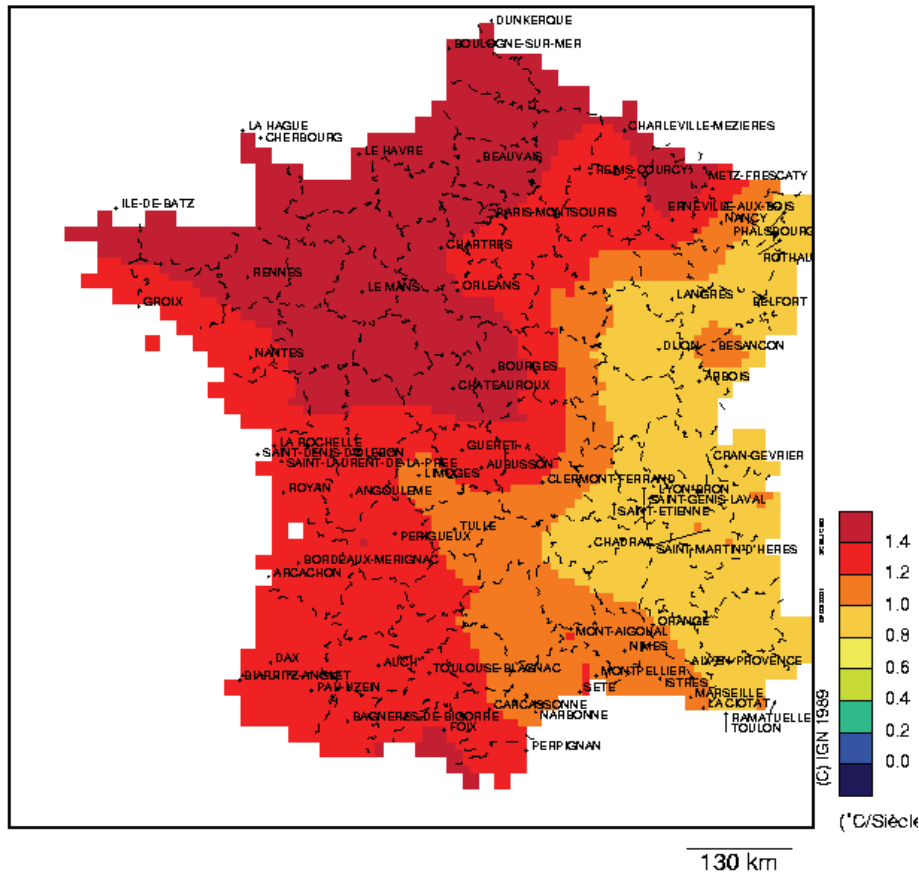




Le réchauffement climatique en France durant le XX^{ème} S

Minima

Maxima



Les températures minimales augmentent deux fois plus vite que les maximales

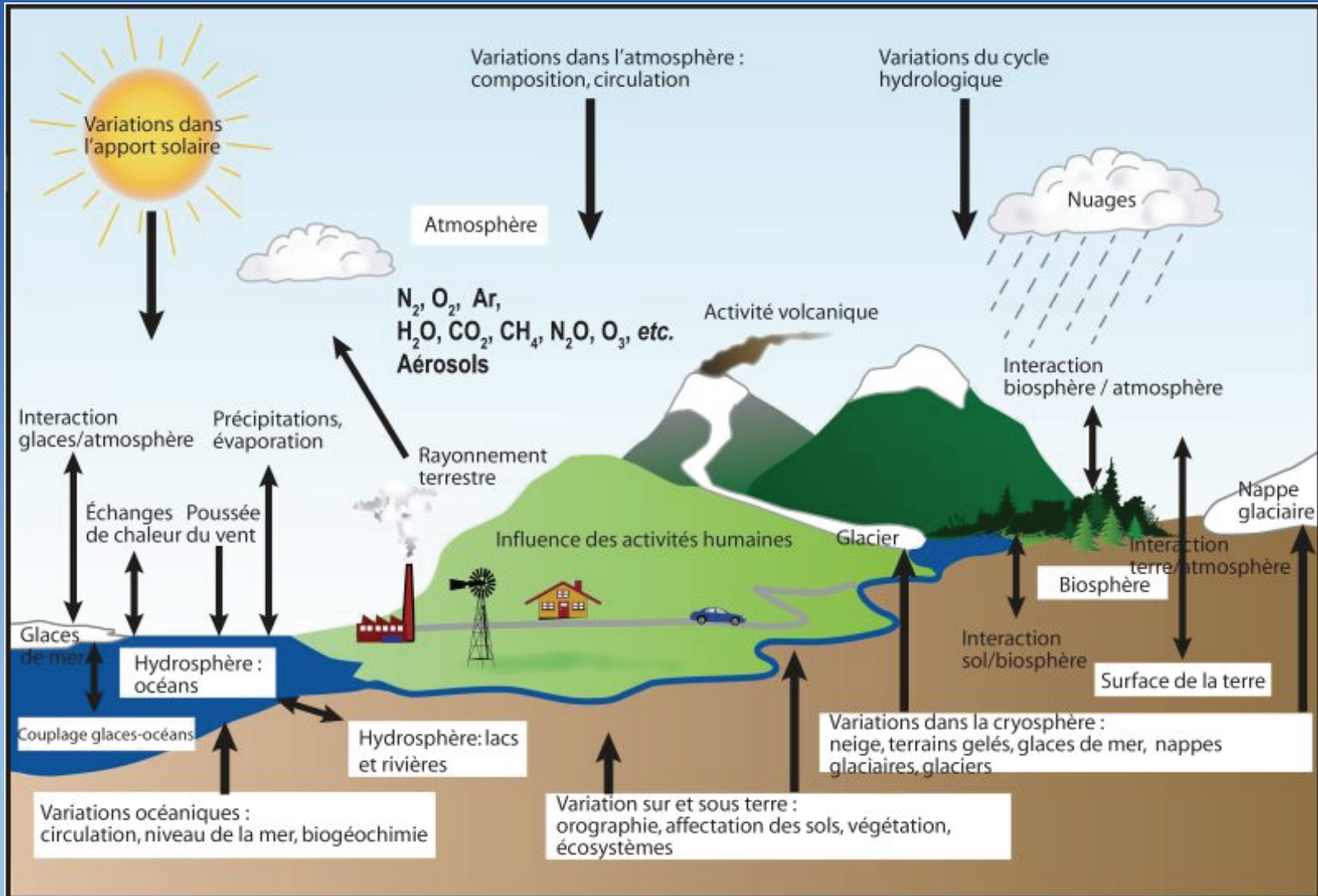
(d'après Bessemoulin et Mestre, 2001)

Changements climatiques, une réalité

D'autres changements importants ont été observés :

- Températures extrêmes (canicule 2003)
- Sécheresses, précipitations et cyclones plus intenses
- Réduction du pH des océans liée à la dissolution de CO₂
- Baisse graduelle de la circulation thermohaline ('Gulf Stream')
- Changement de distribution et de comportement des espèces végétales et animales
- Modification des concentrations atmosphériques des gaz à effet de serre (GES) : bien supérieures aux valeurs historiques
- ...

Le système climatique



Qu'est-ce que l'effet de serre ?

Si pas effet de serre la température moyenne serait de -18°C au lieu de 15°C .

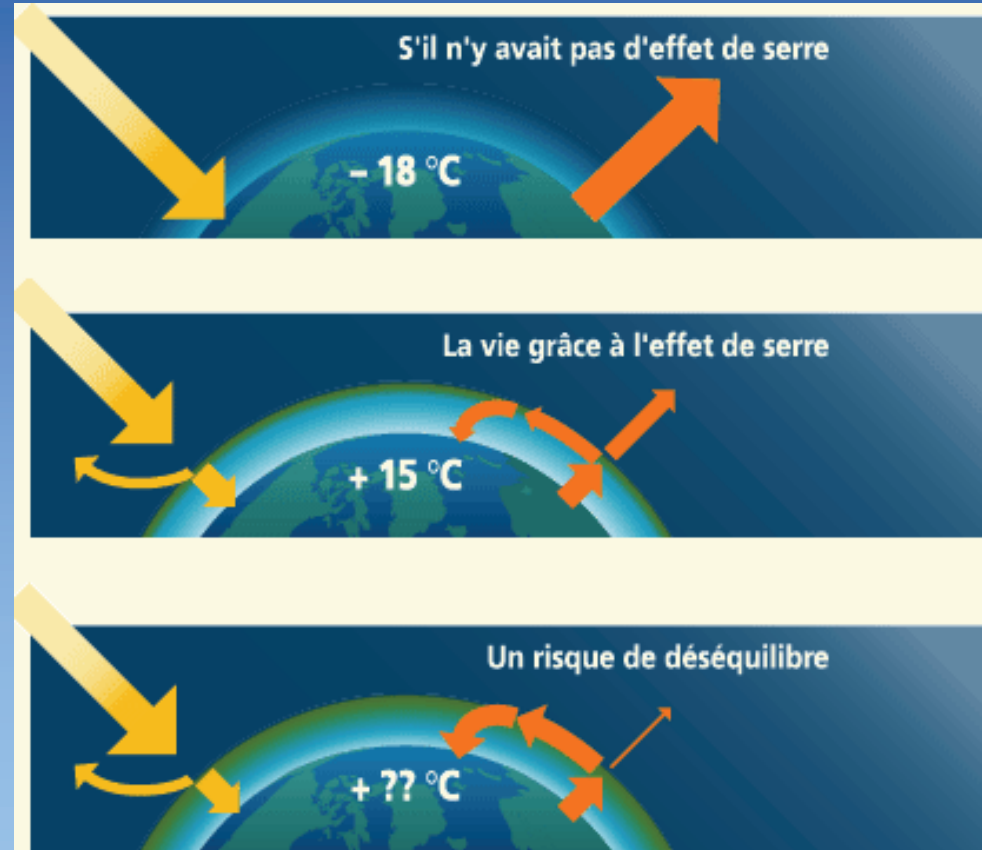
1^{er} rôle : filtre le rayonnement solaire.

2^{ème} rôle : retient une partie de l'énergie solaire et réchauffe la planète.

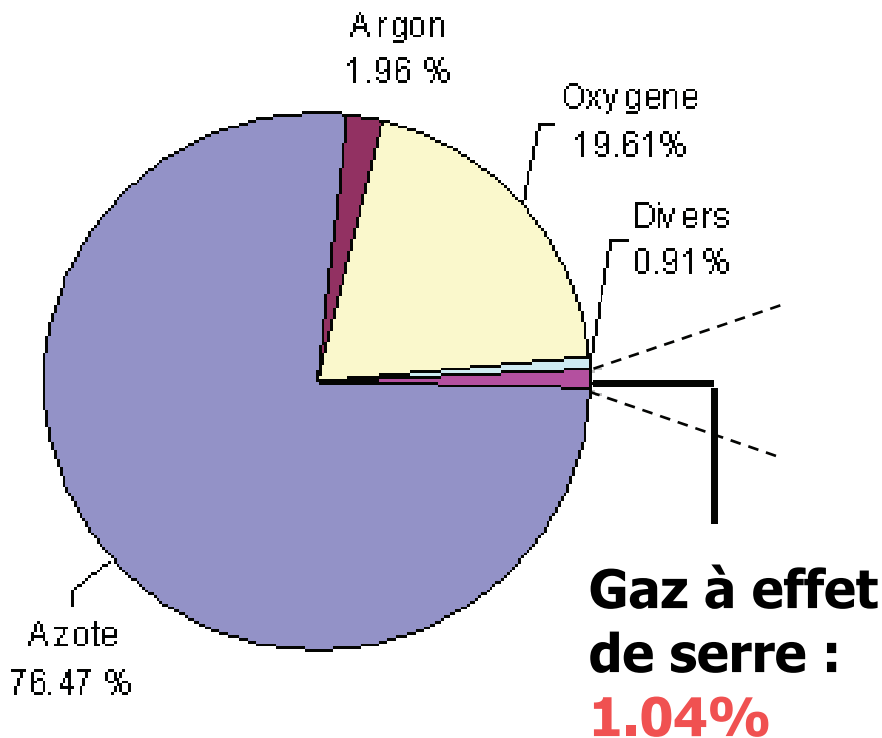
Les vitres de la serre = **l'atmosphère avec les gaz à effet de serre.**

Plus ces gaz sont abondants, plus la température augmente.

Vénus 95% de CO_2 dans son atmosphère = 460°C



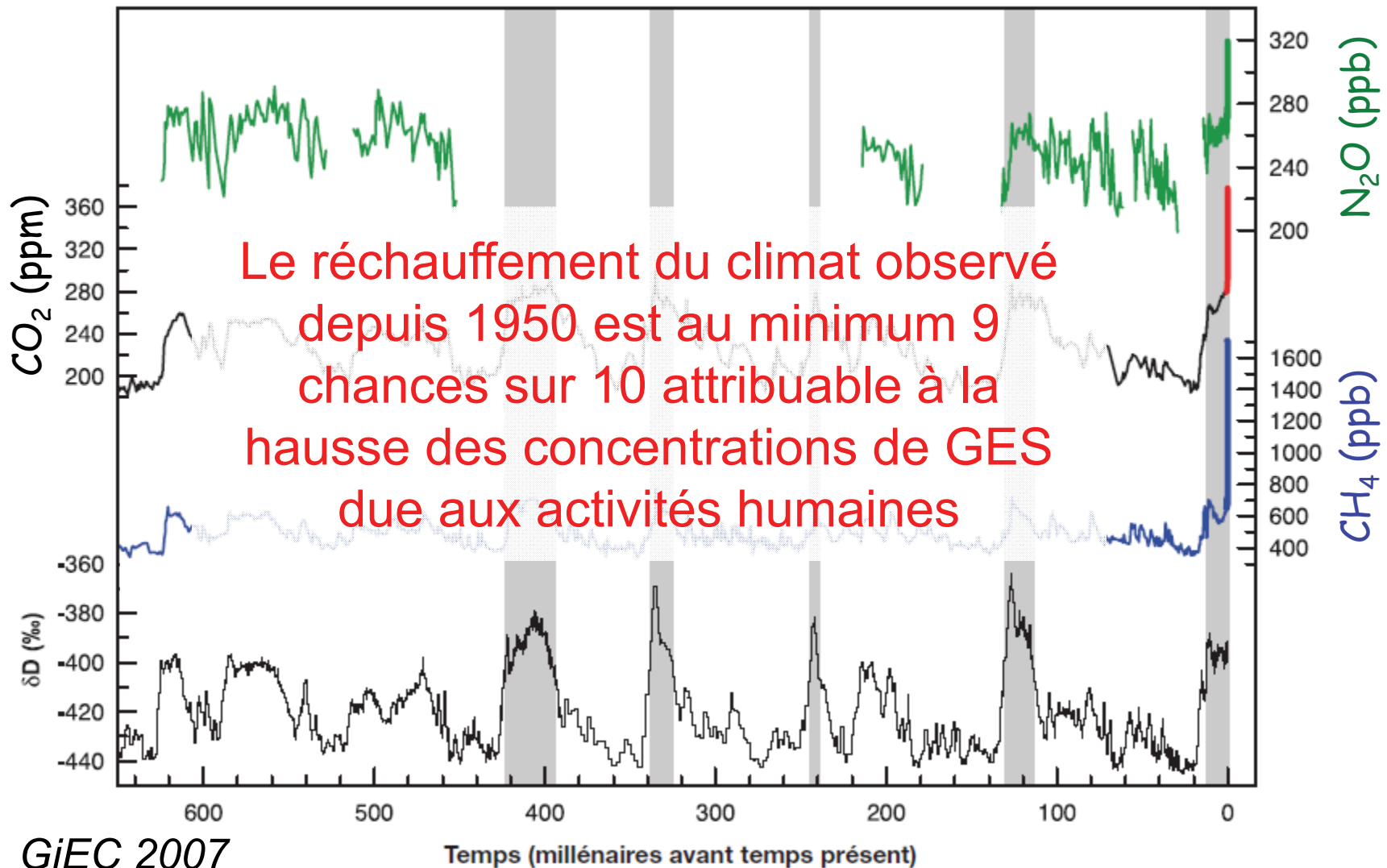
Les Gaz à Effet de Serre (GES) dans l'atmosphère



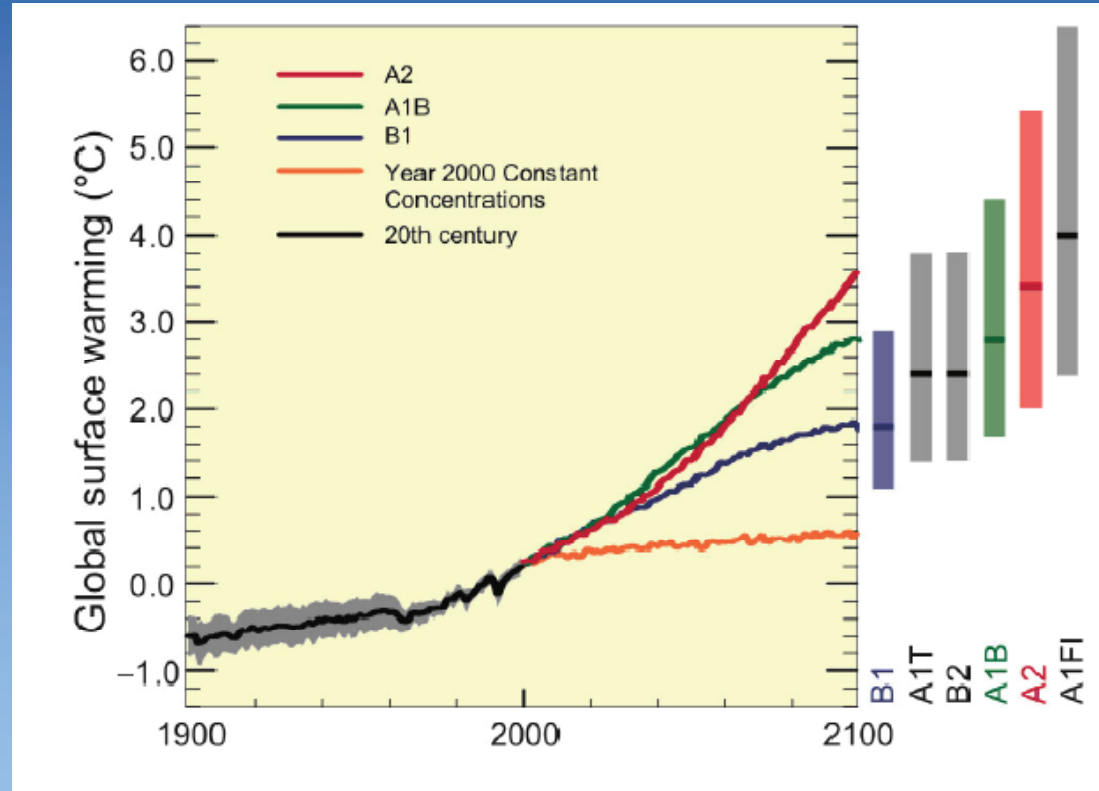
1% de GES = augmentation de la température moyenne
de plus de 30°C

L'action de l'homme sur l'effet de serre

DONNÉES ISSUES DES CAROTTES GLACIAIRES, PÉRIODES GLACIAIRES ET INTERGLACIAIRES



Projections du réchauffement climatique selon les scénarios socio-économiques



Plusieurs scénarios de très optimiste à très pessimiste : changement d'économie, agriculture, industrie, rien.... Le plus proche d'aujourd'hui est A2, ₁₂
GiEC 2007

Quels changements pour demain?

→ Hausse de la T°C mondiale moyenne entre 1,4°C et 6,4°C

→ Changement de température à la fin du siècle en Europe (°C)

+ 1 à 3 °C : hiver et printemps

+ 2 à 4 °C : été et automne

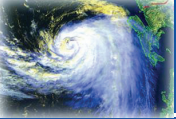
→ Changement de la répartition des précipitations à la fin du siècle (mm/jour)

+40mm en hiver

-10 à -50 mm les autres saisons

→ Hausse de la fréquence des épisodes de :

- vagues de chaleurs/ de froid
- sècheresses
- fortes précipitations



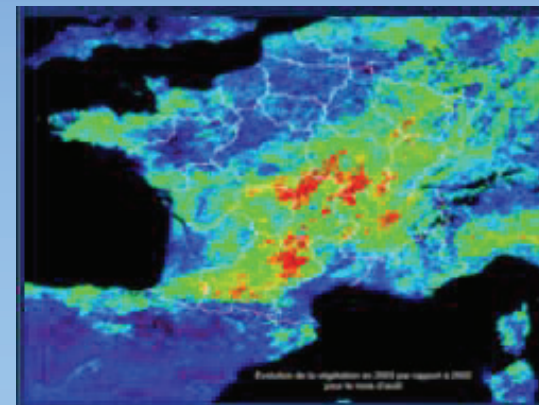
Des risques préfigurés par les extrêmes climatiques : canicule 2003

- **Pour l'agriculture Française :**

- Cultures d'été (maïs) : -30 %
- Cultures d'hiver (ex. blé) : -20 %
- Baisse de 30 à 50 % des fourrages
- Dégradation des prairies,
- Perte de carbone des sols,
- Réduction de l'ingestion, de la qualité des fourrages et pertes de production (viande, lait)

- **Pour les écosystèmes Européens :**

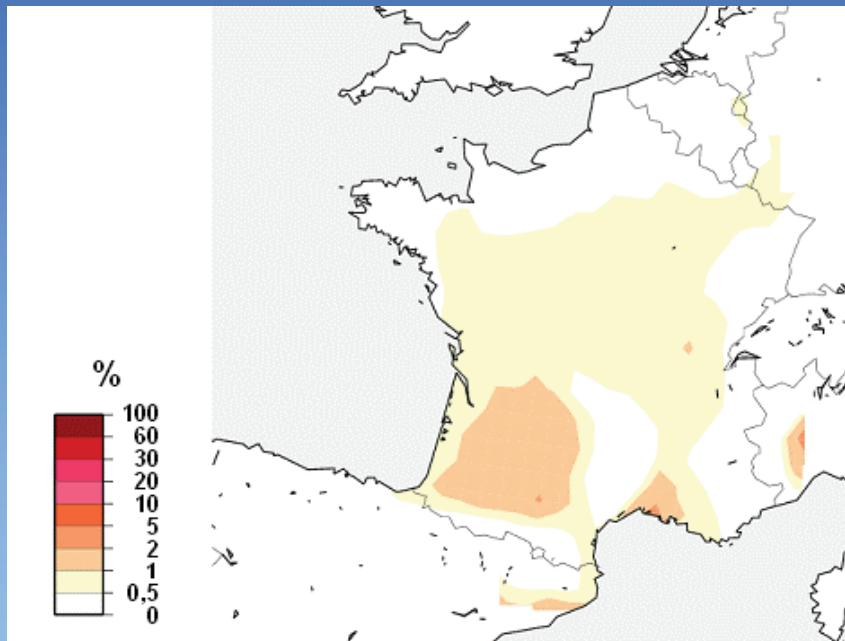
- Productivité : -25 %



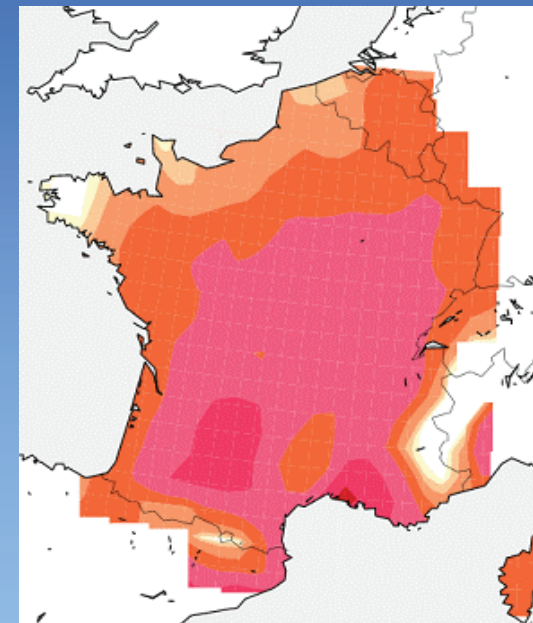
Août 2003

Phénomène qui devrait s'amplifier...

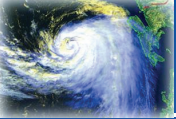
Fréquence de jours très chauds en été
(températures supérieures à 35°)



Mesurée pour la période 1960-1989
(0 à 3 %)



Simulée pour la période **2070-2099**
par les modèles climatiques régionaux
de Météo-France (10 à 30 %)



- Le changement climatique est une réalité,
- Les émissions de GES en sont très probablement responsables,
- Tous les secteurs d'activités sont concernés, en lien avec nos modes de vie et l'accroissement de la population ...

2° Les émissions de gaz à effet de serre : rôle de l'élevage



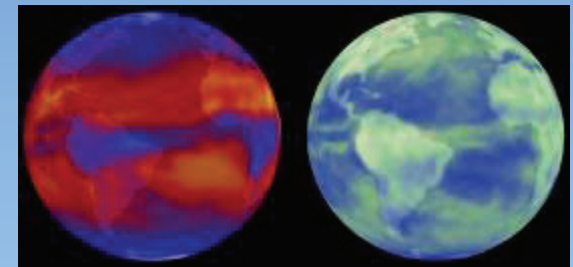


Principaux GES du secteur agricole



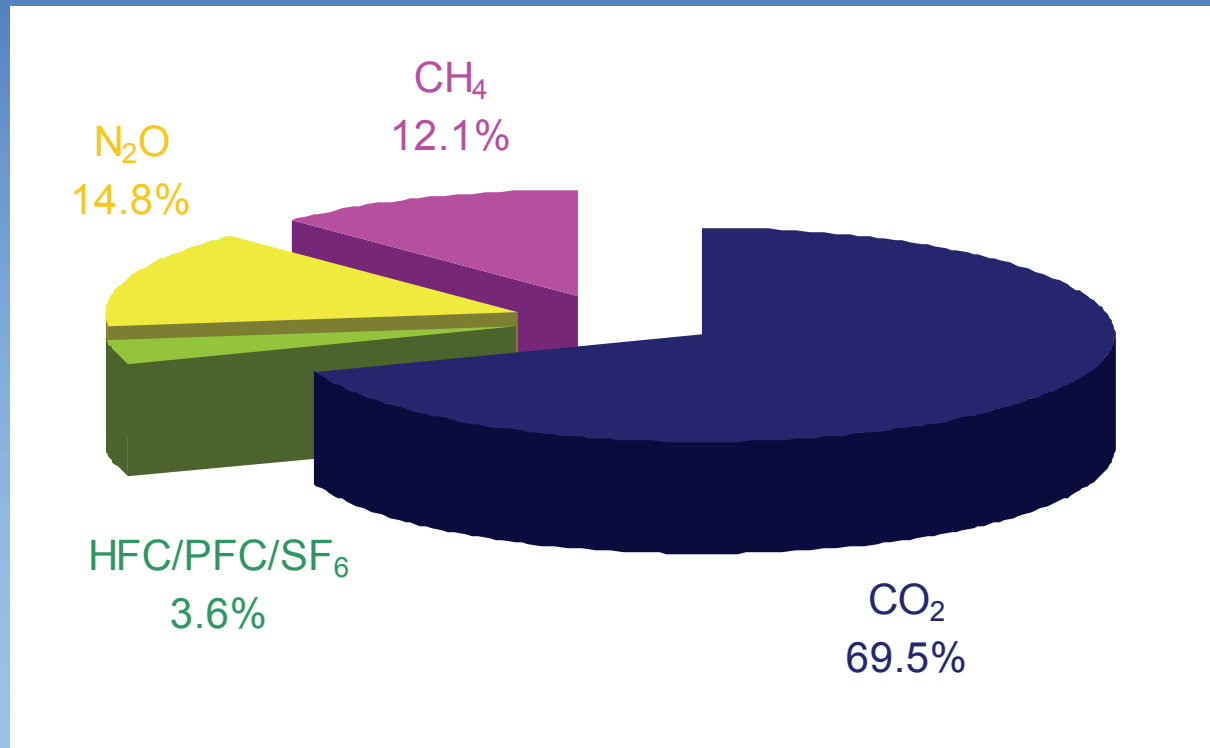
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Concentration atmosphérique en 2005 (ppm)	379	1.774	0.319
Pouvoir de réchauffement global en équivalents CO ₂	1	25	298
Durée de vie atmosphérique (années)	50-200	12	120

La contribution de chaque gaz à l'effet de serre se mesure grâce au **pouvoir de réchauffement global (PRG)**.

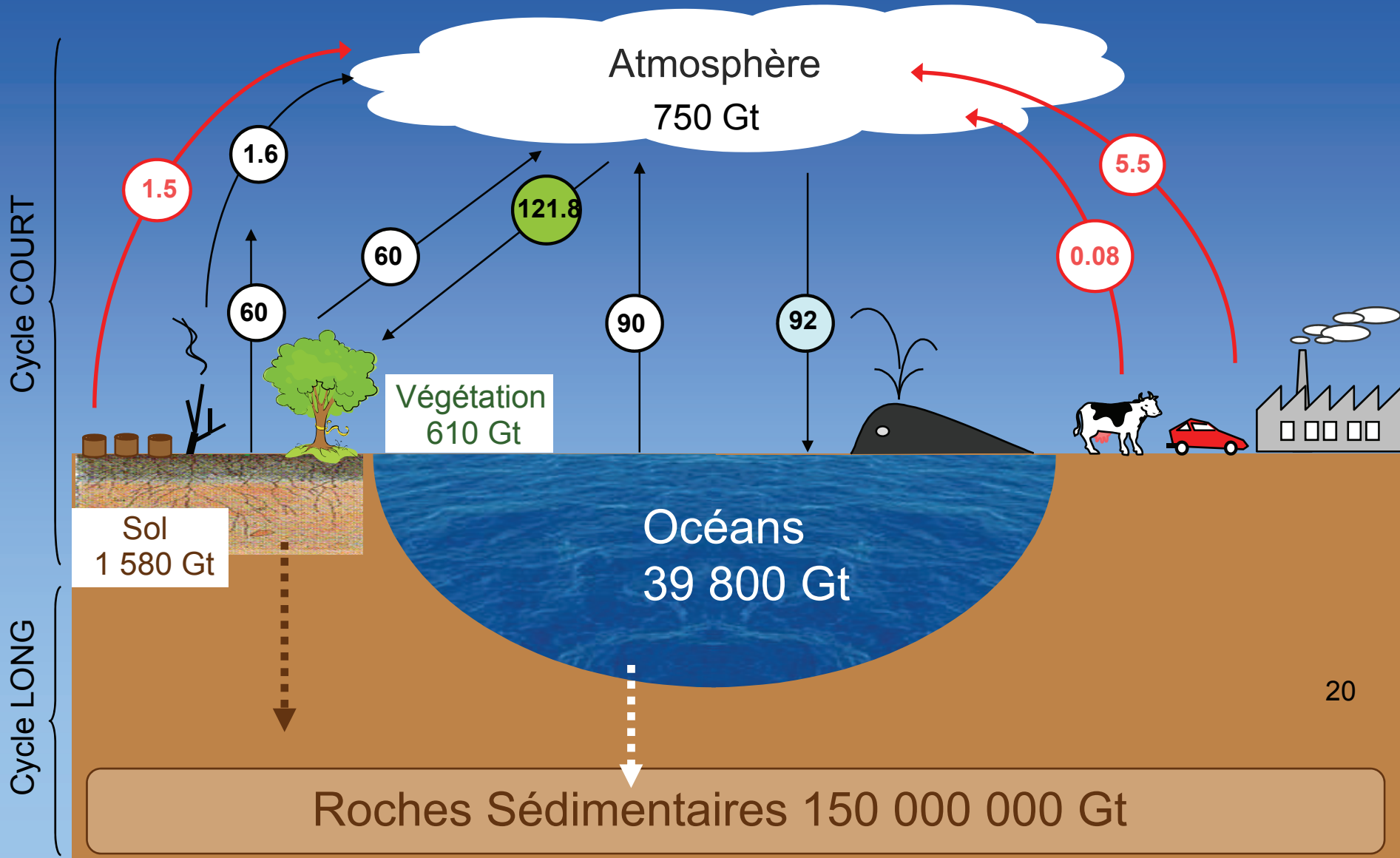


Exemple : 1 kg de méthane émis dans atmosphère = 25 kg de dioxyde de carbone sur 100 ans

Contribution des différents gaz à effet de serre au PRG avec UTCF en France métropolitaine pour l'année 2007 en %

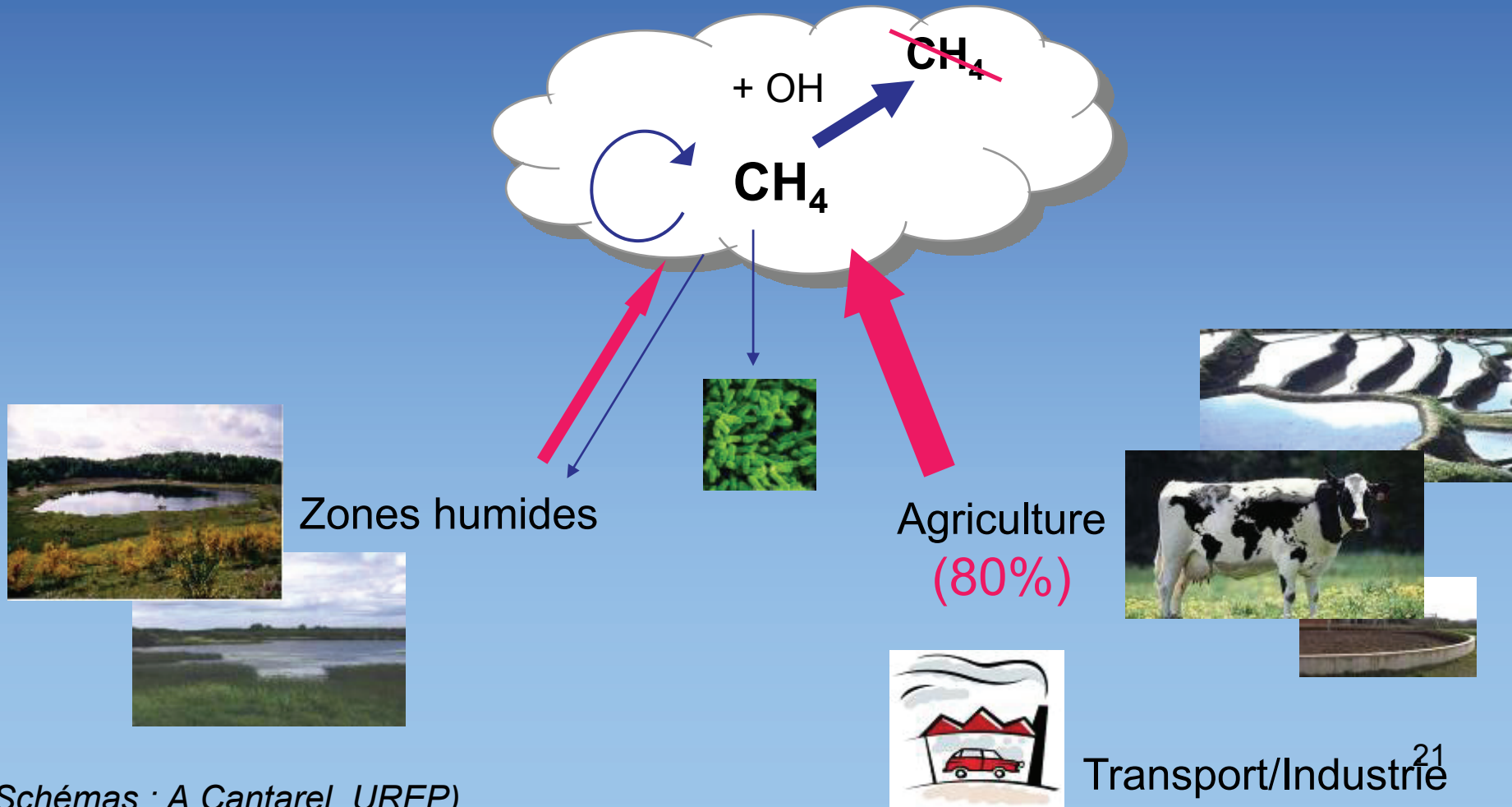


Le cycle global du carbone (Gt C/an)

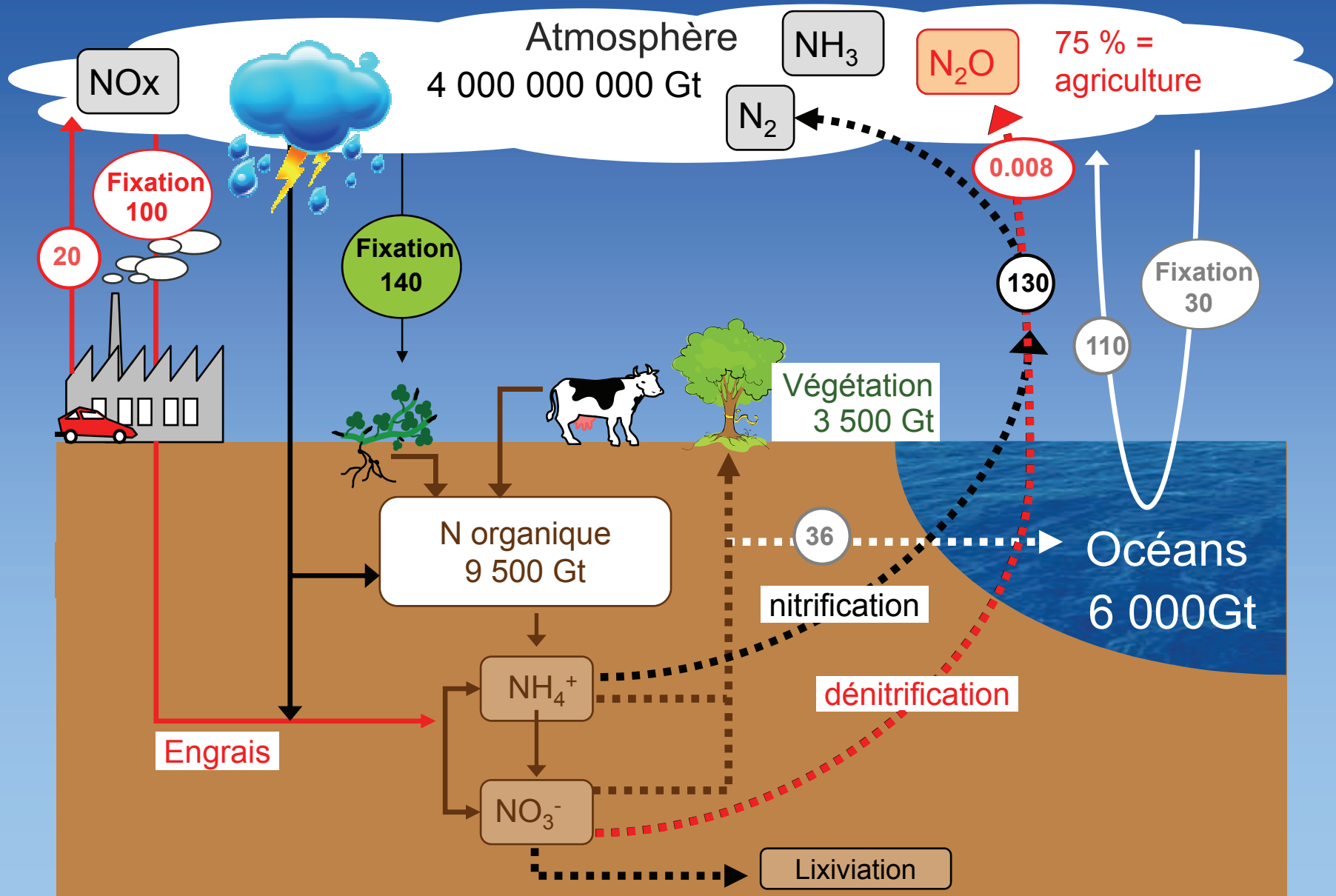


CH₄ - méthane

- Formation CH₄ = décomposition d'un composé organique (reste d'animal ou de plante) sous l'action de bactéries et à l'abri de l'oxygène de l'air (par fermentation ou putréfaction).

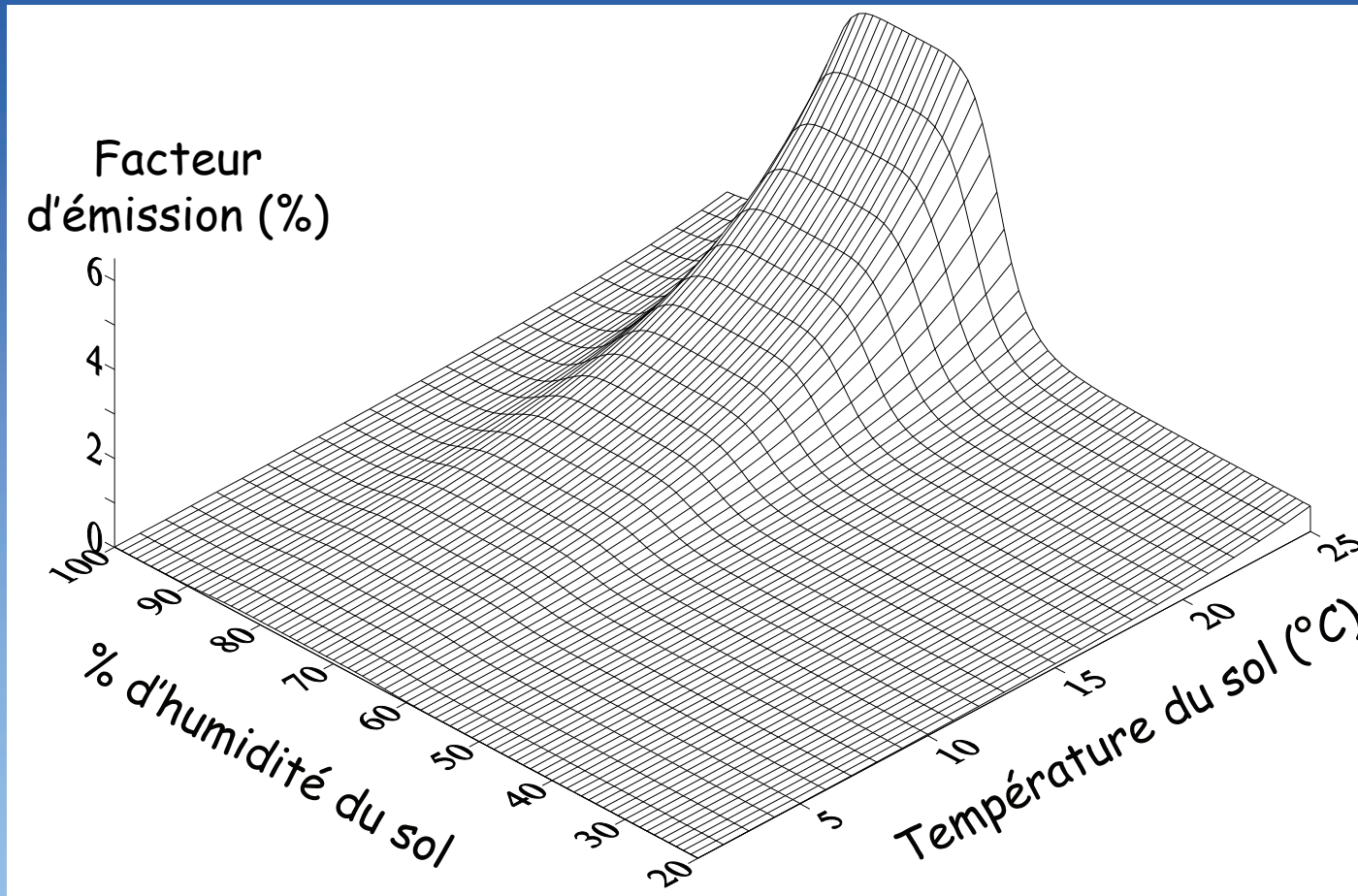


Le cycle global de l'azote





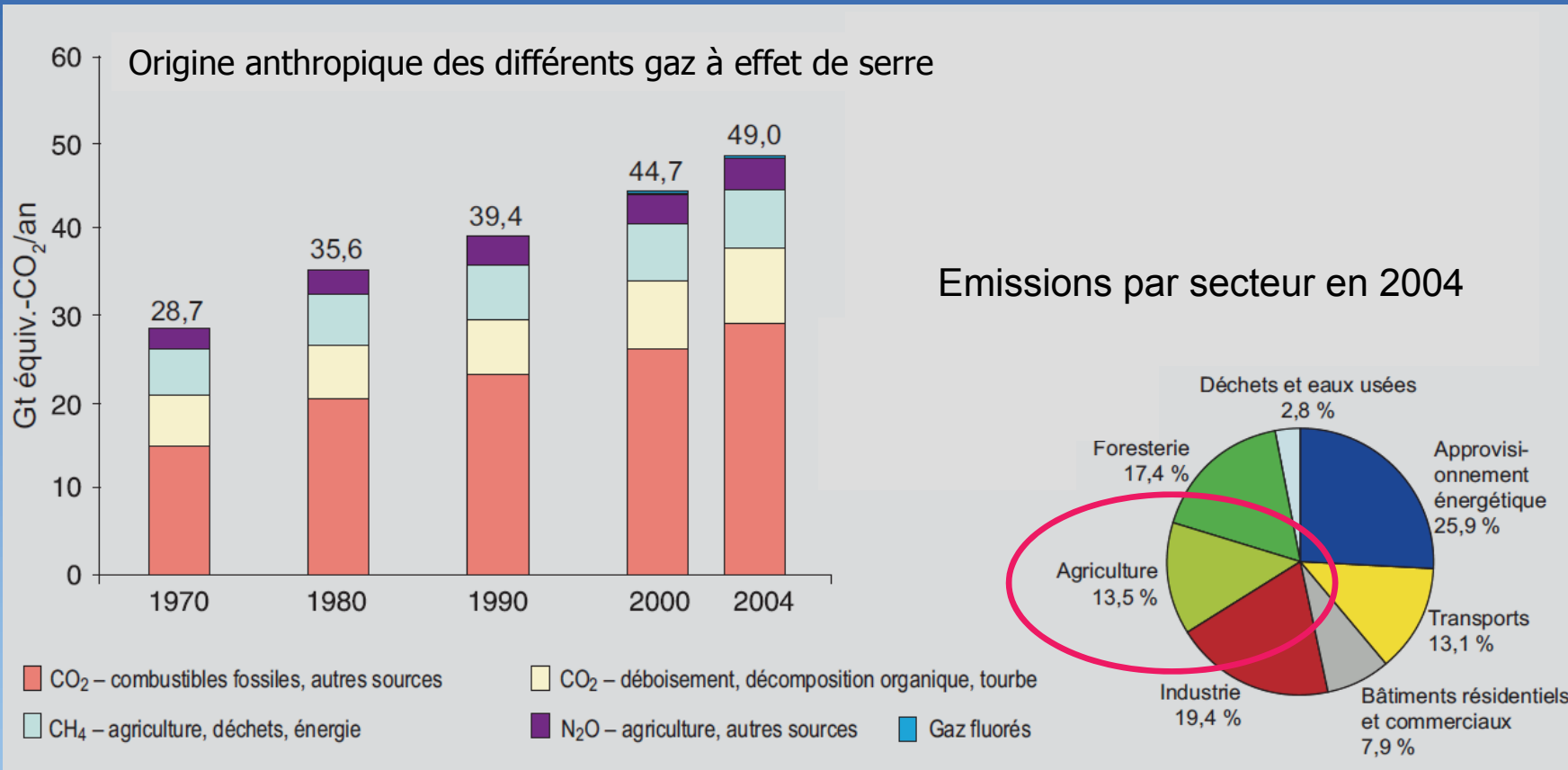
Emissions annuelles N₂O



➔ Varient selon les années, principalement fonction des conditions climatiques



Croissance des émissions mondiales anthropiques de gaz à effet de serre (GES)



**AGRICULTURE = 13,5%
MONDIALE**



Contribution de l'agriculture aux émissions de GES en France

- 2003 (équivalents CO₂)

- Consommation énergies fossiles : 1,7 %
- Sols agricoles : 8,8 %
- Fermentation entérique : 5,6 %
- Gestion des déjections animales : 3,8 %

Total émissions secteur agricole : 19,9 %

- 2007 (équivalents CO₂)

Total émissions secteur agricole : 20 %

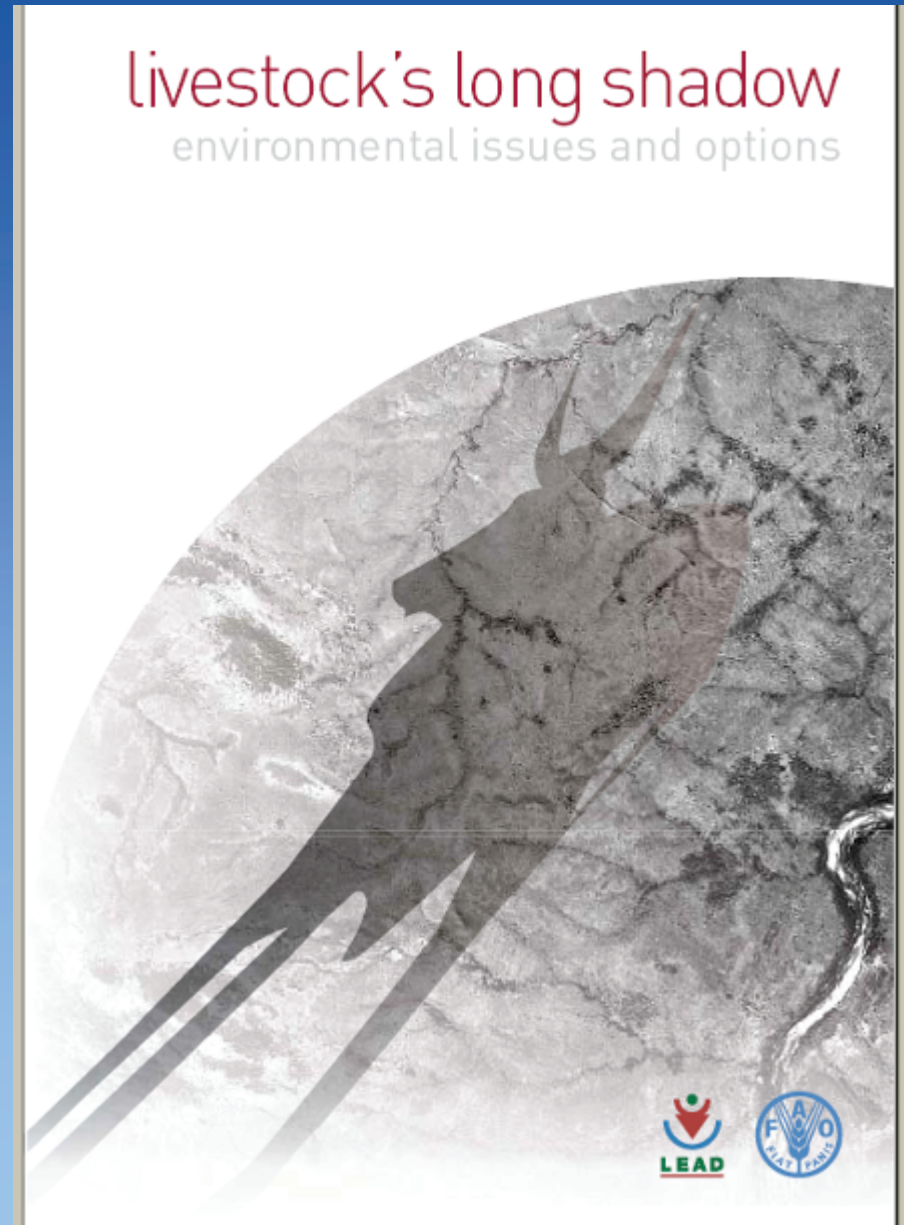
Elevage : 9,2%



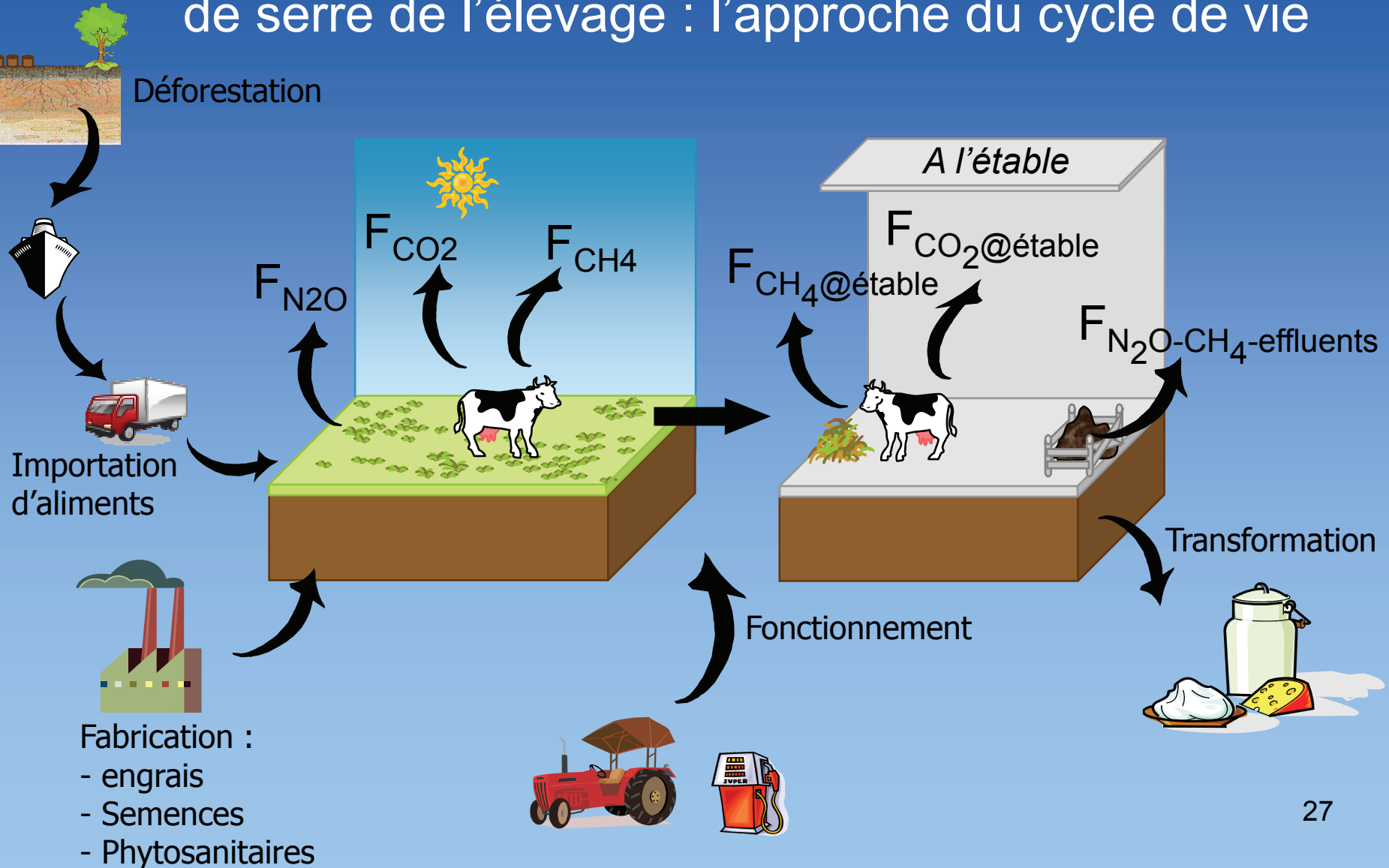
Food and Agriculture Organisation of United Nations

FAO, 2006

Les chiffres
du rapport...



Comment comptabiliser les émissions de gaz à effet de serre de l'élevage : l'approche du cycle de vie





Contribution directe et indirecte de l'élevage aux émissions de GES mondiales

CO₂ : 9 % du total mondial (7 % pour la seule déforestation)

CH₄ : 35-40 % du total mondial (6 % en éq. CO₂)

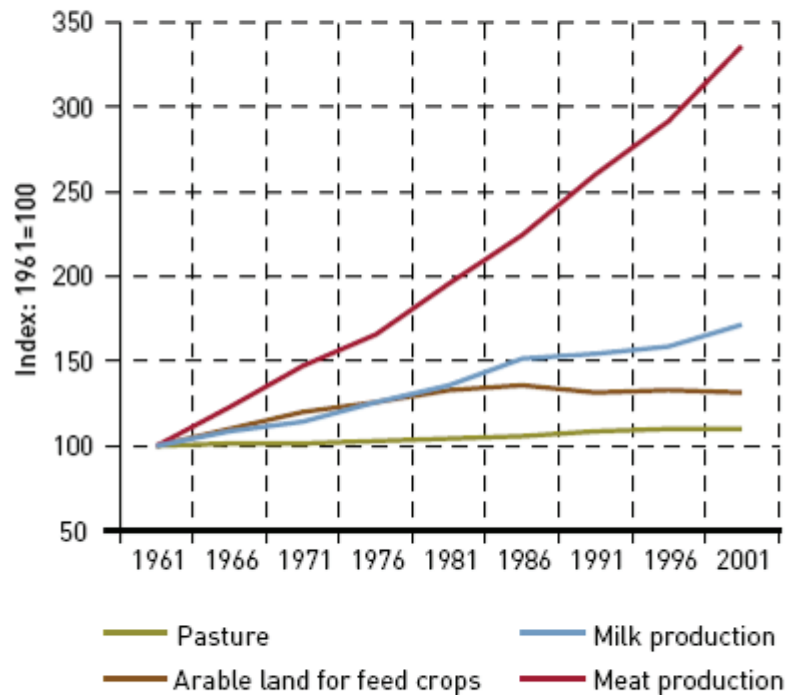
N₂O : 65 % du total mondial (5 % en éq. CO₂)

Soit en équivalents CO₂ : **18 % des émissions mondiales de GES,**

L'élevage contribuerait à plus de la moitié des émissions des secteurs agriculture et changements d'utilisation des terres

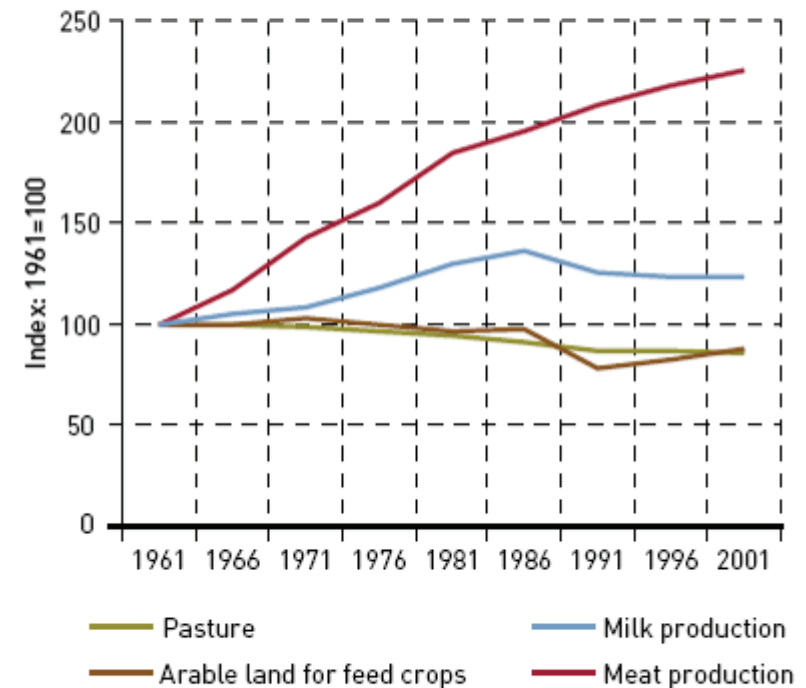
Contribution du secteur élevage à l'utilisation des terres

Figure 2.18 Global trends in land-use area for livestock production and total production of meat and milk



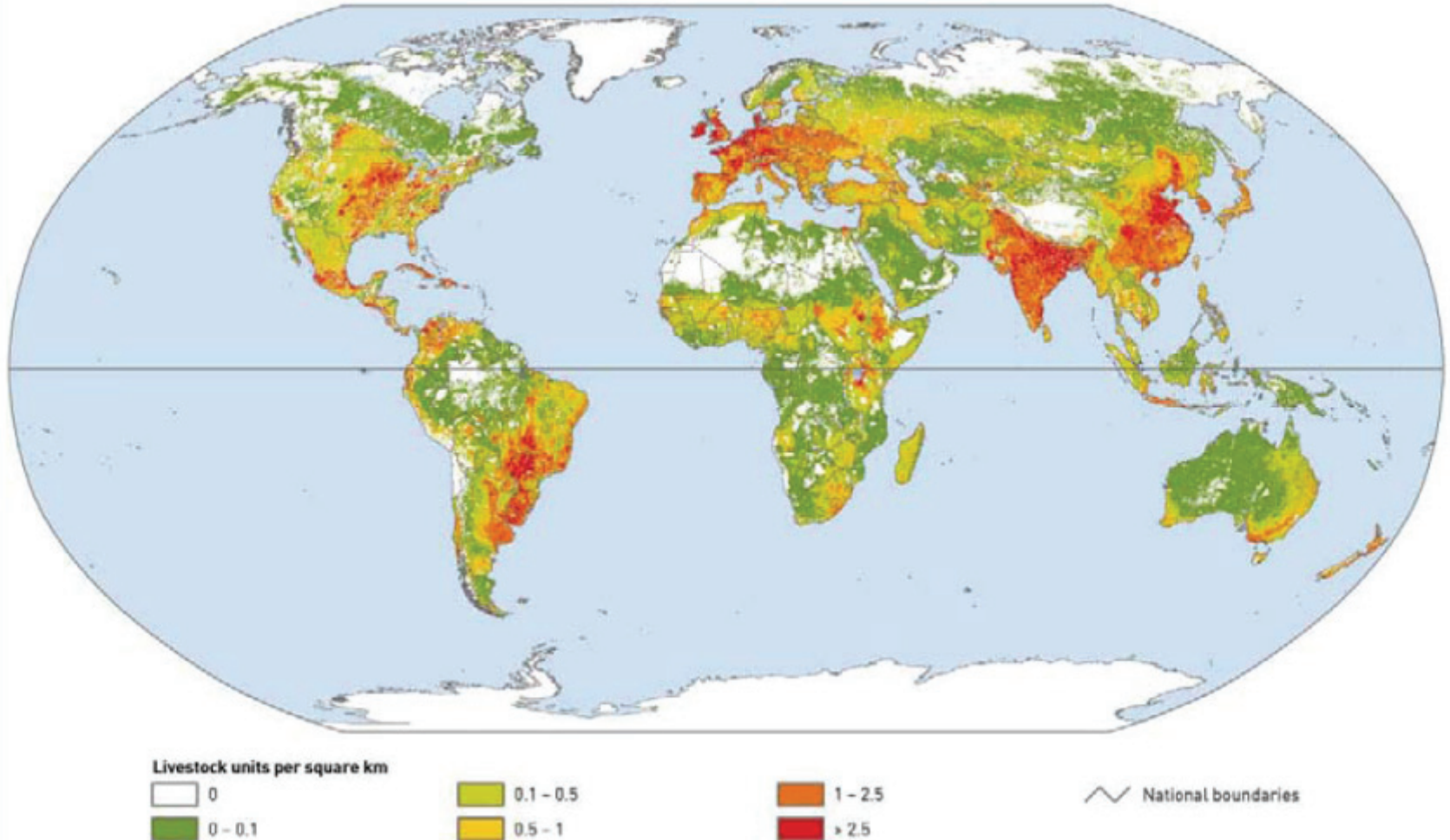
Source: FAO (2006b).

Figure 2.19 Trends in land-use area for livestock production and local supply of meat and milk - EU-15



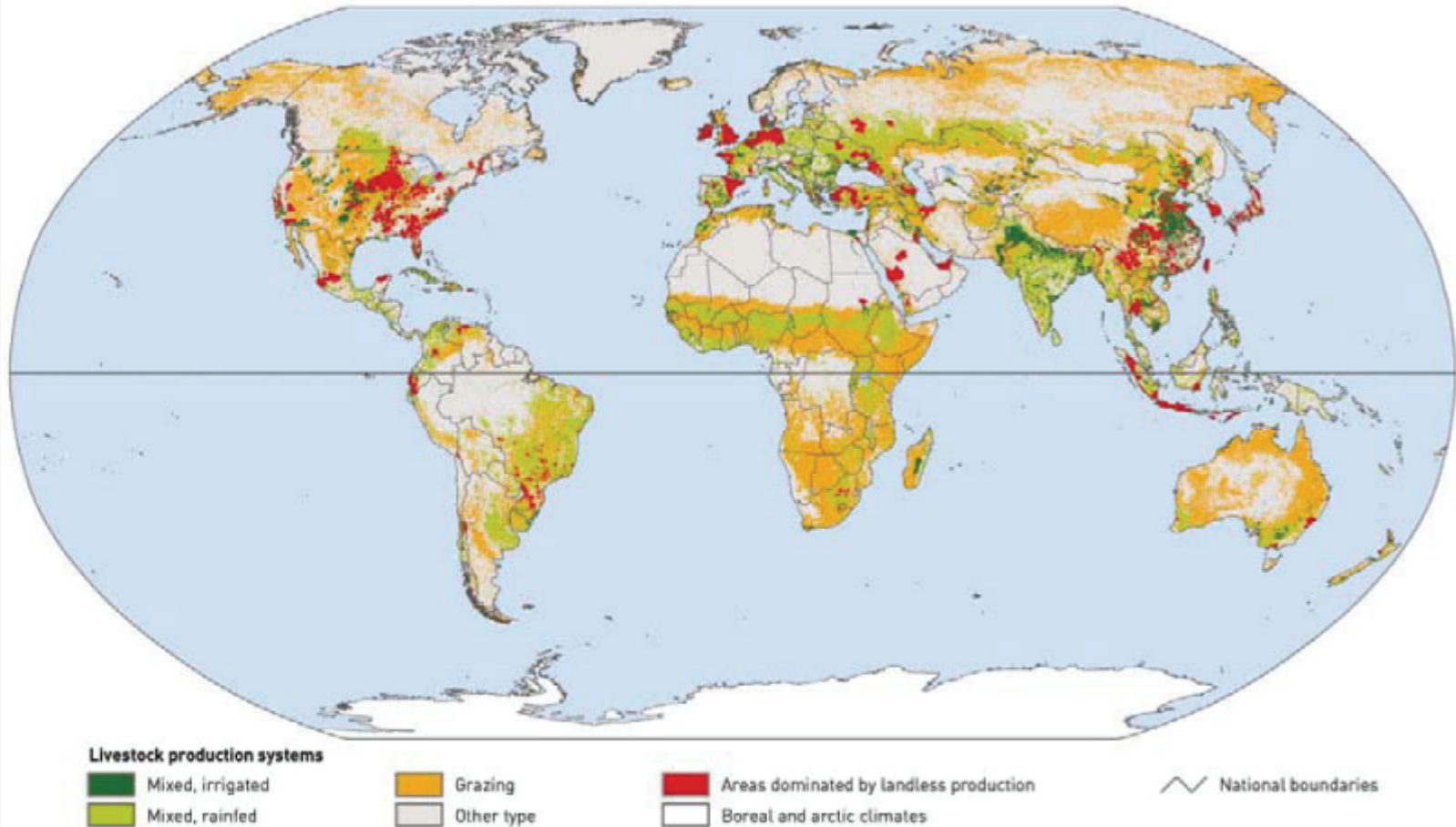
Source: FAO (2006b).

Distribution agrégée des cheptels (porcins, ruminants, volailles)



Systemes d'élevage de ruminants

Map 13 Estimated distribution of livestock production systems

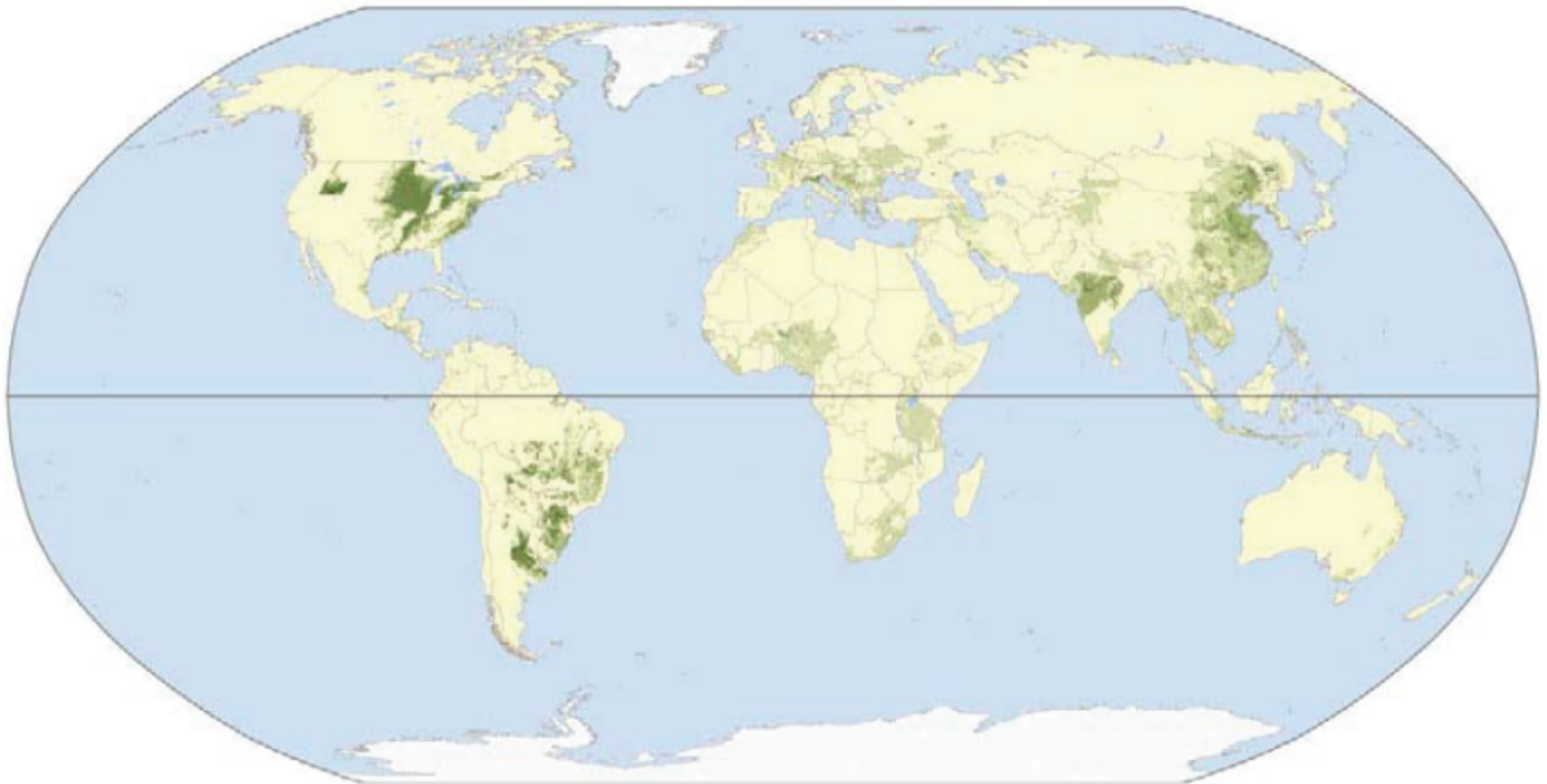


Land Cover 2000, available at www-gym.jrc.it/glc2000/ and irrigated areas [Global Map of Irrigated Areas, Version 2.1, Siebert *et al.*, 2001]. Industrial (landless) production dominated areas refers exclusively to monogastric production. Land-based system held pig and poultry populations are estimated locally according to the approach of Gilbert *et al.* [2006], using total local animal population data [see Maps 16 and 17], national level land-based production estimates [Groenewold, 2004], national human agricultural populations [FAO, 2006b] and a global rural population density grid [LandScan, 2003]. Areas dominated by industrial production systems are sub-national administrative areas in which the aggregated land based system populations produce less than half of the areas total production, accounting for the higher productivity of industrial systems.]



Production mondiale de grains de soja pour l'alimentation animale

Map 9 Estimated soybean production for animal feed



Tonnes per square km

0

0 - 1

1 - 10

10 - 100

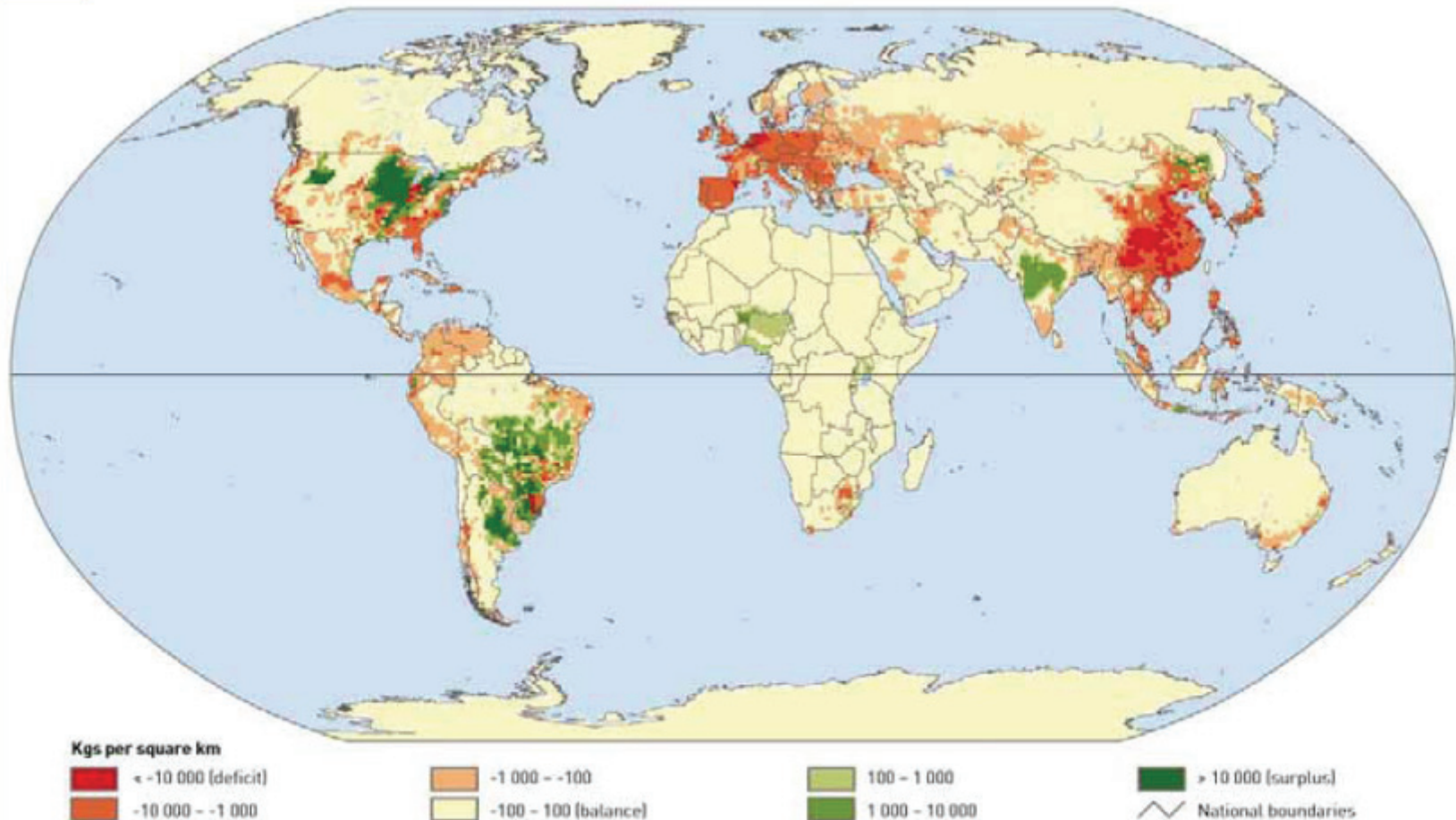
> 100

No data available

National Boundaries

Déficit/excédent de soja (porcins et volailles)

Map 22 Estimated feed surplus/deficit – soymeal (pig and poultry)



Source: LEAD. For each 100 x 100 km cell, the balance is calculated as the difference between the estimated soymeal production for pig and poultry feed and the soymeal consumption by pig and poultry. The soymeal production map is derived from the estimated soybean production for animal feed (map 8), removing the fraction dedicated to ruminants (Galloway *et al.*, 2006) and applying a bean to meal weight conversion factor (Schnittker, 1997). The consumption map was calculated from the pig and poultry meat production maps (see source of Maps 23 and 24). National level indexes derived were first used to estimate live weight production and total feed consumption (FAO, 2006b). For each country, the share of soymeal in the feed basket composition was then extrapolated from available data (e.g. Chapter 2, Figures 2.6 and 2.7). This share was finally used to calculate the soymeal consumption by pig and poultry in each cell.



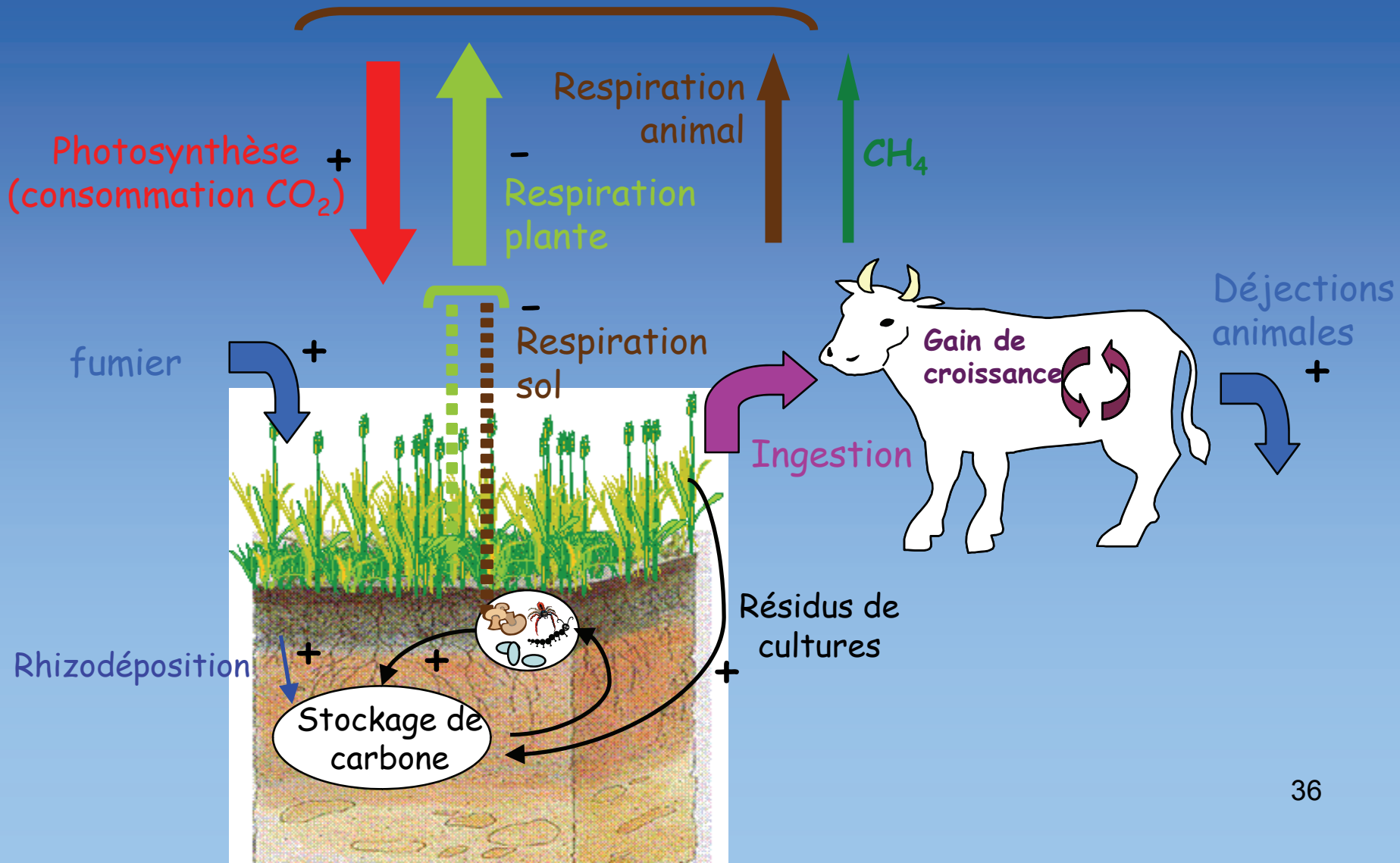
- FAO révisé son analyse globale
- Cycle du carbone n'est plus à l'équilibre : déforestation et consommation de combustibles fossiles mais aussi fermentation entérique des ruminants et gestion des effluents
- Cycle de l'azote est modifié : principalement dû à l'épandage des engrais azotés minéraux
- Ces deux postes d'émissions peuvent faire l'objet d'une réduction et améliorer le bilan GES
- Séquestration du carbone dans les sols peut pondérer le bilan GES du secteur agricole (compenserait 25 à 50 % des émissions en fonctions des systèmes d'élevage)



3° Stocks de
carbone dans les
sols agricoles

Définition stockage de carbone

Respiration écosystème



Sources ou puits de carbone ?

BILAN CARBONE =

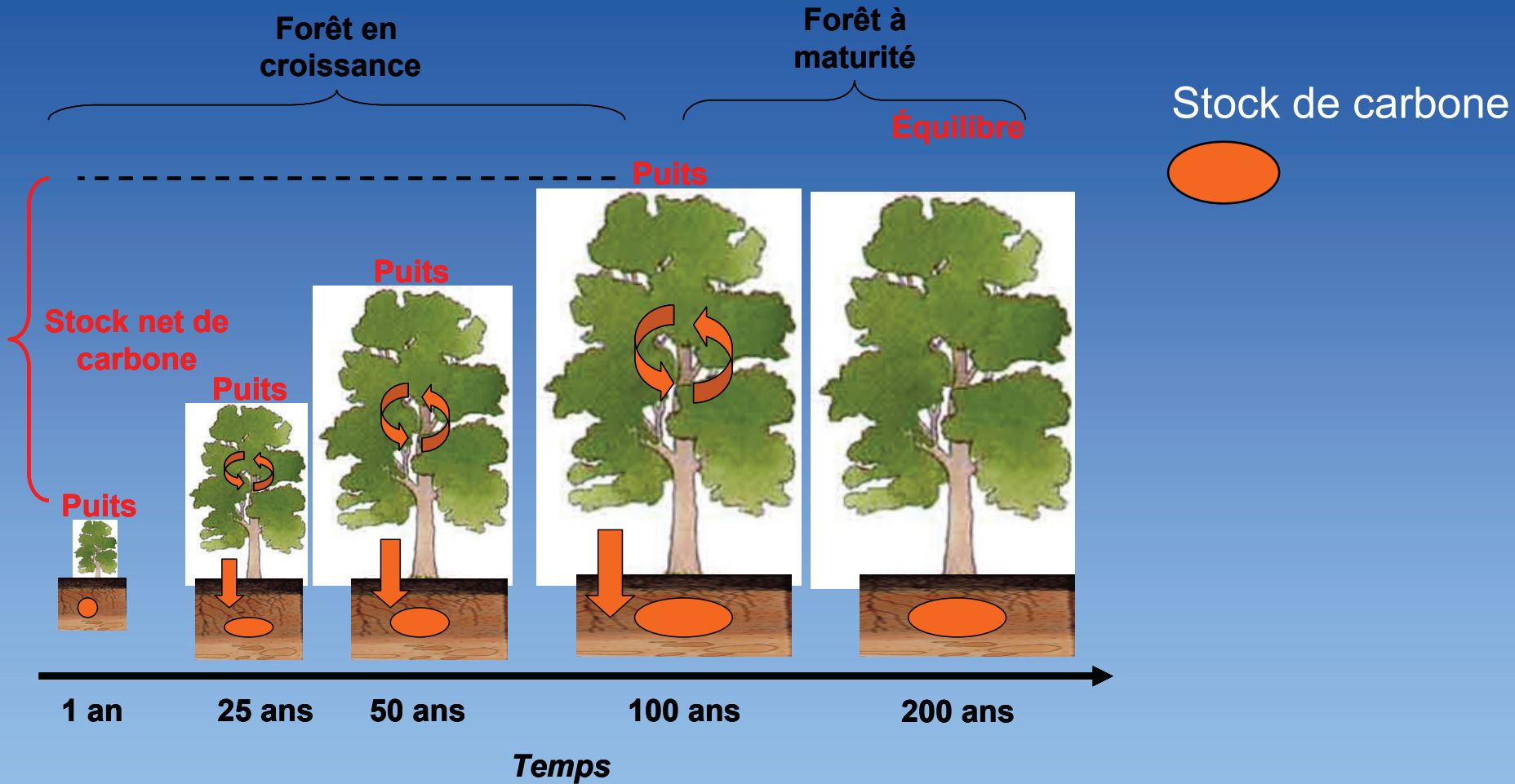
Photosynthèse + Fumier - R_{plante} - $R_{\text{sol+ruminant}}$ - Fauche

ENTREES

SORTIES

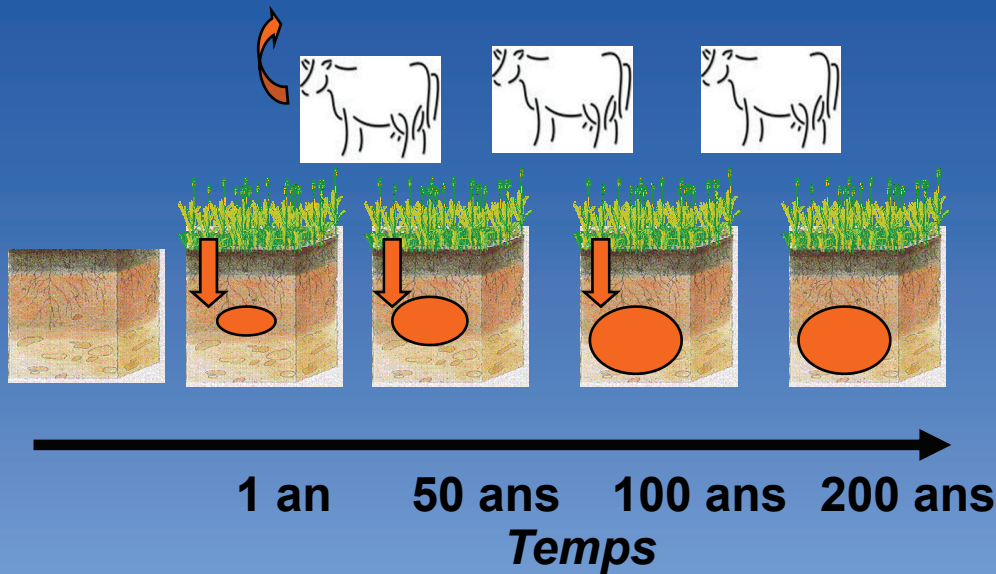
Si **Bilan** > 0 alors l'écosystème = **PUITS** (stockage de C)

Si **Bilan** < 0 alors l'écosystème = **SOURCE** (déstockage de C)



Une forêt = puits de carbone... mais

Seulement pendant sa période de croissance active

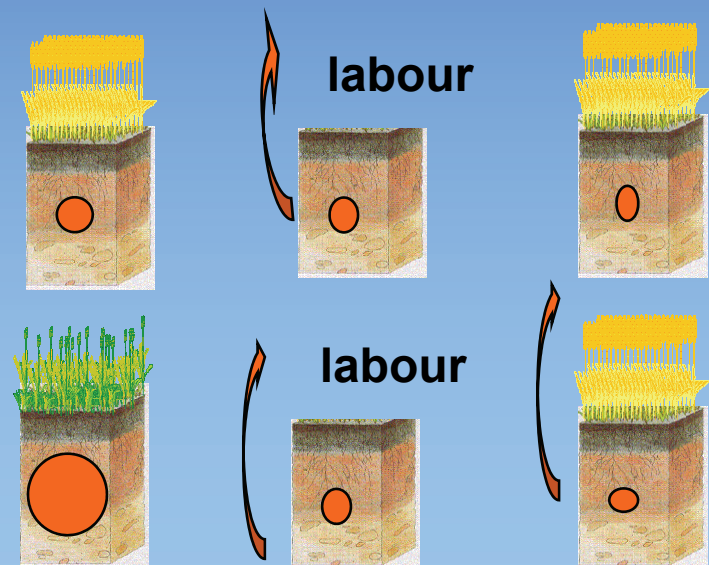


Stock de carbone

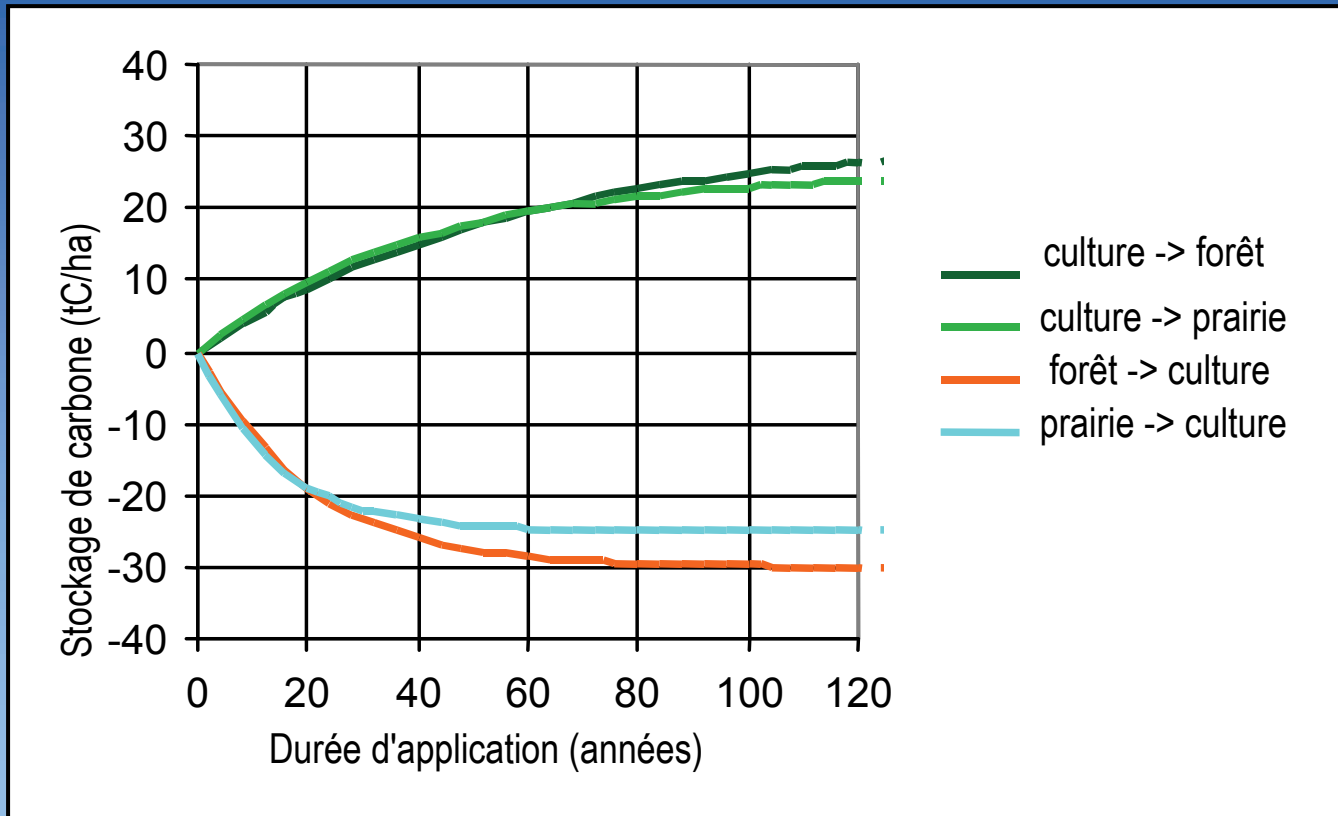
Dans une prairie le stockage se fait exclusivement dans le sol, lentement mais en très grande quantité

Les grandes cultures = **source** faible/ forte de carbone selon **l'état initial du sol**.

Les **labours** engendrent d'important et fréquent remaniements du sol **déstockage de carbone**

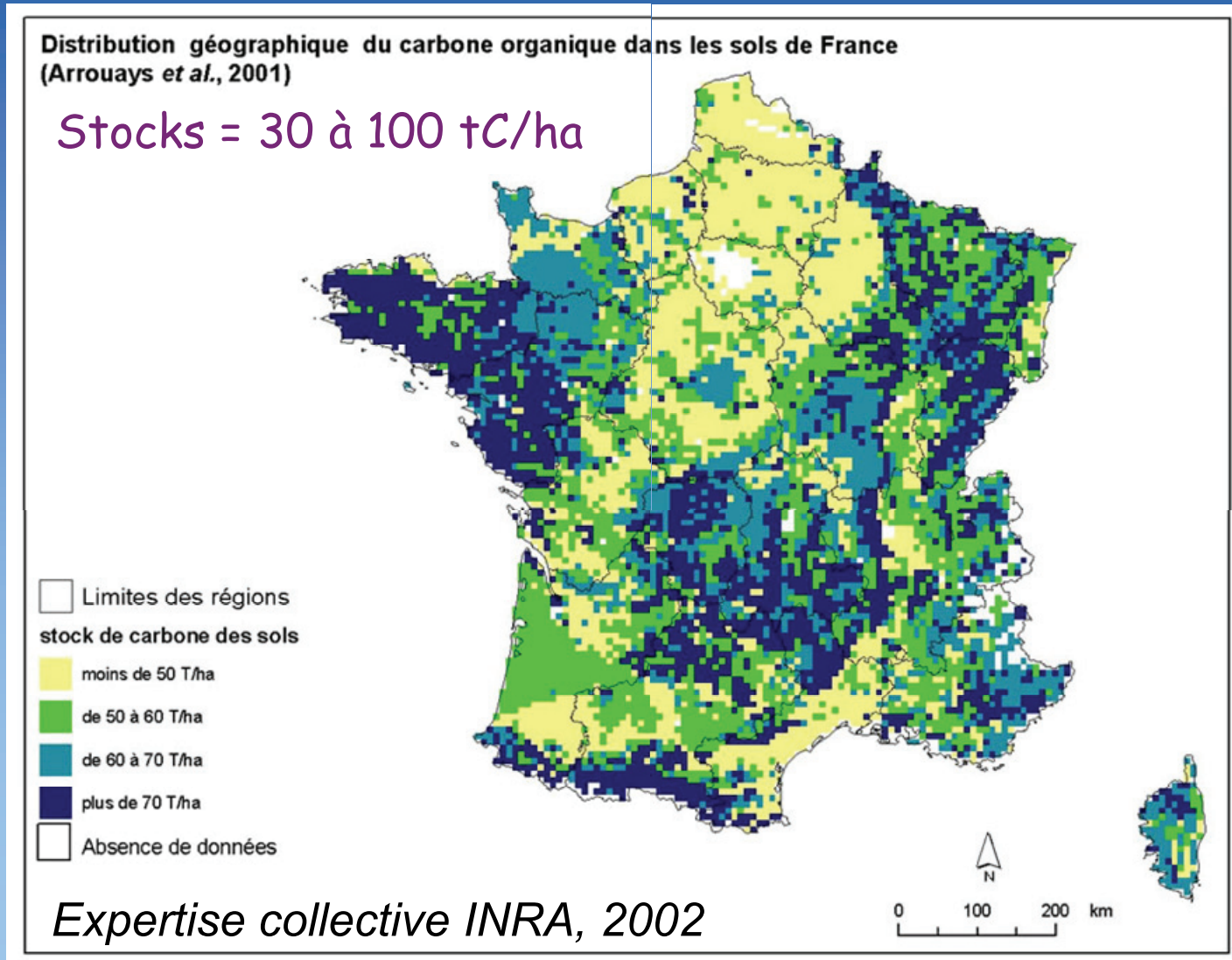


Changement d'utilisation des terres et stocks de carbone dans les sols



➔ **Déstockage plus rapide que stockage,
La prairie stocke autant qu'une forêt!**

En France, des stocks importants de C dans les régions d'élevage



L'enjeu des stocks de carbone des sols français

- Stocks de carbone de 3 milliards de tonnes dans les sols français
- Emissions françaises de C (CO₂) estimées à plus de 100 millions de tonnes par an
=> Soit environ 5 % des stocks dans les sols
- Une augmentation des stocks dans les sols de 0.2 % par an (6 Mt) compenserait 4% des émissions françaises de GES

Pratiques de gestion susceptibles d'accroître les stocks de C du sol

Effets escomptés et réels*	Autres effets environnementaux positifs	Effets secondaires environnementaux négatifs	Flux de stockage additionnel (scénario à 20 ans)
En terres labourées			
Non-labour	↘ l'érosion	↗ l'utilisation de pesticides ↗ émission de N ₂ O à confirmer	0,2 ± 0,13 tC/ha/an
Culture intermédiaire (engrais vert)	↘ les fuites de nitrates ↘ l'érosion	-	0,16 ± 0,08 tC/ha/an
Apports organiques exogènes		présence d'éléments traces métalliques (ETM)	ε en moyenne
Enherbement des vignes et vergers	↘ l'érosion	-	0,40 ± 0,25 tC/ha/an
Conversion en prairie permanente	↘ pollution, ↗ biodiversité...		0,50 ± 0,25 tC/ha/an
Afforestation	+ stockage dans biomasse ligneuse ↗ biodiversité	fermeture du paysage	0,45 ± 0,25 tC/ha/an
En prairies			
↗ de la durée des PT + intensification raisonnée		-	0,1 à 0,5 ± 0,25 tC/ha/an
Conversion de PT en PP à intensification >	↗ biodiversité ↘ pollutions	-	0,3 à 0,4 ± 0,25 tC/ha/an
Intensification modérée des PP pauvres		-	0,2 ± 0,25 tC/ha/an
Afforestation	+ stockage dans biomasse ligneuse	fermeture du paysage	Moins de 0,1 tC/ha/an
Implantation de haies	↗ biodiversité ↘ l'érosion ...		0,1 ± 0,05 tC/ha/an

Expertise collective INRA, 2002

4° Bilans carbone et GES des élevages de ruminants sur prairie



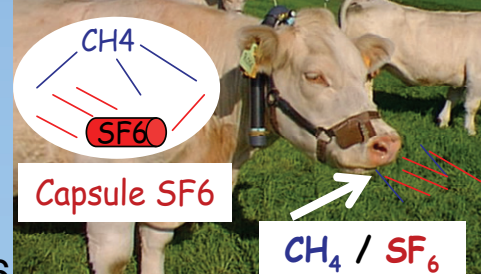
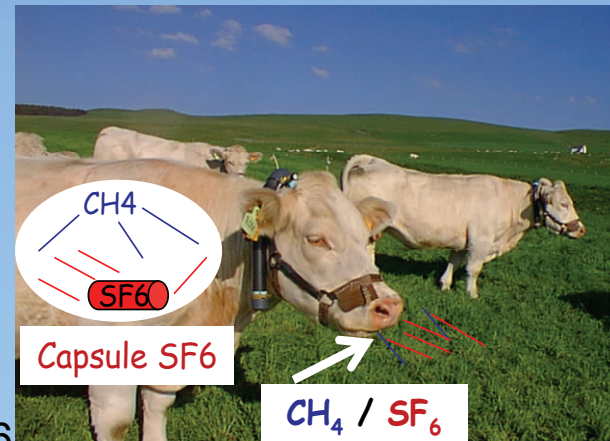
Flux de GES en prairie pâturée



(INRA, Laqueuille, 63)



Chambres automatiques de mesures des flux de N_2O

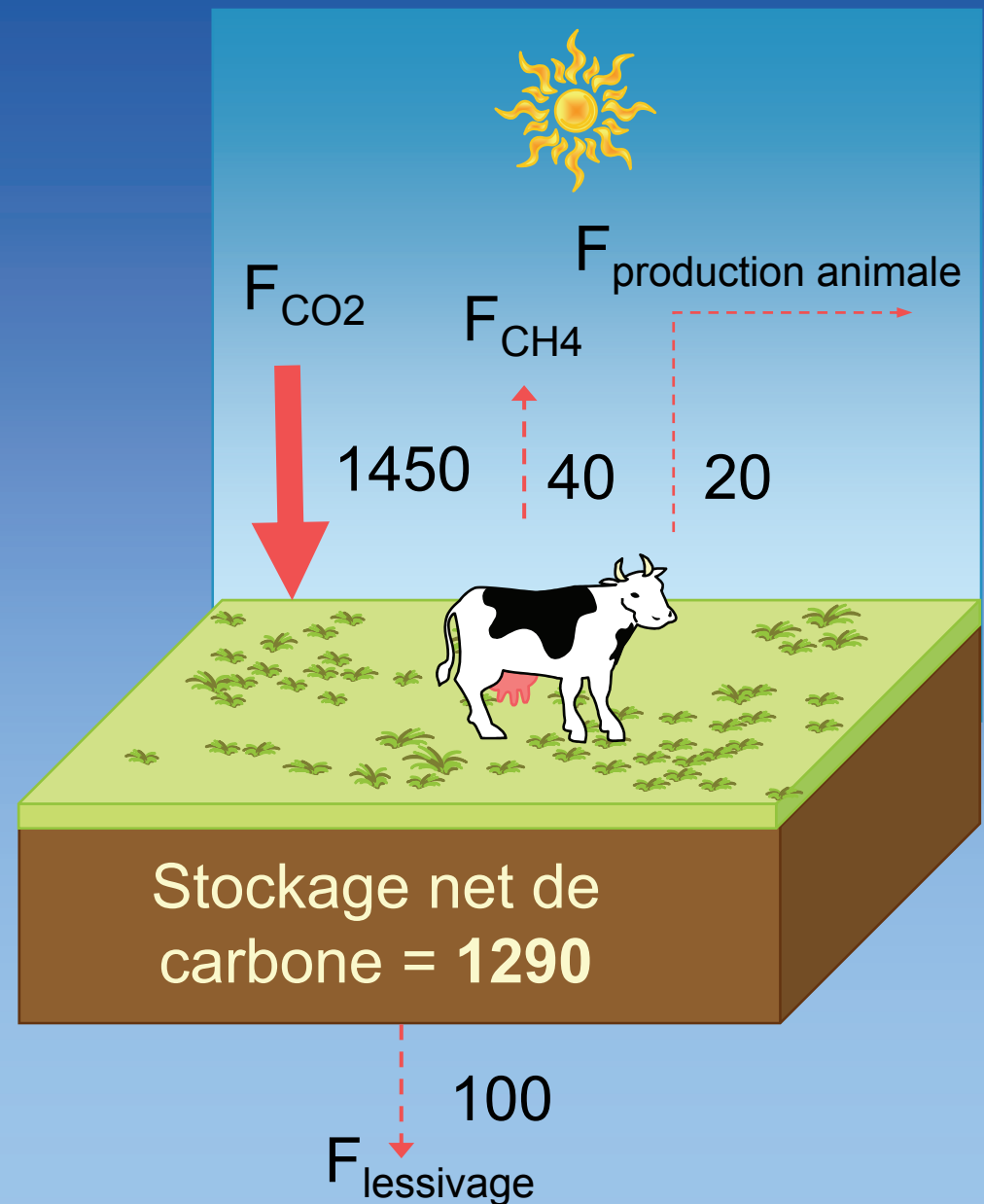


Traceur SF₆

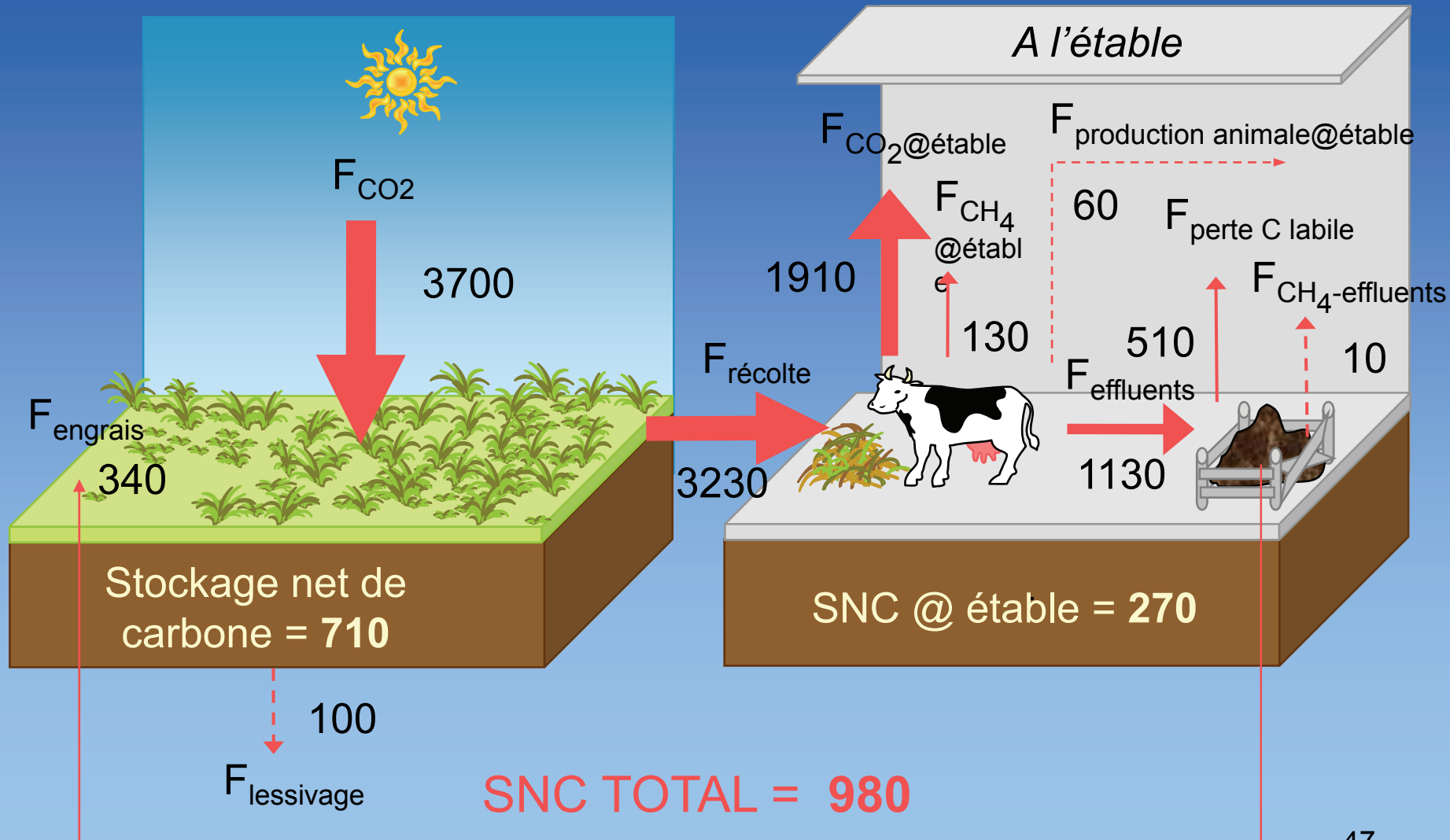
Projet européen GREENGRASS

9 sites
Bilan de carbone :
pâturage

(kg de carbone/ha/an)



Bilan de carbone : fauche (kg de carbone/ha/an)



Bilan de gaz à effet de serre (GHG) en prairies

Gestion	sur 9 sites européens Stockage Net Carbone SNC			Emission CH ₄		Emission N ₂ O		Σ émission (CH ₄ , N ₂ O)	Bilan GES
	parcelle	étable	Total	parcelle	étable	parcelle	étable		
Paturage	4710	0	4710	1450	0	220	0	1670	3200 puits
Fauche	2600	900	3590	0	4470	300	230	5000	-1410 source

- Une différence notable entre bilans GES et Carbone
- Le type de gestion a un impact sur le bilan de GES
- Pâturage semble le meilleur moyen de gestion pour améliorer le bilan GES, en réduisant les émissions de GES, et en stockant plus de carbone
- Ces hypothèses sont à confirmer sur d'autres sites

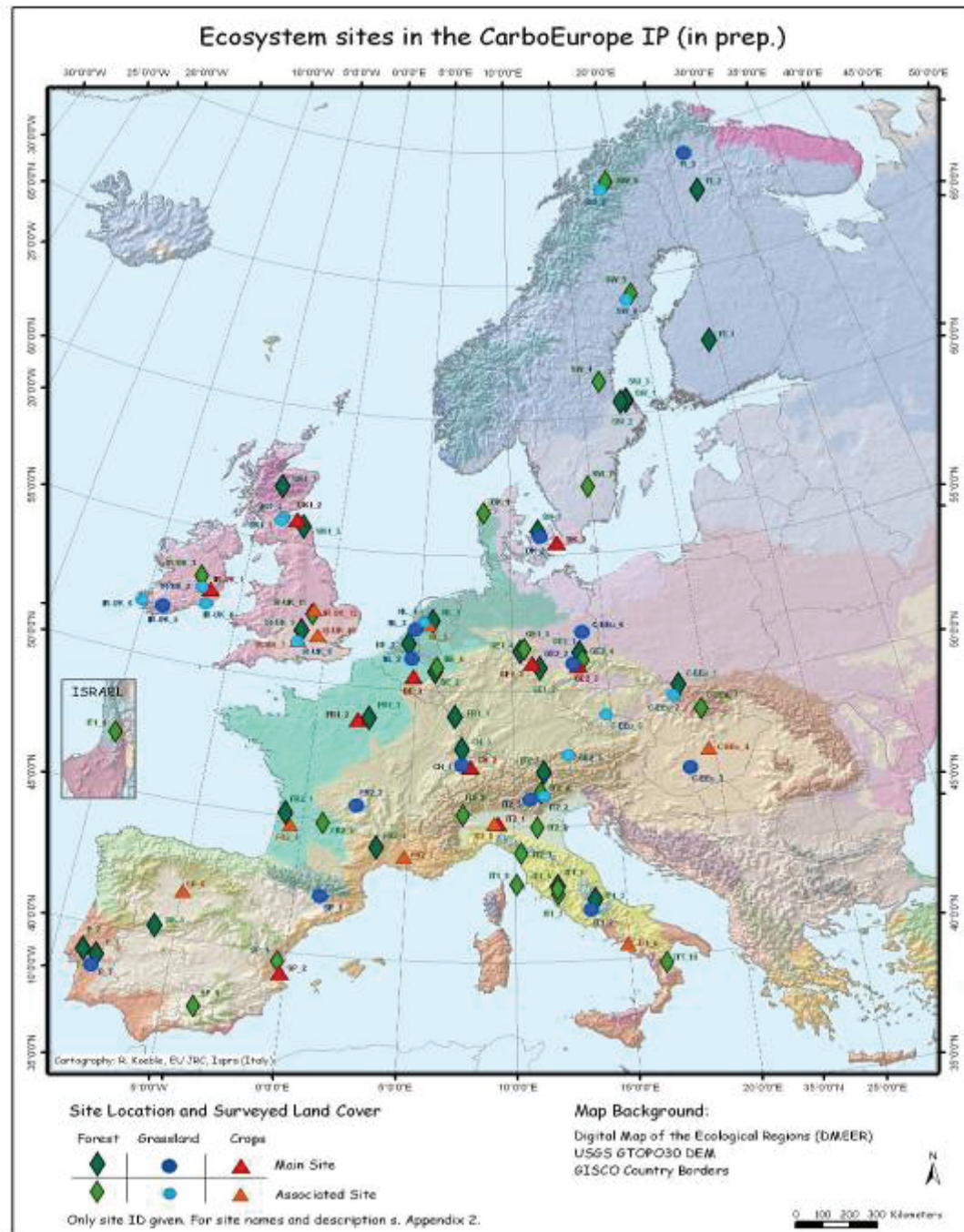
Un réseau de mesure des flux de CO₂ échangés par les écosystèmes (CarboEurope, 28 sites)

Sites :

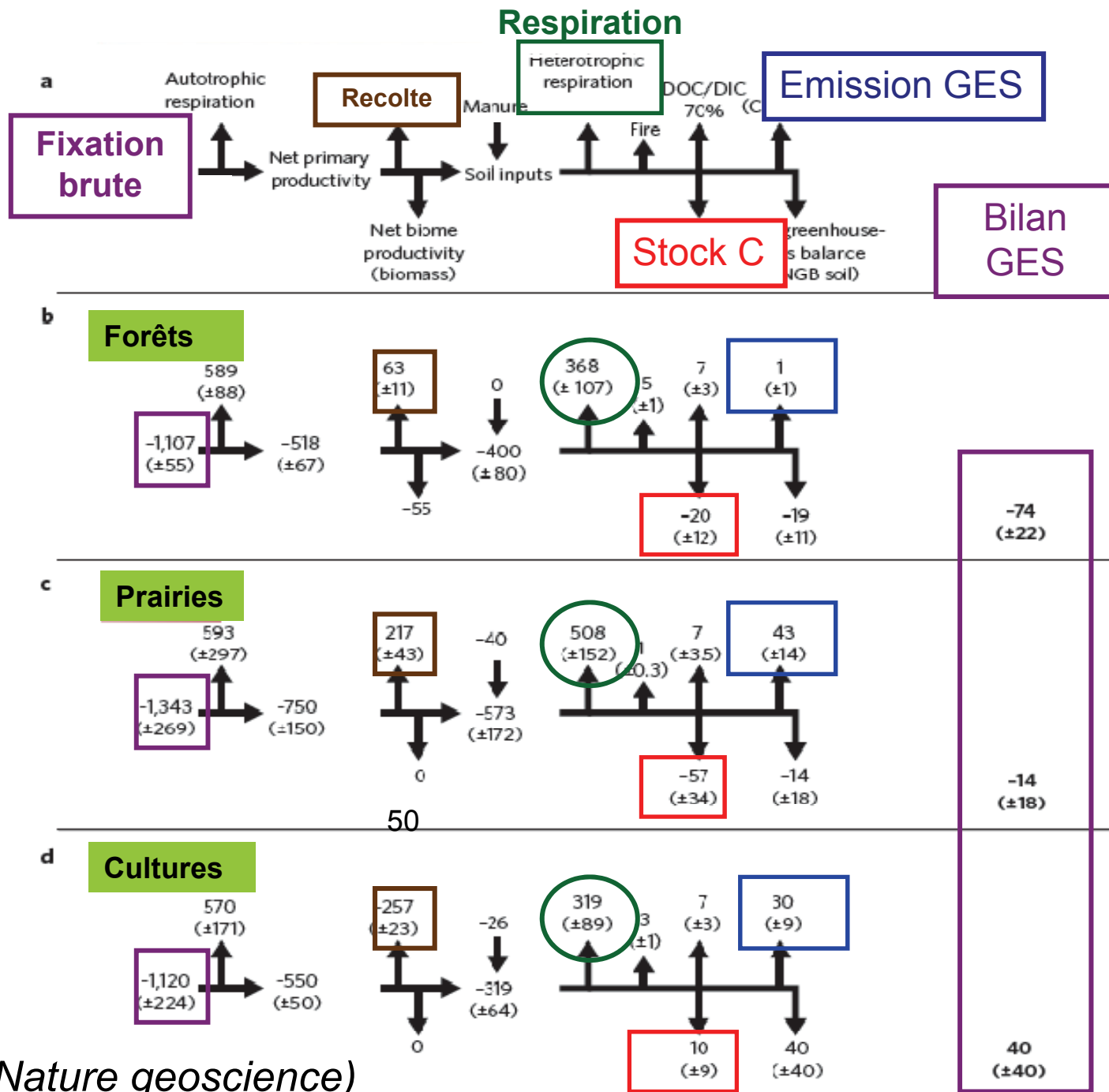
- Forêt

- Prairies et zones humides

- Cultures annuelles



Principaux résultats du projet CarboEurope (2005-2008) (g C /m²/an)



CONCLUSIONS



Les émissions actuelles de GES liées à l'agriculture pourraient augmenter rapidement du fait de la croissance de la population mondiale

Potentiel technique important de réduction des émissions nettes de GES, principalement grâce à une séquestration accrue de carbone dans les sols

MAIS instabilité du stock de carbone (extrêmes climatiques)

Il est donc important de considérer toutes les voies possibles de réduction des émissions, en réduisant notamment la consommation d'intrants

Des synergies entre adaptation de l'agriculture au changement climatique et réduction des émissions de gaz à effet de serre peuvent

Merci pour votre attention

