

# Agriculture, changement climatique et bilan carbone

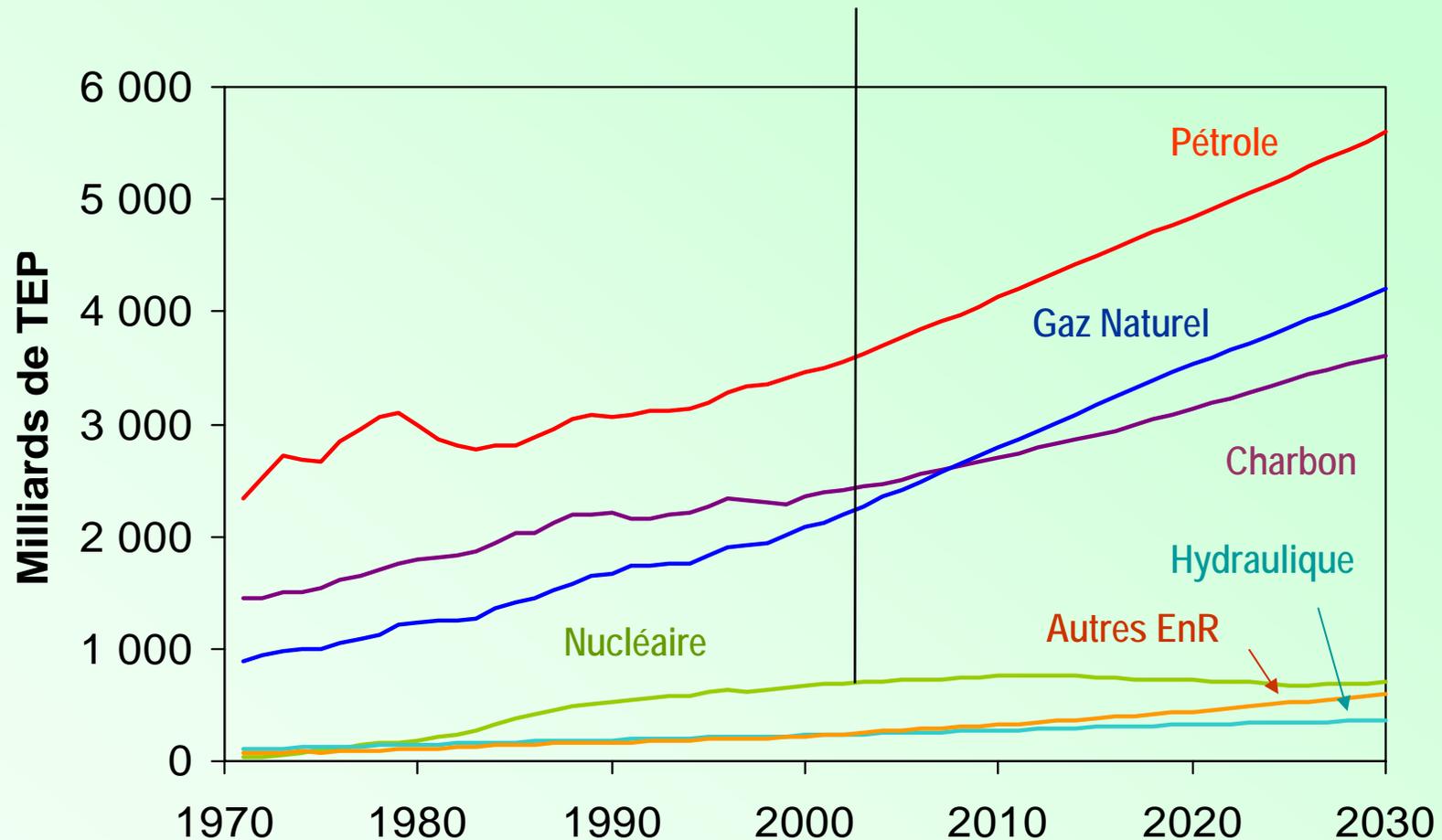
# Plan de la matinée

- 1<sup>ère</sup> partie : émissions de gaz à effet de serre et changement climatique
- 2<sup>ème</sup> partie : agriculture, énergie et émissions de gaz à effet de serre
- 3<sup>ème</sup> partie : agriculture et bilan carbone
- 4<sup>ème</sup> partie : exemple de résultat

# Préambule

## Énergie et environnement

# Evolution de la demande mondiale d'énergie par type d'énergie

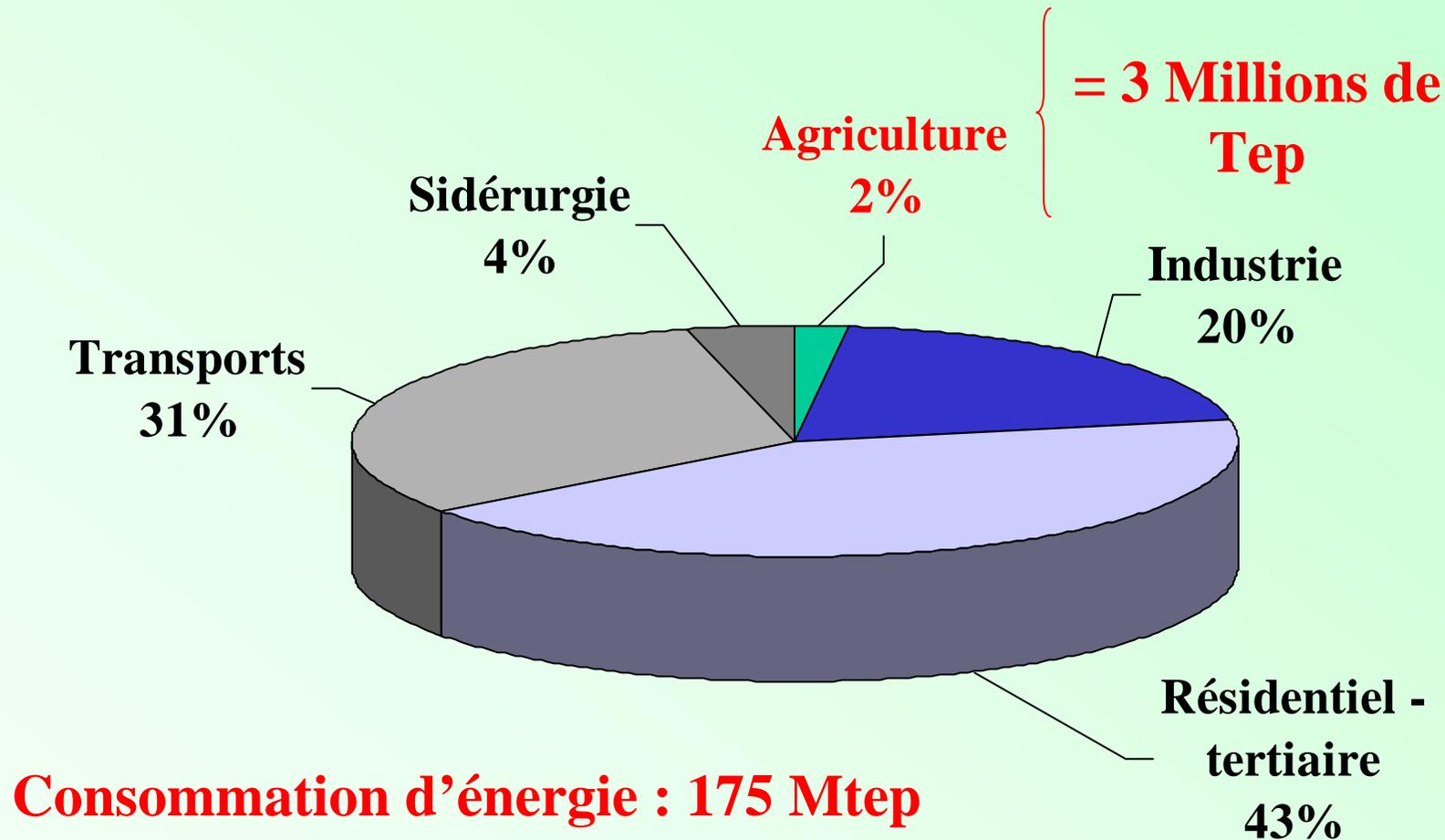


# Evolution des consommations françaises d'énergie

- France = environ **3%** des consommations mondiales d'énergie
- Une croissance de **26%** des consommations entre 2000 et 2030
- Une hausse de **38%** des émissions de gaz à effet de serre entre 2000 et 2030

Source : Observatoire de l'Energie

# Répartition des consommations d'énergie par secteur en 2002



Source : Observatoire de l'Énergie

# Consommation d'énergie et environnement

- **Dégradation de la qualité de l'air** (*90% du dioxyde de soufre, 50% des COVNM, 85% des particules, env 100% des NOx*)
- **Production de déchets** (*env 3 000 tonnes par an de combustibles irradiés dans l'UE*)
- **Pollution des mers et des océans** (*12 000 tonnes de pétrole rejeté chaque année dans les mers de l'UE*)
- **Émissions de gaz à effet de serre**

# 1ère Partie

## Émissions de gaz à effet de serre et changement climatique

# L'effet de serre : un phénomène naturel indispensable



Source : ADEME

# Les 6 gaz à effet de serre du Protocole de Kyoto

- **Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) :** *consommation d'énergie fossile, déforestation, procédés industriels*
- **Le méthane (CH<sub>4</sub>) :** *extraction, transport et consommation de gaz, fermentation entérique, fermentation des déjections animales, traitement des déchets*
- **Le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) :** *utilisation d'engrais azotés, émissions des sols agricoles*
- **Les halocarbures (PCF, HFC, SF<sub>6</sub>) :** *fuites des systèmes de réfrigération, production de mousses isolantes...*

# Gaz à effet de serre et impacts sur le climat

- 1 tCO<sub>2</sub> = 1 tonne équivalent CO<sub>2</sub>
- 1 tCH<sub>4</sub> = 21 tonnes équivalent CO<sub>2</sub>
- 1 tN<sub>2</sub>O = 310 tonnes équivalent CO<sub>2</sub>
- 1 tPFC = 6 500 à 9 200 tonnes équivalent CO<sub>2</sub>
- 1 tSF<sub>6</sub> = 23 900 tonnes équivalent CO<sub>2</sub>
- 1 tHFC = 140 à 11700 tonnes équivalent CO<sub>2</sub>

# La notion d'émission anthropique

- **Les émissions anthropiques = les émissions de gaz à effet de serre liées à l'activité humaine** (on exclut : les éruptions volcaniques, les zones humides naturelles...)
- **Les principales sources** : consommation d'énergies fossiles, traitements des déchets, agriculture et riziculture, déforestation, procédés industriels, fuites et évaporations, production de froid...

# Les émissions anthropiques françaises de GES en 2002

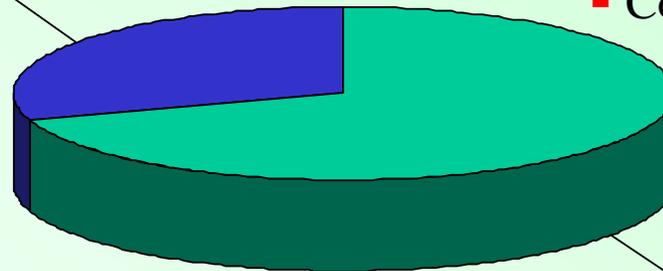
**561 Millions de TeqCO<sub>2</sub>**

- Consommation de carburants (52%)
- Consommation de fiouls (22%)
- Consommation de gaz (19%)
- Consommation d'électricité (7%)

Emissions non  
énergétiques  
30%

**= 168 Millions de  
TeqCO<sub>2</sub>**

- Agriculture (60%)
- Procédés industriels (21%)
- Traitements des déchets (9%)
- Résidentiel/Tertiaire (4%)
- Autres (6%)



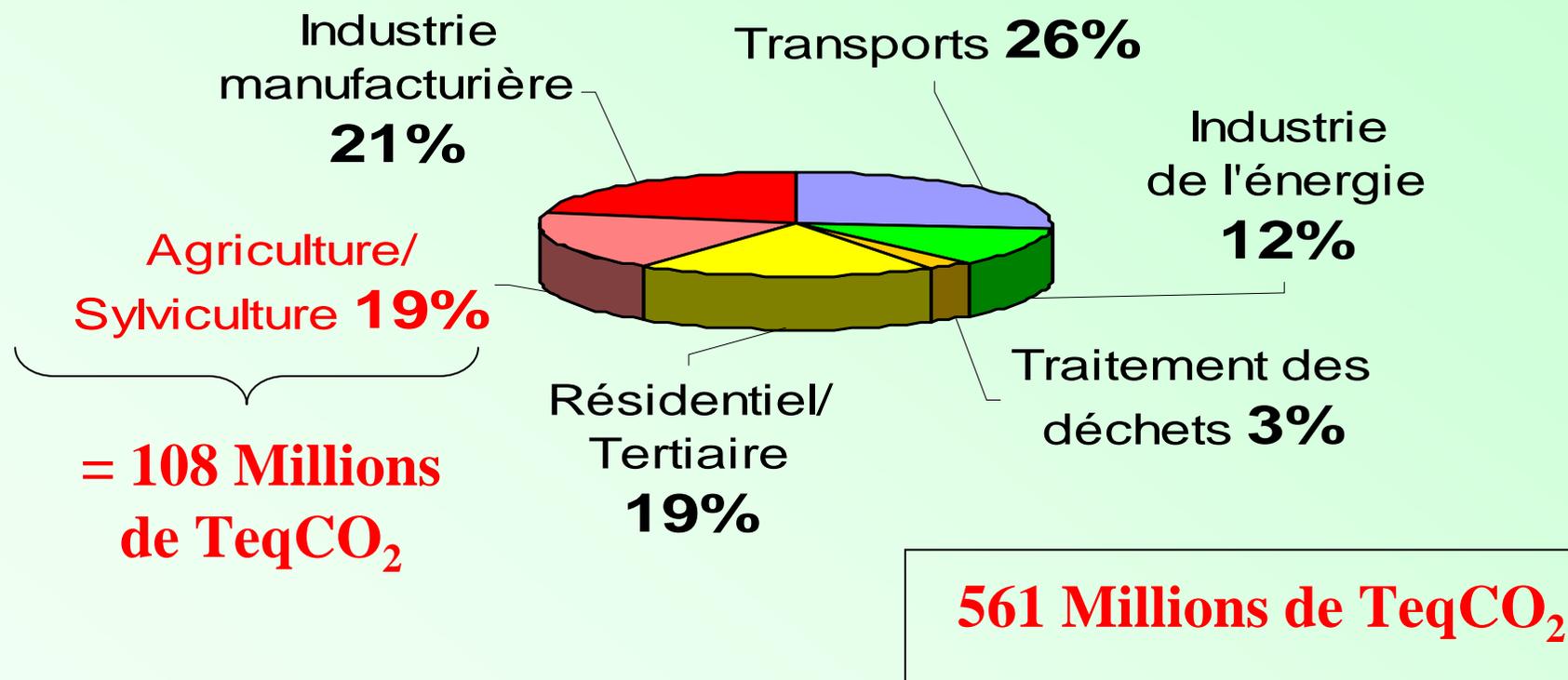
**= 393 Millions de  
TeqCO<sub>2</sub>**

Emissions  
énergétiques  
70%

Source : MIES – CITEPA  
inventaire PNLCC

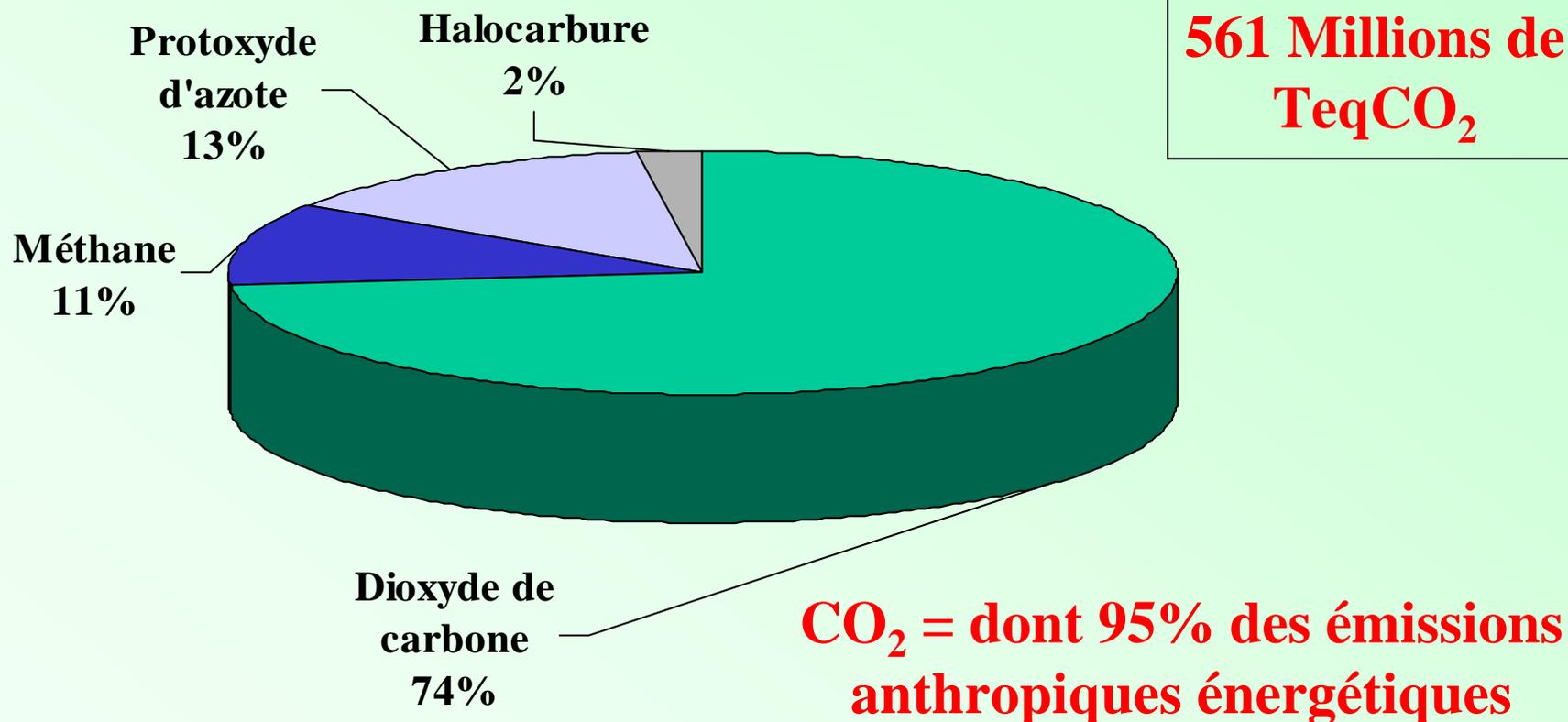
Agriculture et changement  
climatique

# Répartition des émissions anthropiques de GES (2002)



Source : MIES – CITEPA inventaire PNLCC

# Répartition des émissions anthropiques de GES (2002)



Source : MIES – CITEPA inventaire PNLCC

# Les conséquences observées du réchauffement climatique

- + **0,7°C** de hausse des températures moyennes au cours du 20<sup>ème</sup> siècle (+ 0,9°C pour la France)
- + **15 cm** pour le niveau des mers et des océans au cours du 20<sup>ème</sup> siècle
- Décalage des **périodes de floraison et de récoltes**
- Modification des **périodes et des trajectoires de migration** (*oiseaux, ressources halieutiques*)
- **Recul des glaciers**, diminution des jours de gel, diminution des périodes de gel des cours d'eau.

# Les conséquences attendues du changements climatiques d'ici 2100

- Hausse de  $1.4^{\circ}\text{C}$  à  $5.8^{\circ}\text{C}$  de la température moyenne à la surface de la terre,
- Hausse de 20 à 88 cm du niveau des mers,
- Modification du régime des précipitations,
- Modification de l'intensité et de la fréquence des phénomènes climatiques extrêmes.

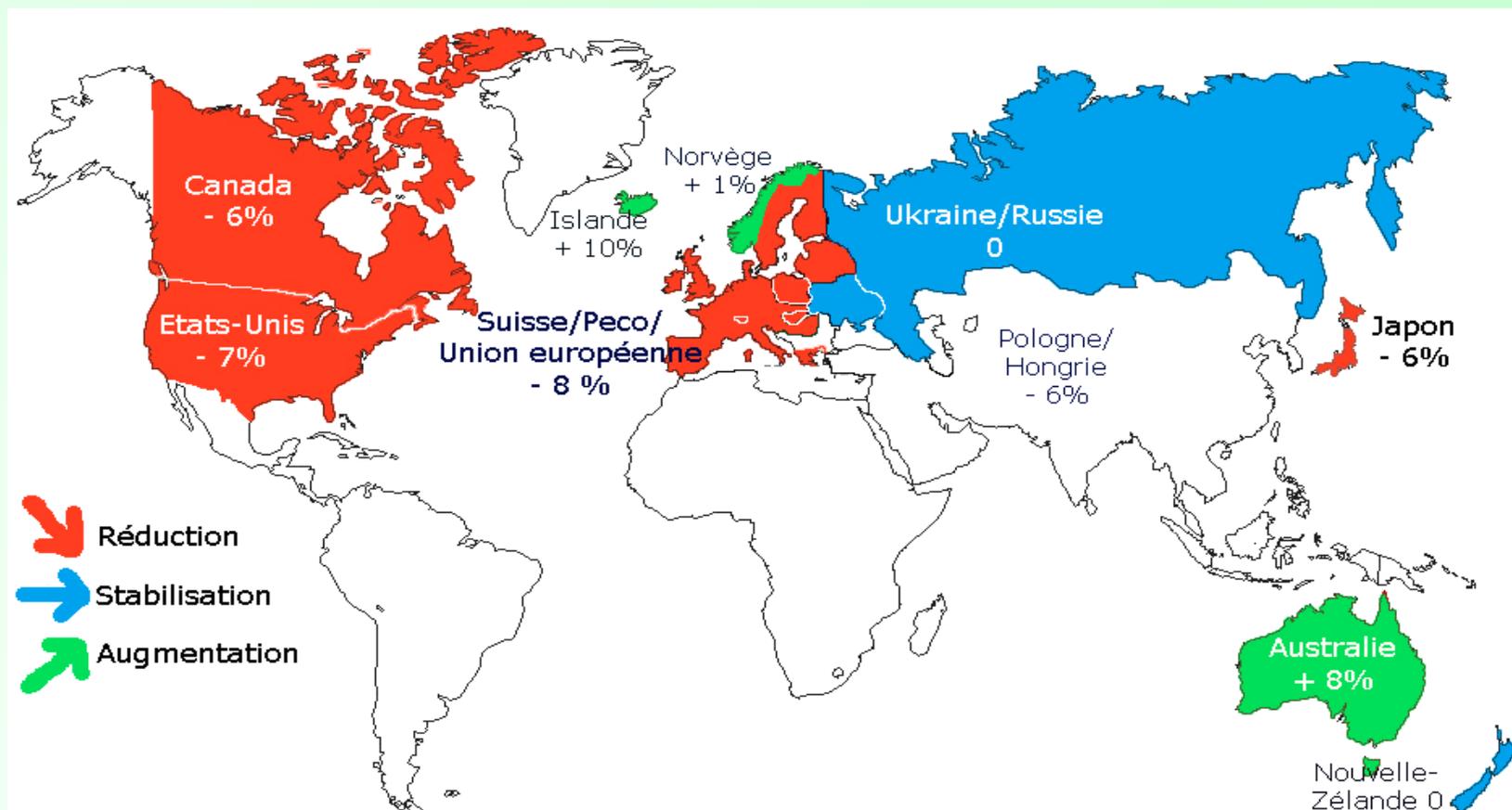
# Les réponses politiques

- Au niveau international : le **Protocole de Kyoto**
- Au niveau européen : la stratégie européenne de lutte contre le changement climatique
- Au niveau national : le **Plan Climat**

# Le Protocole de Kyoto (aujourd'hui ratifié)

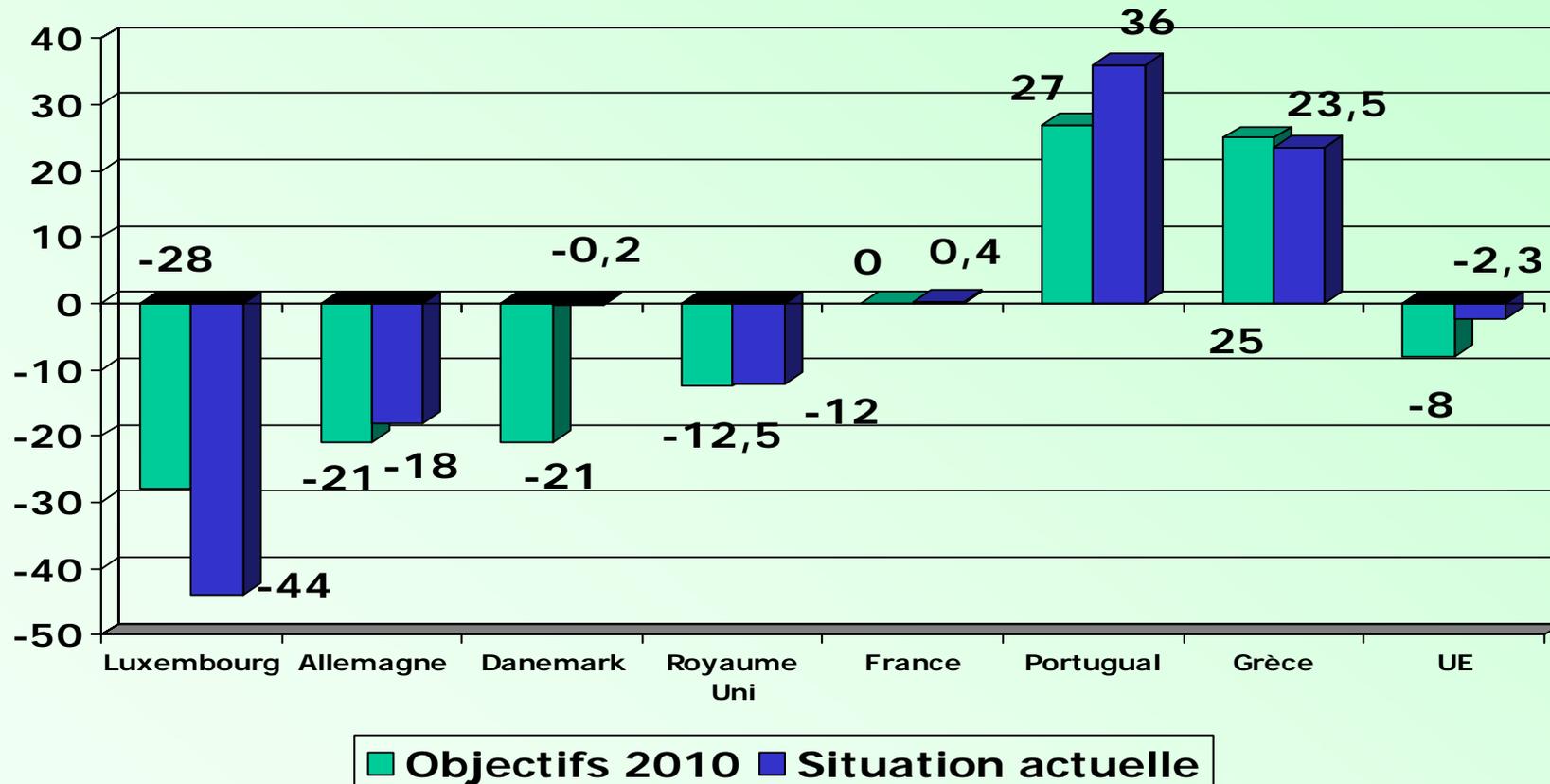
- **Obligation** pour les pays industrialisés de réduire leurs émissions de **5,2%** entre 1990 et la période 2008 - 2012
- **Obligation** de fournir des inventaires des émissions de GES
- Mise en place de **mécanismes projets** et de **mécanismes de flexibilité** (MDP, MOC)

# Répartition des efforts de réduction dans le monde

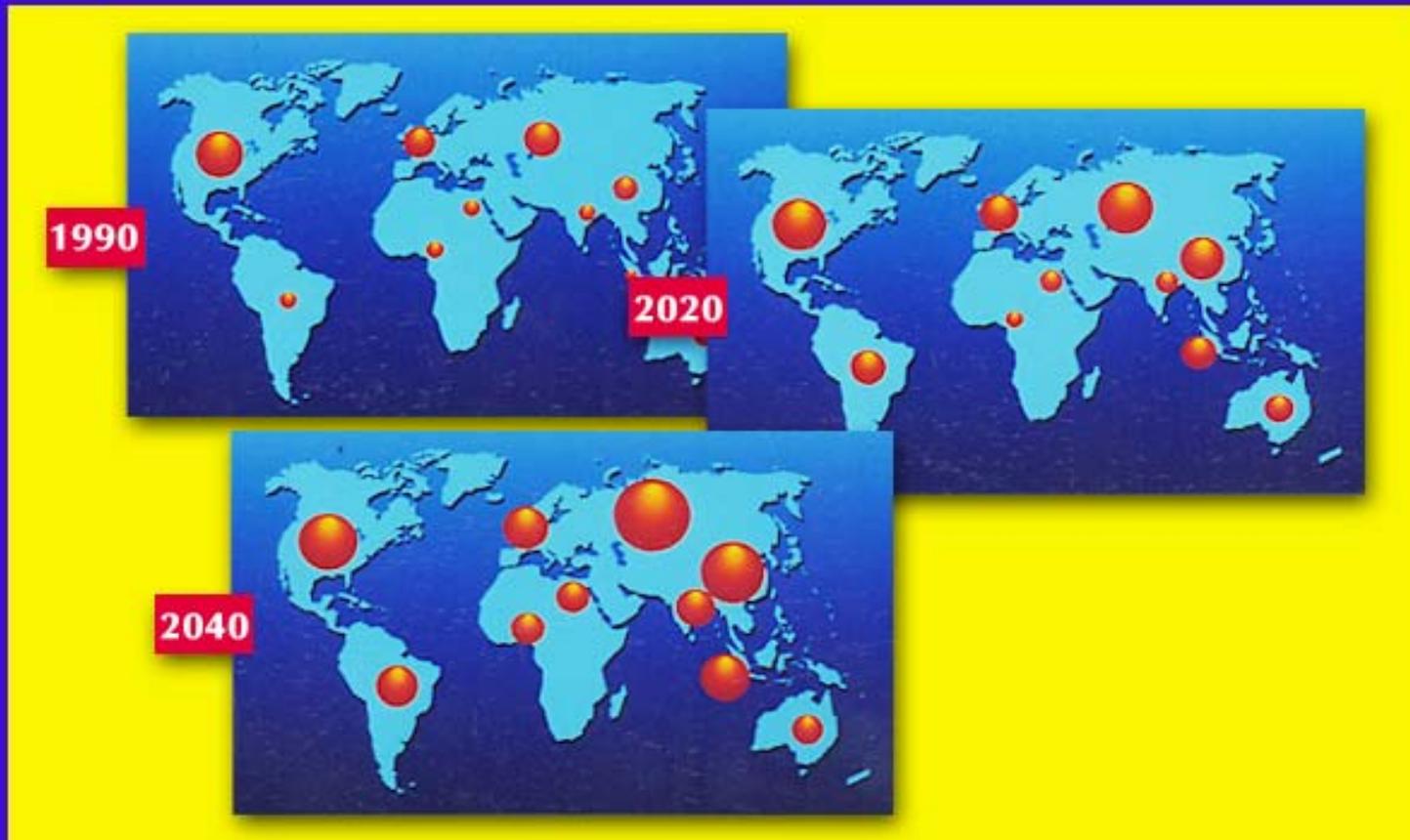


# Répartition des efforts de réduction en Europe (2002)

Unité : %



# Les enjeux du Protocole de Kyoto



# Les enjeux de réduction des émissions à long terme

- Environ 6 milliards de T<sub>eq</sub>C émises chaque année dans l'atmosphère
- Seules 3 milliards de T<sub>eq</sub>C sont absorbées par les puits de carbone
- 3 milliards de T<sub>eq</sub>C s'accumulent chaque année dans l'atmosphère

# Réduction des émissions : quels objectifs de long terme

- **Objectif** : stabiliser les concentrations de GES dans l'atmosphère
- **Comment ?** en n'émettant pas plus de GES que ce que la biosphère peut absorber
- **Enjeux** : diviser par 2 les émissions mondiales de GES d'ici 2050

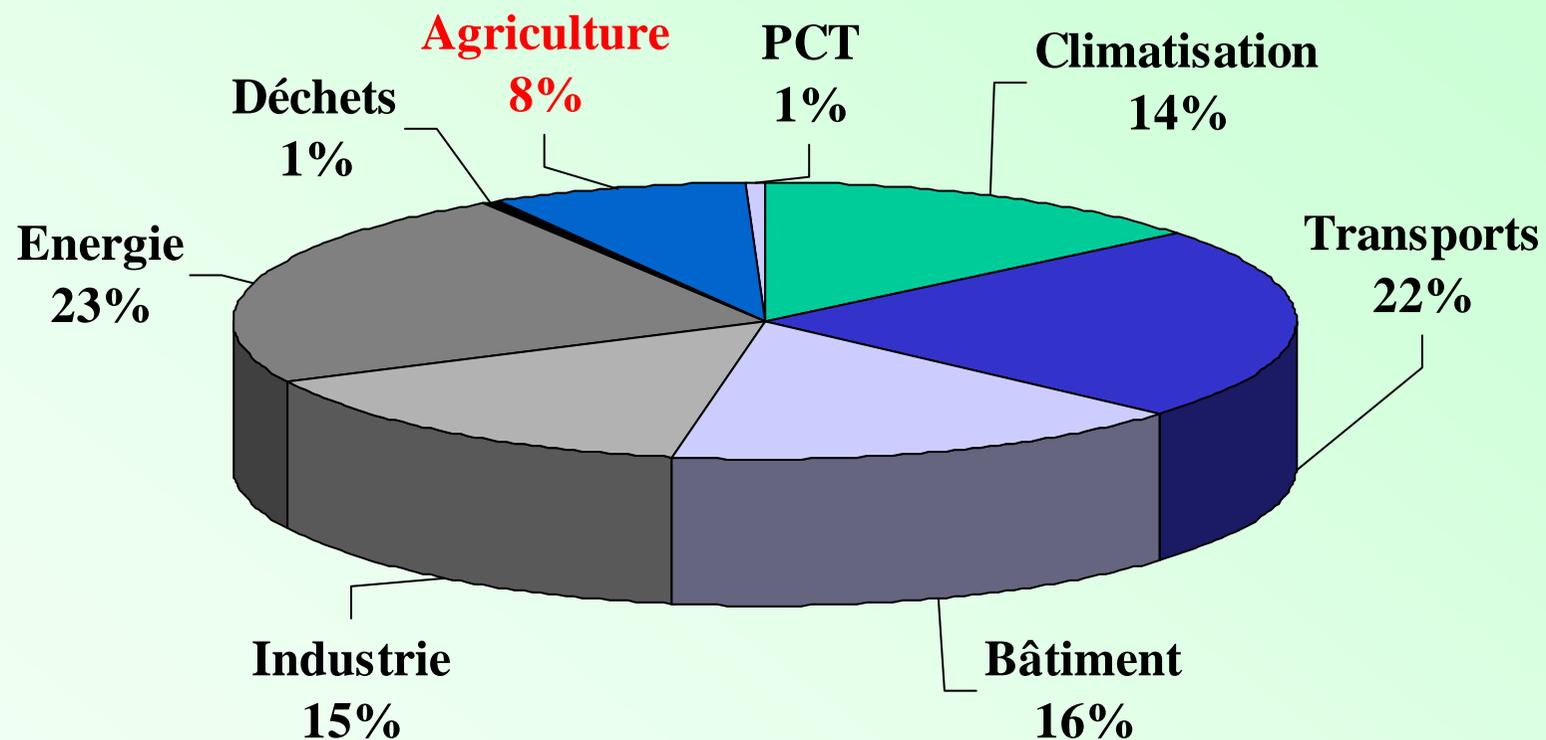
# Objectif pour la France

- Un français émet en moyenne 9 tonnes équivalent CO<sub>2</sub> par an
- Il ne devra pas émettre plus de 2 tonnes par an d'ici 2050
- Une division par quatre des émissions françaises d'ici 2050 est nécessaire (*dite facteur 4*)

# Le Plan climat 2004

- Permettre à la France de respecter les engagements de Kyoto sans faire appel aux mécanismes de flexibilité
- Réduire les émissions françaises de GES de 73 MteCO<sub>2</sub> d'ici 2010
- 75 millions d'euros mis à disposition d'ici 2010

# Répartition des efforts par secteur



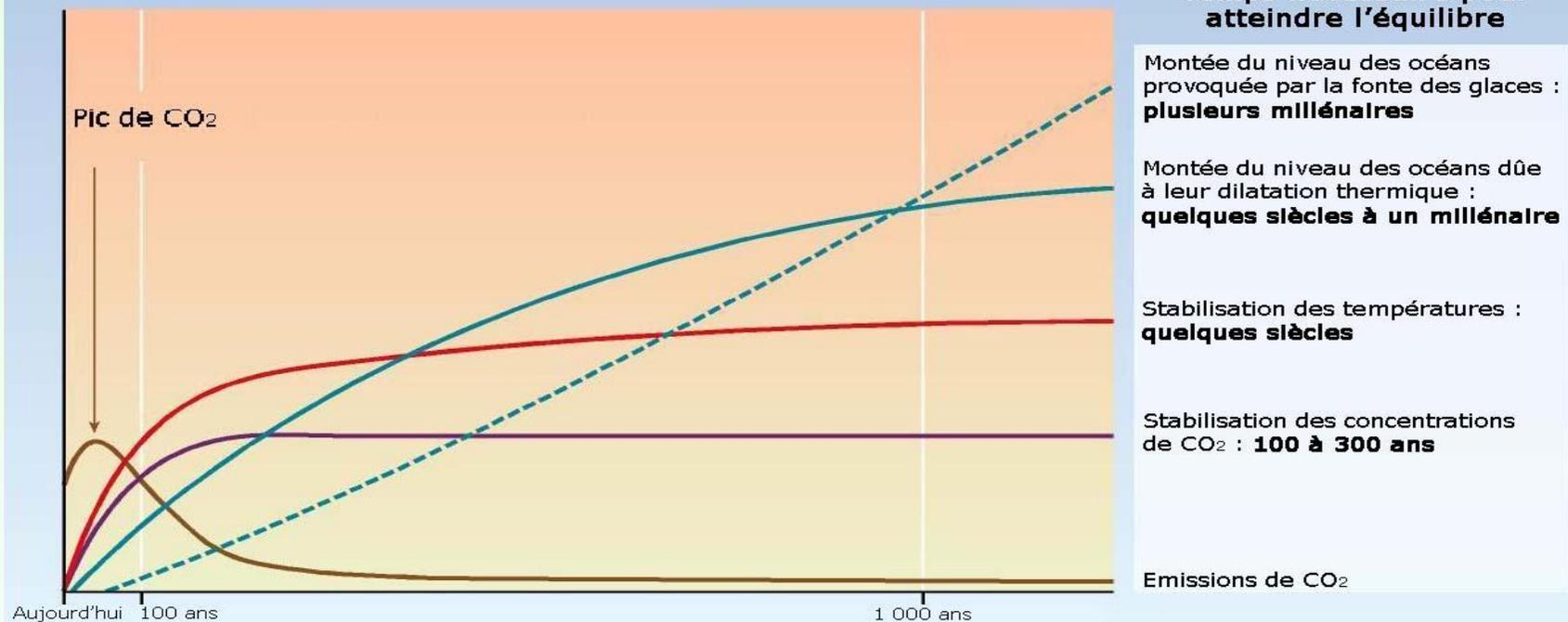
# Le Plan climat 2004

La France dont les émissions sont relativement faibles aura des difficultés à les réduire encore

Compte-tenu de l'importance des surfaces agricoles, l'accumulation du carbone dans les sols agricoles devient un enjeu stratégique

# Le changement climatique dans le temps

La concentration de CO<sub>2</sub>, la température et le niveau des océans continuent d'augmenter longtemps après la réduction des émissions de gaz à effet de serre



Source : IPCC (Groupement international d'experts sur les changements climatiques)

## 2ème Partie

# Agriculture, énergie et changement climatique

# Agriculture, énergie et changement climatique

- 2% du bilan énergétique final français en 2003
- 19% des émissions nationales de gaz à effet de serre (des émissions essentiellement non énergétiques)
- Une baisse de 6,4% des émissions entre 1990 et 2002
- Des émissions essentiellement constituées de  $N_2O$  et de  $CH_4$
- Un puit de carbone non négligeable (env 11% des émissions nationales)

# Agriculture, énergie et changement climatique

## *Quelques ordres de grandeurs d'émissions*

- La fabrication des produits phytosanitaires  
2.5 teC par tonne de matière active

## La fabrication des engrais

Type d'engrais	Contenu en carbone
Urée	1.46 kg éq C/kg N
Nitrate d'ammoniaque	1.11 kg éq C/kg N
Tri Superphosphate (TSP)	0.74 kg éq C/kg N
Fumier en tas	0.9 kg éq C/kg N
Lisier	0.88 kg éq C/kg N

## Les émanations de protoxyde d'azote

Poids de N<sub>2</sub>O émis = 1.77% \* (poids de l'azote épandu)

# Agriculture, énergie et changement climatique

*Quelques ordres de grandeurs*

## La fermentation entérique et déjections animales

Emissions annuelles par animal	Fermentation entérique : CH <sub>4</sub>	Déjections CH <sub>4</sub>	Kg éq C du CH <sub>4</sub>
Vaches laitières	100	51	956
Vaches allaitantes	80	33	711
Taureaux	76	32	681
Génisses, taurillons	46	19	415
Broutards, veaux	15	6	136
Bœuf	53	22	474

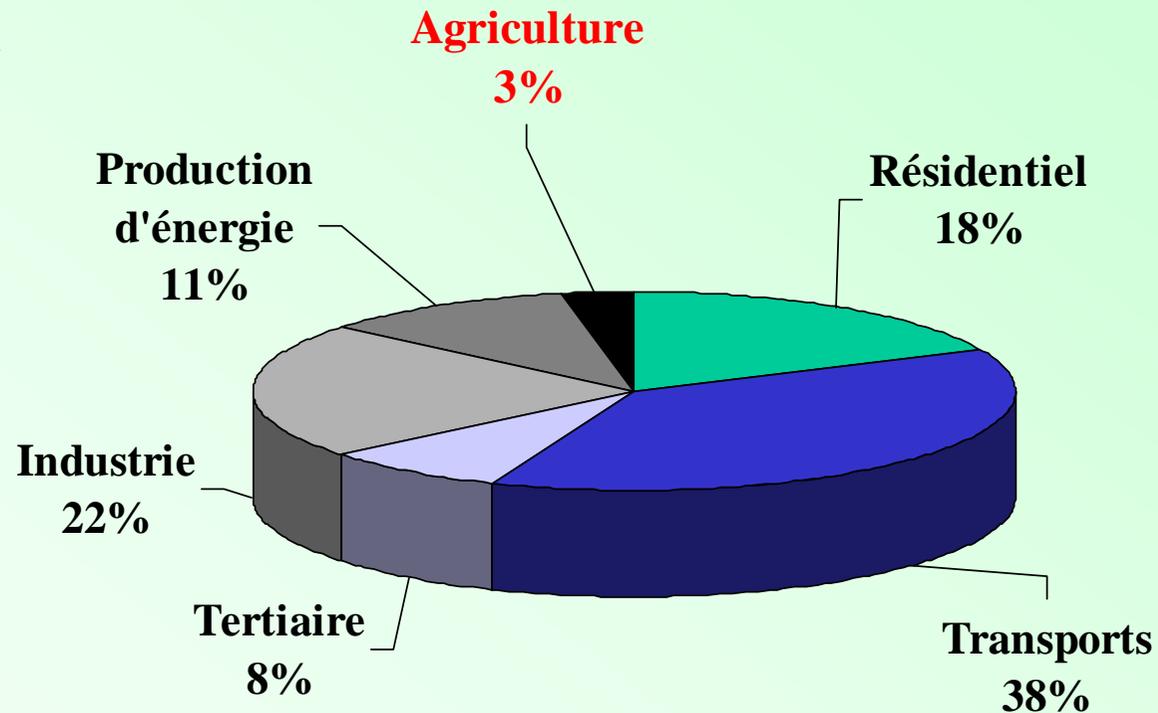
## Exemple d'émissions des productions agricoles

Blé : 82 kg eqC/t MS  
Maïs fourrage : 24 kg eqC/t MS

# Agriculture et émissions énergétiques de GES

- Consommation des bâtiments agricoles (éclairage, chauffage, climatisation...)
- Consommation des engins agricoles
- Pompe d'irrigation
- Séchage...

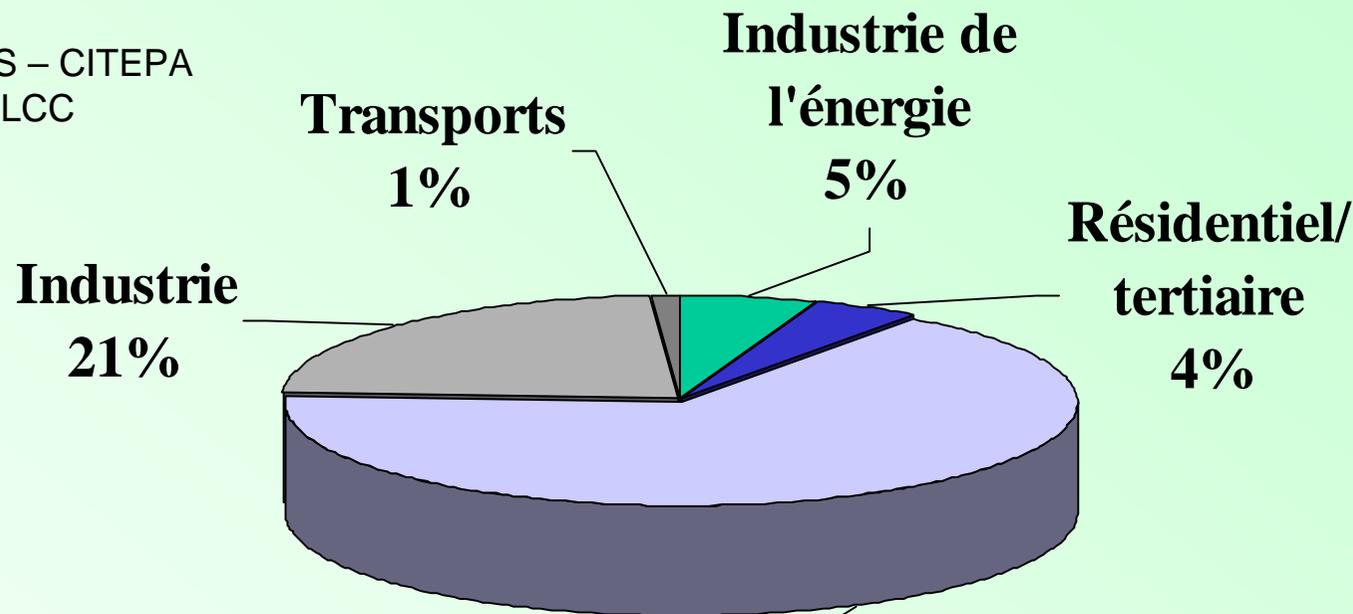
**= 10 Millions de  
Teg CO<sub>2</sub>**



Source : MIES – CITEPA  
inventaire PNLCC

# Agriculture et émissions non énergétiques de GES

Source : MIES – CITEPA  
inventaire PNLCC

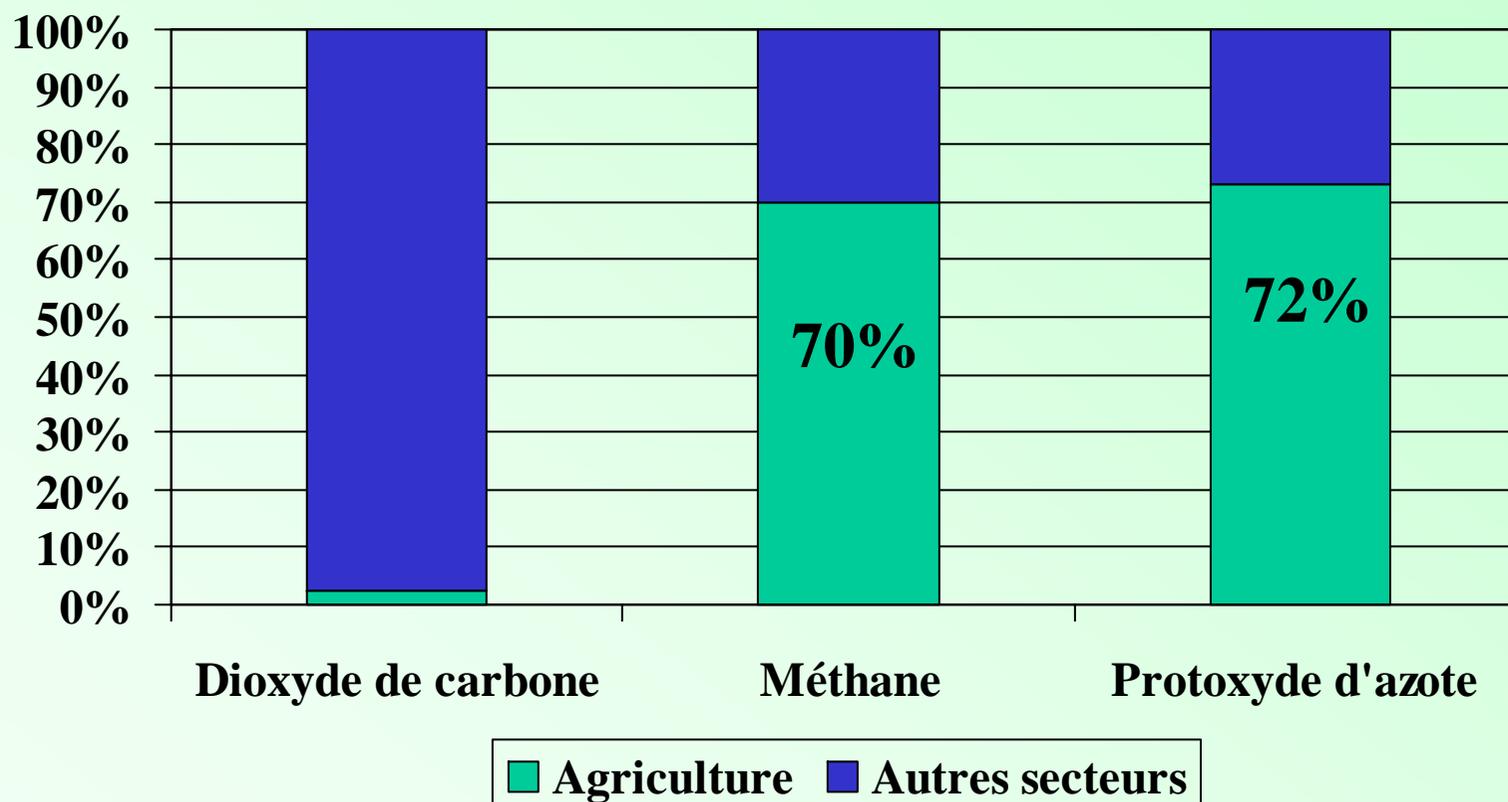


- Fermentation entérique (30%)
- Déjections animales (18%)
- Sol et engrais azotés (52%)

**Agriculture**  
**60%**

**= 98 Millions  
de TeqCO<sub>2</sub>**

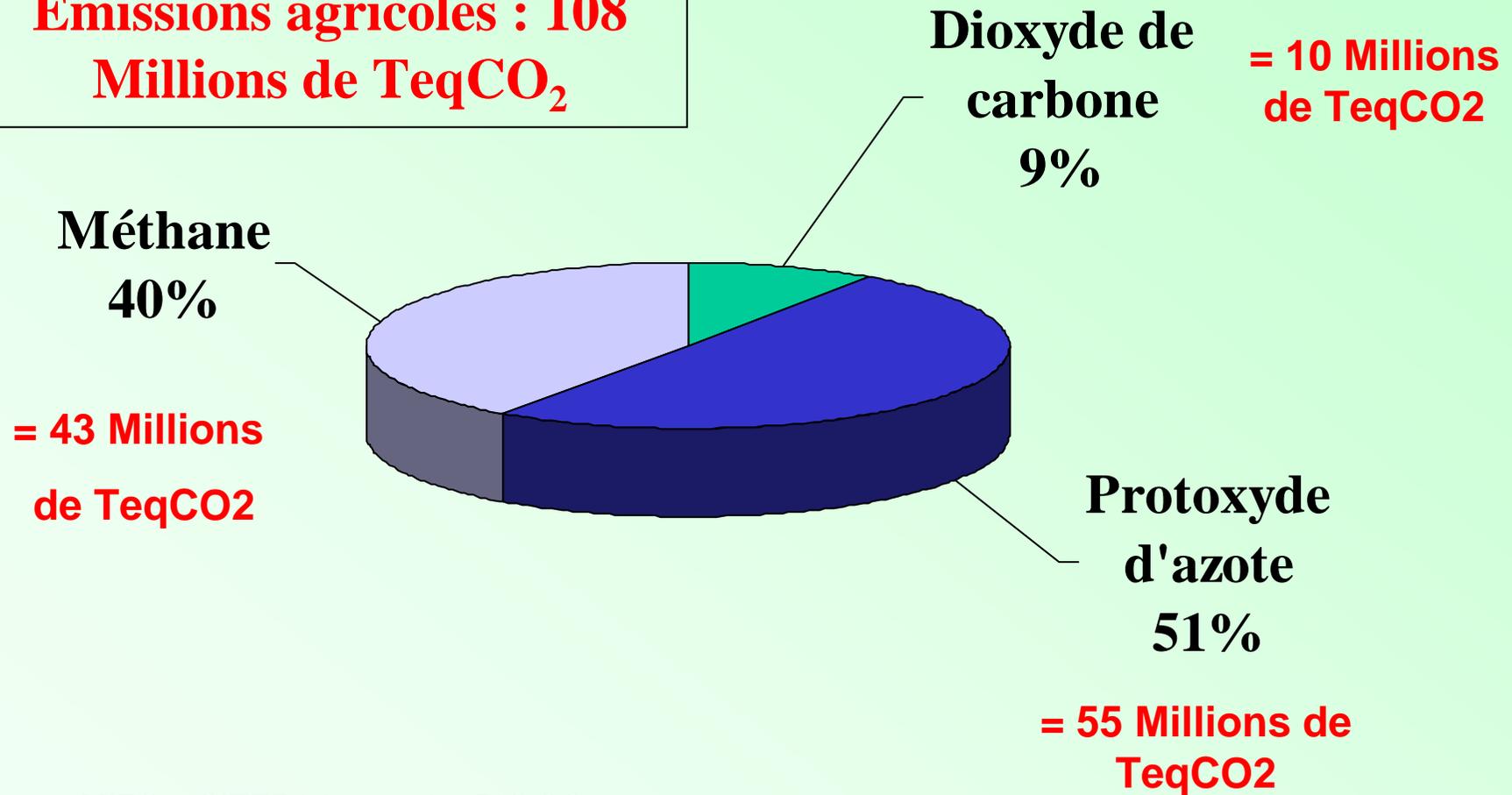
# Part de l'agriculture dans les émissions françaises en 2002



Source : MIES – CITEPA

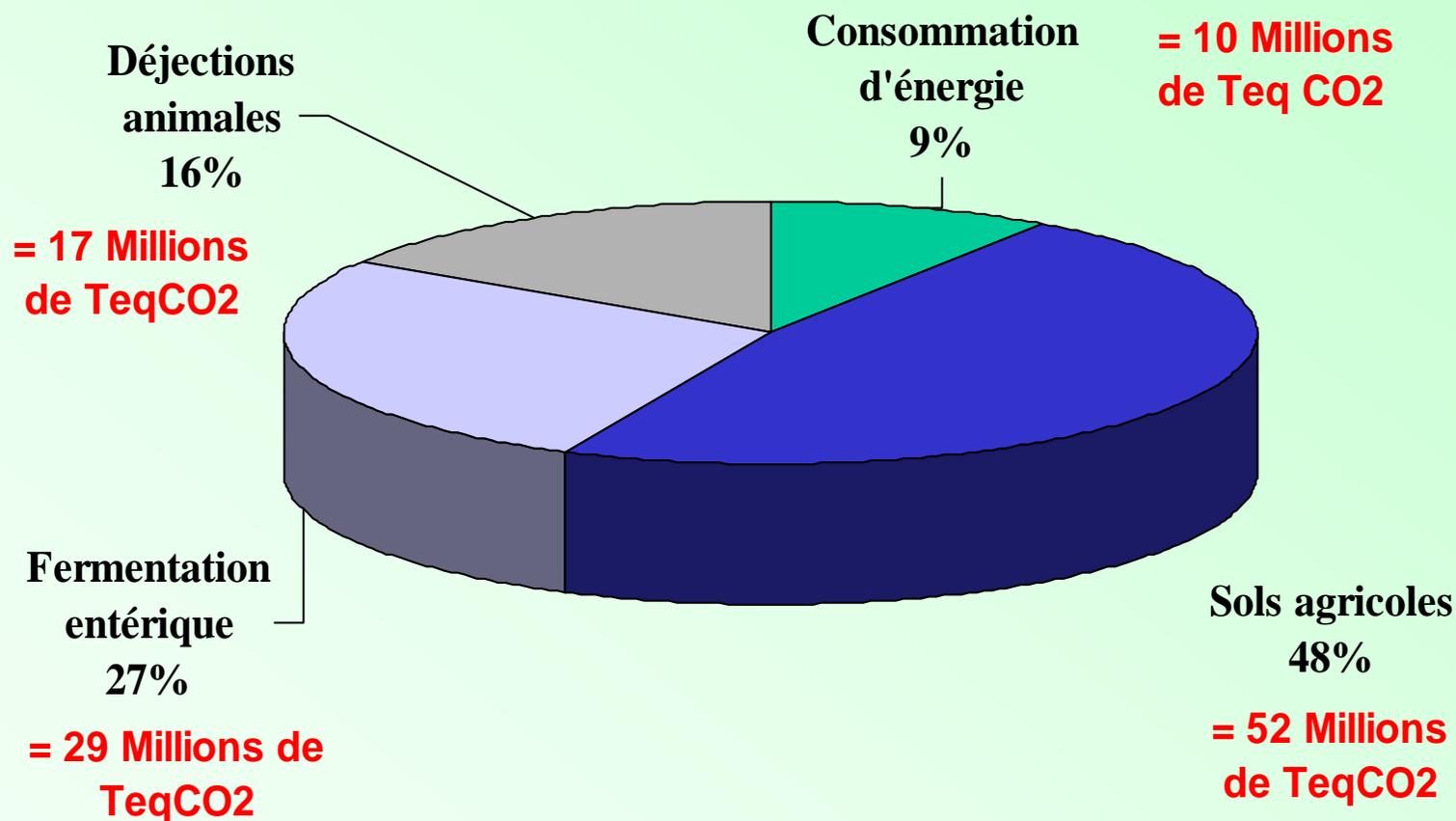
# Répartition des émissions agricoles par type de gaz en 2002

**Émissions agricoles : 108  
Millions de TeqCO<sub>2</sub>**



Source : MIES – CITEPA inventaire PNLCC

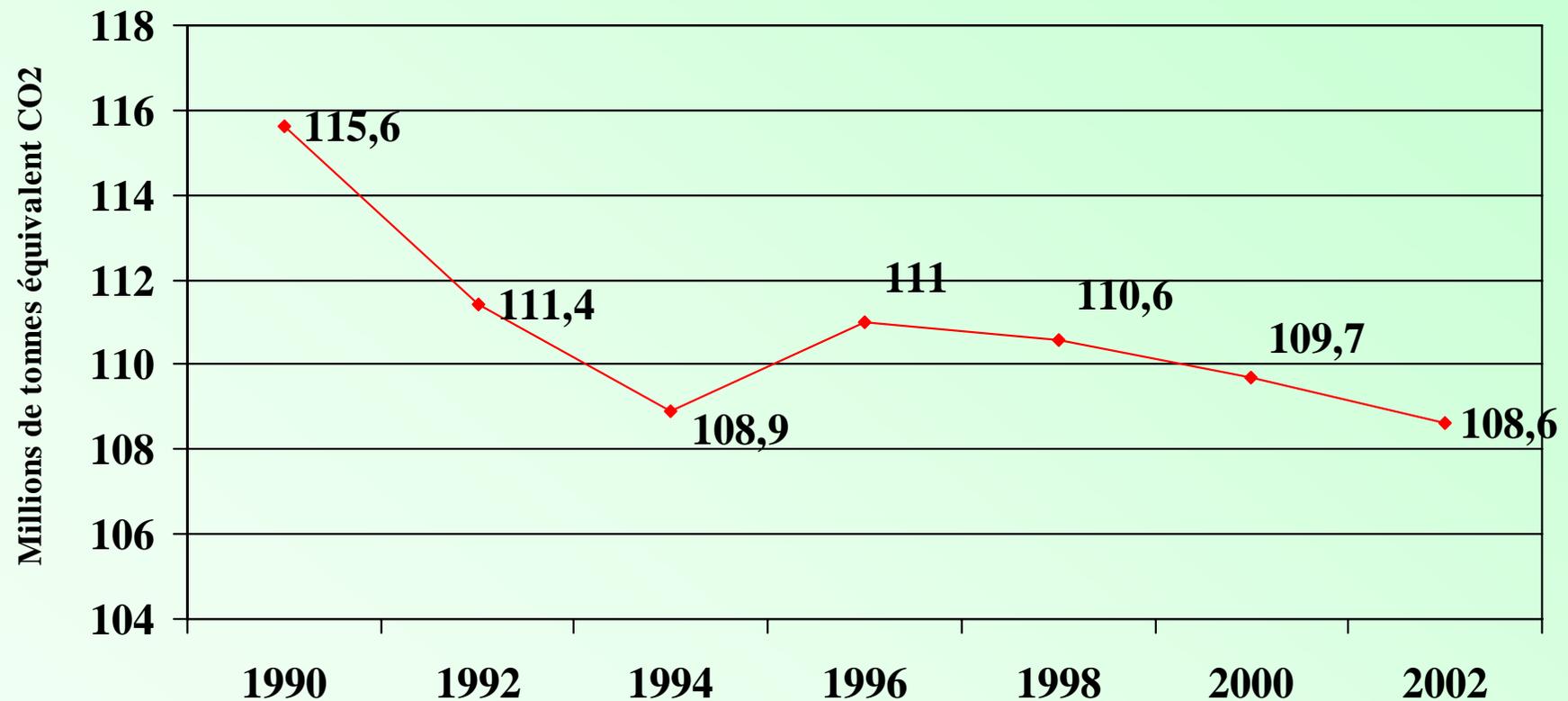
# Répartition des émissions de GES de l'agriculture française en 2002



Source : MIES – CITEPA inventaire PNLCC

# Évolutions des émissions de l'agriculture/sylviculture

**Une baisse de 6,4% entre 1990 et 2002**



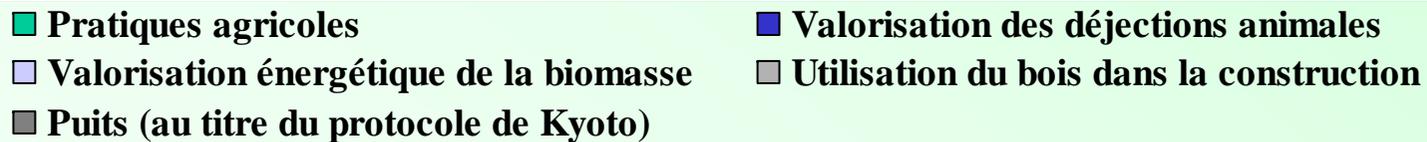
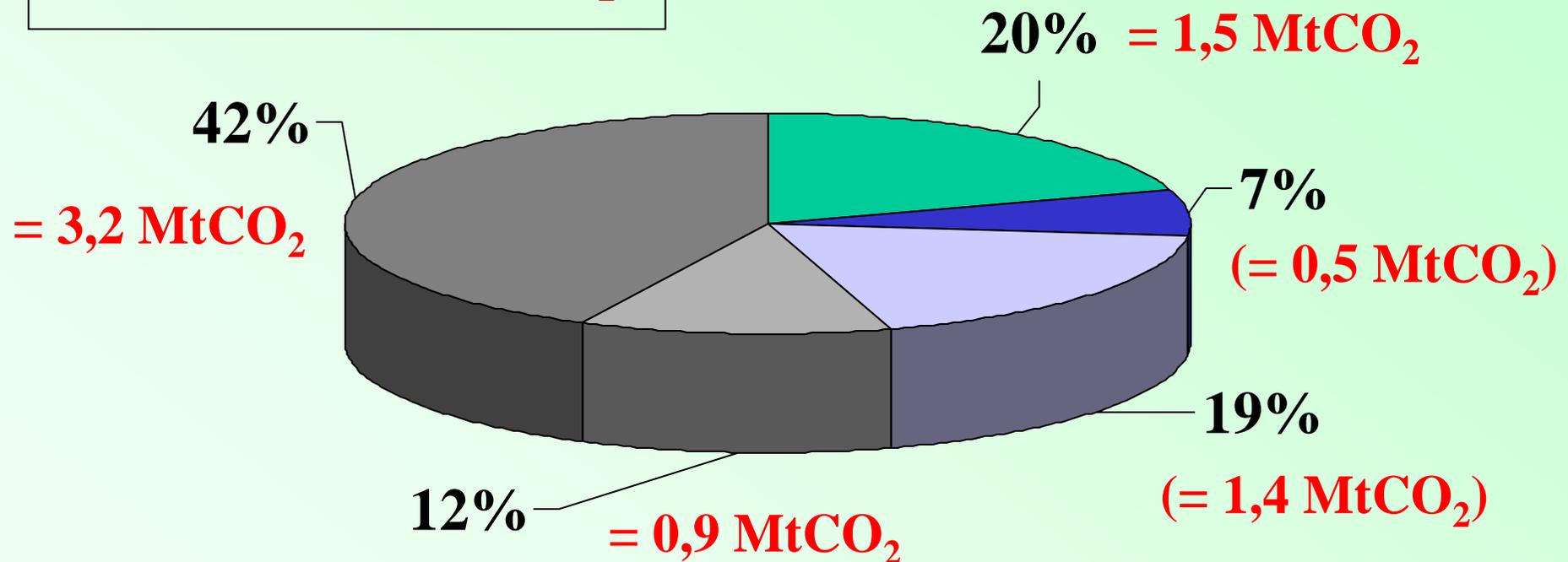
Source : MIES – CITEPA inventaire PNLCC

# L'agriculture dans le plan climat

- Objectifs attribués à l'agriculture et aux forêts : **5.6 MteqCO<sub>2</sub>** (soit environ 8% de l'objectif total)
- Montants alloués sur la période 2004 - 2010 : **6.4 millions d'euros** (soit un coût financier de 1.14 euros par tonne évitée)
- On voit que les accords de Bonn et Marrakech ont propulsé l'agriculture au rang de **secteur stratégique**

# Répartition des efforts de réduction par action ???

5.6 Millions de TeqCO<sub>2</sub>



Source : Plan Climat

# Les pratiques agricoles dans le Plan Climat (objectif : 1,5 MtCO<sub>2</sub>)

- Réduction des fertilisations azotées par la diffusion de diagnostics environnementaux
- Diffusion de pratiques économes en intrants
- Actions pilotes sur de nouvelles cultures (*ex: travail simplifié des sols, rotation*)
- Programme de réglage de 30 000 engins agricoles d'ici 2006

# Les déjections animales dans le Plan Climat (objectif : 0,5 MtCO<sub>2</sub>)

- Déjections animales = 14,3 MteCO<sub>2</sub> par an sous forme de CH<sub>4</sub> et 3 MteCO<sub>2</sub> par an sous forme de N<sub>2</sub>O
- Diffusion du traitement anaérobie des déjections animales
- Valorisation du biogaz issu de ce traitement
- 4 « plans biogaz régionaux pilotes » d'ici fin 2004

# « Bois énergie » et « bois construction » dans le Plan Climat (objectif : 2,3 MtCO<sub>2</sub>)

- Reconduction du « plan bois » jusqu'en 2010
- Évaluation régulière du programme cadre « bois, construction et environnement »
- Affichage de la part de bois contenue dans les nouvelles constructions
- Renforcement de la part du bois dans les constructions où l'État est le maître d'ouvrage

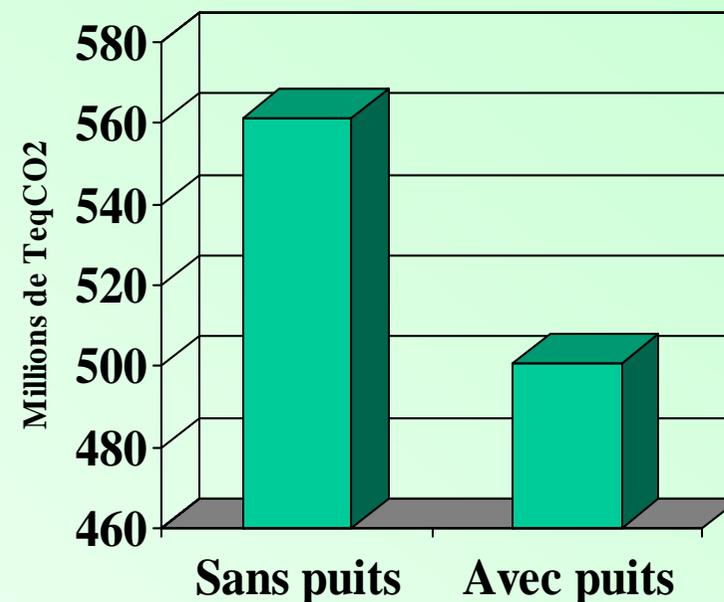
# Puits de carbone dans le Plan Climat (objectif : 3,2 MtCO<sub>2</sub>)

- Définition : « tout processus, activité ou mécanisme naturel qui élimine les gaz à effet de serre de l'atmosphère » (source : GIEC).
- 2 grands types de puits de carbone naturels : **forêts et océans** (1/3 d'absorption pour les forêts et 2/3 pour les océans).
- Ils absorbent **50%** des émissions anthropiques de GES au niveau mondial. (env 3 GteC sur les 6 GteC émis chaque année)

# Agriculture/sylviculture françaises et puits de carbone

- Au sens de Kyoto, les puits de carbone terrestres (forêts) absorbent **11%** des émissions nationales
- Un phénomène complexe soumis aux **effets des rétroactions**

Emissions françaises de GES  
en 2002



# Pratiques agricoles et stockage du carbone

On peut décompter des émissions de GES celles qui sont séquestrés par 2 types d'activités :

- \* opération de boisement
- \* utilisation des terres et changement d'affectation

↓  
Activités plafonnées en volume  
(3,2 Mte C pour la France)

↓  
activités non plafonnées mais leur prise en compte est conditionnée par l'obligation de prouver ce qui a été séquestré

ADEME



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Énergie

Source : rapport INRA 2002 sur le stockage du C dans les sols agricoles en France

Agriculture et changement  
climatique

# Pratiques agricoles et stockage du carbone

Autres activités éligibles :

- fertilisation organique
- travail du sol
- incorporation de déchets organiques
- rotation cultures
- cultures de couverture
- variétés à forte production
- protection intégrée des cultures
- optimisation de la fertilisation
- irrigation
- la lutte contre d'érosion
- la gestion des jachères et prairies
- la restauration des zones humides ou des terres dégradées

ADEME



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Énergie

Source : rapport INRA 2002 sur le stockage du C dans les sols agricoles en France

Agriculture et changement  
climatique

48

# Pratiques agricoles et stockage du carbone

Quelles règles de vérification et de comptabilisation ????  
Quel niveau de stockage de référence ????

- On ne compte que les stockages additionnels intentionnels depuis 1990 et sur la période 2008-2012 : il faut une action volontaire  
(ex: le boisement spontané est exclu !)

# Les enjeux pour la France

Émissions brutes : 148 Mte C

Émissions nettes : 133 Mte C dont

69 %  $\text{CO}_2$

13 %  $\text{CH}_4$

16 %  $\text{N}_2\text{O}$

2 % gaz fluorés)

La différence est due aux puits ~ 15 Mte C

Émissions brutes agricoles et forestières ~ 24 Mte C  
(stocks de carbone dans les sols : 3 000 Mte C)

# Stockage du carbone

Il n'existe quasiment pas de stockage définitif du carbone dans le sol, car toute MO est à terme minéralisée.

2 voies pour augmenter les stocks

augmentation de l'entrée  
en matière organique

diminution ou retard de sorties  
de matière organique par minéralisation

# Pratiques agricoles et stockage du carbone

## Stocks selon le mode d'occupation des sols

Groupe 1	Sols sous cultures annuelles et pérennes avec sol nu	< 45 tC/ha
	Vignes et vergers	32 tC /ha
	Terres arables	42 tC /ha
Groupe 2	Sols sous prairies permanentes et forêts	70 tC /ha
Groupe 3	Sols des pelouses d'altitude et zones humides	90 tC /ha

L'effet majeur en terme de stockage additionnel sera obtenu par passage du 1er au 2nd groupe.

## Stocks selon le type de sols

sols sableux	40 t C/ha
sols argileux ou hydromorphes	100 t C/ha

# Pratiques agricoles et stockage du carbone

Le stockage est plus rapide pendant les premières années d'adoption d'une pratique et n'excède pas quelques dizaines d'années.

Ensuite les stocks n'augmentent plus (entrées et minéralisation de MO se compensent).

La phase de stockage est plus lente que le déstockage.

**La durabilité des pratiques est nécessaire.**

ADEME



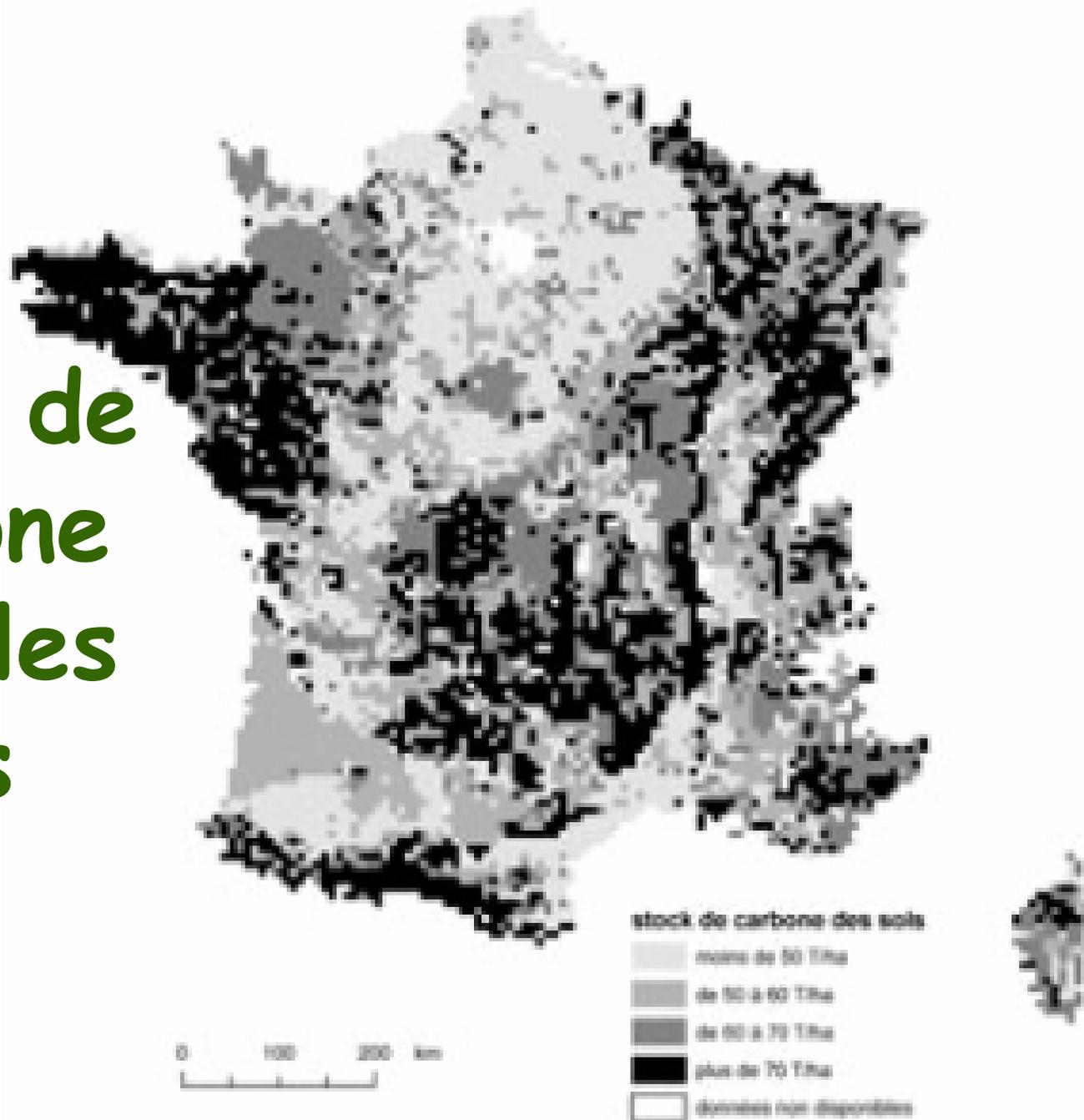
Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Énergie

Source : rapport INRA 2002 sur le stockage du C dans les sols agricoles en France

Agriculture et changement  
climatique

53

# Stock de carbone dans les sols



Source : rapport INRA 2002 sur le stockage du C dans les sols agricoles en France

# Effets des différentes pratiques agricoles

(sur terres labourées)

Pratiques agricoles	Flux de stockage additionnel	Autres effets environnementaux (+)	Autres effets environnementaux (-)
non labour	$0,2 \pm 0,13 \text{ t C/ha/an}$	↘ érosion	↗ pesticides ↗ N <sub>2</sub> O (incertain)
cultures intermédiaires	$0,16 \pm 0,08 \text{ t C/ha/an}$	↘ fuites de nitrate ↘ érosion	
enherbement des vignes et vergers	$0,49 \pm 0,26 \text{ t C/ha/an}$	↘ érosion	
conversion de terres labourées en prairies permanentes	$0,44 \pm 0,24 \text{ t C/ha/an}$	↘ pollution ↗ biodiversité	
afforestation	$0,45 \pm 0,25 \text{ t C/ha/an}$	↗ biodiversité + stockage dans la biomasse	fermeture de paysage

Source : rapport INRA 2002 sur le stockage du C dans les sols agricoles en France



# Effets des différentes pratiques agricoles (sur prairies)

Pratiques agricoles	Flux de stockage additionnel	Autres effets environnementaux (+)	Autres effets environnementaux (-)
↗ de la durée des PT + intensification raisonnée	0,1 à 0,5 ± 0,25 t C/ha/an		
Conversion PT en PP à intensification ≥	0,3 à 0,4 ± 0,25 t C/ha/an	↘ pollution ↗ biodiversité	
Intensification modérée des PP pauvres	0,2 ± 0,25 t C/ha/an	(retenu hors montagne et zone humide)	
afforestation	Moins de 0,1 t C/ha/an	↗ biodiversité + stockage dans la biomasse	fermeture de paysage
Implantation de haies	0,1 ± 0,05t C/ha/an	↗ biodiversité ↘ érosion	

# Effets des différentes pratiques agricoles

D'autres pratiques n'ont pas été retenues comme activités stockantes :

- Restitution des effluents d'élevage
  - Restitution des résidus de culture
  - Apports organiques exogènes
  - Fertilisation accrue
  - Irrigation
- } Car se fait déjà
- } Car négligeable
- } Car effets secondaires négatifs

# Résultats des différentes pratiques agricoles (sur 20 ans)

Pratiques agricoles	Stockage annuel moyen par ha	Potentiel de surface retenu	Stockage additionnel annuel en France
semis direct	0,2 tC/ha/an	20 à 50 % des 18 Mha de terres cultivées + labour tous 4 ans	0,4 à 1 MtC/an 0,23 à 0,58 MtC/an
cultures intermédiaires	0,16 tC/ha/an	Adoption sur 0,5 à 2,5 Mha sur les 4 Mha en cultures de printemps	0,07 à 0,33 MtC/an
enherbement des vignes et vergers	0,4 tC/ha/an	Adoption sur 20 à 50 % des 1 Mha de vignes et vergers	0,08 à 0,20 MtC/an
conversion de terres labourées en prairies permanentes	0,5 tC/ha/an	De 10 000 à 80 000 ha/an (90 000 ha/an pdt 20 ans = restauration de 50 % de la STH perdue depuis 1970)	0,06 à 0,45 MtC/an
afforestation	TL→forêt : 0,5 STH→forêt : 0,1 tC/ha/an	De 30 000 à 80 000 ha/an • À partir de terres labourées • Sur 80 % de friches et prairies et 20 % de TL	0,15 à 0,4 MtC/an 0,04 à 0,1 MtC/an

# Agriculture, plan climat et adaptation...

- Potentiel de stockage additionnel de C entre 1 et 3 MtC/an sur les 20 ans à venir
- Effets sur les productions en termes de quantité et de qualité (et donc effets sur les filières aval)
- Effets sur les filières amont (via des modifications de consommation d'eau d'irrigation, d'engrais et de produits phytosanitaires...)
- Effet sur l'environnement (essentiellement composition minérale des sols)
- Effet sur l'espace rural (modifications des spéculations terrestres, apparition de nouveaux ouvrages...)

## 3ème Partie

# Agriculture et bilan carbone : premiers résultats

# Que recouvre la méthode Bilan Carbone ?

- Une méthode d'estimation des émissions de GES
- Un tableur Excel prêt à l'emploi
- Un manuel d'utilisation du tableur
- Un document méthodologique présentant l'ensemble des facteurs d'émissions utilisés

# Logique de la démarche

- S'appuyer sur des données « **facilement** » **accessibles ou observables** (ex : données collectées lors d'un diagnostic environnemental, facture...)
- Décomposer les émissions pour les faire correspondre aux différentes **taches fonctionnelles d'une activité** (ex : achat de matière première, transport de la production...)
- « **Illustrer le caractère global de l'effet de serre** »

# Intérêts de la démarche

- Identifier et hiérarchiser des priorités
- Intégrer la baisse des émissions dans une démarche de **management environnemental**
- Simuler l'effet de différentes actions (*évaluation ex ante*)
- *Évaluer ex post* les effets d'une politique
- Construire des **indicateurs de suivi**
- **Sensibiliser** les participants à la démarche

# Les 8 postes du bilan carbone

- 1 - Énergie interne,
- 2 - Procédés internes
- 3 - Transports,
- 4 - Matériaux entrants,
- 5 - Déchets directs,
- 6 - Eaux usées,
- 7 - Services,
- 8 - Amortissements.

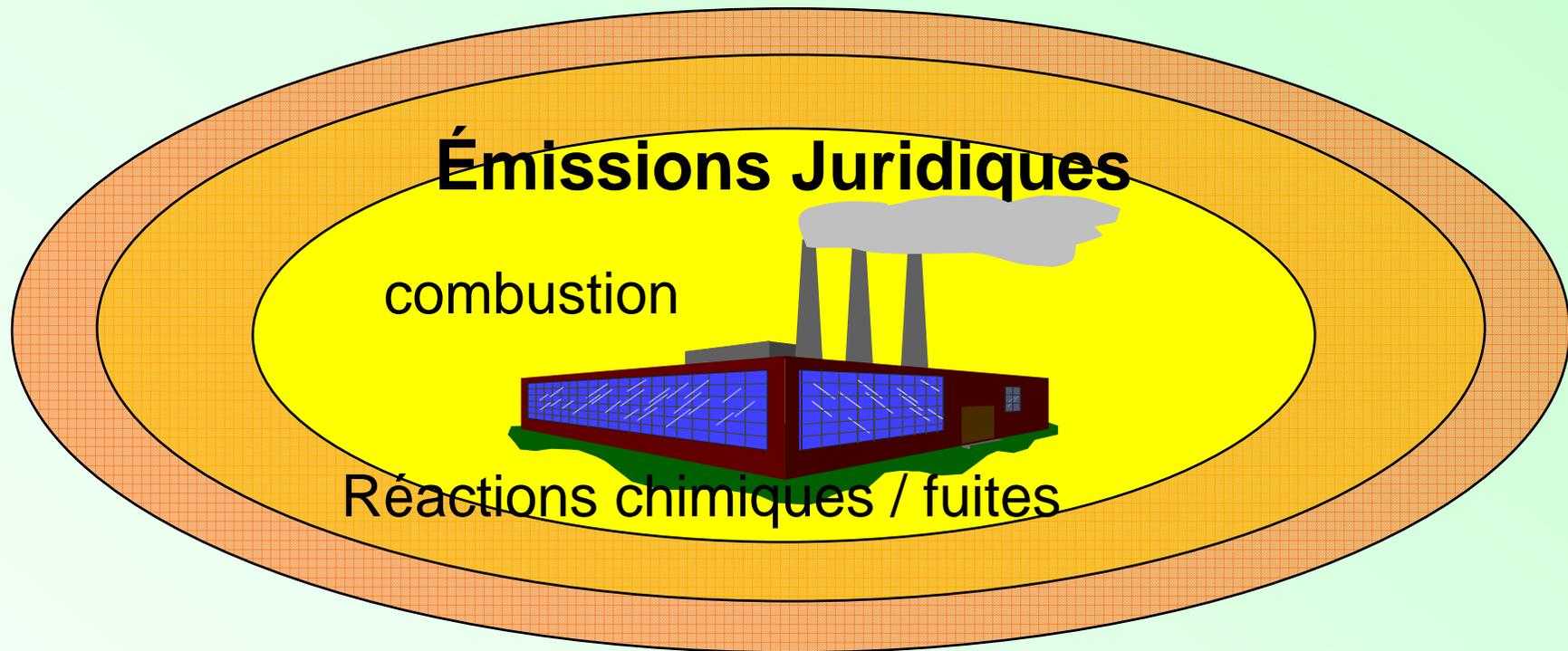
C'est 8 postes sont regroupés en **3 périmètres** :

*-Périmètre interne*

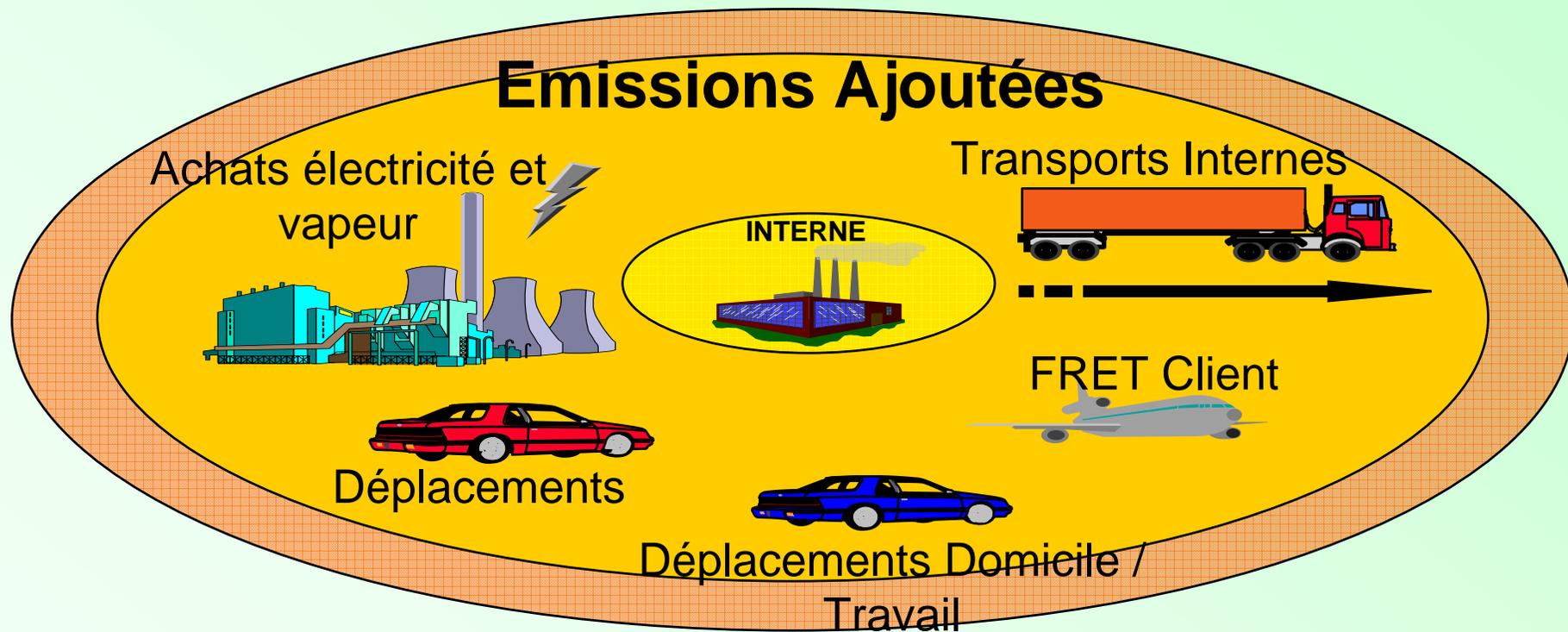
*-Périmètre intermédiaire*

*-Périmètre global*

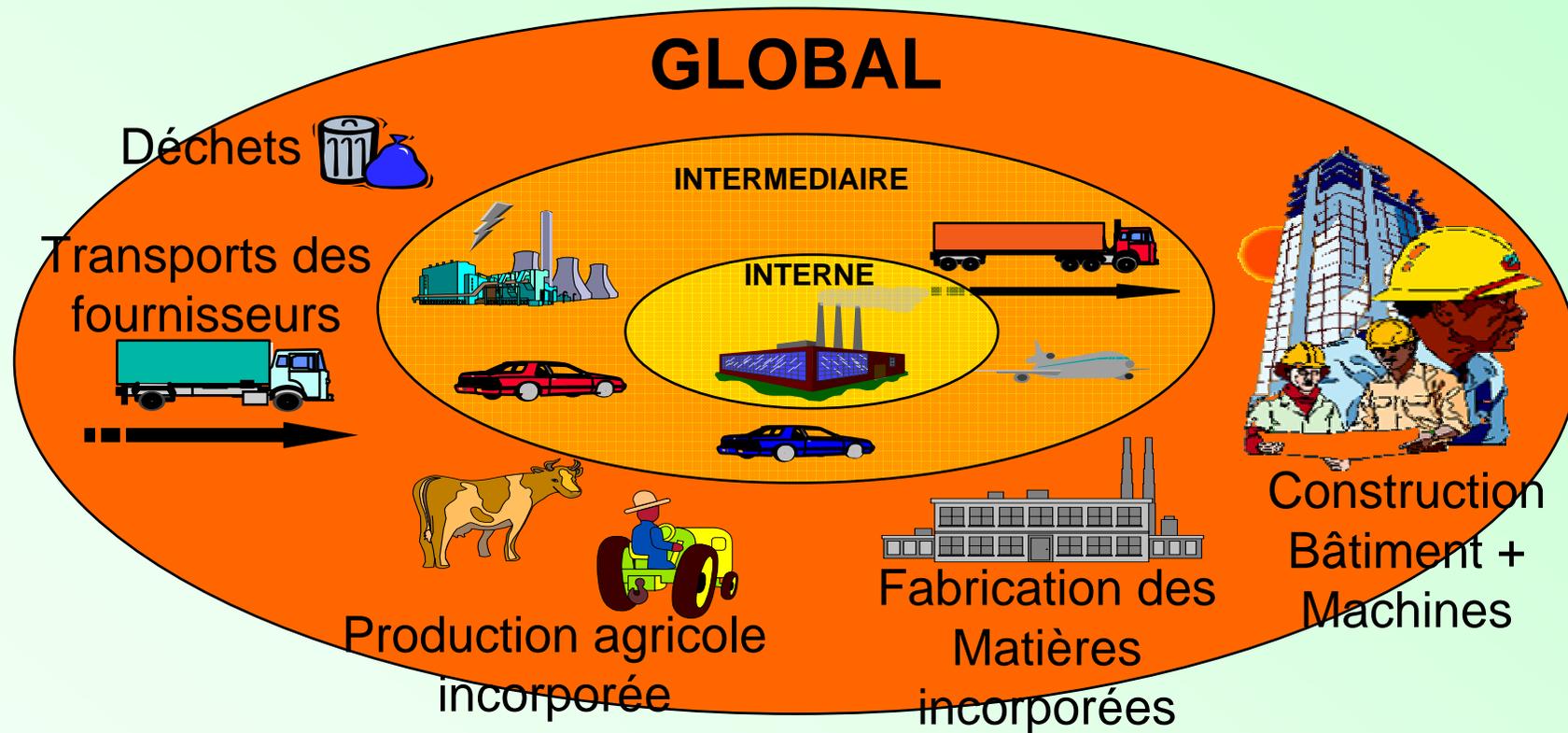
# Le périmètre interne



# Le périmètre intermédiaire



# Le périmètre global



# 4ème Partie

## Exemple de résultat sur une exploitation en grandes cultures

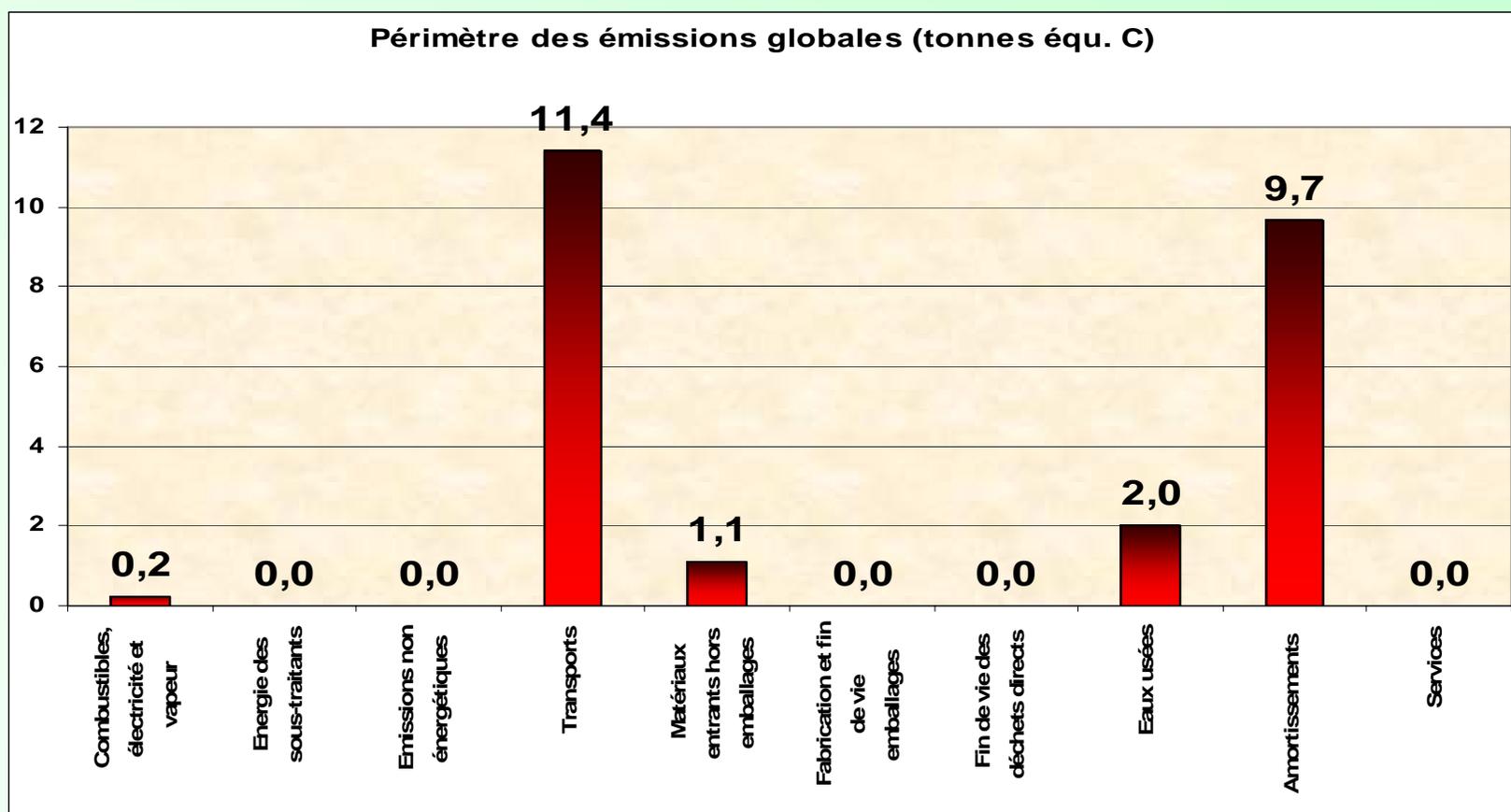
306 ha (blé, orge, tournesol, colza, pois, luzerne)

# L'exploitation en quelques chiffres

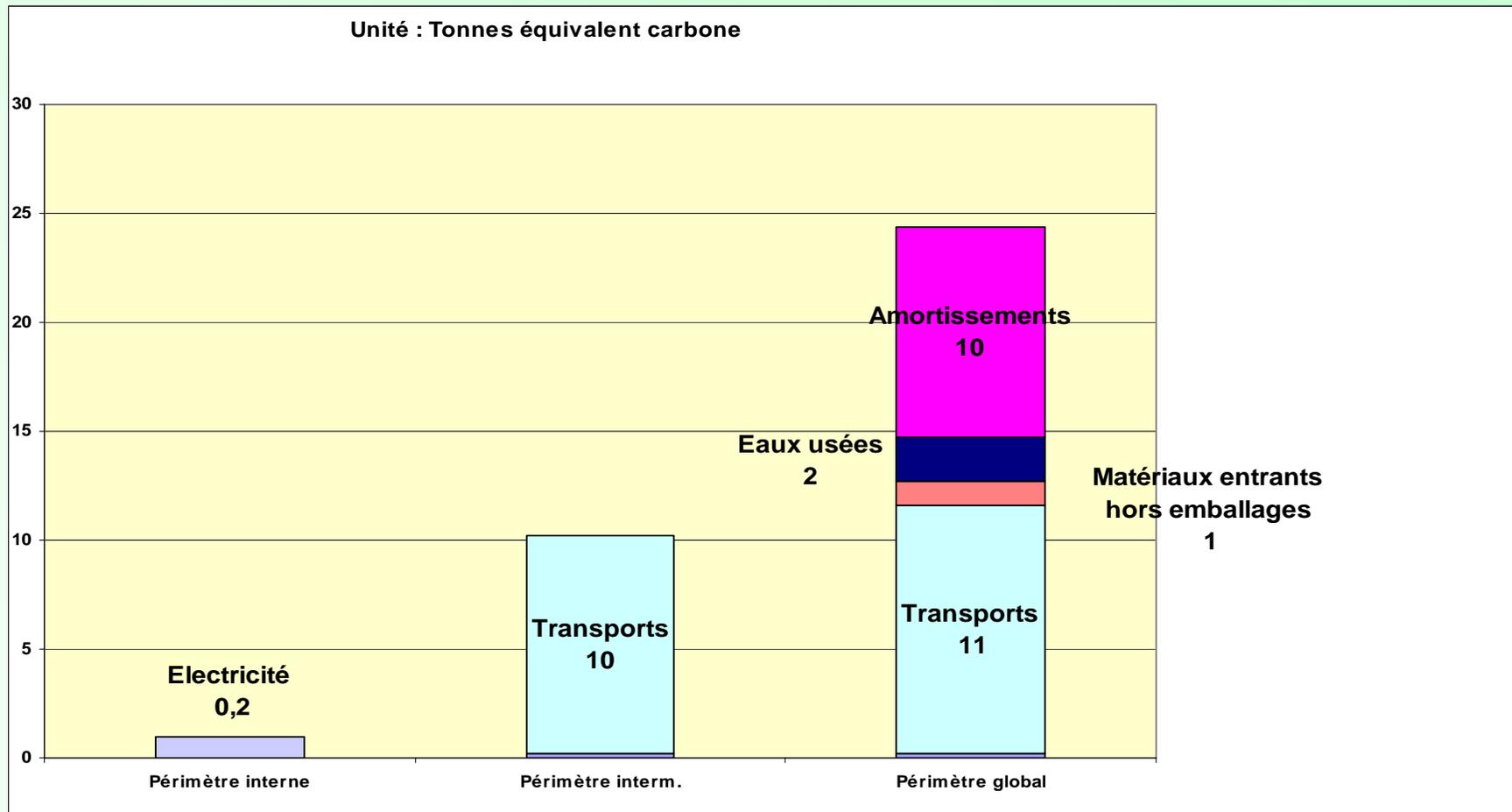
- 1 000 m<sup>2</sup> de bâtiments agricoles
- 60 tonnes de matériels agricoles
- 1 516 tonnes de production agricole
- 9 000 litres de fioul consommés (semis direct : passage de 23000 l à 9000 l)
- 316 tonnes d'engrais consommées
- 559 kg de matières actives phytosanitaires consommées
- 4,145 tonnes de déchets produits

# Les émissions par poste (sans engrais)

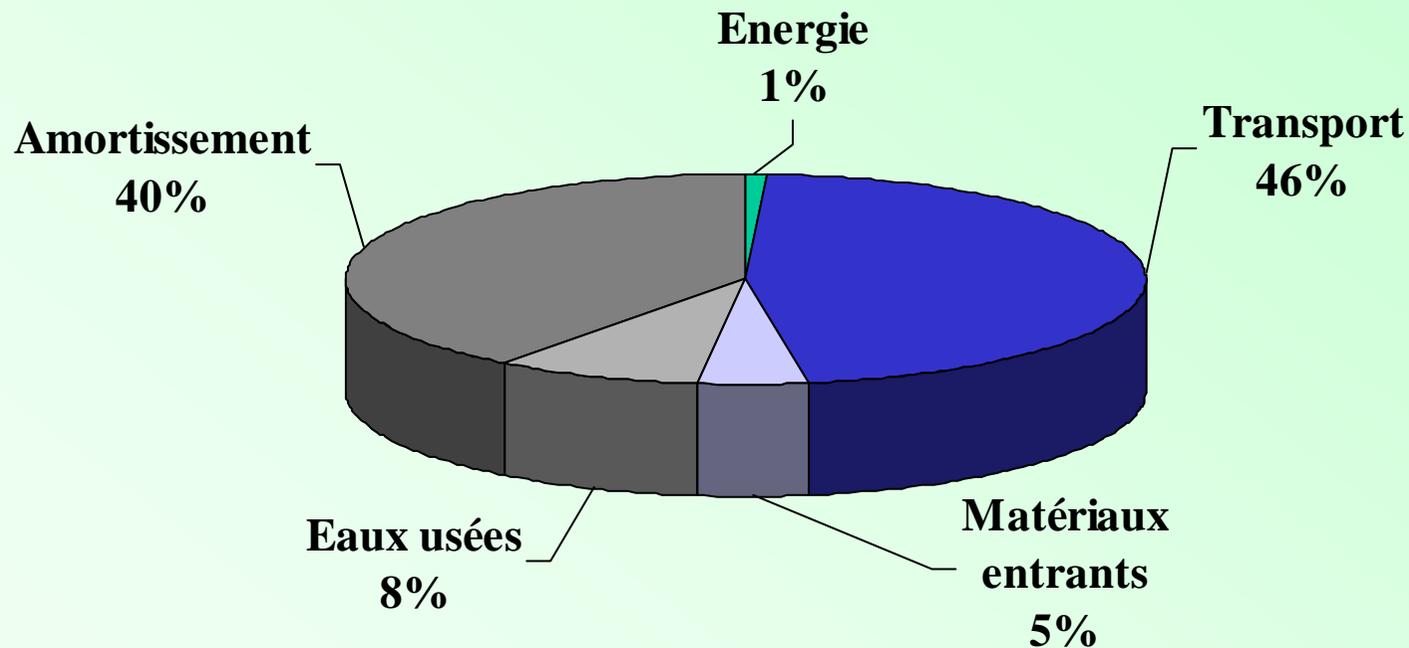
**24,4 tonnes équivalent carbone**



# Les émissions par périmètre (sans engrais)

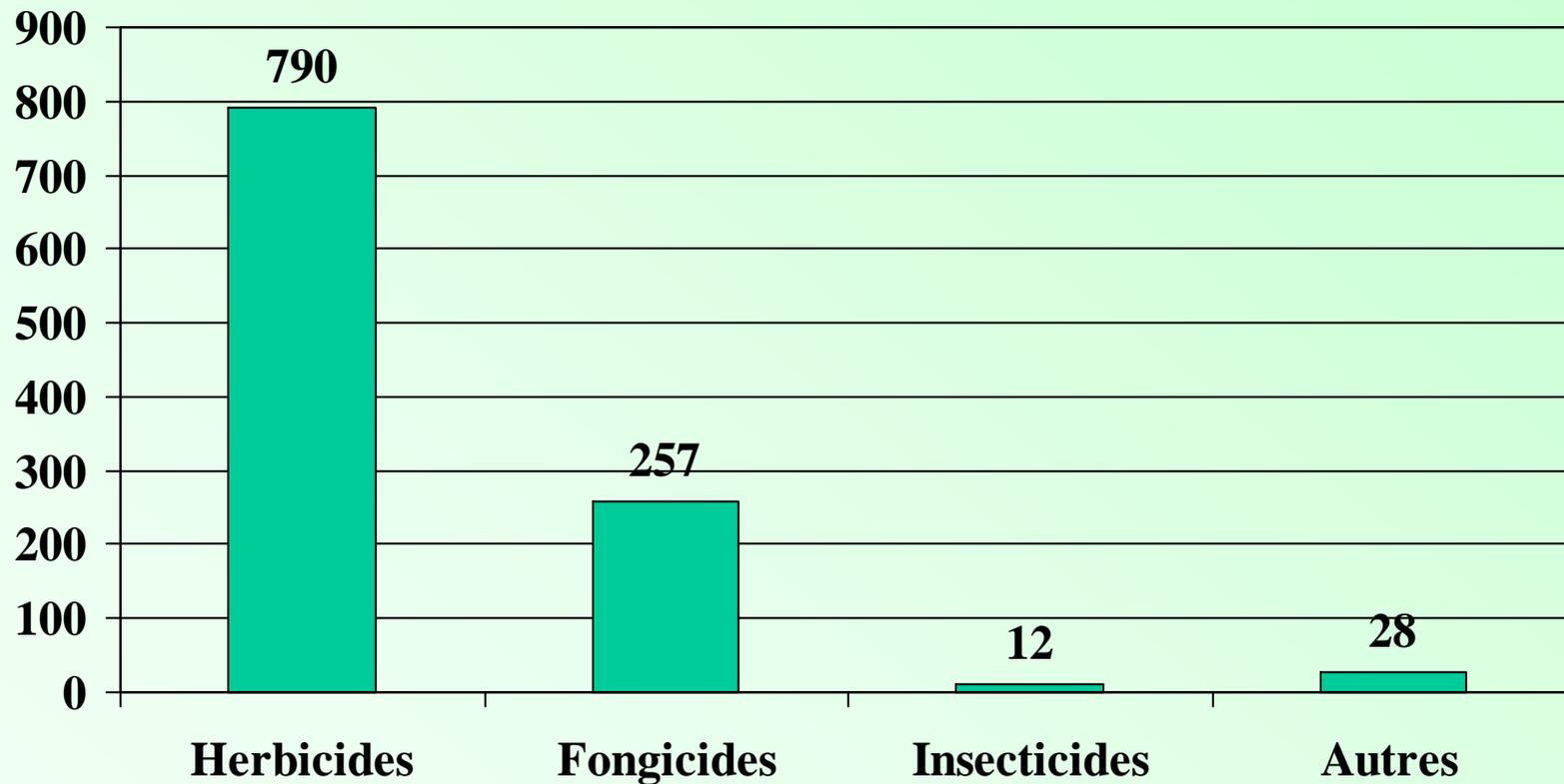


# Répartition des émissions de GES par poste (sans engrais)



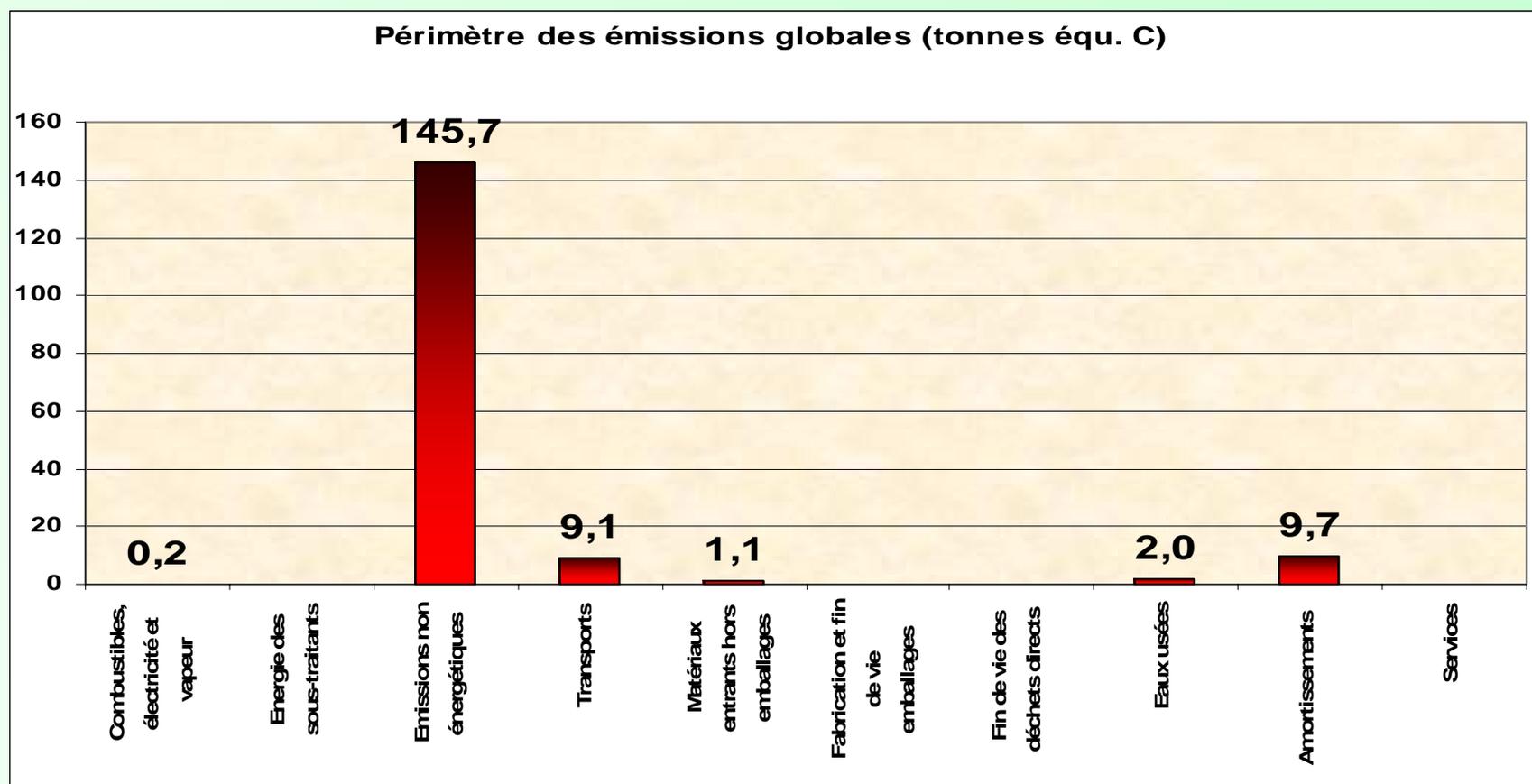
# Émissions des phytosanitaires

Unité : kilogramme équivalent carbone

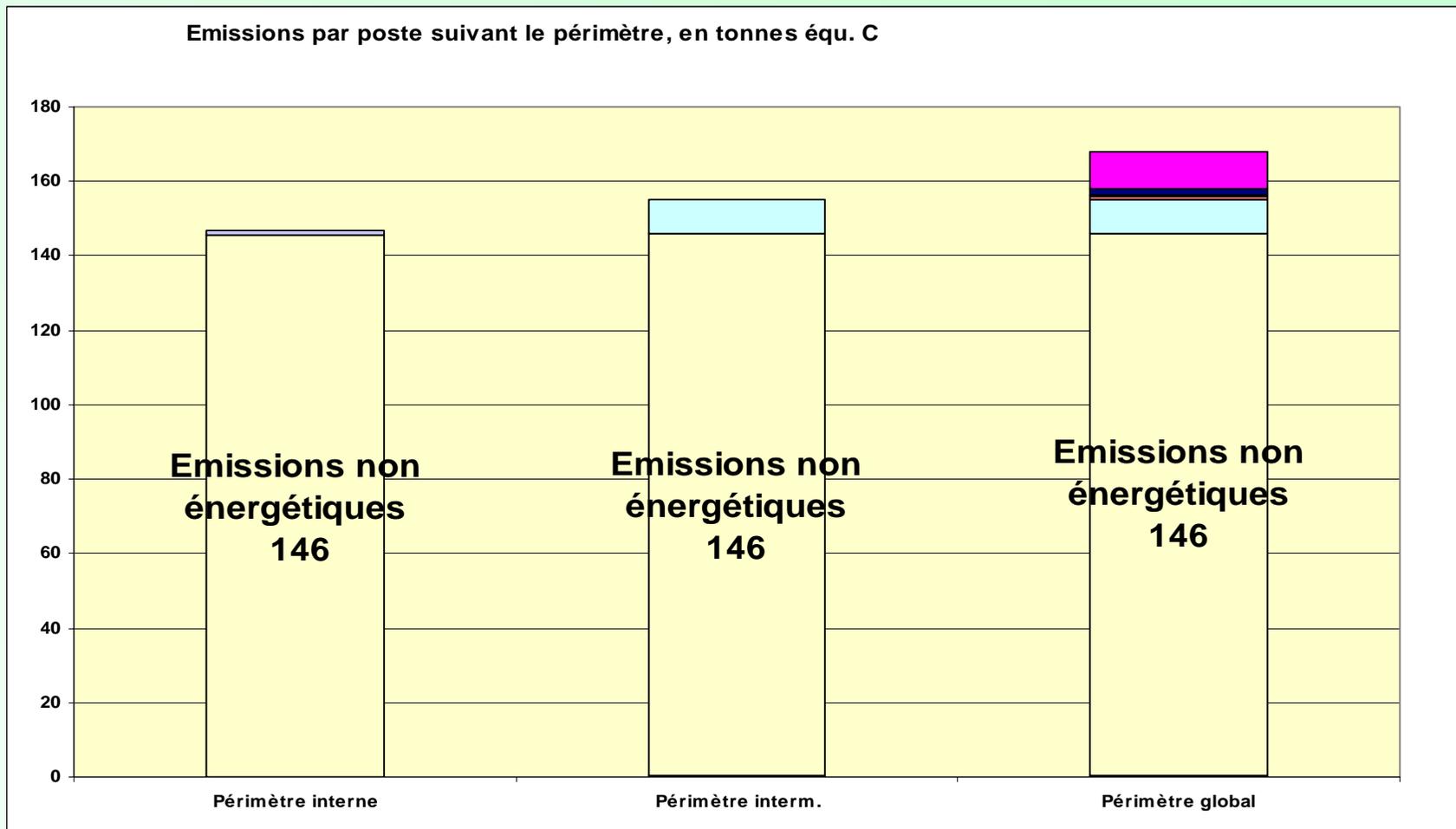


# Les émissions par poste (avec engrais)

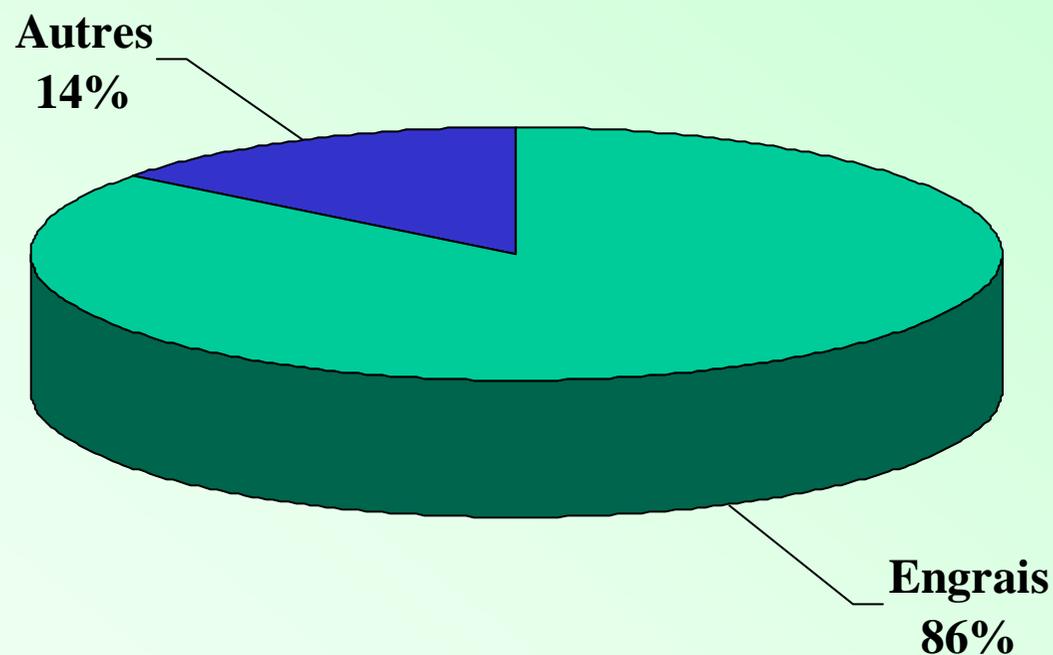
**167,8 tonnes équivalent carbone**



# Les émissions par périmètre (avec engrais)



# Répartition des émissions de GES par poste (avec engrais)



# Quelques indicateurs globaux

- 0,55 tonne équivalent carbone par hectare (soit 2 tonnes équivalent  $\text{CO}_2$  par hectare)
- 0,11 tonne équivalent carbone par tonne produite (soit 0,41 tonne équivalent  $\text{CO}_2$  par tonne produite)

# Conclusion

# 4 remarques à creuser pour l'avenir

- Améliorer les connaissances
- Affiner les techniques de quantification  
*(notion de puits, prise en compte des sols et des pratiques agricoles...)*
- Élaborer des mesures de réduction des émissions intégrables à une démarche Iso
- Travailler sur la notion d'adaptation.