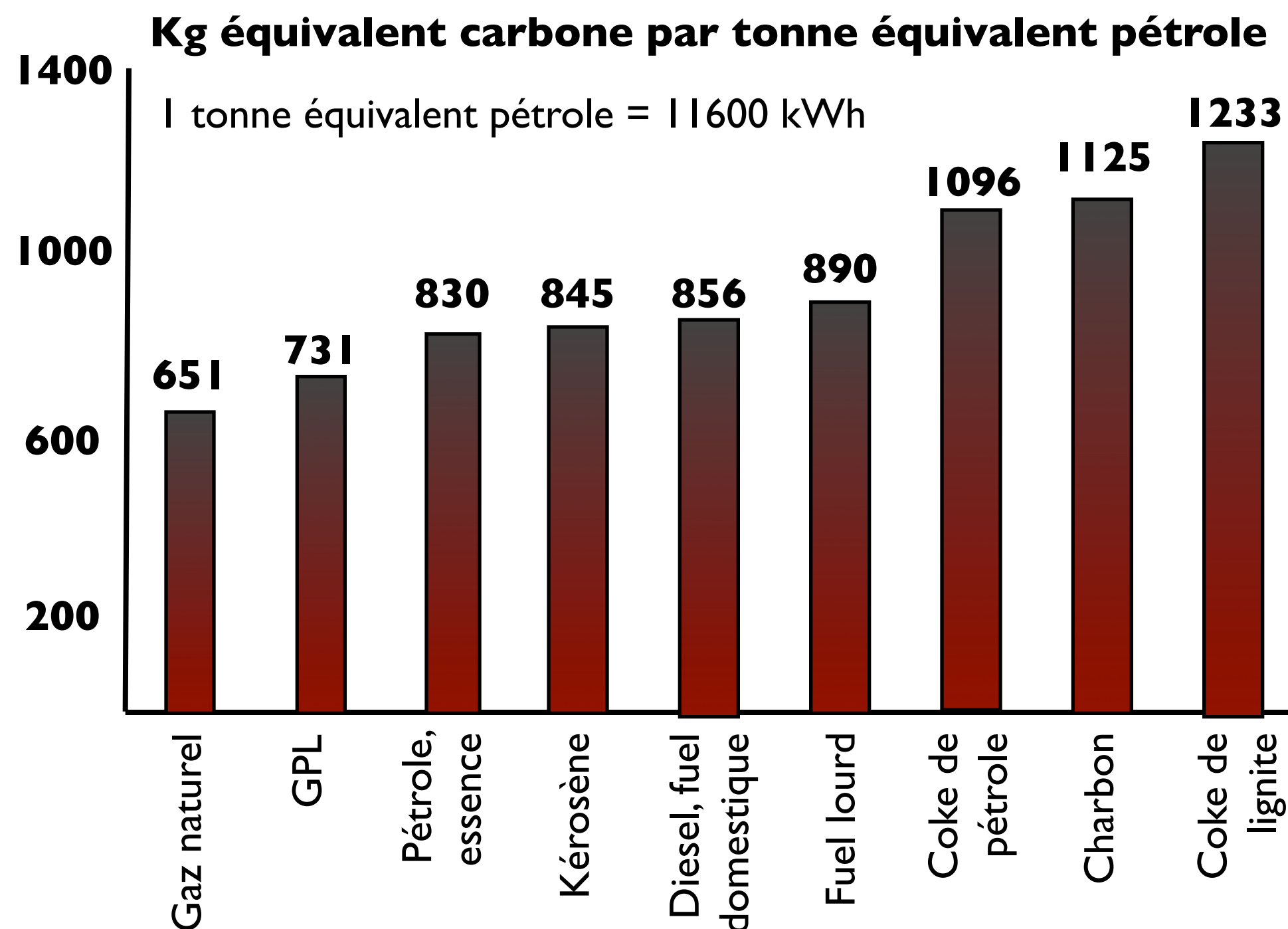
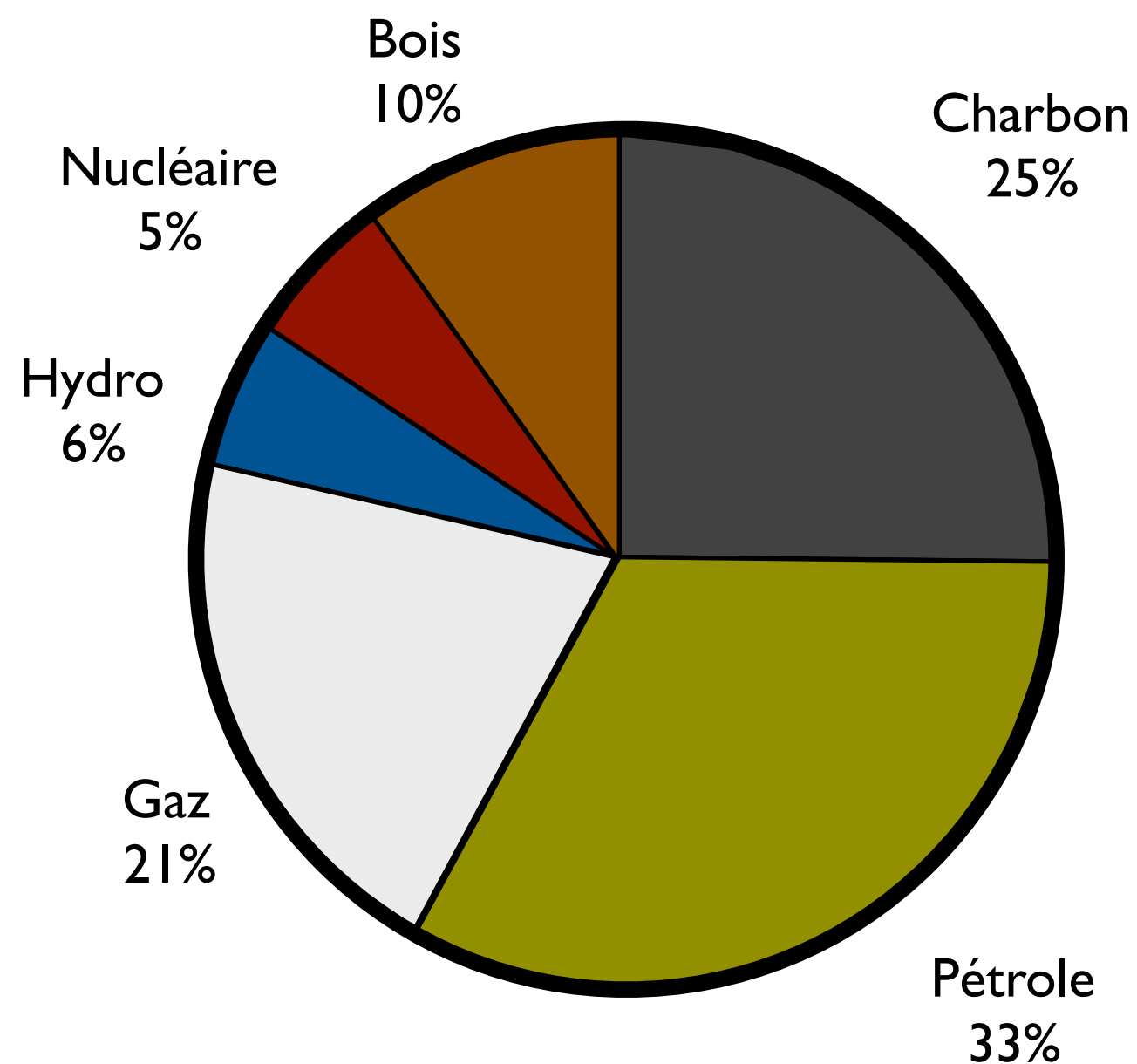


5.7. Il suffira de mettre le gaz carbonique dans un grand trou

En 2005, **85 %** de l'énergie utilisée dans le monde est constituée de **pétrole**, de **gaz naturel** et de **charbon**.



Le gaz naturel n'est pas "propre" : combustion 50% de CO2 par rapport au charbon, mais ce n'est pas zéro

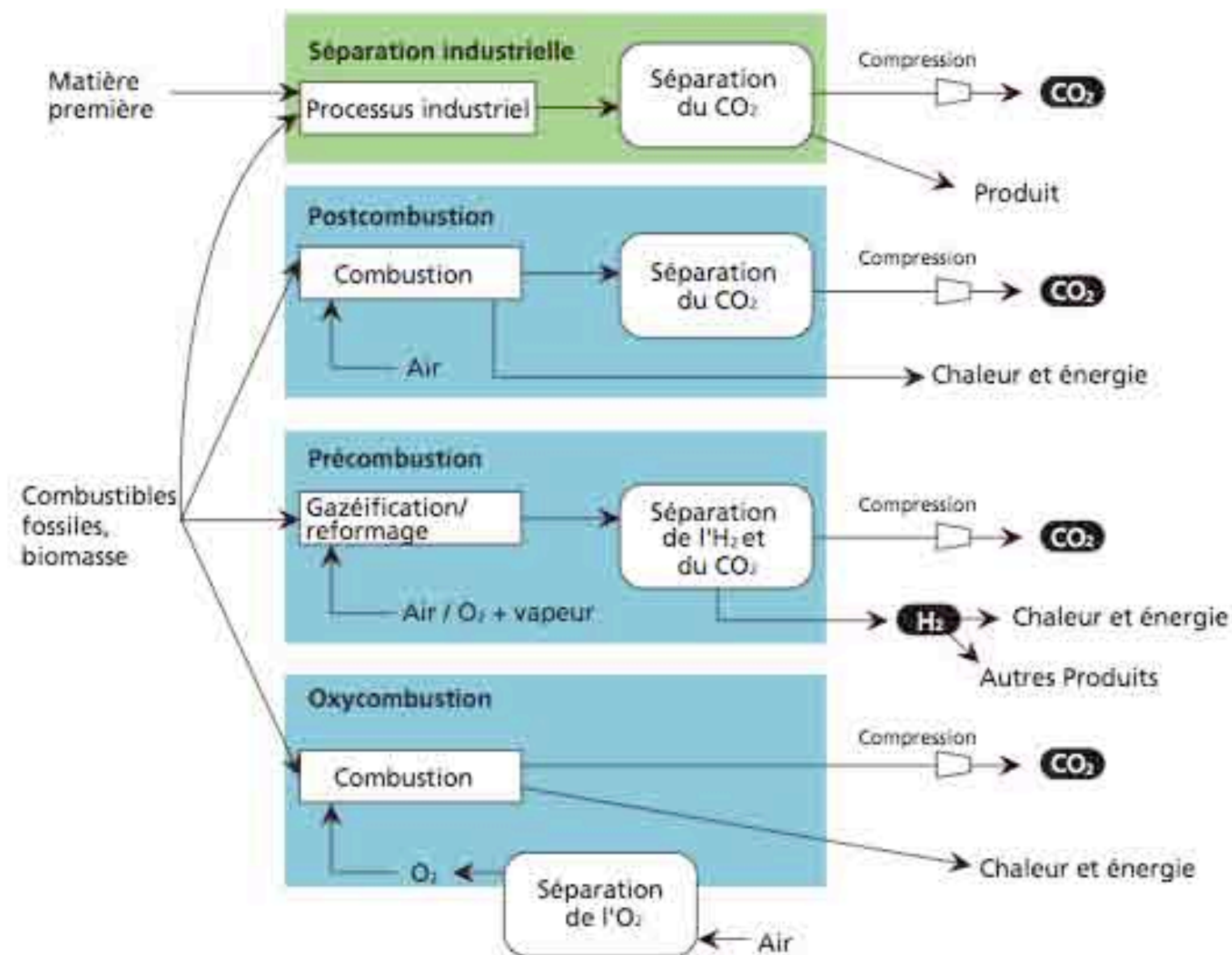
Pour diviser les émissions mondiales de CO₂ par 2 au moins :

- ▶ **diviser la consommation d'énergies fossiles par deux** => remplacement par des **énergies renouvelables** et/ou du **nucléaire**
- ▶ **accélérer le fonctionnement des puits naturels de gaz carbonique**
- ▶ **ne plus envoyer le CO₂ qui résulte de leur usage dans l'atmosphère = séquestration du CO₂.**

5.7.1. La séquestration du carbone

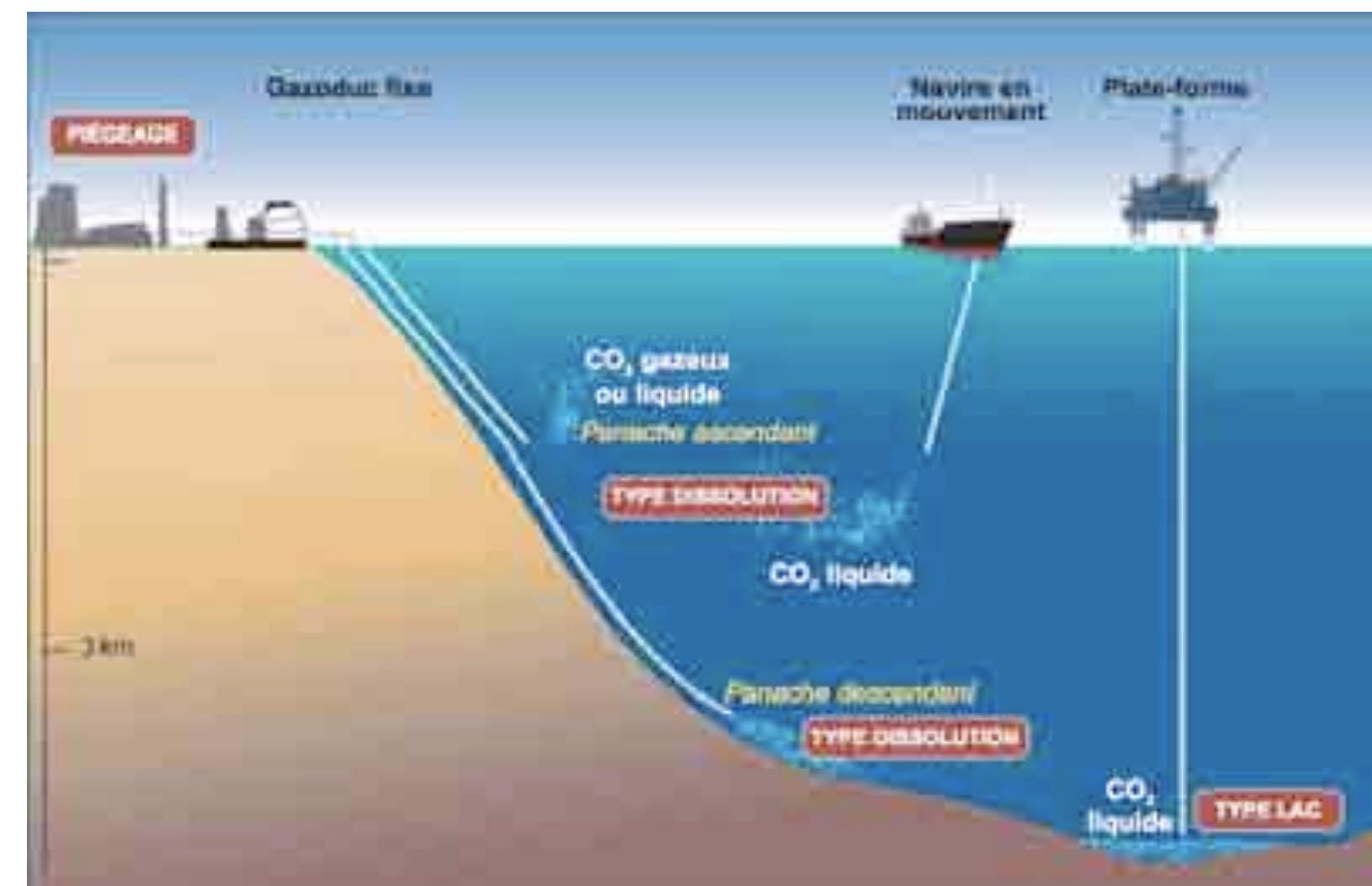
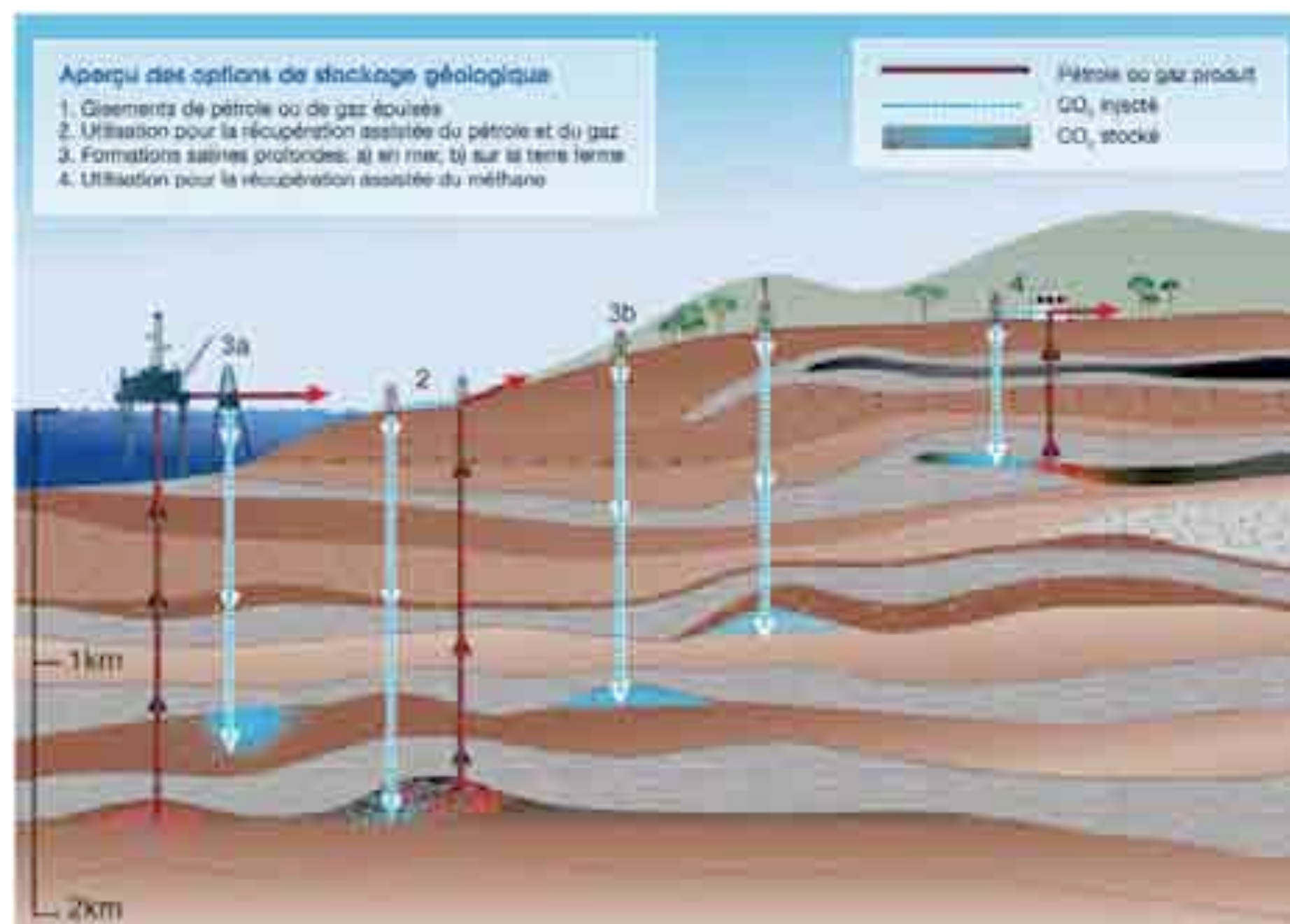
I. lorsque l'on brûle un combustible fossile, on fait passer les gaz issu de leur combustion dans un dispositif qui "capture" le CO₂ :

En général les gaz d'échappement sont injectés dans un liquide où le CO₂ va se dissoudre, puis le liquide avec le CO₂ dissous est transporté dans un appareil où le CO₂ est récupéré



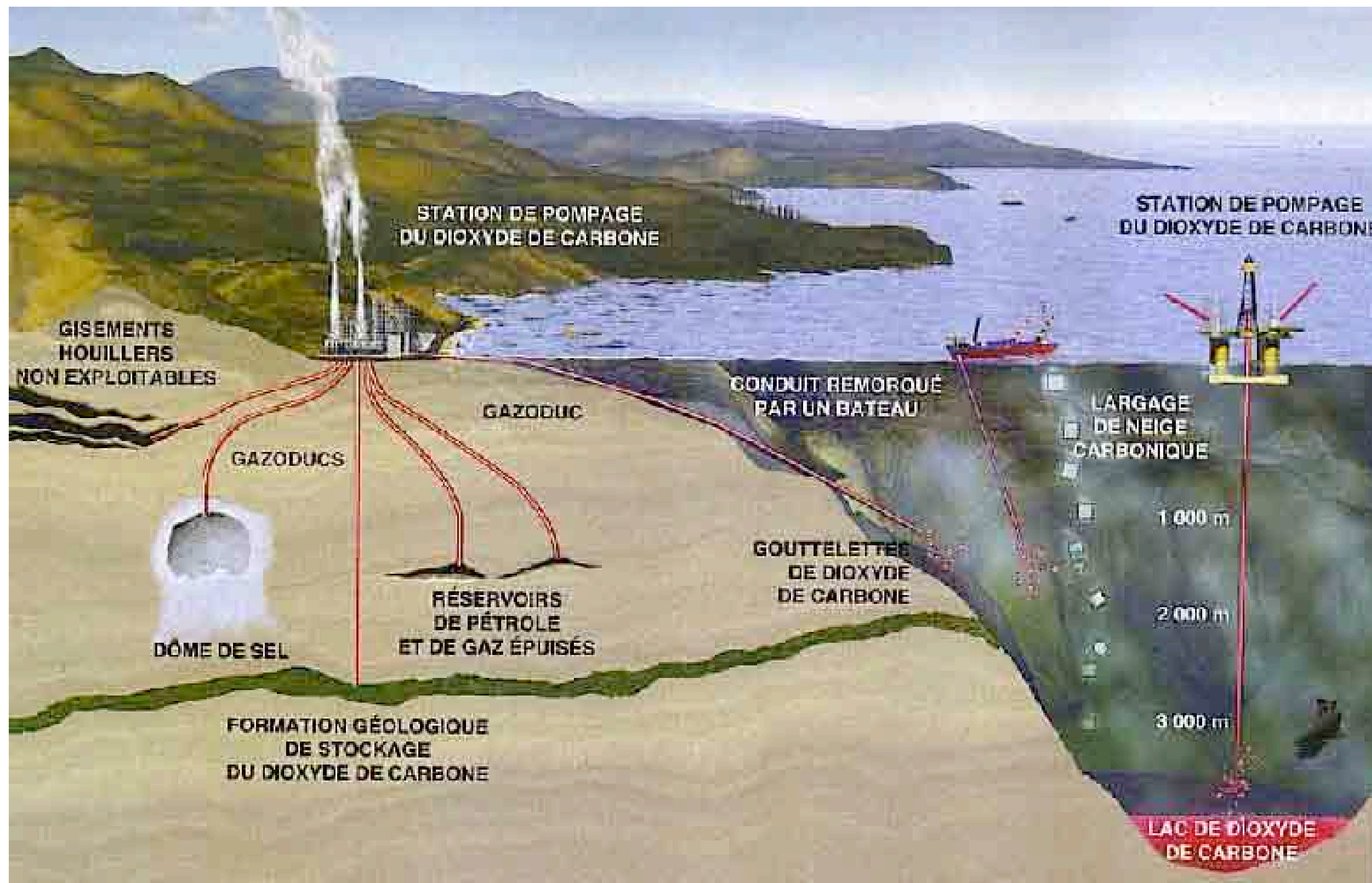
2. Le CO₂ est alors compressé, puis injecté - éventuellement après avoir été transporté par une espèce de gazoduc - dans le sous-sol.

Les réceptacles possibles doivent avoir la propriété de ne pas laisser le CO₂ repartir vers l'atmosphère ensuite.



3. Il peut s'agir :

- ▶ **d'anciennes mines de sel** hermétiquement closes,
- ▶ **de nappes aquifères salines profondes,**
- ▶ **d'anciens réservoirs de pétrole ou de gaz naturel** (dans ce cas le CO₂ peut même servir à expulser le pétrole restant),
- ▶ **dans des mines de charbon** dont la mise en production n'est pas envisagée (où il s'adsorberait à la place du méthane)

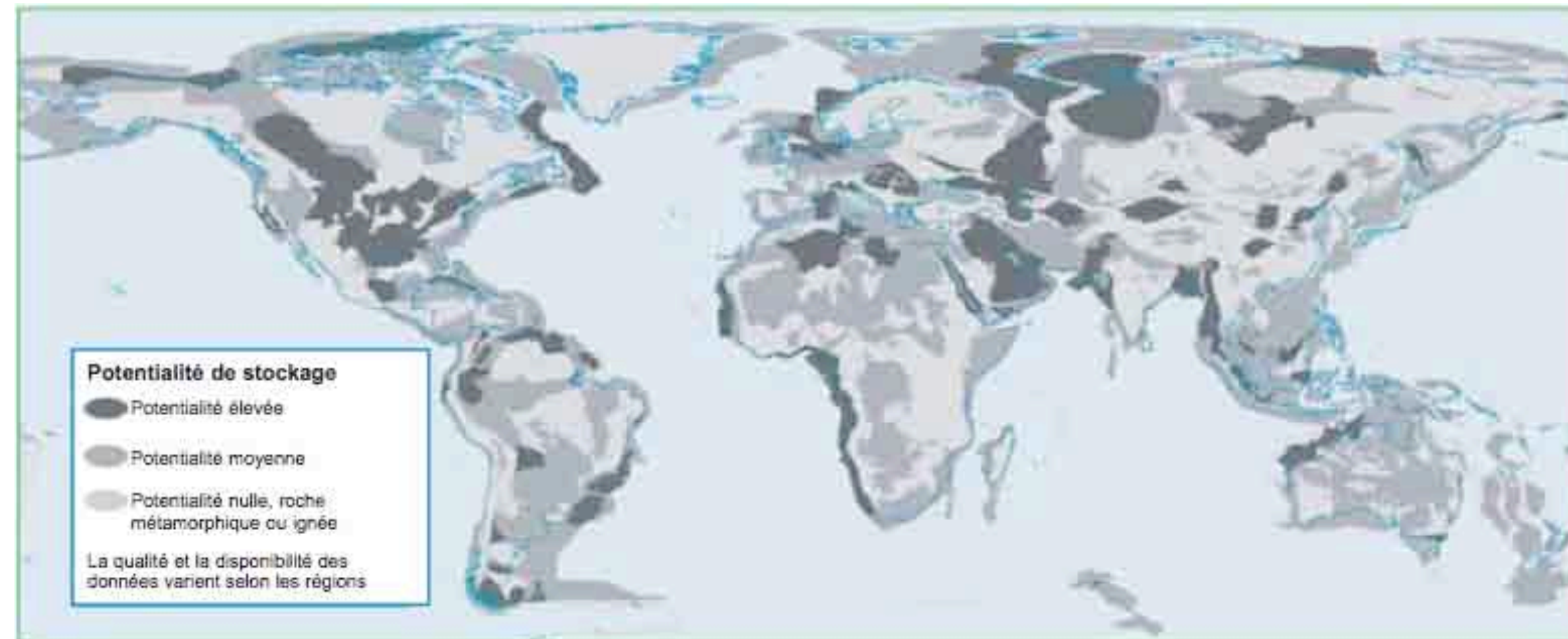
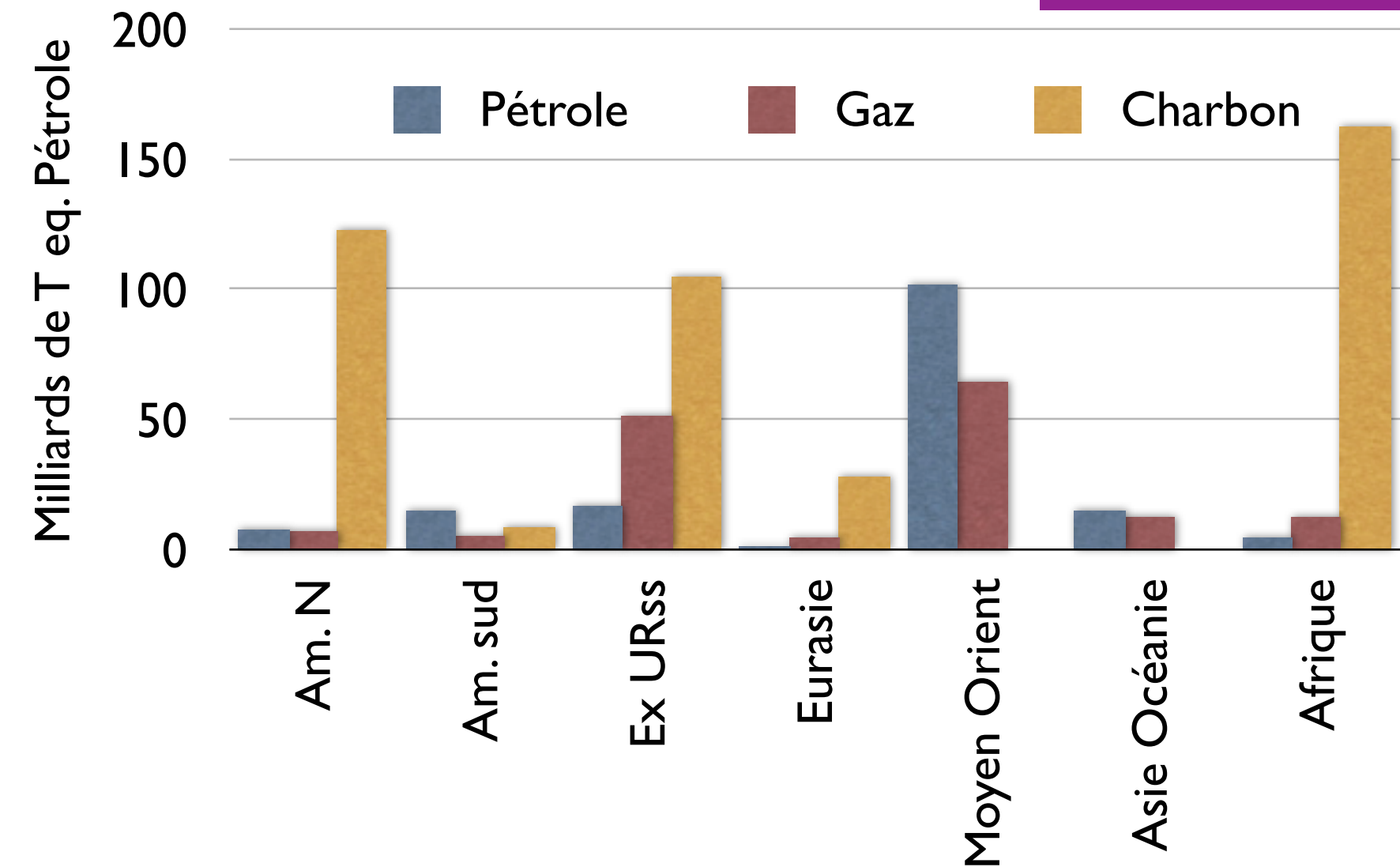


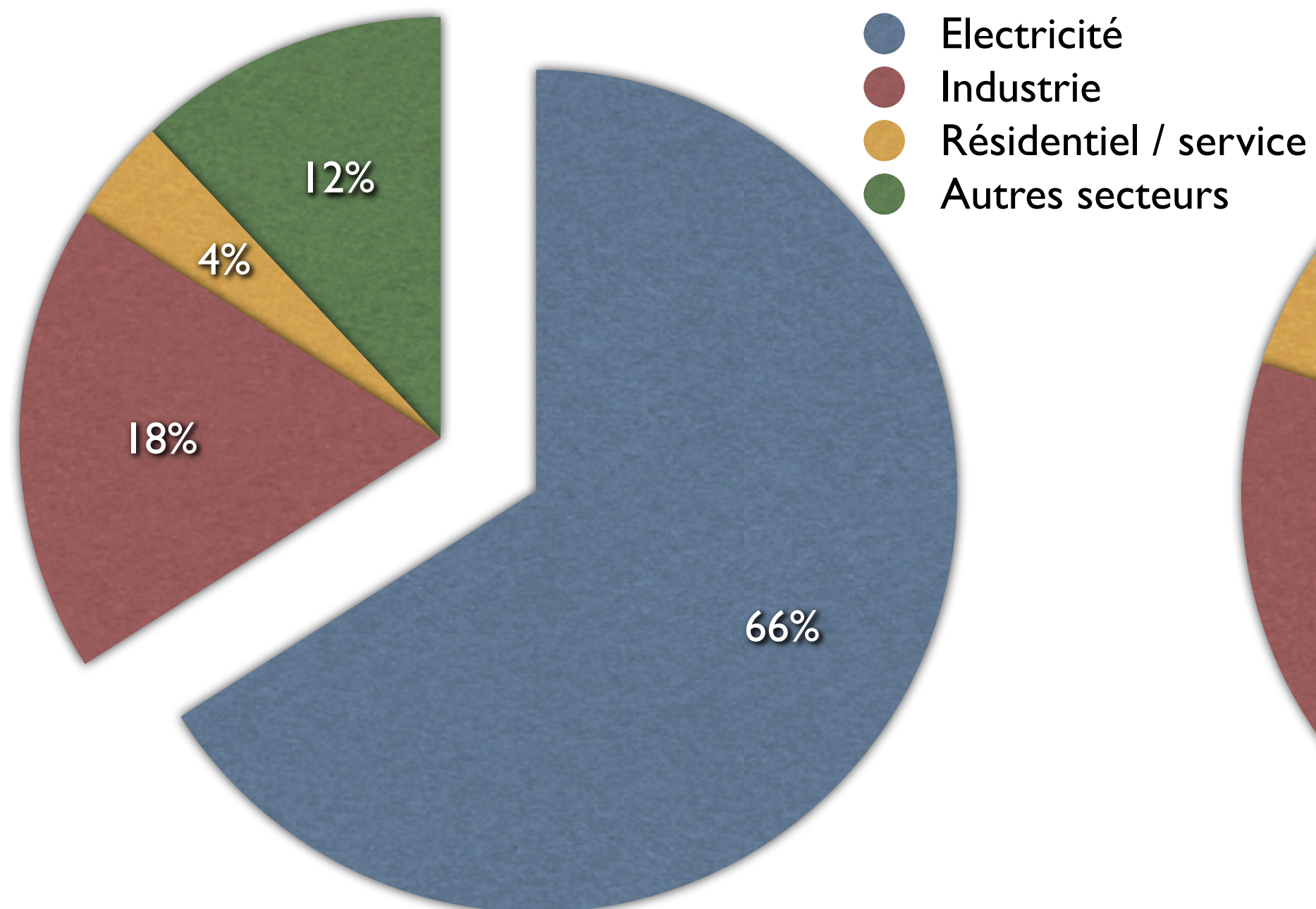
5.7.2. Les avantages du procédé

Séquestration très intéressante pour le charbon (2/3 des réserves)

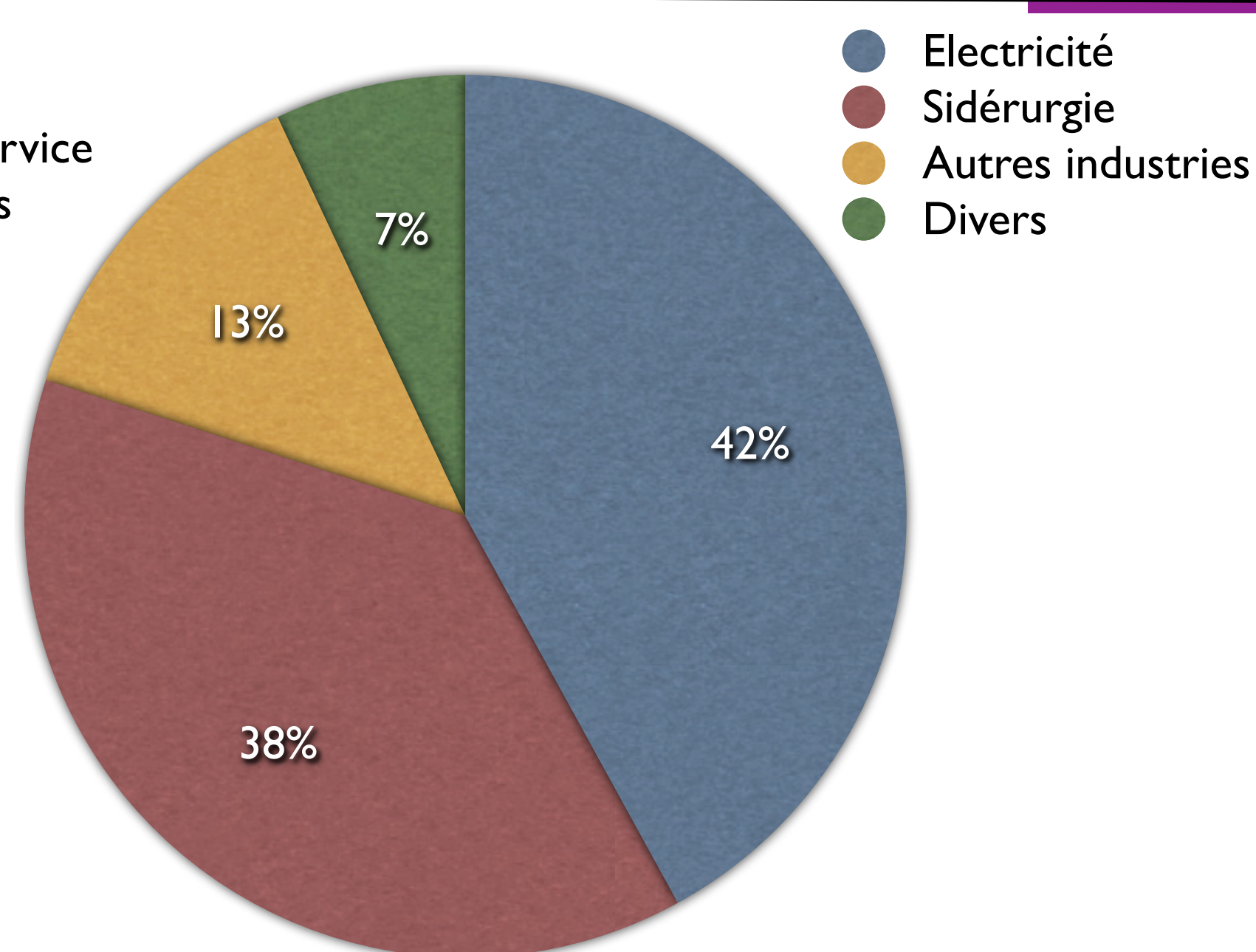
- ▶ Réserves de charbon **beaucoup mieux réparties** que pétrole et de gaz,
- ▶ Zones grosses consommatrices d'énergie = réserves de charbon **très significatives** réserves de pétrole et de gaz faibles,
- ▶ USA = premières réserves mondiales => **intérêt pour les techniques de séquestration du CO2 !**

- ▶ **Potentialités de stockage** (bassins sédimentaires, gisements houillers, pétroles, gaz, salines...) assez **bien réparties** dans le monde



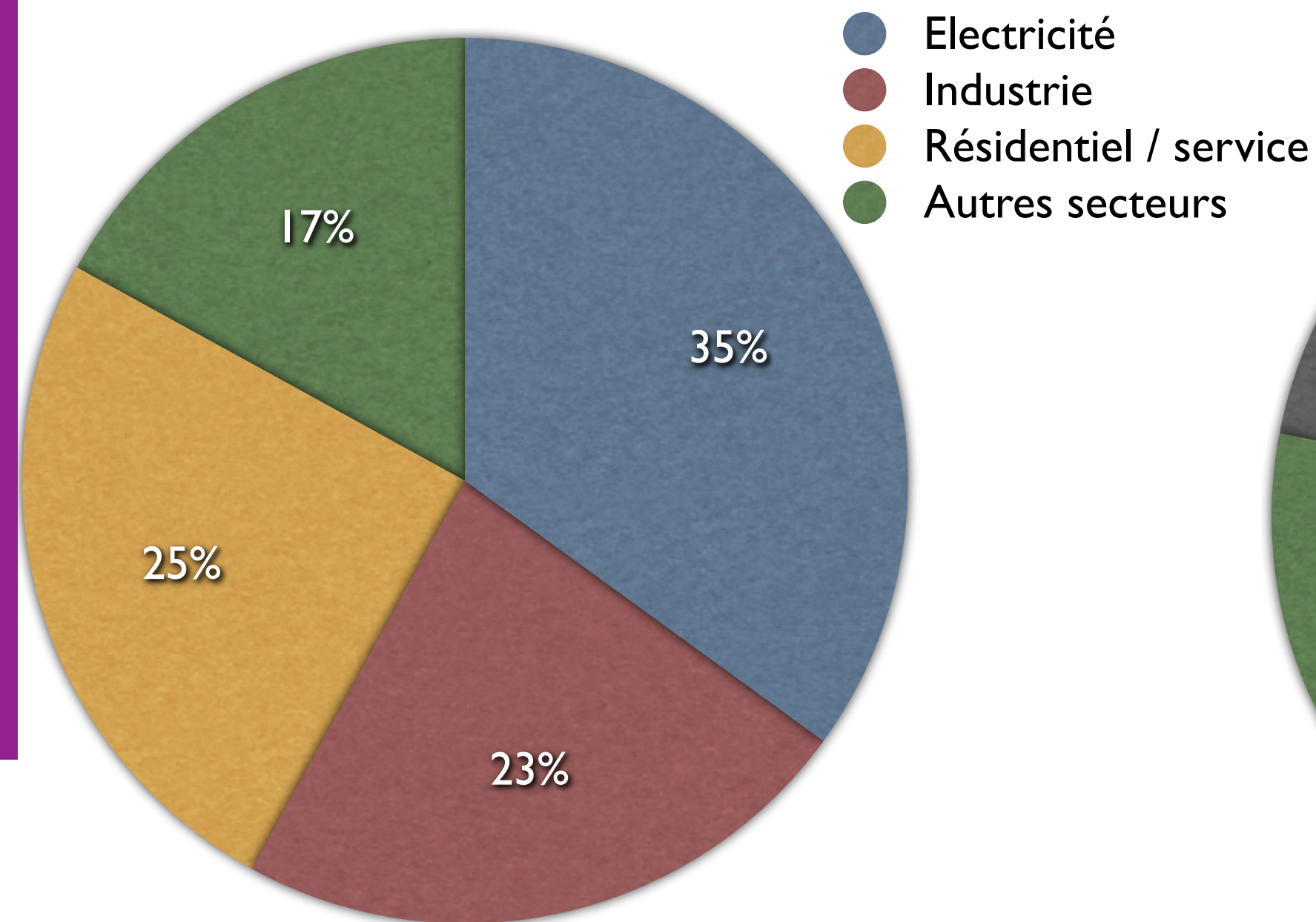


Répartition par usage du charbon consommé dans le monde en 2000
(total : 2,36 Mds de T équivalent pétrole).



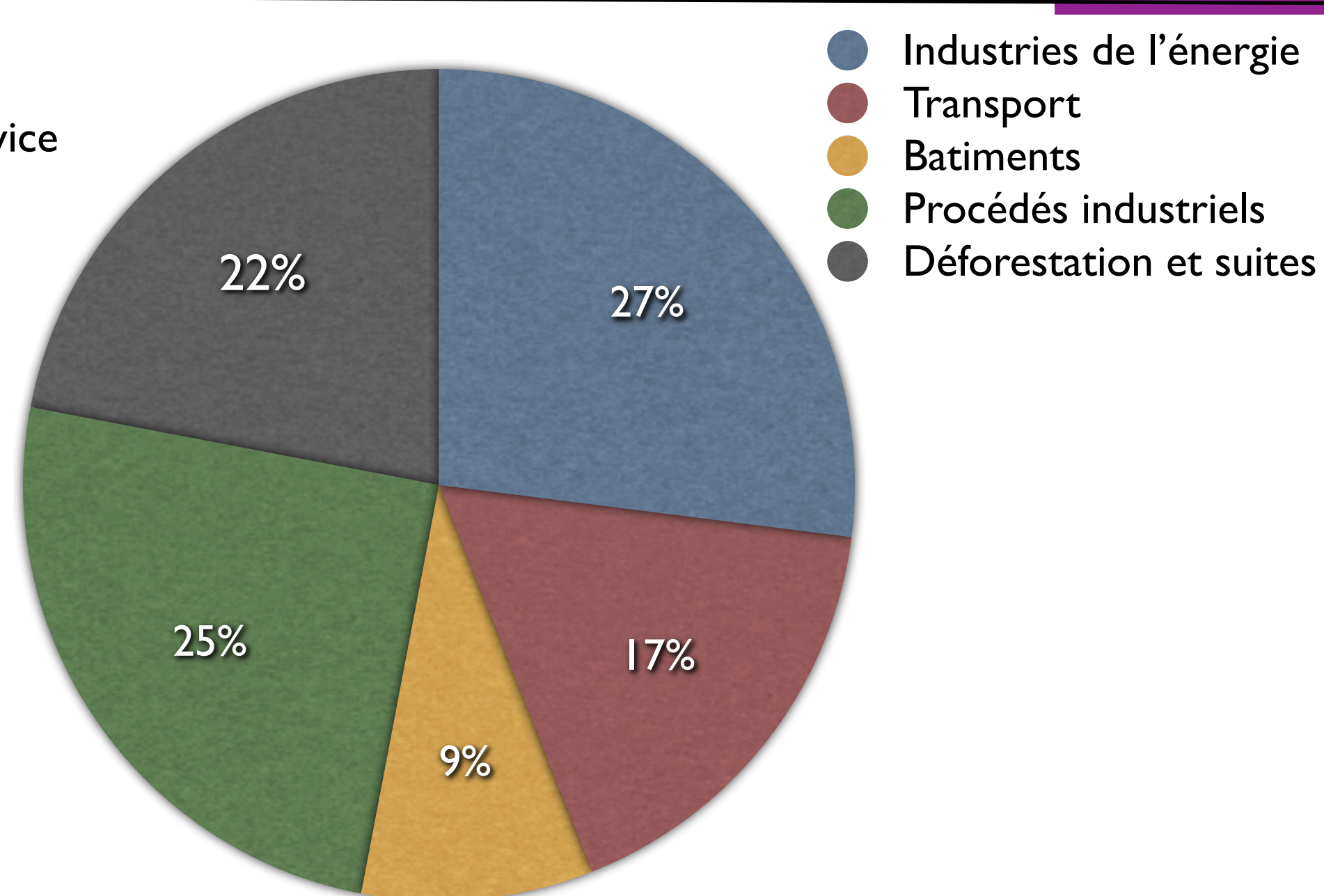
Répartition par usage du charbon consommé en France en 2002.

- ▶ Forte utilisation du charbon dans : **électricité et sidérurgie à l'origine d'émissions de CO2**
 - **très concentrées**
 - **massives**
 - **très localisées**
- ▶ **Trois conditions nécessaires pour la mise en oeuvre de la séquestration du CO2.**



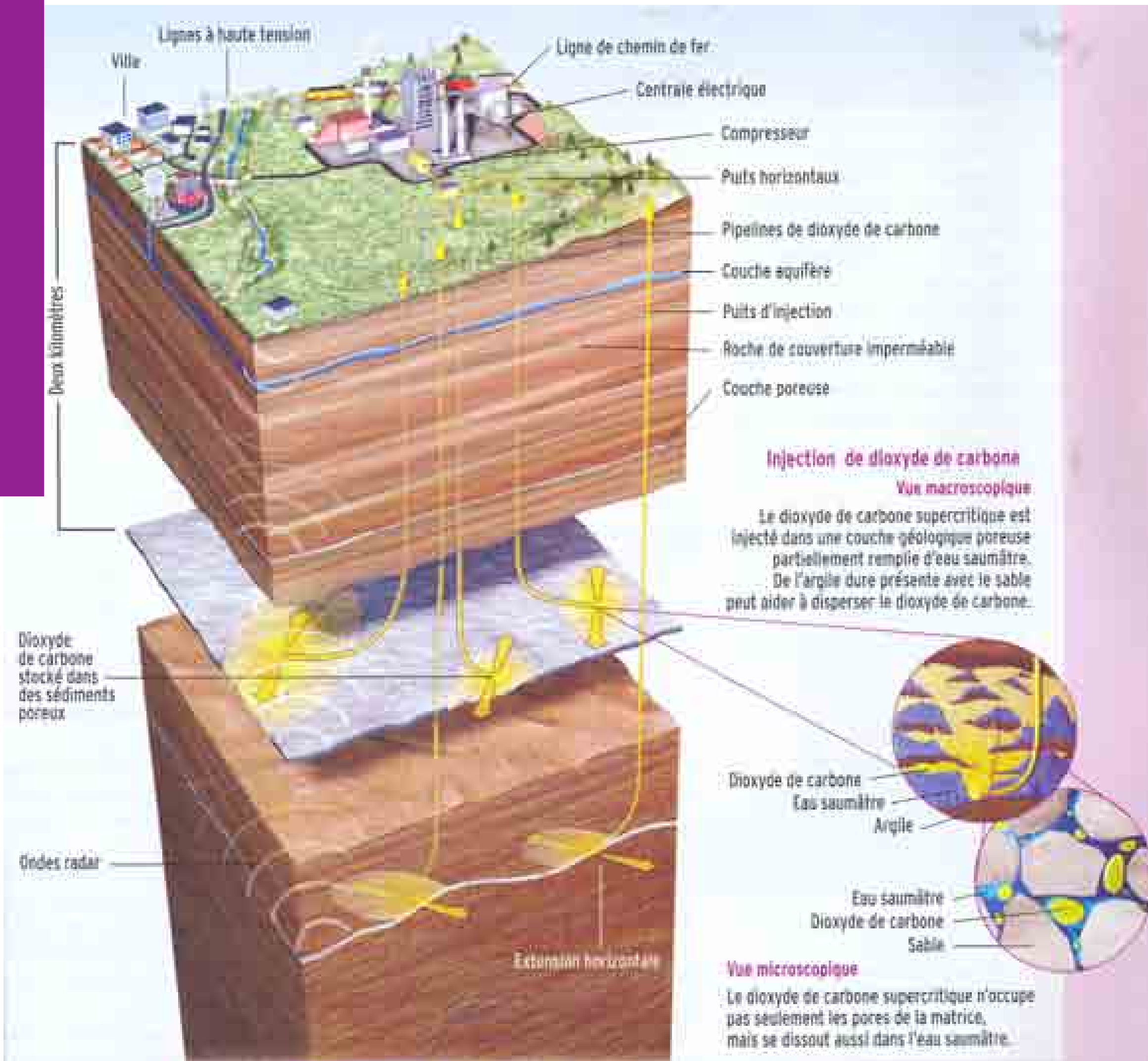
Répartition par usage du gaz naturel consommé dans le monde en 2000.

(total : 2,36 Mds de T équivalent pétrole).



Répartition par activité des émissions de CO2 en 2000.

- ▶ Même configuration pour le gaz naturel que pour le pétrole
- ▶ Usages "concentrés" de l'énergie fossile = centrales électriques + usines de production de matériaux de base (acier, métaux divers, chimie de base, ciment) = **50% des émissions de CO2 d'origine fossile** => **éligibles à la séquestration.**



La centrale thermique du futur...

- Centrale du futur bâtie à proximité d'une ville
- Ville alimentée en eau par une nappe phréatique peu profonde non perturbée par l'injection de CO2 dans le sous-sol
- Charbon acheminé par chemin de fer
- CO2 injecté via des puits horizontaux dans des formations géologiques d'eau salée à très grande profondeur (800m) situées sous une couche de roche imperméable
- Une station de sismologie suit en temps réel l'évolution de la nappe

5.7.3. Tout beau tout rose, alors ?



▶ Technique expérimentale utilisée

- dans quelques champs de pétrole pour faire sortir à vitesse accélérée l'huile contenu dans la roche,
- dans un aquifère salin, pour évacuer le CO2 d'une plate-forme pétrolière de la Mer du Nord.

▶ Il faut plusieurs décennies pour équiper l'intégralité des sources d'émission éligibles

▶ pour séquestrer le carbone, il faut utiliser 10 à 20% de l'énergie obtenue en brûlant le combustible fossile =>

- cela diminue les réserves potentielles de **20% qui au rythme actuel seront épuisées en 50 ans...**
- existence d'un **surcoût** lié à la séquestration : augmentation de **20%** du coût de production de l'électricité, 8 cts par Kwh (coût actuel) + 1.5 cts par Kwh (séquestration)
- **Surcoût à l'opposé du phénomène de la libéralisation actuelle de la production électrique**

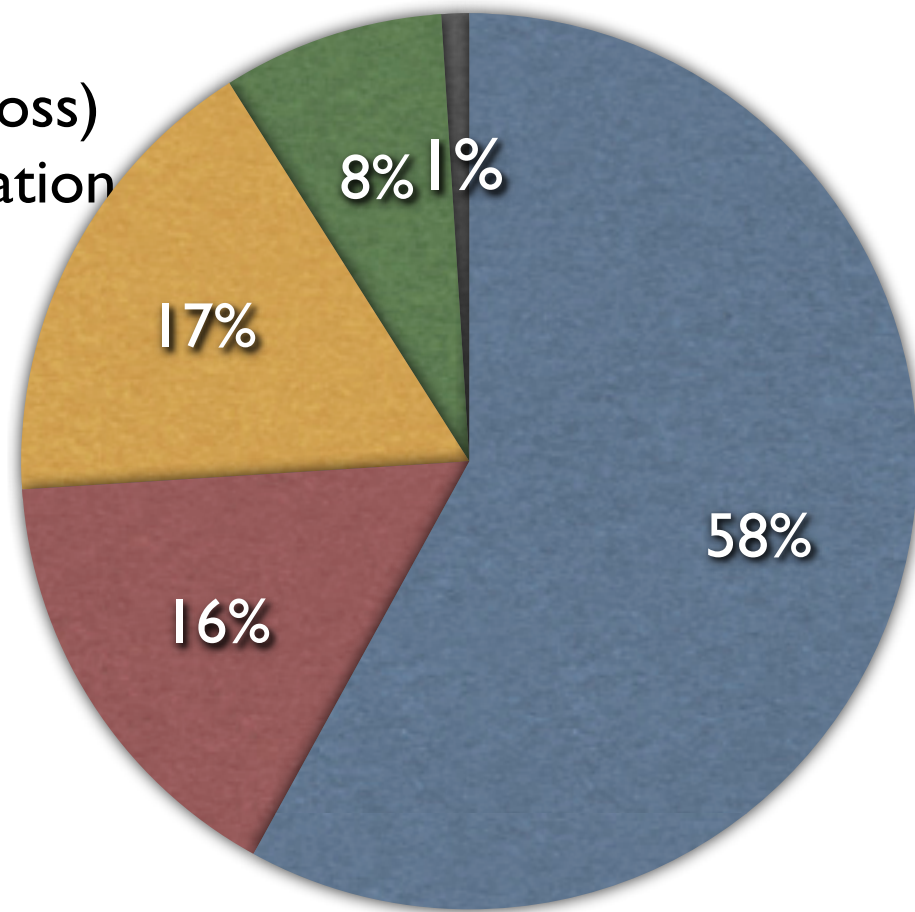
▶ Seules les sources "concentrées" de CO2 (50% du total) sont éligibles ; ne sont pas concernés :

- les transports, qui connaissent une croissance très importante
- les chaudières de maison ou de bureaux,
- la "petite" industrie.



► **le CO2 provenant de l'énergie fossile ne représente lui-même qu'un gros 50% du problème.**

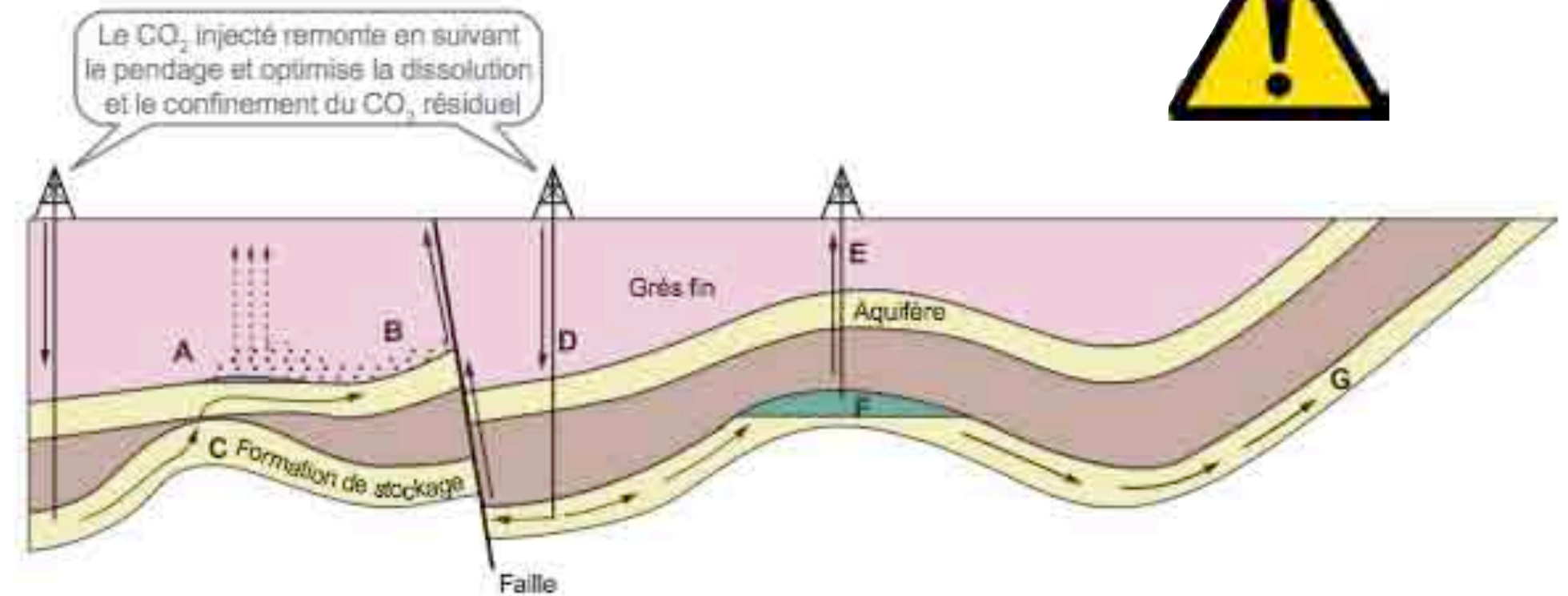
- CO2 (Comb. foss)
- CO2 déforestation
- Méthane
- N2O
- Halocarbures



Part relative de chaque gaz à effet de serre dans le total des émissions d'origine humaine.

On ne peut séquestrer que 50% du CO2 résultant de la combustion fossile qui ne représente que 50% des émissions !!!

► **les risques de fuite sont importants**



Mécanismes possibles de libération du CO₂

A. Le CO ₂ dont la pression excède la pression capillaire traverse le grès fin.	B. Le CO ₂ libre s'échappe de A et remonte dans l'aquifère en suivant la faille.	C. Le CO ₂ emprunte un «vide» dans la roche couverture et remonte dans l'aquifère.	D. Le CO ₂ injecté suit le pendage, élève la pression dans le réservoir et la perméabilité de la faille.	E. Le CO ₂ s'échappe par un puits abandonné mal obturé.	F. L'écoulement naturel dissout le CO ₂ à l'interface avec l'eau et l'emporte hors du réservoir.	G. Le CO ₂ dissous s'échappe dans l'atmosphère ou l'océan.
---------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------

Interventions

A. Extraire et purifier l'eau souterraine	B. Extraire et purifier l'eau souterraine	C. Extraire le CO ₂ et le réinjecter ailleurs	D. Réduire le taux ou la pression d'injection	E. Oblurer de nouveau le puits avec du ciment	F. Intercepter et réinjecter le CO ₂	G. Intercepter et réinjecter le CO ₂
--------------------------------------------------	--------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------	------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------

► **les dégazages rapides sont mortels** = en 1986, libération naturelle de 300 000 t de CO₂ stocké dans le fond du lac de Nyos (Cameroun) : mort de 1700 villageois et de milliers de têtes de bétail

► **les fuites lentes sont moins dangereuses mais remettent en question les objectifs du stockage...**

Si consommation d'énergie $\times 4 =$ pour permettre à 6 à 9 milliards d'habitants de vivre comme un Européen d'aujourd'hui :

- ▶ **les émissions seront multipliées par 4 aussi,**
- ▶ **si séquestration techniquement possible, 50% des émissions enfouie,**
- ▶ **perturbation climatique double de celle d'aujourd'hui**
- ▶ **et 4 fois trop importante pour stabiliser la concentration en CO2 dans l'air**

La séquestration est loin de nous dispenser de tout autre effort sur les consommations et la modification du "mix" énergétique !!!