Chapitre 2- Le sol : un patrimoine durable ?

1- L'Homme utilise à son profit la photosynthèse

L'agriculture correspond à l'exploitation et à la transformation du milieu naturel ayant pour but la production de végétaux et d'animaux utiles à l'homme, notamment pour son alimentation.

L'agriculture a besoin pour cela de sols cultivables et d'eau : deux ressources très inégalement réparties à la surface de la planète, fragiles et disponibles en quantités limitées.

19 espèces végétales seulement sur un total de plus de 200 000 fournissent plus de 80 % de l'alimentation des hommes. Le nombre total d'espèces végétales cultivées est de l'ordre du millier.

Les 3 plantes alimentaires les plus importantes sont le blé, le riz et le maïs ; elles sont suivies par la pomme de terre, l'orge, le manioc, la patate douce, le soja et la canne à sucre.

Une quarantaine d'espèces animales sont élevées dont seulement une dizaine d'invertébrés (abeille, vers à soir, escargot, huître, etc.)

Quelques espèces issues de l'agriculture.

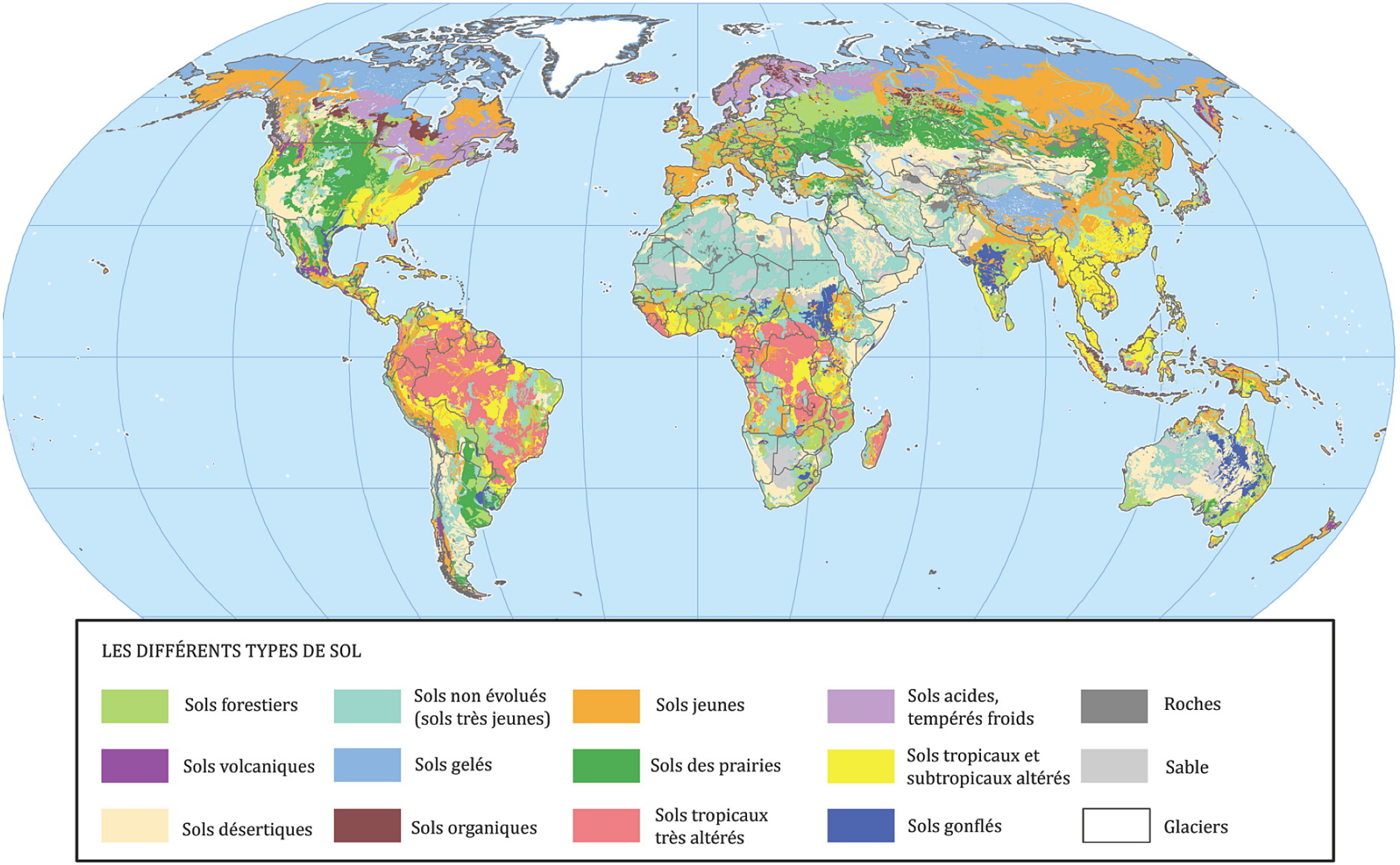
2- Les sols cultivables

2-1- La notion de sol

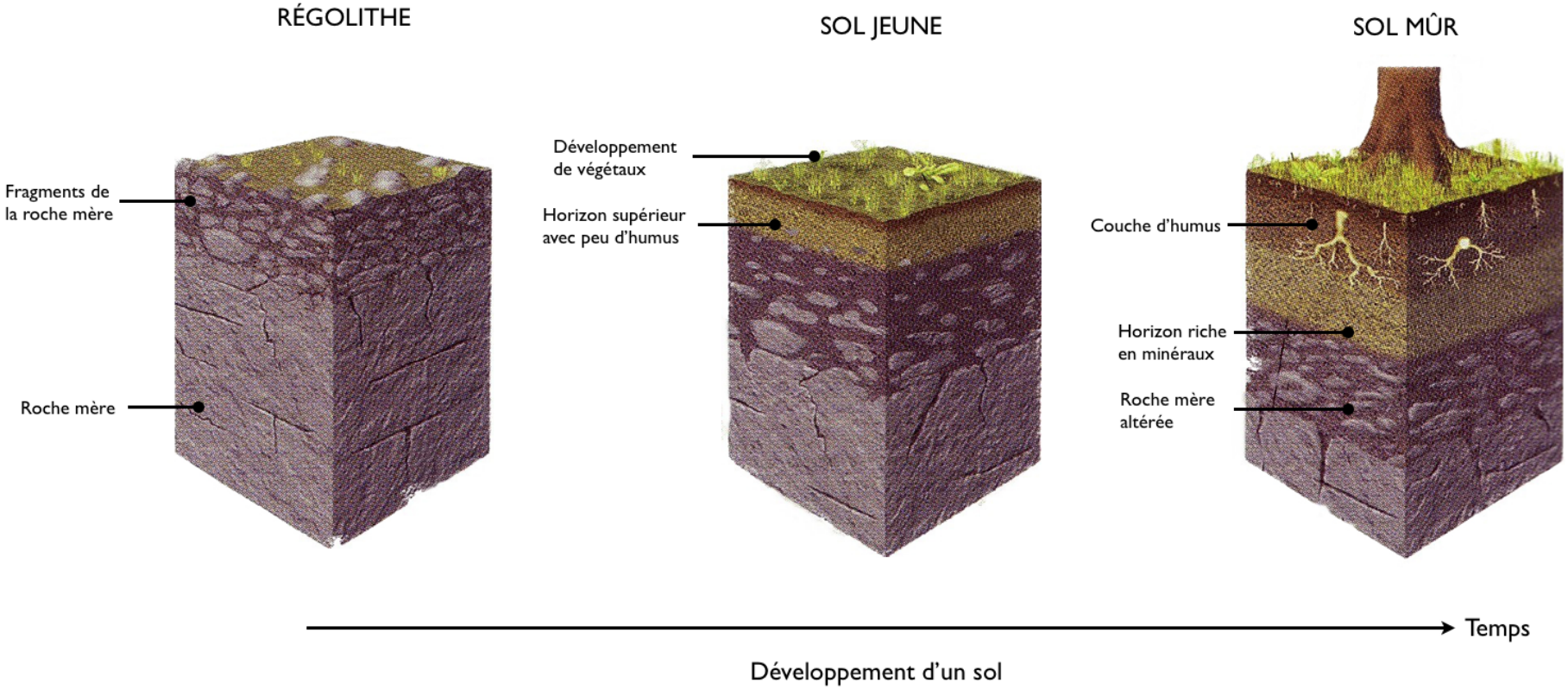
Une mince couche du sol recouvre la plus grande partie des surfaces continentales. Ce mélange complexe de roches altérées, meubles, et de matériau organique est essentiel à la vie terrestre et notamment à l'homme.

Pour pousser, les plantes ont besoin d'un sol qui leur fournisse des nutriments et de l'eau. Des millions de micro-organismes, assurant le recyclage de la matière organique, vivent dans le sol et contribuent à sa fertilité. Le sol filtre également les eaux de ruissellement.

Il existe différents types de sol supportant différents écosystèmes. La connaissance des sols est nécessaire à la planification des infrastructures urbaines et routières, mais surtout au développement de l'agriculture.



Les sols mêlent matière minérale (fragments rocheux) et matière organique en décomposition, l'humus. Ces matériaux sont disposés en couches, ou horizons, dont l'ensemble forme le profil du sol.



Ces horizons résultent de l'action combinée du climat, de la végétation, des organismes du sol et de la topographie.

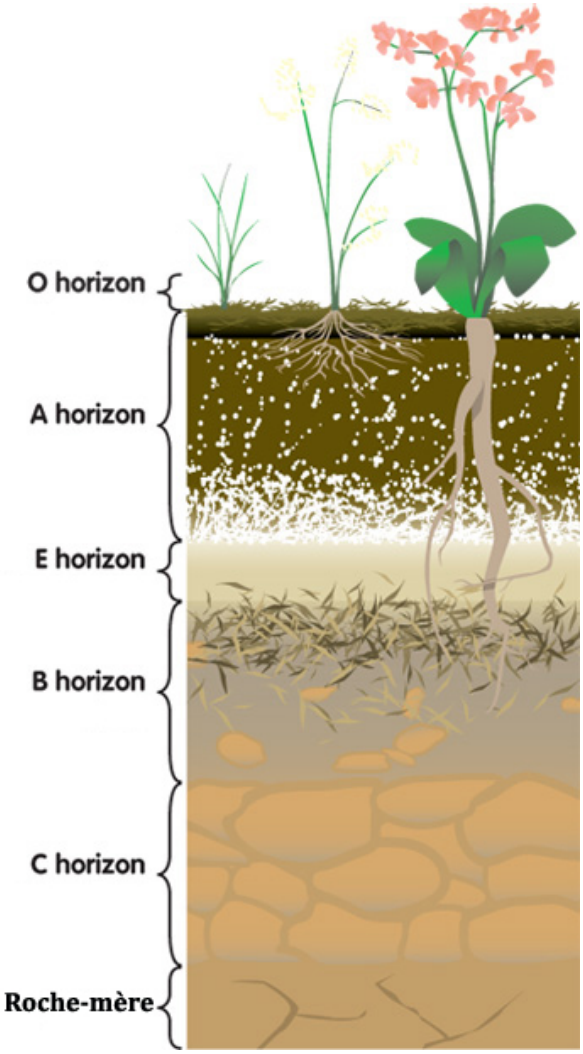
Plus un sol évolue et s'approfondit, plus nombreux sont les horizons.

Le sol est un véritable écotone (zone de transition écologique entre deux écosystèmes) où se rejoignent et s'interpénètrent les trois compartiments de la biosphère : l'atmosphère, l'hydrosphère et la lithosphère.

Le sol occupe une position clé puisqu'il représente le lieu ou transite obligatoirement la matière organique élaborée par les êtres vivants.

La surface du sol reçoit constamment des feuilles mortes et des débris végétaux auxquels s'ajoutent les déchets du métabolisme des animaux et leurs cadavres.

Profil d'un sol type



Horizon 0 : c'est l'horizon organique (ou humus) dans lequel les débris végétaux s'accumulent à la surface du sol.

Horizon A : l'horizon A est par définition un horizon contenant à la fois de la matière organique et de la matière minérale. Il est, en général, le résultat d'un brassage mécanique par les organismes vivants dans le sol (vers, insectes) ou bien matérialise l'intervention de la charrue dans le cas des sols cultivés.

Horizon E : il correspond à un horizon appauvri par le départ de constituants solides ou leur solubilisation in situ. C'est l'horizon éluvial. Il résulte en général d'une perte d'argile, de fer, ou de matière organique par lessivage. Sa couleur est souvent plus claire.
Horizon B
C'est un horizon enrichi. Il est enrichi en divers constituants, suivant les cas: argile, fer, matière organique, carbonate de calcium, etc.

Horizon C : c'est un horizon d'altération de la roche mère dans lequel la transformation de celle-ci reste limitée si bien que nombre de ses caractères originaux (litage, schistosité, minéraux) sont encore très visibles.

Roche-mère : roche non altérée située à la base du profil. Elle est qualifiée de roche-mère dans le cas où elle est bien à l'origine du sol.

2-2- La biomasse du sol

La biomasse constitue la masse des êtres vivants exprimée soit en poids frais, soit en poids sec, soit en carbone organique. La biomasse peut être déterminée pour une surface, pour une espèce ou un group d'espèces.

Les organismes du sol ont une biomasse très élevée : on trouve dans 1 gramme de sol de richesse moyenne d'une région tempérée, 200 millions de bactéries, 600 000 actinomycètes et 500 000 spores de champignons, 70 000 amibes, 60 000 algues unicellulaires.

Ces chiffres correspondent à des biomasses par hectare de 2 500 Kg de bactéries, 600 Kg de champignons, 700 Kg d'actinomycètes et 50 Kg d'algues.

Il faut y rajouter de 250 à 2 250 kg d'animaux dont la moitié est formée de vers de terre (dans certaines régions la masse de vers de terre est estimée à 6500 kg par hectare). Le sol héberge donc une biomasse animale beaucoup, plus élevé que la partie aérienne.

2-3-La biomasse issue du sol

Les agrosystèmes sont des écosystèmes crées par l'homme qui différent des écosystèmes naturels par leur homogénéité spatiale, leur pauvreté spécifique (dans les régions de grande monoculture il ne reste plus qu'une seule espèces), l'uniformité génétique des espèces cultivées et leur dépendance vis-à-vis de l'homme en particulier en ce qui concerne leurs besoins en éléments minéraux (engrais), en eau 'irrigation) et leur protection contre les ravageurs.

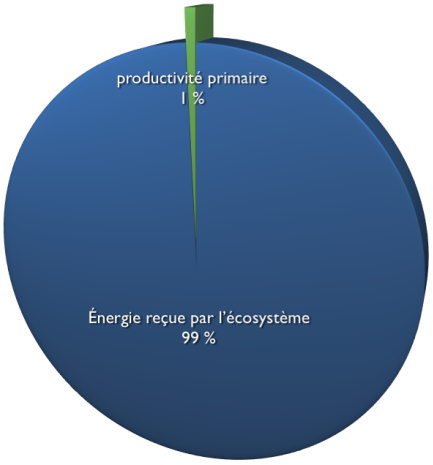
Les agrosystèmes conservent cependant diverses propriétés des écosystèmes naturels.

Exemples d'une ferme Ardennaise

Cette ferme de 27 ha est organisée pour la production de bovins (viande et lait). Il est possible de définir 3 sous-systèmes : la prairie permanente, les cultures (qui permettent de nourrir le bétail en hiver) et les installations de la ferme qui consomment une quantité d'énergie devant être prise en compte dans la détermination de la productivité et des rendements .

L'écosystème reçoit chaque année 216.10^9 kcal d'énergie (sous la forme d'énergie lumineuse) et la productivité primaire est de 412 tonnes soit l'équivalant de $1,65.10^9$ kcal.

Le rendement vis avis de l'énergie lumineuse reçue est donc de 0,77 %.



La productivité secondaire sous la forme de lait et de viande correspond à $41,2.10^6$ kcal qui se décomposent en 34.10^6 kcal produites sur le champ par le bétail et en $7,2.10^6$ kcal produites à l'étable.

La matière organique livrée aux décomposeurs est évaluée à 1 308.106 kcal dont 884.10^6 kcal d'organes aériens et de 424.10^6 kcal d'organes souterrains.

Il faut remarquer que pour l'agro système fonctionne il faut apporter 80.10^6 kcal sous la forme de combustible fossile et 45.10^6 kcal sous la forme de bois de chauffage.

Bilan : La conclusion que l'on peut tirer de cette étude est que l'agro système n'a pas une productivité et un rendement supérieur à ceux des écosystèmes naturels et qu'il peut fonctionner que grâce à l'injection d'énergie fossile.

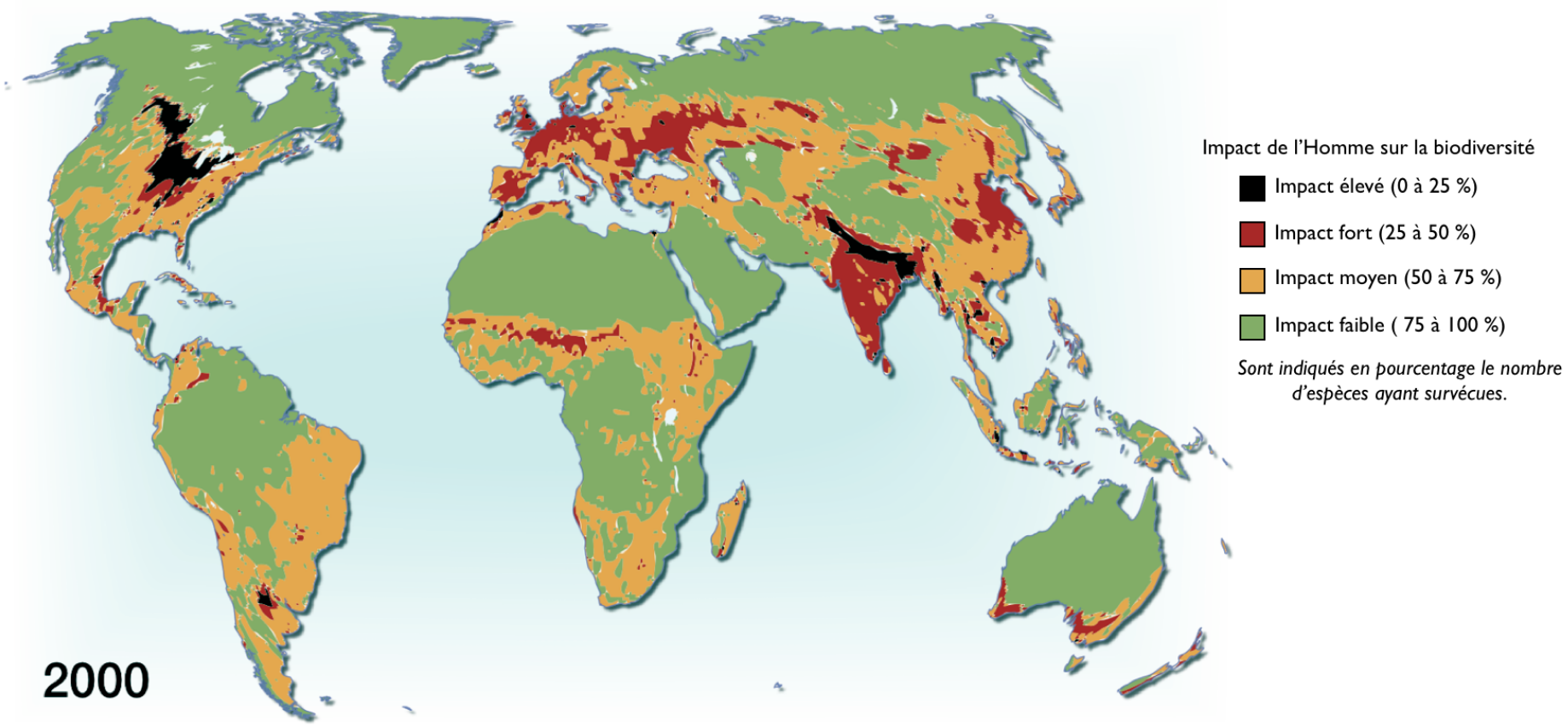
2-4 Biodiversité et agrosystème

L'emploi de fertilisant et de pesticides en agriculture traditionnelle a une influence sur le sol, sa qualité, sa flore microbienne et sa faune, comme l'ont établi des recherches récentes.

Une étude comparée de parcelles traitées selon les méthodes de l'agriculture traditionnelle et de l'agriculture biologique a été réalisée.

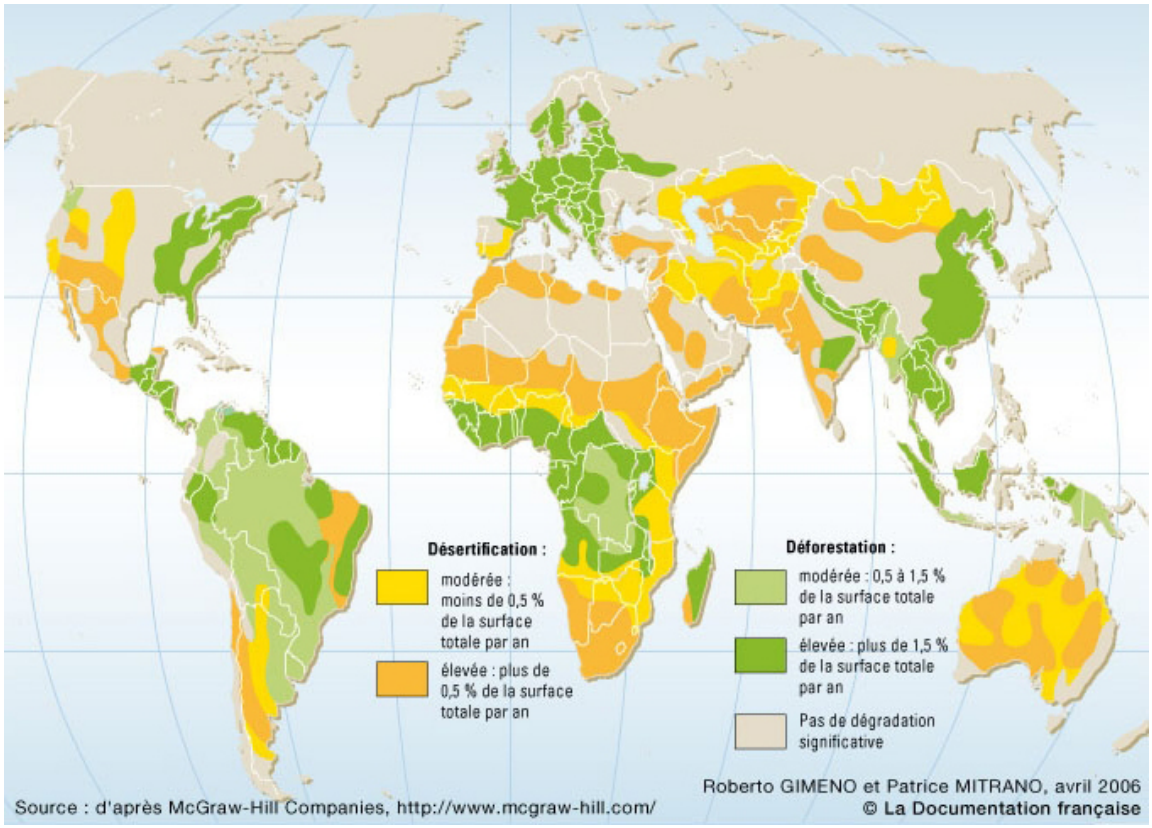
Elle a montré que, dans le cas de cette dernière, le sol a une plus grande diversité et une plus grande activité des populations microbiennes, une biomasse plus grande des vers de terre, une élévation de la taille et de la biodiversité des populations d'insectes et d'Araignées, parmi lesquels se trouvent des espèces utiles en tant que prédateurs des ravageurs de cultures.

Les sols biologiques apparaissent ainsi en meilleure santé sans que ceci se fasse aux dépens de la qualité et de l'importance des récoltes.

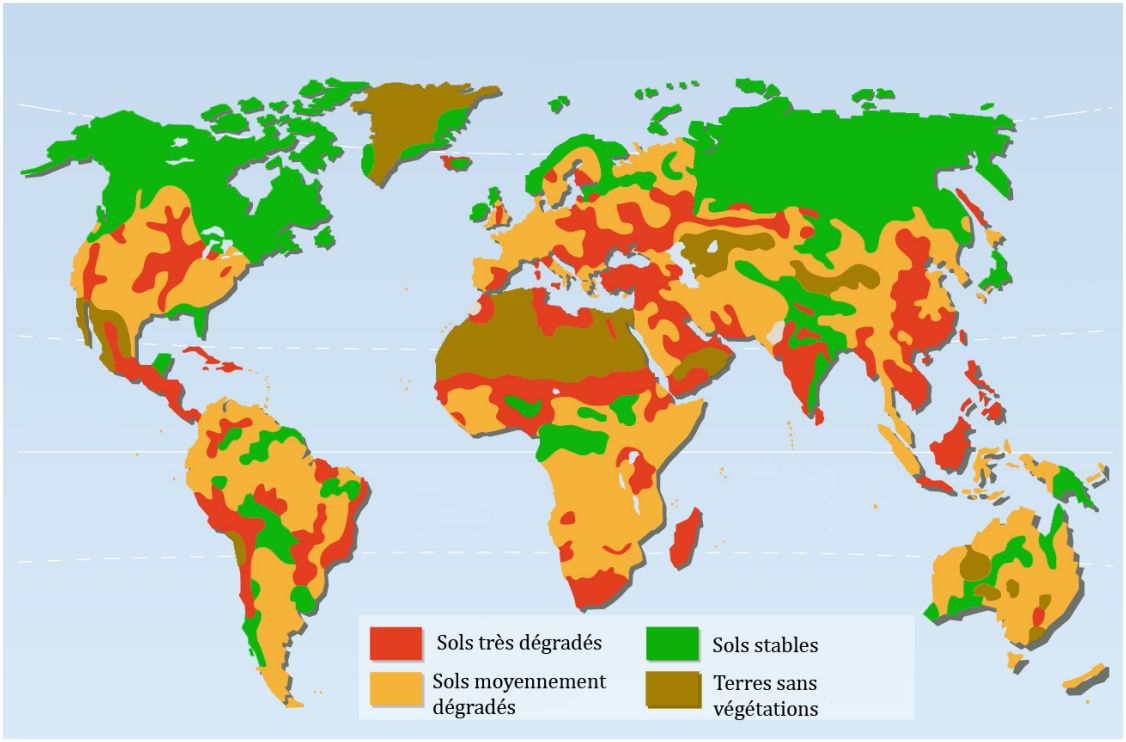


2-5 Préservation des sols

Un sol résulte d'une longue interaction entre les roches et la biosphère, conditionnée par la présence d'eau et la température. Le sol est lent à se former, inégalement réparti à la surface de la planète, facilement dégradé et souvent détourné de sa fonction biologique. Sa gestion est un enjeu majeur pour l'humanité.



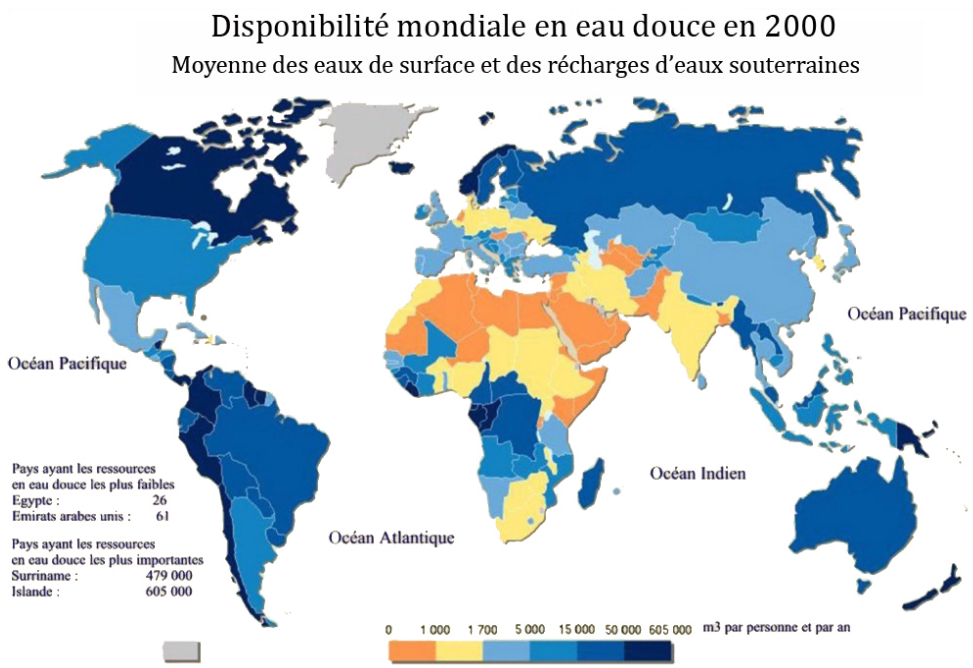
La déforestation couplée à une utilisation intensive des sols provoque dans certaines régions du monde une détérioration de ces derniers.



Les cultures, en supprimant la couverture végétale naturelle, exposent les sols à l'érosion hydrique et éolienne. Pour réduire les effets, les agriculteurs utilisent des techniques culturales variées, dont les cultures suivent les courbent de niveau. L'action de l'eau est ainsi réduite, le drainage vertical du sol davantage respecté

3- Les ressources en eau

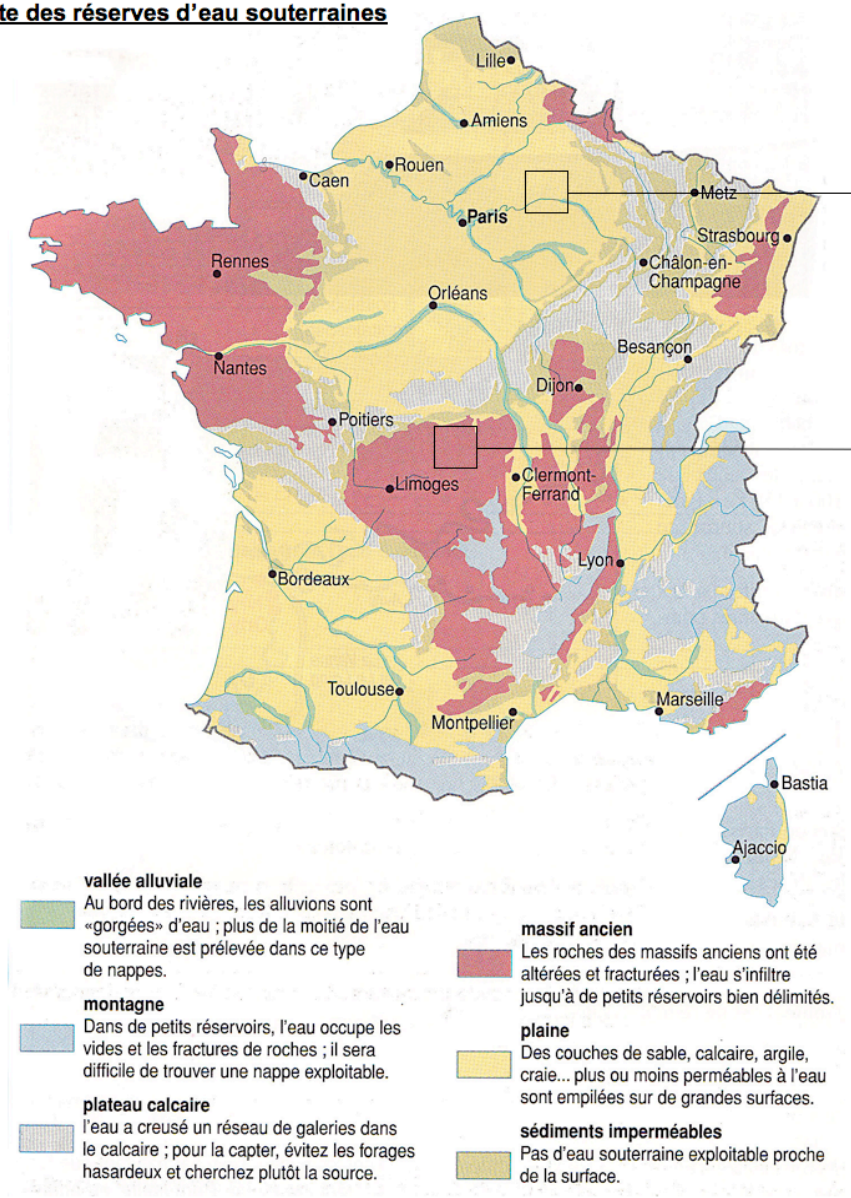
L'eau douce est en quantité suffisante pour alimenter l'ensemble de l'humanité, seulement sa répartition est très inégale. 1/5 de la population mondiale vit avec une quantité d'eau douce disponible insuffisante (entre 0 et 3000 m^3 par an).



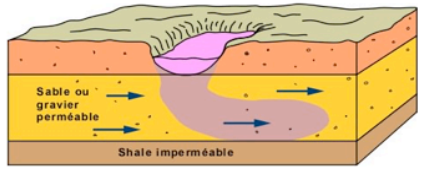
Les précipitations alimentent le réseau fluvial ainsi que le réseau des eaux souterraines or les précipitations dépendent des climats locaux. .
Les précipitations sont donc variables d'une région à une autre du monde.
Cependant les régions qui ont le plus d'eau douce disponible ne sont pas celles qui reçoivent le plus de précipitations. En effet, les pluies ruissellent trop rapidement pour être utilisées efficacement.
La disponibilité de l'eau est aussi fonction de la nature géologique des réservoirs

Certaines roches (comme les argiles qui sont des roches très poreuses c'est-à-dire qui se laisse facilement pénétrer par l'eau, mais peu perméable, qui ne se laisse pas traverser par l'eau) ont en effet la capacité de retenir fortement l'eau qui n'est donc pas disponible, car piégée dans le sol.

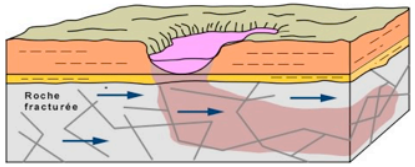
Carte des réserves d'eau souterraines



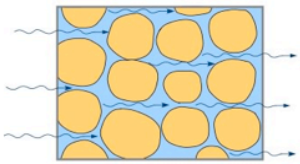
Nappe phréatique dans une plaine sédimentaire



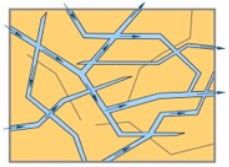
Nappe phréatique dans massif ancien fracturé



Deux types de perméabilité peuvent être observés en fonction de la composition des roches :



Perméabilité interparticulaire (grès)



Perméabilité de fractures (calcaire, granite)

Les nappes phréatiques se forment par accumulation d'eau dans des couches géologiques perméables au dessus d'une formation imperméable.

L'eau provient des infiltrations d'eau de pluie et de ruissellement et peut ressortir au niveau des sources après avoir parcouru plusieurs dizaines ou centaines de kilomètres.

3-1-La qualité de l'eau douce

A- La purification naturelle

En général les eaux souterraines sont d'une plus grande pureté que les eaux de surfaces. Des microorganismes vont dégrader la matière organique en suspension dans l'eau , ainsi que certains polluants et vont ainsi de manière naturelle purifier l'eau, on parle d'autoépuration. L'eau en mouvement (notamment les torrents, les rapides) permet la dissolution d'une plus grande quantité de dioxygène dans l'eau circulante. Le dioxygène participe à la dégradation des polluants notamment d'ordres viraux et bactériens

B- L'eutrophisation.

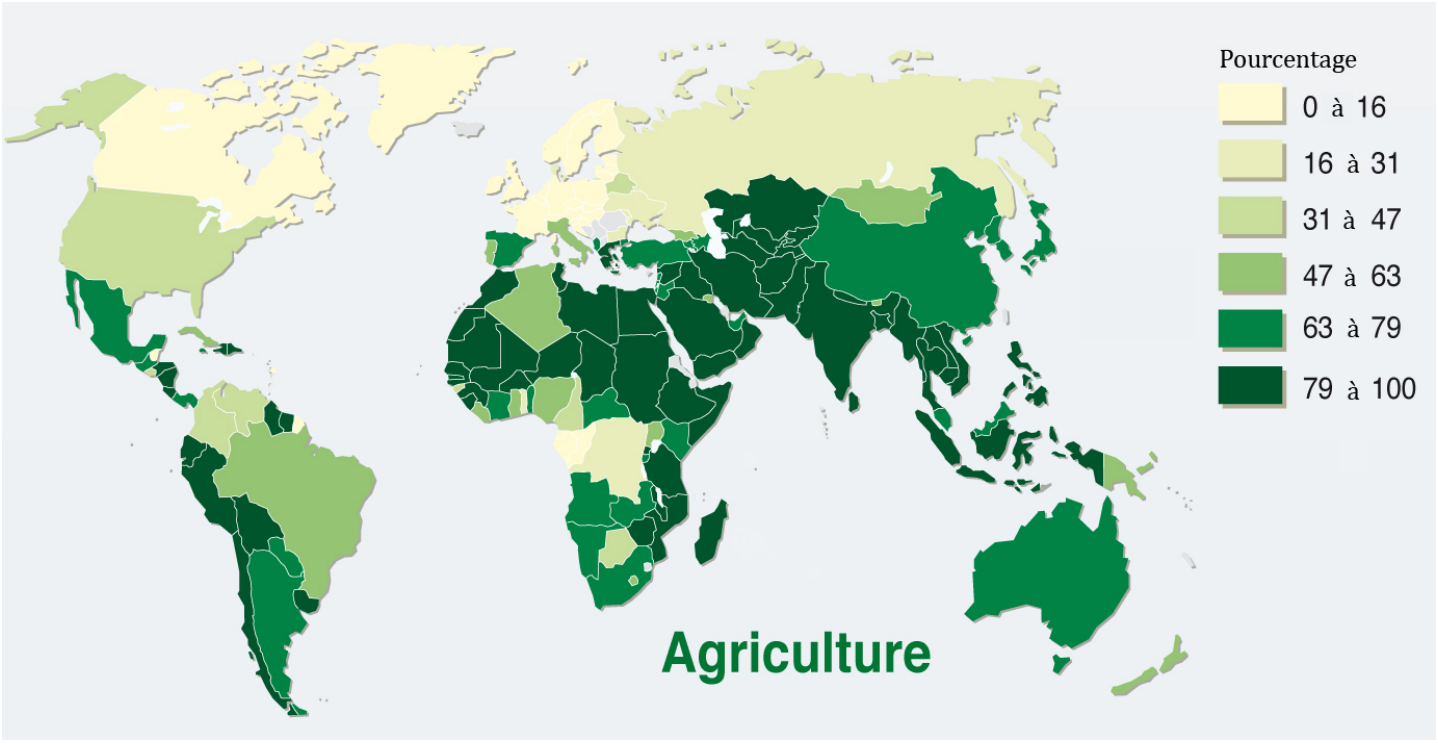
Dans l'eau douce, deux substances nutritives minérales, l'azote et le phosphore favorisent la croissance des microorganismes et des algues. Le non-traitement des eaux usées et le ruissellement des eaux de surfaces contenant une grande quantité d'engrais phosphatés , augmente la multiplication des algues et épuise le milieu en dioxygène (par respiration des organismes). Le milieu s'acidifie alors et toute vie devient impossible.

C-la pollution

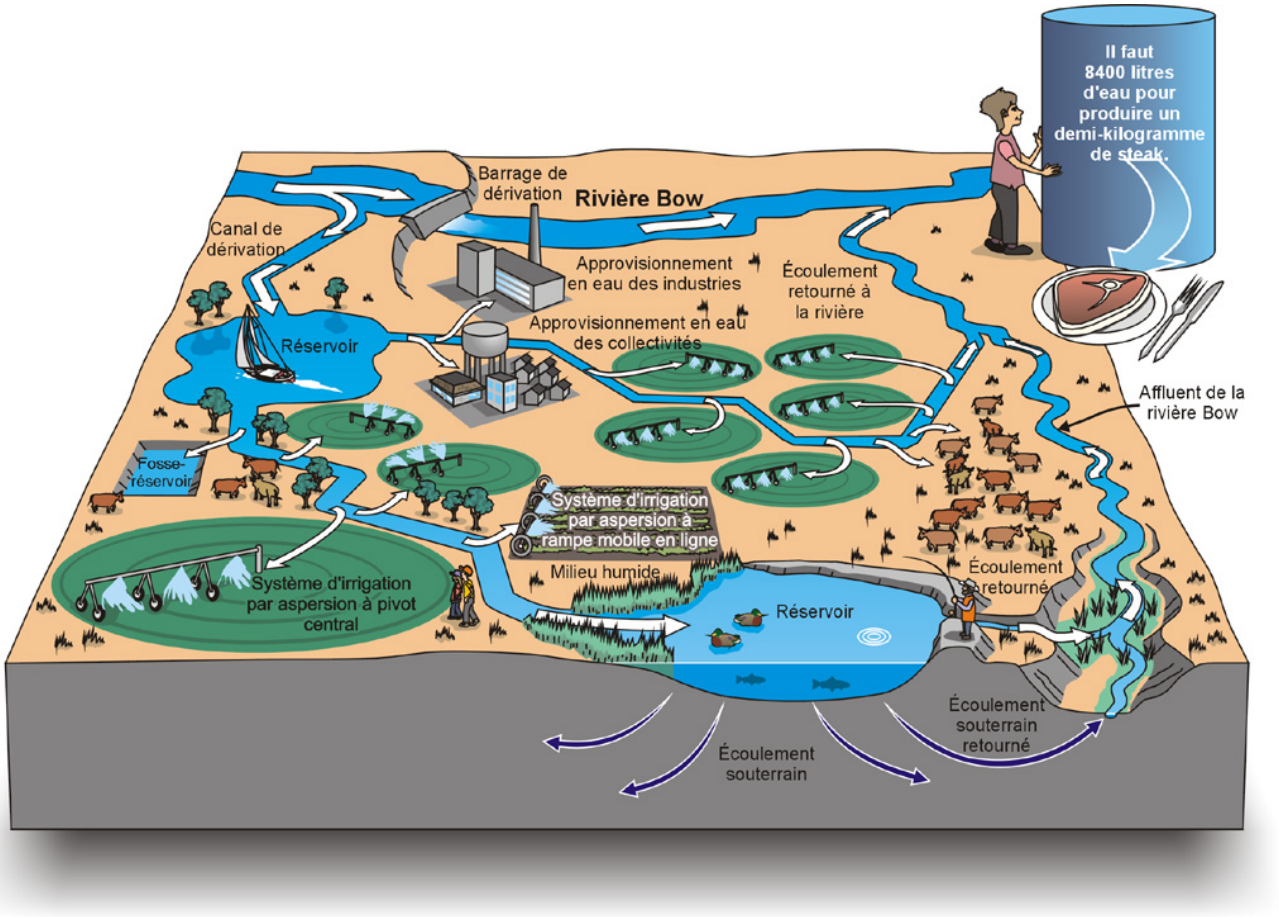
La pollution organique et les pollutions industrielles (métaux lourds, radioéléments, etc.) augmentent le pouvoir pathogène des eaux de surfaces et des eaux souterraines. Lorsque celle-ci est utilisée pour l'agriculture et l'élevage, les contaminants passent dans les chaines alimentaires.

3-2- Utilisation de la ressource par l'agriculture

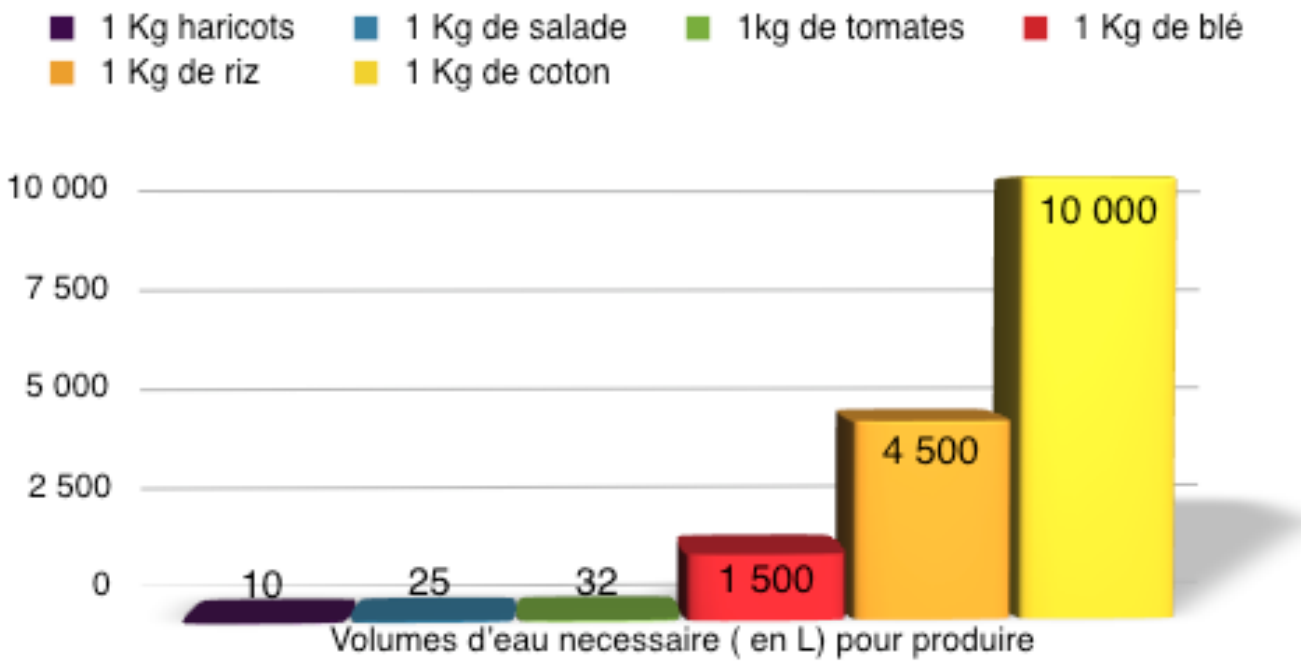
L'agriculture (irrigation) et l'élevage sont de grands consommateurs en eau



Dans l'exemple ci-dessous, l'irrigation des cultures par aspersion, l'utilisation de l'eau pour les élevages, l'ensemble de l'eau utilisée provient de la rivière Bow, dont le cours a été détourné par un barrage de déviation et un canal de dérivation. Après utilisation, l'eau retourne à la rivière.

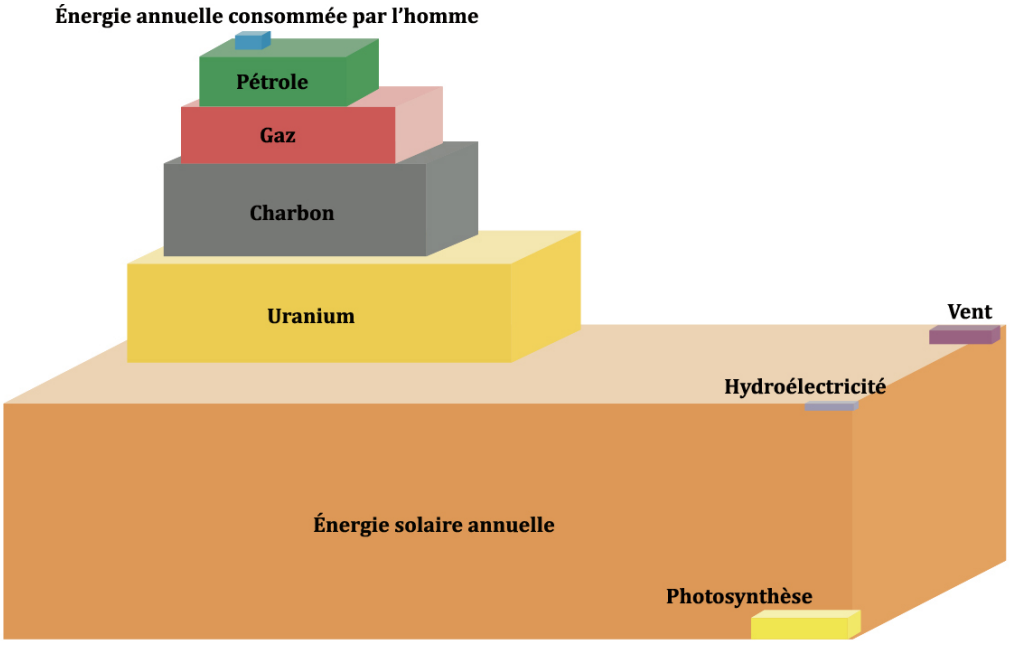


La consommation du volume d'eau nécessaire pour produire divers légumes etcéréales , nous indiquent les cultures fortes consommatrices d'eau.



3-3- Utilisation de la ressource produite par l'agriculture

A- Les énergies issues du sol



Répartition de la production potentielle de l'énergie dans le monde par ressources et par an

La biomasse végétale produite par l'agriculture (par la photosynthèse) est une source de nourriture, mais aussi une source de combustibles ou d'agrocarburants. Ces deux productions entrent en concurrence.

Le terme biocarburant désigne un carburant renouvelable constitué de dérivés industriels obtenus après transformation de produits d'origine végétale ou animale (c*'est un nom qui présente une analogie avec le terme générique anglais « biofuel » utilisé internationalement qui englobe biocombustibles et biocarburants y compris biogaz).*

On distingue d'une part, les biocarburants issus des organes de réserve de la plante, dits de première génération et d'autre part, des biocarburants issus de la plante entière, dits de seconde génération.

B- Les Biocarburants de premières générations

Ce sont ceux actuellement sur le marché. Ils sont issus de plantes cultivées telles que céréales, betteraves, colza, ou tournesol, soja ou palmier à huile. Ils constituent une solution alternative aux carburants d'origine fossile. Les biocarburants se divisent entre les esters et les huiles d'une part et l'éthanol et les éthers d'autre part. Ces biocarburants ne sont pas utilisés purs.

En 2008, 5,71 % (en valeur énergétique) de la consommation française totale de carburants est fournie par deux filières de biocarburants conçus à partir de biomolécules issues de ressources agricoles :

- La filière des huiles végétales et leurs dérivés (esters). Ils présentent un très bon rendement énergétique. Les huiles sont synthétisées à partir des graisses et des huiles végétales extraites du colza, tournesol, soja ou récupérées, comme les huiles de friture usagées. Ils sont utilisés pour additiver et compléter le gazole routier ou le fioul de chauffage. Ce sont les **biodiesels** (entre 10 % et 30 % en volume ajouté au diesel)

- La filière du **bioéthanol** et son dérivé l'**ETBE**. Leur fabrication est majoritairement assurée à partir de betteraves et de blé. Il est incorporé à l'essence entre 10 % et 85 % en volume.

C- Les Biocarburants de deuxième génération et suivantes

La recherche est orientée vers les biocarburants de 2e génération : il s'agit de parvenir à la valorisation de l'intégralité de la plante et à l'utilisation d'autres plantes que celles utilisées pour l'instant. Ces biocarburants sont attendus sur le marché à l'horizon 2020.

Des travaux de recherche concernent également le développement de carburants à partir d'algues ou de microorganisme.

D- Impact énergétique et environnemental

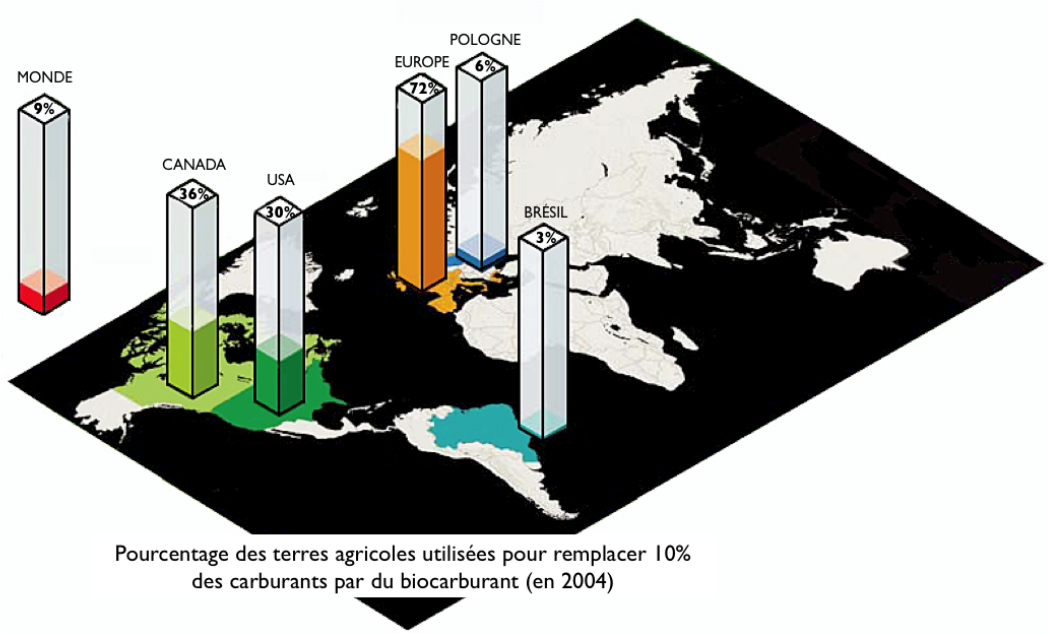
Les biodiesels et les bioéthanols incorporés directement permettent de réduire fortement la consommation d'énergie non renouvelable par rapport aux carburants fossiles.

Sur les bases de l'utilisation actuelle de biocarburants en France, ceux-ci permettent de remplacer chaque année l'utilisation de 2 400 000 tep (tep = tonne équivalent pétrole).

De façon générale, sans tenir compte des effets de changements d'affection des sols, les biocarburants produits en France (biodiesel et bioéthanol) affichent des bilans d'émissions de gaz à effet de serre plus favorables que ceux des carburants fossiles (gazole et essence).

4- Le détournement de la fonction biologique du sol

L'étude souligne également l'impact des "changements d'affectations des sols" qui limiter le bénéfice des ces agrocarburants. Ainsi, lorsque le développement de cultures utilisées pour la production de biocarburants aboutit, directement ou indirectement, à la disparition de prairies, de zones humides, ou de forêts primaires, le bilan de gaz à effet de serre des biocarburants peut s'avérer négatif.



Pourcentage des terres agricoles utilisées pour remplacer 10% des carburants par du biocarburant (en 2004)

Sur ces bases, l'utilisation actuelle de biocarburants en France permet d'éviter l'émission de 5 440 000 tonnes par an de dioxyde de carbone (CO_2) dans l'atmosphère.

Nous ne pratiquons pas seulement l'agriculture pour nous nourrir. Un nombre croissant de terres servent aujourd'hui à produire des biens non alimentaires tels que du papier, des vêtements et des carburants.

Les champs de coton par exemple occupent 2,5 % des terres cultivées dans le monde et absorbent 25 % de tous les insecticides utilisés.

Conclusion

Pour satisfaire les besoins alimentaires de l'humanité, l'Homme utilise à son profit la photosynthèse.

L'agriculture a besoin pour cela de sols cultivables et d'eau : deux ressources très inégalement réparties à la surface de la planète, fragiles et disponibles en quantités limitées.

Elle entre en concurrence avec la biodiversité naturelle.

La biomasse végétale produite par l'agriculture est une source de nourriture, mais aussi une source de combustibles ou d'agrocarburants. Ces deux productions entrent en concurrence.

Un sol résulte d'une longue interaction entre les roches et la biosphère, conditionnée par la présence d'eau et la température.

Le sol est lent à se former, inégalement réparti à la surface de la planète, facilement dégradé et souvent détourné de sa fonction biologique.

Sa gestion est un enjeu majeur pour l'humanité.