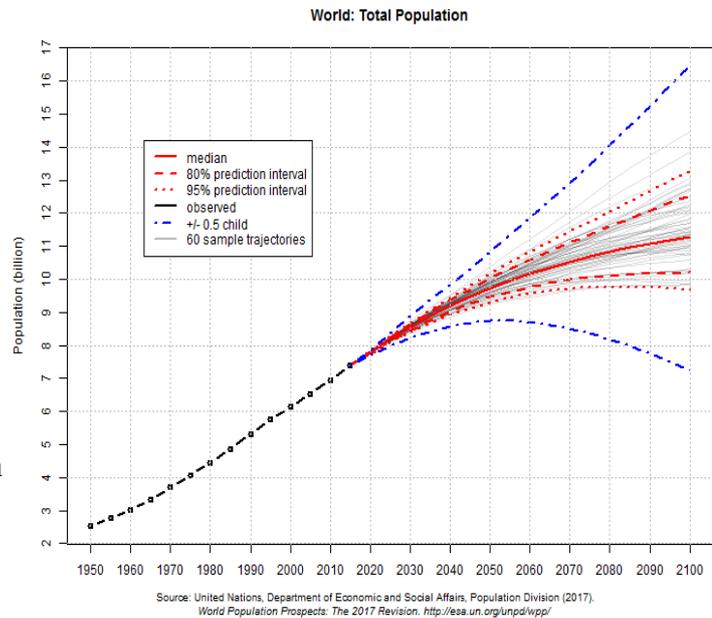


Agrosystèmes et développement durable

L'augmentation de la population mondiale (près de 8 milliards d'habitants en 2018) pose des défis majeurs, à la fois quantitatifs et qualitatifs, notamment en termes d'alimentation.

L'humain a donc comme défi l'optimisation de la production agricole en minimisant les nuisances à l'environnement.



1- Structure et fonctionnement des agrosystèmes (TP 01)

Un écosystème peut fournir de la matière organique consommable par l'humain mais en quantité trop réduite. Un modèle cueilleur chasseur nécessite en effet une surface d'écosystème par individu beaucoup trop étendue compte tenu de la démographie mondiale.

Il faut donc mettre en place des agrosystèmes à la place des écosystèmes. Ils diffèrent des écosystèmes par :

- l'exportation d'une grande quantité de matière à chaque récolte (extrants)
- la réduction drastique de la biodiversité
- la nécessité de faire entrer de la matière (intrants) dans le système pour compenser les extrants. (système non cyclique...)

1-A- La mise en place de l'agrosystème(TP 01)

Les agrosystèmes terrestres ou aquatiques sont produits afin de produire la biomasse nécessaire à l'humanité pour ses différents besoins (alimentaires, textiles, agrocarburants, pharmaceutiques, etc.).

La mise en place d'un agrosystème se fait au dépend de l'écosystème existant. Cela consiste à réduire la biodiversité afin de n'avoir dans le système que des populations souhaitées. Les semences ou les jeunes animaux sont sélectionnés avant d'être implantés dans le milieu. Les espèces concurrents sont éliminées du milieu (espèces en compétition pour les ressources, parasites, consommateurs...) d'une façon ou d'une autre.

On remplace donc un système riche en biodiversité et fermé (cyclique) par un système pauvre et ouvert mais qui produit davantage de denrées alimentaires.

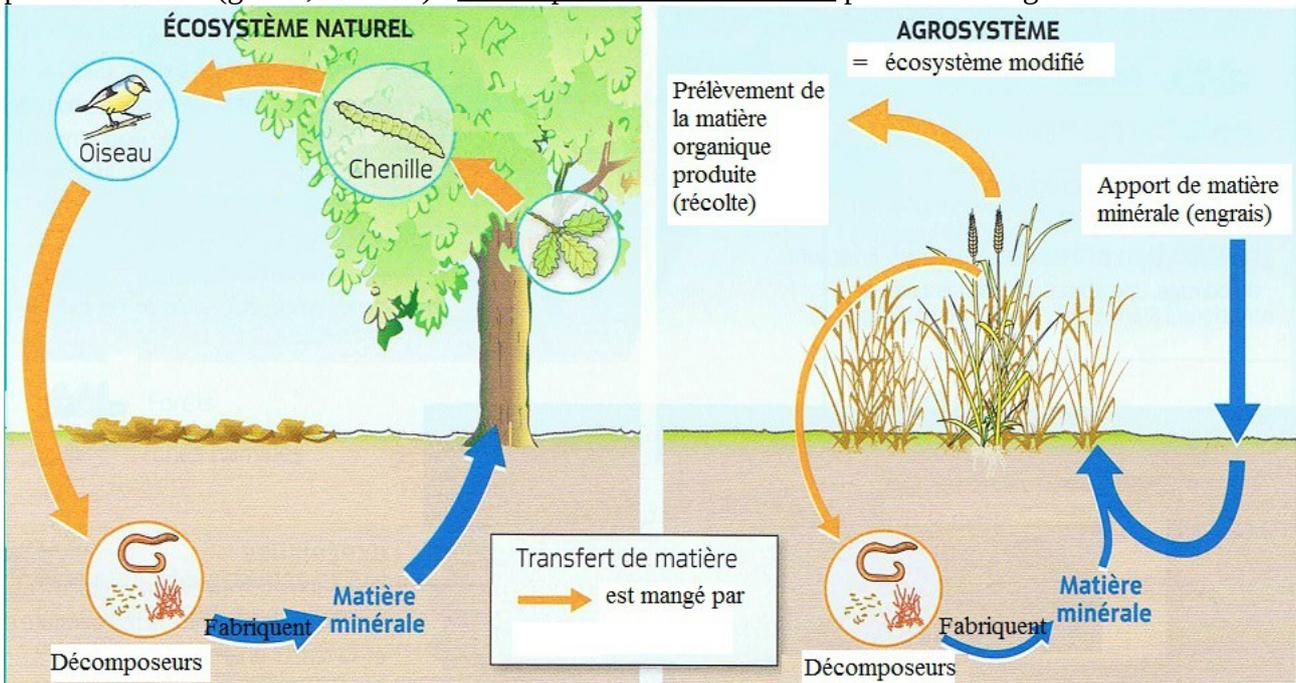
L'agrosystème est ensuite caractérisé par la récolte d'une partie de la production primaire

Évaluation de l'efficacité de l'agriculture au cours des millénaires

Source d'aliments - Période	Surface (ha) nécessaire pour nourrir 1 personne
Chasse, 10 000 ans av. J.-C.	2 500
Pâturage, 5 000 ans av. J.-C.	250
Parcelles isolées, 2 000 ans av. J.-C.	84
Agriculture rudimentaire, 500 ans ap. J.-C.	0,333
Agriculture mécanisée, seconde moitié du 19 ^{ème} siècle (1840)	0,070
Agriculture moderne, à partir des années 1970	0,035

Source : adapté de Stork & Teague (1952) et Borlaug (1972)

pour les cultures (grains, fruits...) ou de la production secondaire pour les élevages.



1-B- L'entretien d'un agrosystème. (TP01)

Afin de maintenir la productivité de l'agrosystème, l'humain doit y apporter une attention toute particulière :

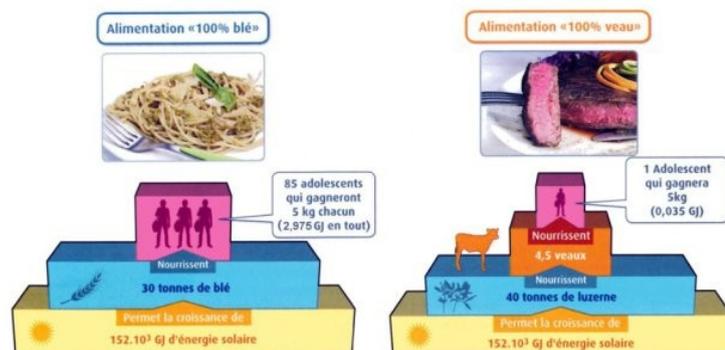
- Il introduit des engrais minéraux (azotés, phosphatés, soufrés, potassique...) afin de compenser la matière sortie du système lors des récoltes. Il a pour but de favoriser la croissance des végétaux en les approvisionnant en matière première nécessaire à la synthèse de biomasse (notamment en éléments N, S et P...)
- Il arrose souvent afin d'optimiser la photosynthèse et ainsi produire le maximum de biomasse consommable. L'arrosage a pour but de favoriser la croissance des végétaux notamment en apportant les éléments H et O
- Il régule la biodiversité en utilisant des produits phytosanitaires afin d'éviter la prolifération d'individus qui atténueraient la productivité de biomasse consommable.
- Il travaille le sol afin de lui donner des caractéristiques propre à la croissance des végétaux semés.

1-C- Production alimentaire et maintien des conditions environnementales (prépa TP03)

Les caractéristiques et les conséquences environnementales des systèmes agricoles varient selon le modèle de culture (agriculture vivrière, extensive ou intensive).

Le choix du modèle est donc à réfléchir selon ses objectifs.

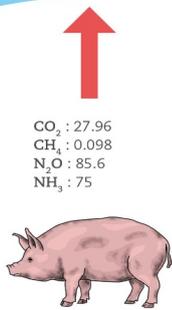
Le **choix de la population produite** via l'agrosystème a une influence car toutes les variétés végétales cultivés ou races animales élevées n'ont pas les mêmes besoins. Par exemple, le riz est très gourmand en eau, la pomme de terre beaucoup moins. La production animale demande évidemment beaucoup plus



de ressources que la production végétale car il faudra produire en amont des végétaux pour nourrir les animaux et le **rendement écologique(ou efficace)** d'un niveau trophique à l'autre ne peut être qu'inférieur à 1. Ce rendement correspond au rapport de la matière(ou énergie) produite et stockée par l'animal consommateur sur la matière(ou l'énergie) qu'il a consommé venant d'un autre être vivant. Par exemple, ce rendement écologique est de 0,05 pour le bœuf et de 0,12 à 0,20 pour le poulet... Il est donc plus intéressant de consommer directement des végétaux plutôt que de l'animal si l'on veut économiser les ressources. Et si l'on consomme de l'animal, le poulet est plus « rentable » que le bœuf. Cette rentabilité concerne aussi bien les intrants phytosanitaires, les engrais, l'eau d'arrosage que l'énergie utilisée pour l'ensemble de la chaîne de production de viande animale.

Le **choix de la population produite** via l'agrosystème a une influence sur l'ensemble de l'environnement terrestre du fait des Gaz à effet de serre émis par le bétail.

Rejets de gaz à effet de serre maximaux, en g par kg de masse corporelle par an



CO₂ : 27.96
CH₄ : 0.098
N₂O : 85.6
NH₃ : 75

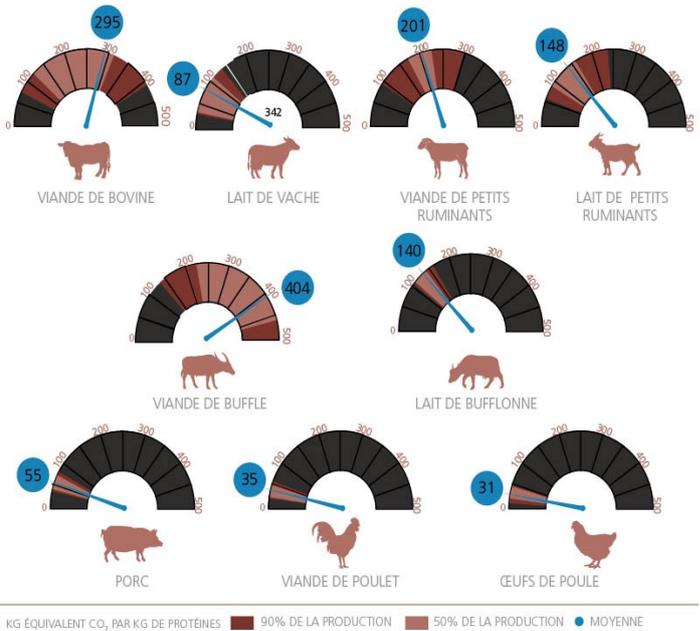
porc



CO₂ : 6.39
CH₄ : 0.017
N₂O : 21.5
NH₃ : 7.05

criquet

De nombreux GES sont émis. Par exemple, 1g de CH₄ vaut 25 g de CO₂... Mais il réside 12 ans au lieu de 100 pour le CO₂... Prenant en compte les deux paramètres, on évalue l'effet d'un gaz en eqCO₂.

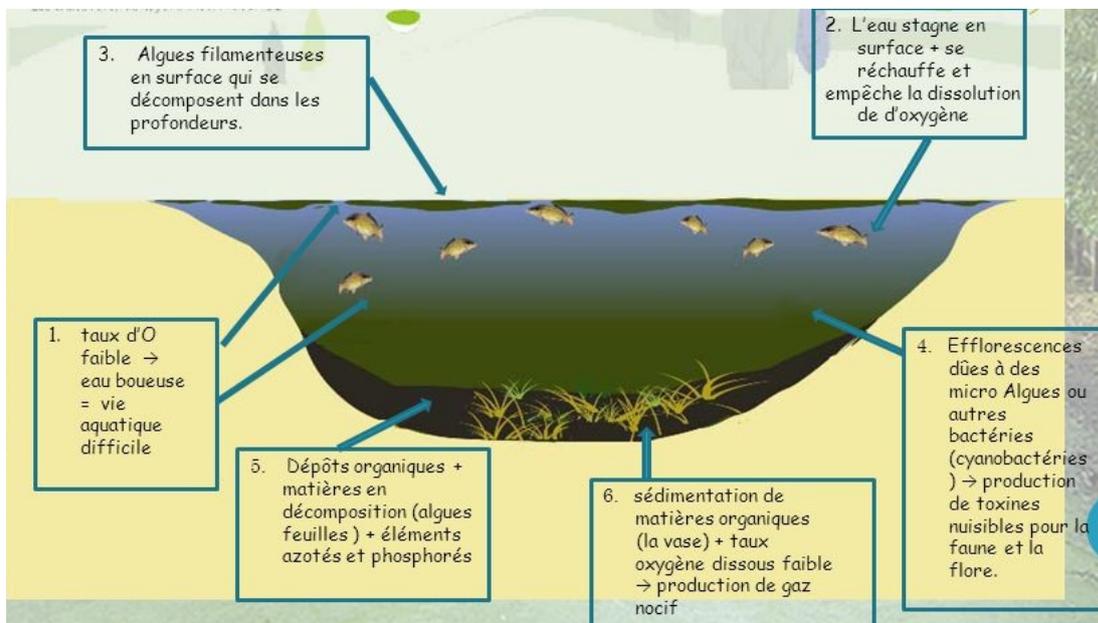


L'ajout d'**engrais minéraux**.

Il existe un apport optimum au-delà duquel les conséquences sont négatives :

- chute de la production de biomasse.
- coût financier accru et apport moindre.(Rendement financier moins intéressant)
- perte des engrais vers l'environnement accru.

Un engrais perdu vers l'environnement par infiltration ou ruissellement peut polluer les eaux les rendant impropres à la consommation(nitrates) et provoquer la surcroissance de végétaux dans les écosystème provoquant ainsi une **eutrophisation** qui entraîne l'asphyxie des milieux aquatiques.



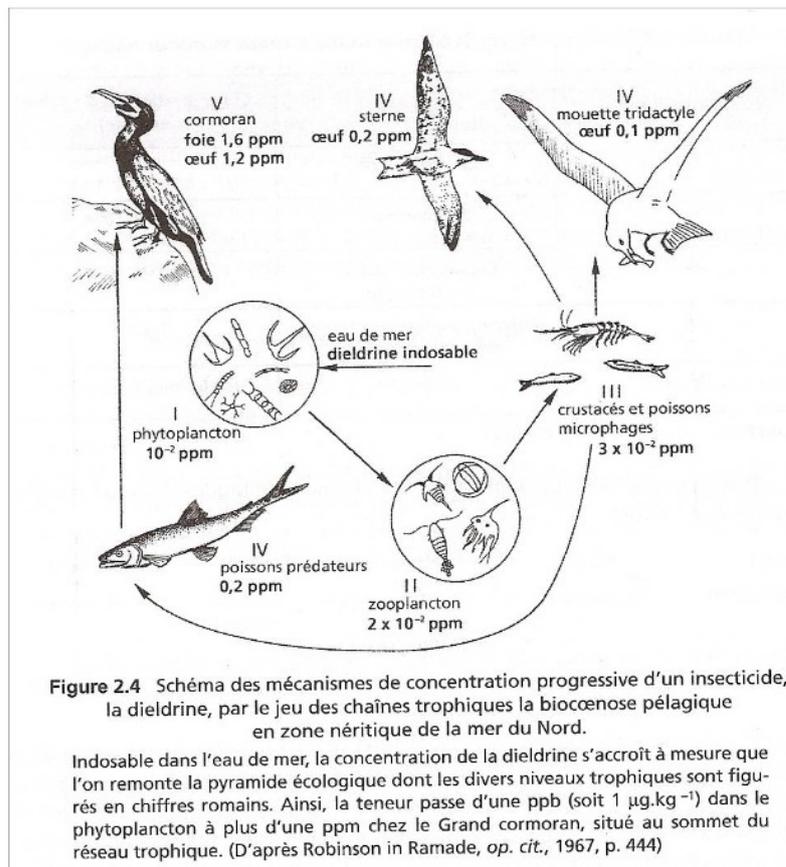
On doit donc faire en sorte d'ajouter des engrais aux

moments où les végétaux en ont besoin afin qu'ils les prélèvent avant infiltration dans le sous sol et d'évaluer exactement la quantité à ajouter. On peut pratiquer aussi l'alternance des cultures avec des cultures de plantes capables d'enrichir le sol en azote(légumineuses), limitant ainsi le besoin en engrais de ce type.

L'ajout d'eau.

Un prélèvement d'eau trop important dans le milieu peut cependant provoquer des déséquilibres écosystémiques(par manque d'eau) et des conflits d'usage. On préférera donc des systèmes d'irrigation plus efficaces(goutte à goutte/ arrosage par aspersion) mais dont l'installation est plus contraignante et coûteuse...

L'ajout de **produits phytosanitaires** doit être réfléchi car ils **influencent évidemment négativement la biodiversité localement** mais peuvent aussi être **exportés vers d'autres écosystèmes**(comme les engrais.). Une fois exporté ces produits peuvent **polluer les eaux** et s'accumuler dans les organismes le long de la chaîne alimentaire. C'est le phénomène de **bioaccumulation**. Plus la concentration des molécules de pesticides est importante, plus ses effets se feront sentir(neurotoxicité, cancérogenèse...)



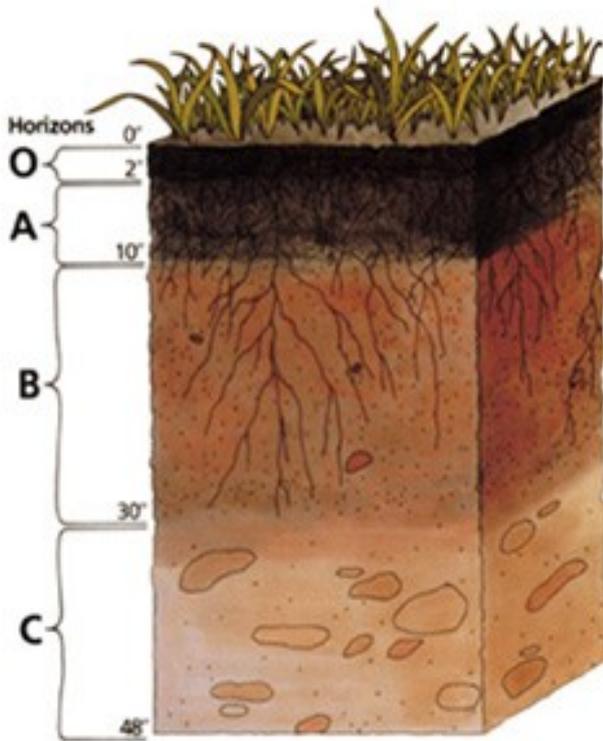
Afin de limiter les intrants, la biotechnologie peut aussi sélectionner ou transformer(OGM) des individus capables de se développer :

- en produisant davantage de matière organique recherchée(riz OGM produisant du Béta Carotène)
- en condition de stress hydrique
- tout en résistant à certains parasites...

Le **travail du sol** doit lui aussi être réfléchi, des pratiques agricoles comme le **labour intensif** peut provoquer un **départ des terres arables** par érosion hydraulique ou éolienne. De nombreux agriculteurs **pratiquent la culture avec semis direct** sous couvert(sans labour) avec **alternance des cultures** de façon réfléchie.(cf video arvalis)

2- Gestion des sols.(TP02)

2-A- Origine des sols



Le sol est formé d'un assemblage de matière minérales et organique. Il constitue de plus un véritable environnement pour de nombreux êtres vivants qui le structure et échangent avec le biotope du sol.

Le sol est de plus zoné de haut en bas. La partie superficielle est très riche en matière organique et l'on en trouve de moins en moins dans les horizons plus profonds.

Horizons de la coupe de sol ci-contre :

O : Humus, partie organique d'accumulation des débris végétaux plus ou moins fragmentés.

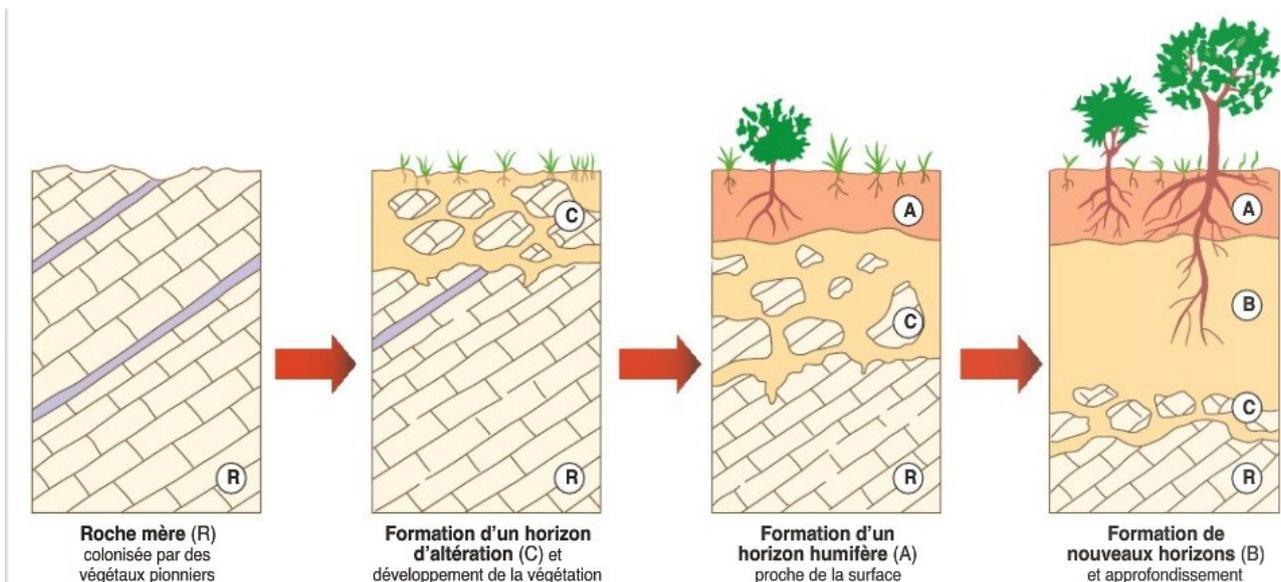
A : horizon mixte de matière organique et minérale (appelée aussi terre arable)

B : horizon minérale originaire de l'altération de la roche mère et enrichi de minéraux issus des horizons supérieurs.

C : Roche mère très peu altérée.

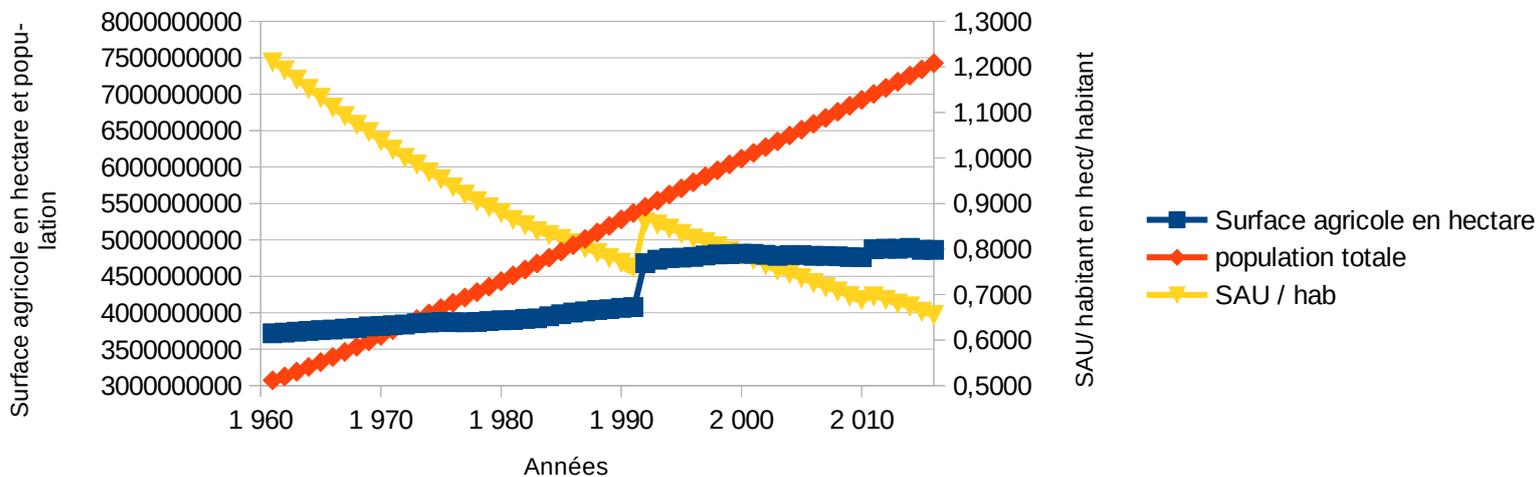
R : Roche mère intacte, située en dessous de l'horizon C.

Son étude permet de comprendre qu'il se forme à partir de l'érosion de la roche sous-jacente et en interaction avec l'eau et les êtres vivants. Cette formation prend un temps long dépendant des conditions climatiques et de l'activité biologique.

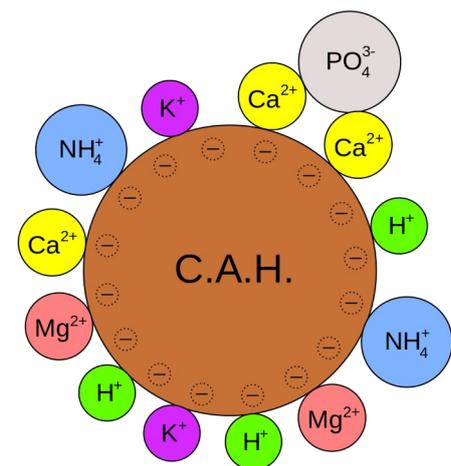


2-B- Quelques caractéristiques agricoles des sols.

La Surface Agricole Utile correspond à l'ensemble des terres cultivées. On remarque que la SAU par habitant diminue du fait de la démographie mondiale. Nous avons aussi constaté que certaines terres cultivées subissent une érosion ou des dégradations les rendant impropres à la culture. La conversion des écosystèmes en agrosystèmes est donc plus importante que l'augmentation constatée. (augmentation de la SAU = conversion d'écosystèmes - perte de SAU existantes par dégradation)



Le complexe argilo-humique est une **structure formée d'argile et d'humus**. L'humus est la fraction "stable" de la matière organique du sol, c'est-à-dire qu'elle est peu sujette à la minéralisation, mais participe davantage à la structuration du sol. Les particules d'argiles et d'humus étant tous deux chargés négativement, ils **retiennent les cations** (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ ...), éléments essentiels à la plante. Des échanges de cations ont lieu entre le complexe argilo-humique et la solution du sol(eau). Plus ces complexes sont efficaces, moins les cations seront lessivés : ils seront donc plus accessibles aux plantes. Peu efficace pour retenir les anions, ce phénomène ne permet donc pas d'éviter le départ des engrais vers les écosystèmes environnant



La nature et la composition des sols résultent aussi de l'interaction entre les roches et la biosphère, par le biais de plantes, d'animaux et de microbes. Les végétaux cultivés prélèvent dans les sols des éléments minéraux participant à la production de biomasse. En consommant localement la biomasse morte, les êtres vivants du sol recyclent cette biomasse en éléments minéraux, assurant la fertilité des sols. Un horizon A riche en être vivants va donc fournir un sol plus fertile car :

- les galeries des vers de terre aèrent le sol et facilite l'insertion des racines.
- le recyclage de la matière organique en matière minérale se fait plus activement, le sol est donc riche en éléments minéraux indispensables à la plante.

2-C- Entretien des sols et pratiques agricoles.

Afin de maintenir une SAU convenable, il faut entretenir la structure des sols. L'agriculture intensive a tendance à le modifier !

Voici une liste de pratiques bénéfiques à l'entretien des sols agricoles :

- Le semis direct sous couvert, consiste à semer sur un tapis végétal existant. On ne laboure pas pour aérer et mélanger la matière organique, on laisse faire le système sol.
- la culture avec végétaux aidants, ils peuvent enrichir le sol, le stabiliser ou même servir de répulsifs aux parasites(et même parfois de défouloirs, ils se font attaqués préférentiellement plutôt que la culture!)
- La mise en place de haies afin de réduire le ruissellement de l'eau ou les forces éoliennes responsables de l'érosion des sols.
- Le chaulage réduit l'acidité d'un sol acide afin de maintenir un CAH apte à piéger le K⁺
- L'atténuation de l'usage des produits phytosanitaires qui ont tendance à bouleverser la biodiversité du sol et donc indirectement sa structure et ses capacités à se minéraliser.

Conclusion :

L'humain tente actuellement dans de nombreuses régions du monde la mise en place de conditions de **production durable à long terme**, notamment grâce à la préservation des sols agricoles et des ressources aquatiques.