

Leçon n°11
**Nourrir l'Humanité par la mise en place d'agrosystèmes :
impacts environnementaux et perspectives**

I. Transferts de matière et d'énergie au sein d'un écosystème naturel

A. La constitution d'un écosystème naturel.

Un **écosystème** est un milieu qui se définit par un **support physique** (océan, grottes, déserts, fonds océaniques, lacs, étangs ou cours d'eau, plateaux continentaux, supports continentaux des plaines, des milieux côtiers ou des montagnes...) caractérisé par des **facteurs physico-chimiques** particuliers (température, humidité, éclairage, nature du sol, ...) auquel on donne le nom de **biotope** dans lequel **vivent des êtres vivants** formant une **biocénose**.

B. La production de matière organique par les végétaux chlorophylliens est à la base du fonctionnement d'un écosystème.

- Dans ces écosystèmes, le vivant est organisé en chaînes alimentaires dans lesquelles un producteur primaire (végétal chlorophyllien qui utilise l'énergie solaire et la matière minérale pour produire de la matière organique grâce à la photosynthèse) est consommé par des consommateurs primaires (= herbivores = producteurs secondaires) eux-mêmes consommés par d'autres consommateurs qualifiés de secondaires, tertiaires... à la mort de ces organismes, ce sont les décomposeurs qui restituent au milieu les éléments minéraux prélevés par les producteurs primaires.

- Les producteurs primaires convertissent l'énergie lumineuse en énergie chimique stockée dans des molécules organiques (tels que l'amidon) qu'ils produisent grâce au mécanisme de photosynthèse. Cette synthèse de matières organiques se fait exclusivement à partir de matières minérales telles que le CO₂ puisé dans l'atmosphère, et l'eau (H₂O) et sels minéraux puisés dans le sol.

- De toute l'énergie solaire que reçoivent les végétaux, 1 % seulement est converti en énergie chimique. Or parmi les molécules organiques produites par photosynthèse, près de 90 % sont utilisées pour fournir l'énergie chimique dont les végétaux ont besoin pour leur fonctionnement (respiration) => 10 % seulement (soit 0,1 % de l'énergie solaire utilisée) forment les matières pouvant être transmises le long des chaînes alimentaires. On nomme cette énergie chimique (contenue dans cette matière végétale) disponible pour les autres maillons de l'écosystème (par exemple les consommateurs de 1^{er} ordre) : productivité primaire nette de l'écosystème.

C. Les pertes de matière et d'énergie le long des maillons des chaînes alimentaires.

La matière et l'énergie entrent donc dans les écosystèmes grâce à la photosynthèse des végétaux chlorophylliens. Une partie de la matière organique produite par les producteurs primaires est transférée le long des maillons des chaînes alimentaires. On considère qu'il faut 100 kg de matière pour produire 10 kg de matière au maillon suivant (90 % de la matière est utilisée pour produire de l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'organisme).

Ainsi au sein d'un écosystème, une petite partie de chaque maillon est ingérée par le maillon suivant et une petite partie de cette matière ingérée est utilisée comme source de matière à ce maillon. On observe donc un double flux de matière et d'énergie entre les divers maillons avec entre chaque maillon, une perte importante d'énergie sous forme de chaleur (90 %) due à la respiration. C'est ce qui explique que les productivités nettes, primaire, secondaire et tertiaire... décroissent fortement le long des chaînes alimentaires. On peut représenter ces pertes de matière et d'énergie par des pyramides de productivité et des pyramides d'énergie.

II. Déséquilibres des agro systèmes à production végétale et animale et leurs conséquences.

A. Fonctionnement d'un agrosystème à production végétale.

1. Qu'est-ce qu'un agrosystème à production végétale ?

Un agrosystème à production végétale est un écosystème artificiel modifié et géré par l'homme dans le but de produire des aliments. Il se traduit par des modifications considérables :

- du biotope : physiques (remodelage du biotope (= labours), mise en place d'une irrigation...) et chimiques du biotope (apports d'engrais et de produits phytosanitaires),
- de la biocénose : élimination de la végétation naturelle ou de tout producteur qui pourraient nuire aux cultures, destruction des consommateurs primaires naturels qui pourraient s'attaquer aux cultures.

2. Importations et exportations dans un agrosystème.

L'agriculture actuelle peut être qualifiée d'intensive du fait de l'utilisation de très nombreux intrants industriels et d'une productivité souvent importante (plusieurs tonnes de matière sèche par hectare).

Les intrants utilisés pour faire fonctionner l'agrosystème sont des semences sélectionnées et traitées, des engrais, des produits phytosanitaires, des énergies fossiles (pour l'usage des engins agricoles, la production d'engrais...). Les engrais peuvent être constitués de matières organiques (fumiers et lisiers) ou d'éléments minéraux tels que azote, phosphore et potasse.

Ces éléments apportés, sont en grande partie prélevés par les cultures et sont donc exportés au moment des récoltes. Un agrosystème ne peut donc se passer d'intrants.

3. Disséminations d'engrais et de pesticides dans l'environnement et les conséquences de ces disséminations.

a. Les engrais.

L'apport d'engrais dans l'agriculture intensive ne tient compte ni des besoins des végétaux, ni des réserves du sol en éléments minéraux, ni des cultures précédentes, ni des objectifs de rendements. Souvent en excès par rapport aux besoins, les éléments minéraux (surtout nitrates et phosphates) se retrouvent entraînés dans le sol par les eaux d'infiltration et s'accumulent dans les eaux superficielles ou dans les nappes phréatiques.

- Dans les eaux de surface, ils entraînent la prolifération des végétaux aquatiques (algues sur les côtes, lentilles d'eau dans les étangs, lacs et rivières). A leur mort, leur décomposition utilise le dioxygène dissout dans ces eaux ce qui conduit à un appauvrissement de la teneur en dioxygène de l'eau et à faire disparaître les animaux aquatiques (larves d'insectes, poissons...). Ce phénomène se nomme eutrophisation.

- Dans les nappes phréatiques qui constituent des réservoirs d'eau potables, les taux de nitrate peuvent atteindre des valeurs supérieures aux normes tolérées pour l'eau potable (50 mg.L^{-1})

b. Les pesticides (produits phytosanitaires).

Les pesticides, quand ils ne sont pas (ou peu) biodégradables, se retrouvent dans tous les milieux : atmosphère, sols et eau. Ils sont alors absorbés par les êtres vivants et sont transmis le long des maillons des chaînes alimentaires. Au cours de ce transfert, les molécules de pesticide subissent une bioaccumulation (puisque'il faut 10 Kg de nourriture pour produire 1 Kg de matière, chaque maillon contiendra 10 fois plus de pesticide que le maillon précédent)

Exemple : la chlordécone => une concentration de 0,1 μg de produits toxiques / Kg de phytoplancton se retrouve à la concentration de 1 000 μg / Kg de Goélands en fin de chaîne.

B. Rentabilité des agrosystèmes à production animale et conséquences environnementales

1. La faible rentabilité des agrosystèmes à production animale.

- Dans un agrosystème à production végétale (maïs par exemple), l'Homme est un consommateur primaire mais dans un agrosystème à production animale (maïs => bovins), l'Homme est un consommateur secondaire. Compte tenu des pertes de matière et d'énergie d'un maillon à l'autre, l'agrosystème à production animale a un rendement énergétique réduit et utilise une surface agricole très supérieure à ceux d'un agrosystème à production végétale.

Ainsi un agrosystème à production végétale de maïs de 1 hectare peut nourrir théoriquement 66 Hommes pendant une année alors que l'agrosystème à production animale de même surface peut en nourrir 2,6.

- Les intrants d'un agrosystème à production animale : ce sont ceux d'un agrosystème à production végétale (produisant la nourriture du bétail) donc semences, engrais, produits phytosanitaires, énergie fossile. Mais s'y

ajoutent les jeunes veaux introduits dans l'élevage, l'énergie liée au transport du bétail lors du démarrage de la production animale (transport ou obtention des jeunes veaux) et la commercialisation de la production animale (ceci étant d'autant plus vrai que ce transport peut se faire d'un continent à l'autre).

2. Les impacts environnementaux de l'élevage intensif.

+ Là encore, les impacts environnementaux liés à l'élevage se cumulent avec les impacts environnementaux liés à la production de la nourriture du bétail (tourteau de soja, maïs, son de blé). Citons ces impacts spécifiques à l'élevage :

=> émission de Gaz à effet de Serre (GES) du fait du fonctionnement du local d'élevage, de la production de la nourriture pour animaux et des émissions de méthane CH₄ (gaz à fort effet de Serre comme le CO₂) par les ruminants du fait des processus digestifs.

=> les déjections d'animaux : lisiers et fumiers. Le lisier est constitué de déjections d'animaux d'élevage (urines, excréments). Le lisier n'est pas en soi polluant car l'azote qu'il contient peut être rapidement absorbé par la végétation. Mais la pollution provient d'un épandage excessif de lisier. L'azote qu'il contient est lessivé vers les nappes phréatiques et/ou les cours d'eau et provoque des phénomènes d'eutrophisation, responsable de ce que l'on appelle les « marées vertes », comme en Bretagne qui peuvent être à l'origine de gaz toxiques mortels pour l'Homme et les animaux.

=> les déforestations amazoniennes et indonésiennes. Les besoins en tourteaux de soja sont tels pour l'élevage français que les importations brésiliennes de Soja sont massives. Pour répondre à cette demande, on a recours à la déforestation amazonienne au profit de la monoculture de Soja. En brûlant les forêts (presque le 1/5 des surfaces originelles !), le Brésil émet de fortes quantités de GES (= gaz à effet de serre), appauvrit et érode les sols, épand de grandes quantités de produits phytosanitaires toxiques, perturbe les ressources hydriques.

III. Pratiques alimentaires et satisfaction des besoins

A. Les besoins croissants de la population mondiale

Entre 1950 et 2050 (donc en 1 siècle), la population mondiale passera de 2.5 milliards à 9 milliards. Or actuellement plus de 1 milliard d'habitants souffrent de la faim : sous-nutrition (insuffisance quantitative des apports alimentaires) et malnutrition (déséquilibre qualitatif dont des carences protéiques, vitaminiques...). Cette augmentation des besoins s'accompagne d'une évolution des pratiques alimentaires avec le niveau de vie des populations : dans les pays « en voie de développement », les apports alimentaires sont essentiellement végétaux (céréales et tubercules...) alors que dans les pays « développés » les produits animaux représentent une part importante du régime alimentaire (35 % de la ration alimentaire en France).

B. Les impasses des pratiques agricoles actuelles.

Quelques impasses des pratiques culturales ou d'élevages actuelles :

- utilisation des nappes phréatiques fossiles dans les profondeurs du déserts pour l'irrigation de champs circulaires en Arabie Saoudite, cultures qui risquent d'aboutir rapidement à l'épuisement de ces réserves en eau,
- détournement des cours d'eau pour l'irrigation de champs de coton dans le désert ce qui conduit à l'assèchement de la mer d'Aral,
- déforestations des forêts tropicales au profit de la culture du palmier à huile ou du soja (utilisation à la fois pour l'alimentation humaine, alimentation du bétail et les agro-carburants) au Brésil et en Indonésie,
- épandages de lisiers abusifs et d'engrais contaminant les eaux des nappes phréatiques en nitrates avec pour conséquences les marées vertes en Bretagne,
- pêche excessive au chalut qui vide l'océan de ses poissons,
- utilisation de pesticides non biodégradables qui contaminent tous les maillons des chaînes alimentaires,
- élevages de bovins intensifs qui par l'usage détourné des hormones et des antibiotiques posent des problèmes de santé publique et augmentent les gaz à effet de serre
- élevages intensifs de saumons en Norvège, poissons carnivores qu'il faut nourrir de « poissons - fourrages », ou de farines et huiles, résidus des pêches industrielles, donc des élevages qui mobilisent d'énormes quantités de biomasses marines.

C. Quelques pistes pour l'agriculture de « demain ».

Poser le problème de l'agriculture du futur, c'est prendre conscience des enjeux sociaux, économiques et environnementaux ; c'est **prendre consciences des impasses des pratiques culturelles ou d'élevages qui aggravent le réchauffement climatique, réduisent la biodiversité des espèces, détruisent des écosystèmes naturels et posent des problèmes de santé publique.**

Ainsi, l'agriculture de demain devra satisfaire les besoins de la population tout en respectant davantage l'environnement et la santé. Elle devra s'appuyer sur les savoirs scientifiques (qui permettent de pratiquer une agriculture intensive en limitant les impacts environnementaux) et sur une agriculture paysanne et écologique (puissant dans les savoirs et savoir-faire traditionnels)

1. Les savoirs scientifiques au service d'une agriculture intensive.

L'agriculture intensive caractérisée par des productivités importantes a pour objet de nourrir des populations importantes. Les savoirs scientifiques pourraient permettre d'éviter les impasses exposées précédemment par :

- le recours aux hybridations (obtenues par le croisement de variétés parentales pour multiplier les rendements).

- modification génétique des plantes cultivée pour augmenter la résistance aux maladies ou aux ravageurs, diminuer la sensibilité à la sécheresse, améliorer la qualité des produits (meilleure conservation, teneur en vitamines).

Rq : les OGM sont aujourd'hui très controversés car on ne connaît pas leurs effets sur l'environnement et la santé (modification des biodiversités, maladies ?, ...)

- l'introduction de prédateurs naturels (lutte biologique).

- l'agriculture de précision qui permet d'ajuster les quantités d'intrants fournis (pesticides, engrais et eau) aux besoins des cultures, par l'usage de capteurs disposés dans le sol (mesure des éléments nutritifs), par les images satellitaires et le GPS qui informent sur les besoins des cultures. Ces technologies permettant donc d'améliorer les rendements en limitant les intrants.

2. Les savoir-faire traditionnels au service d'une agriculture paysanne et écologique.

C'est une agriculture de proximité soucieuse de l'environnement mais aux productivités faibles. Elle produit malgré tout l'essentiel des denrées agricoles à l'échelle de la planète. Savoirs et savoir-faire traditionnels sont ses atouts par :

- la rotation des cultures qui alterne des cultures de type légumineuses (fixant l'azote atmosphérique) et les cultures céréalières (blé et maïs),

- l'agroforesterie qui associe les cultures de céréales et de légumes aux cultures d'arbres fruitiers et forestiers. Elle permet :

- la protection contre les vents,

- d'éviter l'érosion des sols (en évitant le ruissellement),

- de stocker le carbone (par la biomasse du bois des arbres),

- de rétablir les haies et donc la biodiversité animale et végétale.

- le développement des circuits de distribution des produits : les AMAPP (Associations pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne de Proximité) qui offre des produits biologiques, de saison, frais, variés (richesse des variétés des cultures) vendus dans des marchés locaux péri-urbains ou directement à la ferme. C'est un véritable contrat entre le consommateur et le producteur paysan.

: