

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 (=> activité n° 20)

1) La constitution d'un écosystème naturel : biotope et biocénose

+ 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 sur lequel auquel on donne le nom de **biotope**, support sur ou dans lequel **vivent des êtres vivants** formant une **biocénose**.

+ Les espèces **sont souvent adaptées aux milieux** dans lesquels ils vivent et se caractérisent par leur grande **biodiversité**.

+ Dans un écosystème, il y a des **interactions** entre biotope et biocénose ; par exemple, la biotope modifie les propriétés physico-chimiques du milieu (sol par exemple) et la structure du biotope (relief, cuvettes...) peut protéger la biocénose.

2) La productivité primaire est à la base du fonctionnement d'un écosystème

+ Dans ces écosystèmes, le vivant est organisé en **chaînes alimentaires** dans lesquelles un **producteur** (souvent un végétal qui utilise l'énergie solaire grâce à la photosynthèse) est consommé par des individus (**consommateurs primaires**) 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 du départ.

+ les **producteurs** (ce sont le plus souvent des **végétaux chlorophylliens**) ont une place essentielle dans l'écosystème car **convertissent l'énergie solaire 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**. (les 99 % restant sont dissipés **sous forme de chaleur**, par la **transpiration des plantes** et par la **réflexion par les surfaces végétales**). Or parmi les **molécules organiques** produites par photosynthèse, 90 % sont utilisées pour fournir l'énergie chimique dont les végétaux ont besoin pour leur fonctionnement => 10 % seulement (soit 0,1 % de l'énergie solaire utilisée) forment les matières se retrouvant dans toutes les parties du végétal (feuilles, fleurs, tiges et racines...). 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**.

3) Les flux d'énergie et de matière et leur représentation au sein des écosystèmes

+ Dans ces écosystèmes, on peut évaluer ainsi la **biomasse végétale** des producteurs. Cette biomasse est en partie utilisée par des **herbivores**, premiers maillons du réseau trophique à la fois pour **produire de l'énergie** et de la **matière** (matière qui constituera la propre matière des consommateurs de 1^{er} ordre). On estime qu'il faut 100 Kg de biomasse végétale pour produire 10 Kg de matière vivante « herbivore » les 90 % étant utilisés pour l'énergie et donc en grande partie perdue sous forme de chaleur. On nomme **productivité secondaire** l'énergie stockée sous forme de matière organique des consommateurs 1^{er} ordre. On définirait de la même façon une **productivité tertiaire** : celle des carnivores (= consommateurs de 2^{ème} ordre).

+ 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 (10 %) est utilisée comme source de matière à ce maillon. Du fait des relations trophiques dans un réseau alimentaire, 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** (et à la **fermentation**). C'est ce qui explique que les productivités nettes, primaire, secondaire et tertiaire... décroissent fortement comme en témoigne les modes de représentation que constituent les **pyramides**. On peut pour ces divers maillons (producteurs, consommateurs 1^{er}, 2^{ème} N^{ème} ordre...) **représenter** les pyramides de biomasses, de productivité et d'énergie : plus on s'élève dans le **réseau trophique et plus le maillon considéré est faible**.

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

1) Fonctionnement d'un agrosystème à production végétale (=> activité n° 21)

a) Qu'est-ce qu'un agrosystème à production végétale ?

+ Un agrosystème à production végétale est un **écosystème artificiel** géré par des **pratiques agricoles** et qui a les caractéristiques suivantes :

=> il a pour but de produire une **biomasse végétale** nécessaire à l'**Humanité** qui est exploitée pour former directement ou indirectement l'**alimentation humaine**,

=> 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),

=> il se traduit par des **modifications considérables 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.

b) 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.

c) Disséminations d'engrais et de pesticides dans l'environnement et les conséquences de ces disséminations

c1. 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 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 faire **disparaître les animaux aquatiques** (larves d'insectes, poissons...). On nomme **eutrophisation** ce phénomène.

+ Cet apport d'engrais (cf. III) pourrait être limité par le développement d'outils de gestion de la fertilisation (logiciels) qui prendraient en compte le **dosage des substances réellement présentes** dans le sol, le **coût des engrais** et la **production prévue**. Encore faut-il qu'une prise de conscience collective de l'importance de la dimension environnementale soit prise !

c2. Les pesticides (produits phytosanitaires)

+ Les **pesticides** quand ils ne sont pas (ou peu) **biodégradables** se retrouvent dans tous les milieux : atmosphère, sols et eau. Leur dissémination peut être lointaine (plusieurs centaines de kilomètres).

+ Le danger des pesticides tient à leur **transfert** et leur concentration à travers les divers maillons des écosystèmes naturels : c'est la **bioaccumulation** (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. Du fait d'une **multiplication des concentrations** par 10 à chaque maillon. On connaît d'autres exemples où ces produits toxiques se retrouvent chez l'Homme. Ces produits de grande toxicité provoquent alors des cancers, des dérèglements hormonaux, nerveux ou hépatiques qui conduisent à la mort comme chez les Inuits suite à une pollution générée par Monsanto (polychlorobiphényle (PCB, Agent Orange)) en Alabama (USA) en 1977.

2) Rentabilité des agrosystèmes à production animale et conséquences environnementales (=> activité n° 22)

a) 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** ; ainsi compte tenu des **déperdition 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).

b) 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 un **mélange de déjections d'animaux d'élevage** (urines, excréments) et d'eau dans lequel **domine l'élément liquide**. Il est produit principalement par les élevages de porcs, de bovins et de volailles qui n'emploient pas, ou peu, de litière pour l'évacuation des déchets. Le **fumier** contient en plus des résidus de litière (paille) en faible quantité. Contrairement à ce que l'on peut croire, le lisier **n'est pas en soi polluant** car l'azote qu'il contient peuvent être rapidement absorbés par la végétation. Mais la pollution provient d'un **épandage excessif de lisier** ou d'une **forte pluie qui survient juste**

après l'épandage, avant que les plantes aient pu absorber les nitrates. Cet **afflux d'eau lessive les nitrates** vers les nappes phréatiques et/ou les cours d'eau et provoque des **phénomènes d'eutrophisation**, c'est-à-dire d'excès d'éléments nutritifs dans l'eau et de prolifération de végétaux que l'on appelle « marées vertes », comme en Bretagne et qui suite à leur décomposition **rejetent des 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 perspectives globales (=> activité n° 23)

1) Une population mondiale croissante à nourrir (9 milliards aux horizons 2050)

a) Les besoins alimentaires de la population humaine

+ Le XX^e siècle s'est traduit par une **population qui s'est multipliée par un facteur 4** (de 1,5 Milliards à 6 milliards d'Hommes). Cette population devrait encore **s'accroître de 3 milliards** aux **horizons 2050**. 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...). Ce **manque de production alimentaire** ou du moins **son inégale répartition planétaire** (du fait des populations d'Europe et d'Amérique du Nord « suralimentés » avec problèmes d'obésité) est aggravée par les **catastrophes climatiques** et par les **guerres**.

+ Actuellement le **déséquilibre alimentaire planétaire** est non seulement quantitatif, il est aussi **qualitatif** : 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) Des ressources de plus en plus limitées

+ **Répondre à ce déficit démographique** devrait se traduire par la **mise en culture de nouvelles terres**.

Cependant ces **ressources (nouvelles terres cultivables) sont limitées** :

=> ces réserves en terres cultivables **sont limitées et inégalement réparties** ainsi d'ailleurs que les ressources en eau (**indispensable pour les cultiver**).

=> l'agriculture intensive s'est traduit par un **épuisement des sols** et les **engrais sont de plus en plus coûteux** du fait de l'**épuisement des réserves minières (phosphates)** et des **énergies fossiles** nécessaires à leur extraction.

=> l'augmentation des **terres cultivable au détriment d'étendues vierges** se traduit par une pression importante sur les **écosystèmes naturels** qui de ce fait **régressent ainsi que la biodiversité**.

=> concurrence entre les besoins des **cultures vivrières** (= au service de l'alimentation humaine) et ceux liés aux **production d'agro carburants**, aux **infrastructures routières et industrielles**, aux **habitats** : cette concurrence **réduit le disponibilité** en terres cultivables, en eau et en **énergie fossile**.

2) Les impasses des pratiques culturelles ou d'élevages

+ **Listons** un certain nombre d'impasses des pratiques culturelles ou d'élevages mondiales :

=> A. utilisation des **nappes phréatiques fossiles** dans les profondeurs du désert pour l'irrigation de **champs circulaires** en Arabie Saoudite, cultures qui risque d'aboutir à l'épuisement de ces réserves en eau,

=> B. **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 au Kazakhstan / Ouzbékistan**,

=> C. **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 agrocarburants) au Brésil et en Indonésie,

=> D. **épandages de lisiers abusifs et d'engrais** contaminant les eaux des nappes phréatiques en nitrates avec pour conséquences les **marées vertes** en Bretagne, France,

=> E. **pêche excessive** au chalut qui **modifient gravement les écosystèmes marins** par l'effondrement des populations de poisson et vident l'océan de ses poissons,

=> F. utilisation de **pesticides non biodégradables** qui contaminent et se concentrent dans tous les maillons des chaînes alimentaires aux USA (Monsanto, 1977),

=> G. **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** aux USA et dans de nombreux points du globe (voir aussi C.),

=> H. **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.

3) Bilan carbone et prise de conscience individuelle des habitudes alimentaires

+ On nomme « **bilan carbone** » l'estimation de la **quantité de gaz à effet de serre émise annuellement** dans l'atmosphère par la **production d'un aliment**, par une activité ou par **notre alimentation**. Il est exprimé en grammes de CO₂.

+ La majorité des produits alimentaires vendus dans les grandes surfaces ont un **bilan carbone très important** du fait : de leur provenance (production dans des pays lointains) et donc de leur **transport en avions cargo**, puis par **camions** (libération de grandes quantités de gaz à effet de serre), de leur **stockage et conservation** en

chambres froides, ou par **déshydratation** ou par **stérilisation** qui sont des activités productrices de gaz à effet de serre. Ainsi, il faut prendre conscience de **l'origine des aliments** que nous consommons et **préférer** les aliments de provenance locale (qui du fait de leur production et transport réduit ont un bilan carbone faible).

+ Le choix de **l'agriculture biologique** respectueuse de l'environnement (du fait de la réduction des pesticides / engrais et de la consommation faible d'énergie fossile) **n'est-elle pas à privilégier** par rapport aux **agricultures intensives** ?

+ Enfin, la **réduction des viandes et des poissons** de notre alimentation (leur suppression ?) diminue considérablement le **bilan carbone** de nos alimentations.

+ Ces données doivent **déboucher sur une prise de conscience** de nos habitudes alimentaires dans le choix des produits que nous consommons.

4) Quelques pistes pour une agriculture du futur

+ Poser le problème de **l'agriculture du futur**, c'est prendre conscience des **enjeux sociaux, économiques et environnementaux** ; c'est prendre conscience des impasses des pratiques culturales ou d'élevages qui aggravent le **réchauffement climatique**, réduisent la **biodiversité** des espèces, détruisent des **écosystèmes naturels** et posent des problèmes de santé publique donc rechercher un **développement durable**. Ainsi, l'agriculture de demain sera-t-elle un compromis entre **l'agriculture industrielle de haute technologie** (s'appuyant sur les savoirs scientifiques et les technologies conséquentes) et **l'agriculture paysanne et écologique** (puisant dans les savoirs et savoir-faire traditionnels) ?

a) 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** souvent urbaines. Les **savoirs scientifiques** et les **industries conséquentes** pourraient permettre d'éviter les impasses exposées précédemment par :

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

=> **modification génétique des plantes cultivées** 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). Encore faut-il que ces **biotechnologies respectent biodiversité et environnement** et surtout que les **semences soient l'objet d'un commerce équitable**.

=> l'introduction de **prédateurs naturels** (lutte biologique).

=> recours aux **technologies modernes** qui visent à une **agriculture de précision** en ajustant 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 des **besoins des cultures**. Ces technologies permettant donc d'améliorer les rendements en limitant les intrants.

b) 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. L'agroforesterie permet la **protection contre les vents**, **évite l'érosion** des sols (en évitant le ruissellement), **stocke le carbone** (par la biomasse du bois des arbres), **rétablit les haies** et donc la **biodiversité** animale et végétale.

=> l'**agroforesterie** qui associe les cultures de céréales et de légumes aux cultures d'arbres fruitiers et forestiers. L'agroforesterie permet la **protection contre les vents**, **évite l'érosion** des sols (en évitant le ruissellement), **stocke le carbone** (par la biomasse du bois des arbres), **rétablit les haies** et donc la **biodiversité** animale et végétale.

=> le développement des circuits de distribution des produits : les **AMAPP** (**A**ssociations pour le **M**aintenance d'une **A**griculture **P**aysanne de **P**roximité) 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.

