

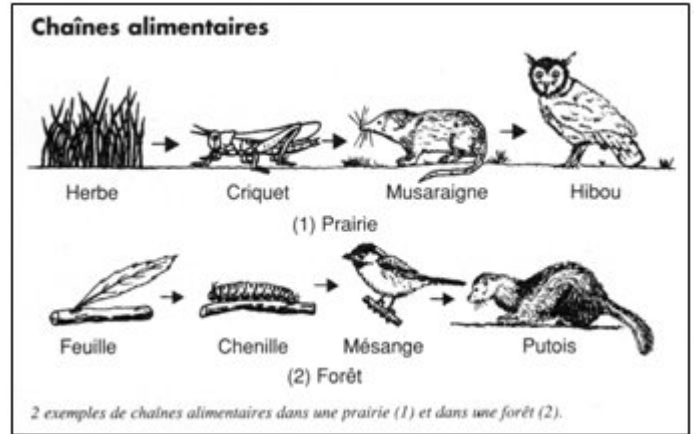
Comment l'Homme peut-il concilier production alimentaire et protection de l'environnement ?

Activité 1 : Quantifier les productions alimentaires

Mise en évidence de transferts de matière dans une chaîne alimentaire

Il existe entre les êtres vivants d'un écosystème des **relations trophiques**. Chaque être vivant intervient dans une **chaîne alimentaire** et constitue un **maillon**. Plusieurs chaînes alimentaires peuvent être en interaction et former un **réseau trophique**.

Les schémas ci-contre présentent deux exemples de chaînes alimentaires de deux écosystèmes, une prairie et une forêt.



1. **Retrouvez** les principaux régimes alimentaires illustrés par les différents organismes.

Les êtres vivants produisent de la matière. Ce sont des **producteurs**. Ils sont classés en deux catégories suivant l'origine du carbone utilisé :

- Chez les **producteurs primaires**, la matière minérale (eau, dioxyde de carbone, ions minéraux) est utilisée pour fabriquer les matières organiques et assurer les fonctions vitales. Ce sont des **autotrophes**.
- Les **producteurs secondaires**, qui prélèvent leur matière organique à partir d'autres êtres, vivants ou morts (**consommateurs**, primaires, secondaires...), sont des **hétérotrophes**.

2. **Identifiez** sur ces deux chaînes alimentaires les producteurs primaires et secondaires ainsi que les consommateurs primaires et secondaires.
3. En vous appuyant sur les informations précédentes, **montrez** l'existence de transferts de matière dans une chaîne alimentaire.

Etude de l'efficacité des transferts de matière dans une chaîne alimentaire

La **biomasse** d'un être vivant correspond à la masse totale de matières organiques et minérales qui le constituent. Considérons la quantité de luzerne nécessaire pour nourrir des vaches qui, à leur tour, nourrissent un garçon pendant un an. Les biomasses des différents maillons de cette chaîne alimentaire sont fournies dans le tableau du document 1.

Producteur	Biomasse pour 1 hectare de culture
Producteur primaire (luzerne)	8 211 Kg
Producteurs secondaires : (1) phytophages (vaches) (2) zoophage (garçon)	1 035 Kg 50 Kg

Document 1 : Estimation des biomasses

1. **Reconstituez** la chaîne alimentaire étudiée.
2. **Construisez** la pyramide des biomasses en suivant les instructions suivantes.

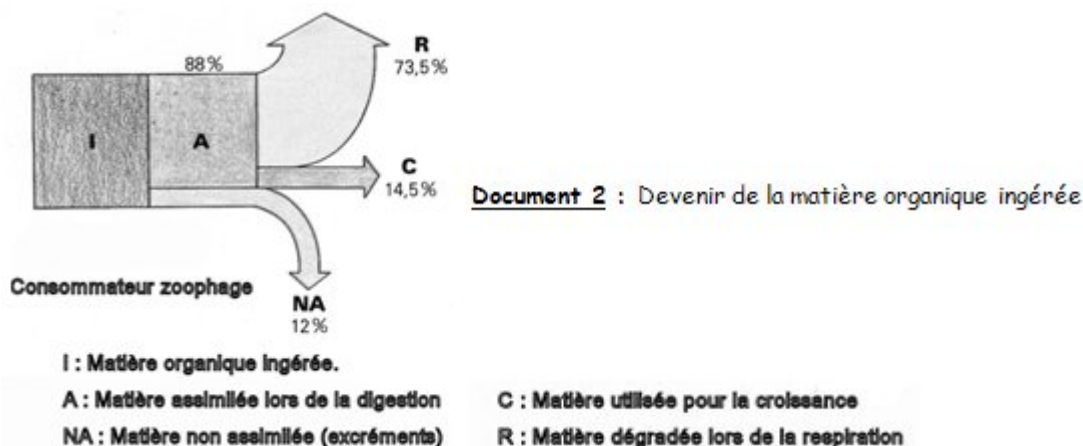
Construction d'une pyramide des biomasses : Chaque maillon de la chaîne est représenté par un rectangle dont la surface est proportionnelle à sa biomasse. Ces rectangles sont superposés et centrés, le producteur primaire étant situé à la base de la pyramide et le dernier consommateur se trouvant en haut. (Doc.5 p85)

Vous prendrez l'échelle suivante : 1 mm pour 50 kg (en longueur)
1 cm de hauteur (largeur) pour chaque rectangle

3.
 - a- **Comparez** la biomasse du producteur primaire à celle des producteurs secondaires.
 - b- **Calculez** les rendements de transfert de matière pour chaque niveau. Le rendement correspond au rapport de la biomasse ingérée par un maillon de la chaîne et de la biomasse produite par ce maillon.
 - c- Comment les rendements évoluent-ils d'un maillon à l'autre. **Montrez** l'importance de la productivité végétale.

Dans une chaîne alimentaire, la biomasse d'un maillon n'est pas entièrement ingérée par le maillon suivant, ainsi la tige et les feuilles de la luzerne ne sont pas consommées par les vaches et les os, la peau, les cornes et les sabots des vaches ne sont pas consommés par l'homme.

Le schéma du document 2 révèle le devenir de la matière organique ingérée par un consommateur zoophage.



4. Précisez la nature des pertes de matière entre les différents niveaux.

Activité 2 : Etude du fonctionnement d'un agrosystème

Les agrosystèmes et leur entretien

Un **agrosystème** est un écosystème agricole, c'est-à-dire un milieu artificiel, créé et entretenu par l'Homme.

Ecosystème	Ecosystèmes naturels		Agrosystèmes	
	Prairie naturelle	Forêt de chêne	Champ de maïs	Champ de blé
Productivité en tonnes de matière sèche par hectare et par an (t/ha/an)	1,8	9	16	13
Nombre d'espèces végétales rencontrées	> 300	> 400	1	1

Document 3 : Productivité végétale et diversité végétale pour différents écosystèmes naturels ou créés par l'Homme

1. À partir du document 3, **dégagez** les autres caractéristiques d'un agrosystème puis **complétez** la définition précédente.

Dans un écosystème naturel (forêt, prairie...), les organismes morts sont enfouis. La matière dégradée est utilisée à nouveau par les végétaux qui la puisent dans le sol. Ainsi il existe un cycle de la matière qui permet la production de végétaux année après année. **Le stock d'éléments minéraux du sol est maintenu constant grâce à un équilibre dynamique avec les végétaux.**

- En vous aidant du Doc.4 (en fin de TD), **montrez** en quoi un agrosystème est un écosystème déséquilibré.
- Expliquez** comment compenser les prélèvements de matière liés à la récolte (exportations) dans un agrosystème ?
- Le document 3 p 87 présente l'évolution des rendements céréaliers en fonction de la dose d'engrais apportée. Est-il judicieux d'apporter de fortes doses d'engrais pour être certain d'en avoir apporté suffisamment ?

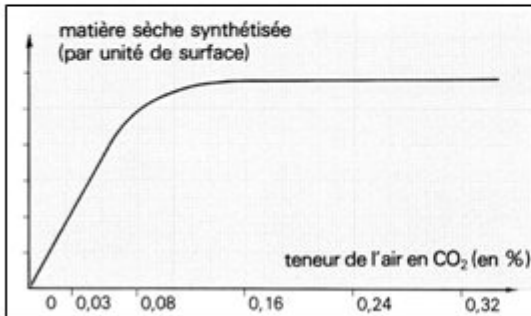
Des pratiques d'amélioration de la productivité agricole

Au cours des dernières décennies, les **cultures sous abri** ont connu un développement considérable. Du petit tunnel de jardin à la serre industrielle, ces cultures répondent à un même besoin : contrôler certains facteurs conditionnant la croissance et le développement des plantes.

1. a- À partir des documents, **déterminez** quels sont les différents paramètres qui influencent la productivité.
- b- Précisez quelles sont les valeurs optimales pour quelques paramètres.

Espèces	Tomate		Célliet	
	Plein air	Serre	Plein air	Serre
Rendement au m ²	7 kg	12 à 15 kg	6 fleurs	10 fleurs

Document 5 : Rendements de deux espèces végétales suivant des systèmes de culture différents.



Document 7 : Production de matière sèche en fonction de la teneur de l'air en CO₂.

Espèces	Irrigation moyenne annuelle (en mm)	Rendements moyens (en quintaux de matière sèche par hectare*)	
		non irrigué	irrigué
Mais	230	63,3	90,9
Tournesol	150	24,1	31,5
Soja	150	25,7	33,8
Sorgho grain	150	46,9	64,2
Sorgho fourrager	220	104	123
Ray-grass	200	88,3	109
Fétuque	150	98,2	123,5
Luzerne	150	92,6	108

* Pour les quatre premières plantes les rendements correspondent uniquement à la matière sèche des grains : pour les quatre dernières, il s'agit de la matière sèche totale.

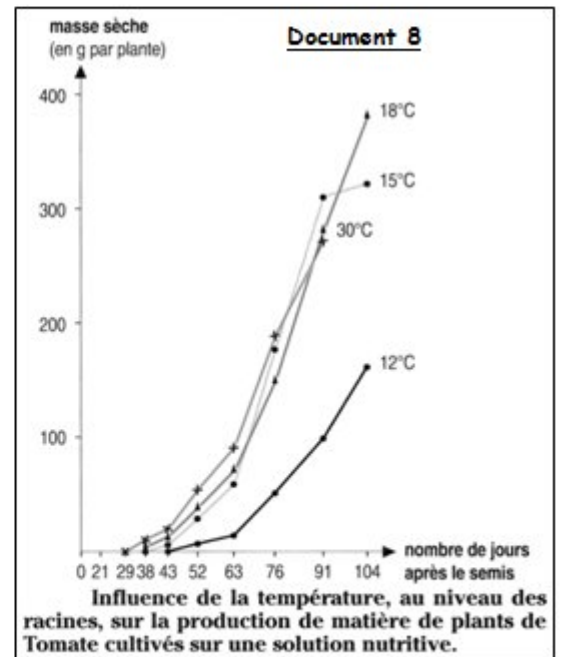
Doc.9

D'après INRA Toulouse-Auzeville, moyennes 1969-1976.

	Éclairage des cultures (en % de la lumière solaire totale)		
	n° 1 : 100 %	n° 2 : 50 %	n° 3 : 25 %
Masse sèche des graines	0,14	0,14	0,14
Masse sèche de la récolte	3,92	3,45	2,30
Production	3,78	3,31	2,16

Les valeurs fournies dans ce tableau sont exprimées en grammes.

Document 6 : Rendements de cultures dans différentes conditions d'éclairage



Document 8
Influence de la température, au niveau des racines, sur la production de matière de plants de Tomate cultivés sur une solution nutritive.

Dans certaines cultures sous abri, les plantes se développent à racines nues, on parle de **cultures hors sol**.

Les racines des plantes ont une double fonction : absorber l'eau et les sels minéraux et positionner la plante dans l'espace. Pour échapper aux contaminations et à la concurrence des autres plantes, il est possible de fournir à la plante des milieux de fixation inertes (laine de roche, granulats, billes de polystyrène...). Une solution nutritive apporte à la plante de l'eau et des sels minéraux. Entre deux cultures on stérilise les supports utilisés.

2. En vous appuyant sur le document 4 p 87, **montrez** quel est l'avantage de pouvoir composer une solution nutritive pour les plantes.

Nous avons vu que la productivité des agrosystèmes est supérieure à celle des écosystèmes. Cela passe par une amélioration de la production (quantitatif) mais aussi par la lutte contre les "nuisibles" à cette production (plantes adventices, ravageurs...)

3. a- A l'aide des documents p90-91, indiquez comment cette lutte est possible ?
- b- Quelles autres pratiques existent ?

Activité 3 : Différentes techniques de protection des cultures

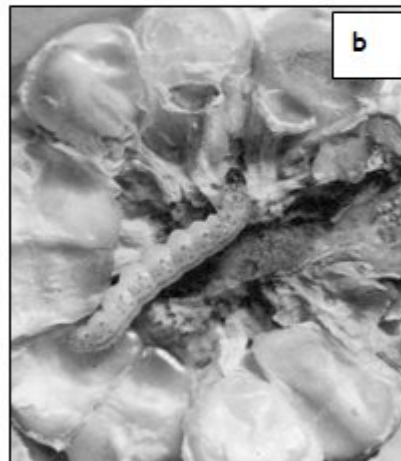
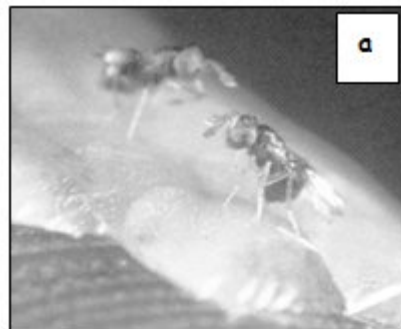
Conséquences sur l'environnement

- L'utilisation intensive des engrais amène à une pollution des sols et à l'**eutrophisation**.
 - D'après les documents 1 et 2 p88, **définissez** l'eutrophisation.
 - Recherchez** les causes et les conséquences de ce phénomène.

La pyrale est un insecte **ravageur** des cultures de maïs. Selon les années, les pertes dues à ce parasite peuvent atteindre 10 à 50 % de la récolte. L'utilisation d'**insecticides chimiques** largement répandue est très efficace dans la lutte contre la pyrale. Cependant leur emploi n'est pas sans danger pour l'environnement en raison de leur faible spécificité et de leur durée d'action importante.

- Expliquez** quels sont les inconvénients de l'utilisation d'insecticides chimiques.

Dans la **lutte biologique**, les ennemis naturels des ravageurs sont utilisés par l'agriculteur : ils sont lâchés en masse dans les cultures et détruisent spécifiquement le ravageur. Dans le cas de la pyrale, de petites mouches appelées trichogrammes sont utilisées. Elles pondent dans les oeufs de pyrale qui sont alors détruits lors du développement de leur hôte. Les pyrales sont arrêtées avant les premiers dégâts.



Document 11 :
a- Trichogrammes pondant dans des oeufs de pyrale
b- Larve de pyrale dans un épi de maïs

Parcelles étudiées	Nombre de pieds de maïs		Rendements en %
	total observés	parasités	
Parcelle traitée avec des trichogrammes	567	33	94
Parcelle témoin sans traitement	567	97	83

Document 10 : Nombre de pieds de maïs parasités par la pyrale et rendements des récoltes pour différentes parcelles. (Mesures effectuées un mois après traitement)

Document 12 : Efficacité de différents insecticides et rendements des cultures

Parcelles étudiées	Parcelle témoin sans traitement	Parcelles traitées par insecticides chimiques			
		DDT	toxine Bt	parathion	carbaryl
Nombre de chenilles / pied	2,3	0,3	0,44	0,34	0,7
Rendements (%)	80,5	93,9	95,2	92,7	90,8

- À partir de l'exploitation des documents 10 à 12, **discutez** de l'efficacité de la lutte biologique et de la lutte chimique.
 - Quelle méthode est donc à privilégier pour la protection de l'environnement ?
- Sachant que la pyrale est sensible à une toxine bactérienne de nature protéique, la toxine de *Bacillus thuringiensis*, **rappelez** quelle autre méthode moderne permet de limiter l'impact des ravageurs et donc d'augmenter les rendements. (Voir cours de Génétique)

Conséquences sur la santé

1. Documents p89 :
 - a- Mettez en relation les pratiques agricoles et la pollution de l'eau potable.
 - b- Quelles sont les conséquences de cette pollution sur la santé ?

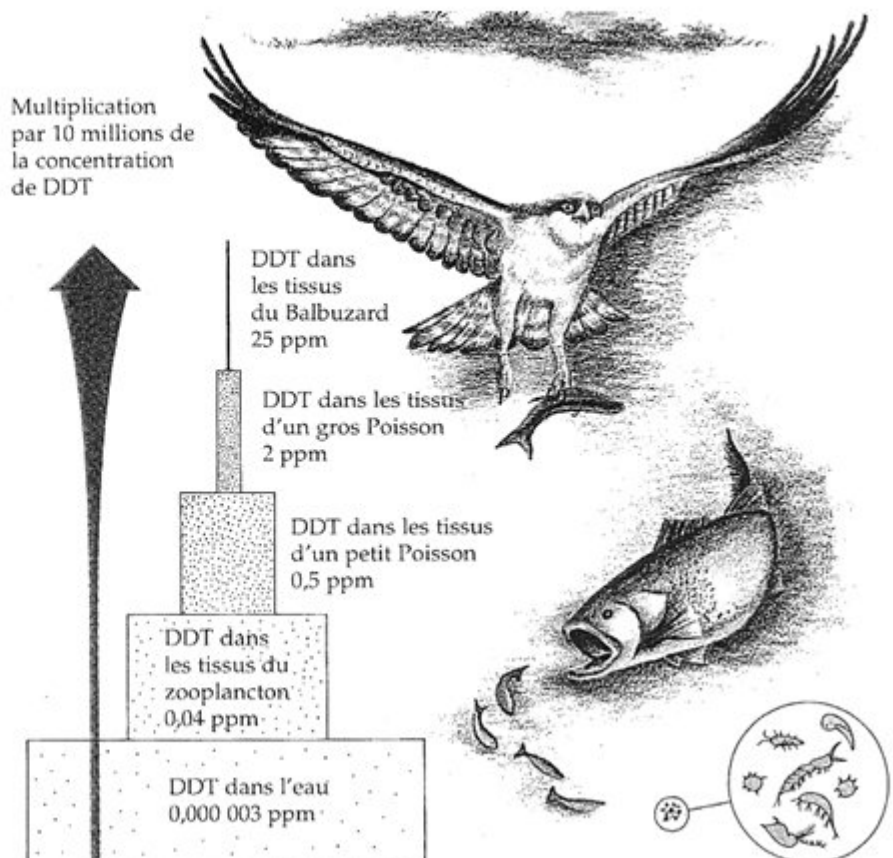
Le document 13 montre la concentration d'un pesticide (le DDT) aux différents niveaux d'une chaîne alimentaire.

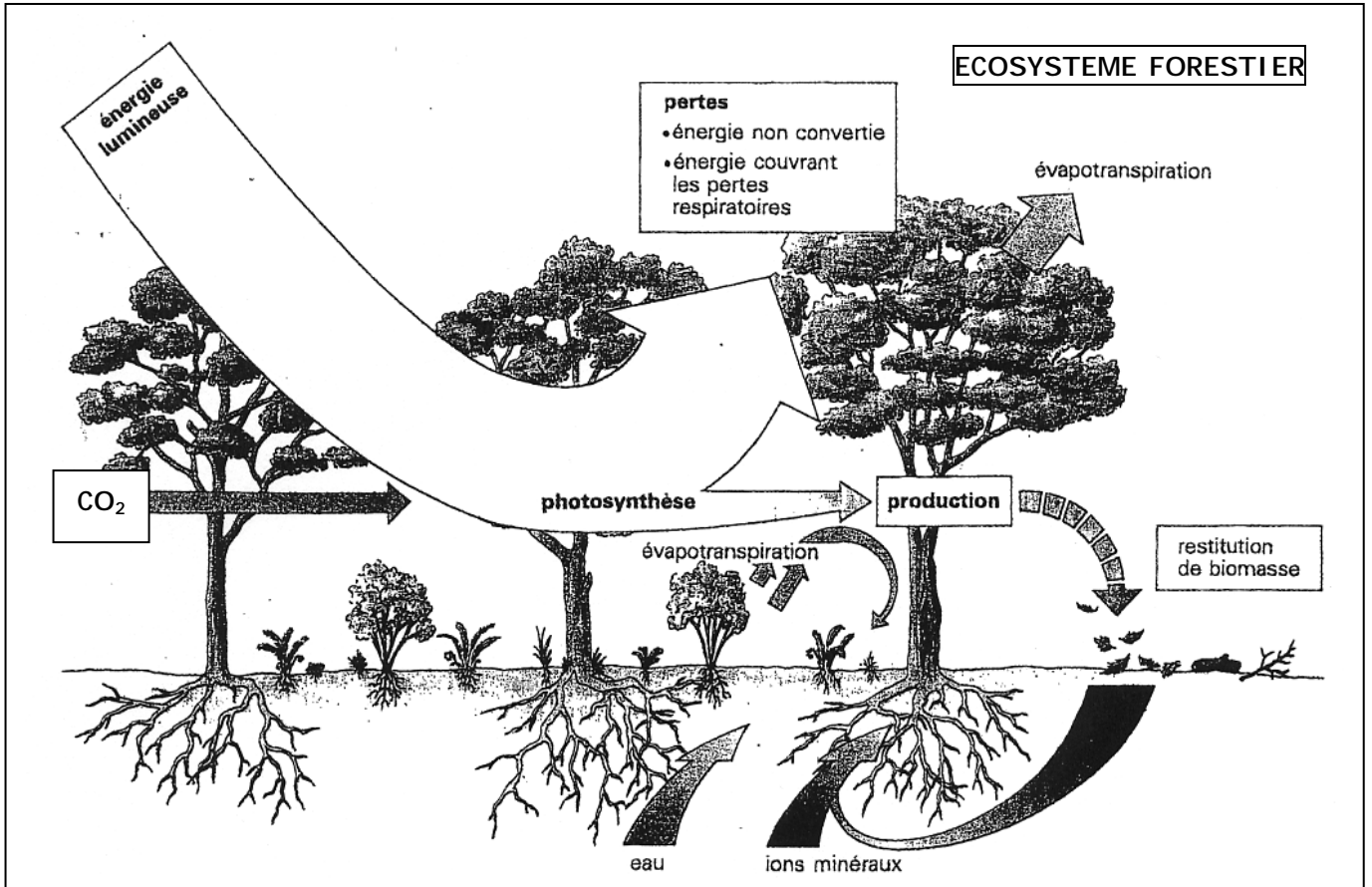
2. Comment expliquez-vous la diminution de la population des Balbuzards ?
3. Pesticides, hormones, antibiotiques : Quels dangers pour la santé ? → Documents p93
 - a- Indiquez les conséquences de l'utilisation excessive des antibiotiques dans les élevages. (Doc.2)
 - b- Montrez en quoi la course au rendement peut nuire à la santé du consommateur. (Doc.3)
4. Recyclage des déchets et « maladie de la vache folle » → Documents p94-95
 - a- Recherchez l'origine de l'ESB et montrez que cette maladie est en relation avec une recherche de productivité tant en Grande Bretagne qu'en France. (Documents 1 et 2)
 - b- Quelle relation existe-t-il entre la maladie de la vache folle et la santé humaine ? (Doc.3)

Document 13 : Bioamplification du DDT dans une chaîne alimentaire

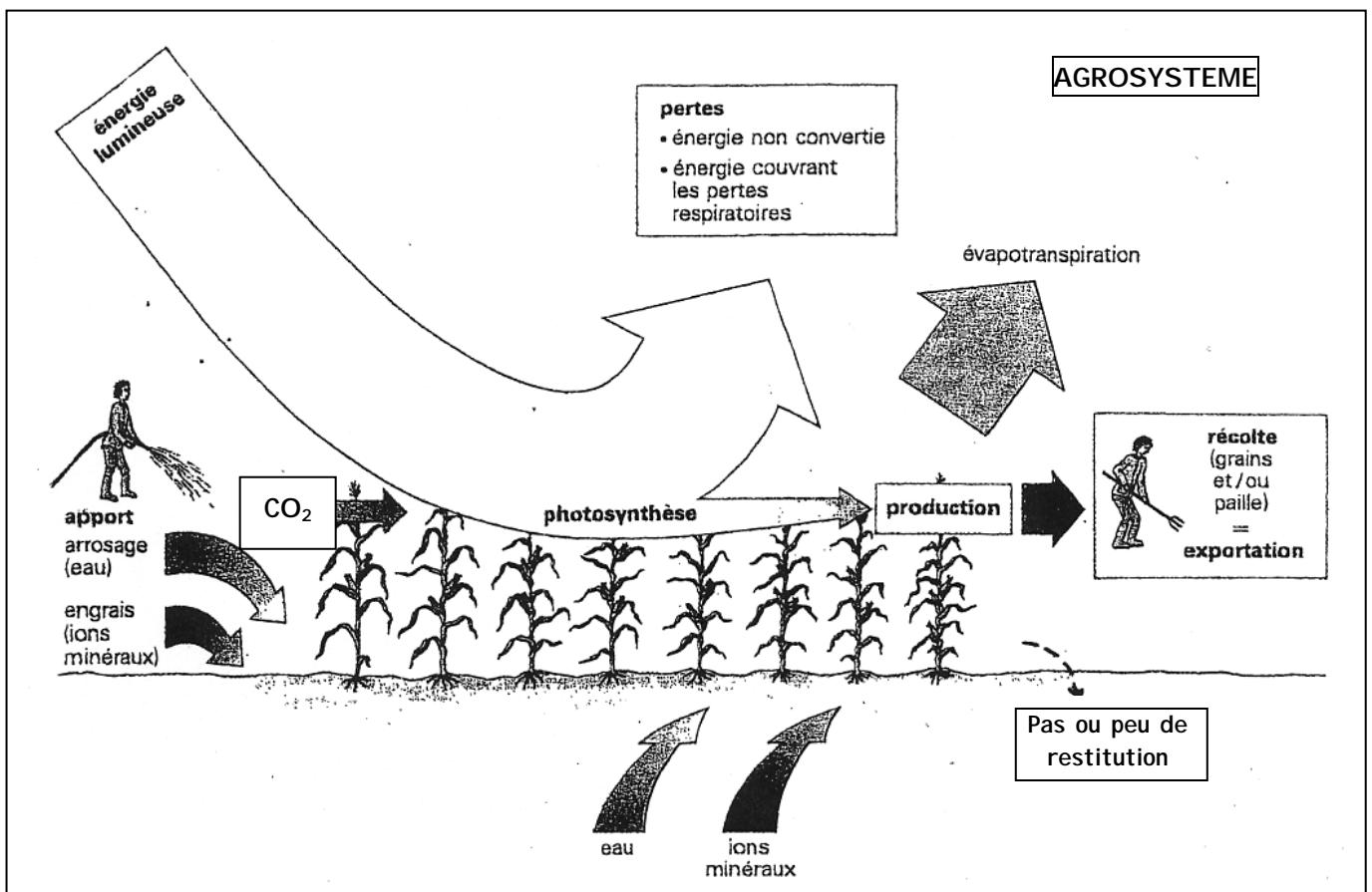
La concentration de DDT s'est multipliée par environ 10 millions dans une chaîne alimentaire de Long Island Sound, aux Etats-Unis. De 0,000003 parties pour millions (ppm, 1 ppm équivaut à 1mg/L) dans l'eau de mer, elle passait à 25 ppm dans les tissus d'un oiseau pêcheur, le Balbuzard.

Les coquilles des œufs de cet oiseau sont alors fragilisées et le nombre d'éclosions diminue. D'où une diminution de la population.





- Système équilibré :
- Restitution de biomasse dans les sols
 - Evolution proie / prédateurs



- Système déséquilibré :
- Peu ou pas de restitution de biomasse dans les sols
 - Nécessité d'un entretien
 - Entièrement dévolu aux besoins humains

Comment l'Homme peut-il concilier production alimentaire et protection de l'environnement ?

Activité 1 : Quantifier les productions alimentaires

Mise en évidence de transferts de matière dans une chaîne alimentaire

1. et 2.

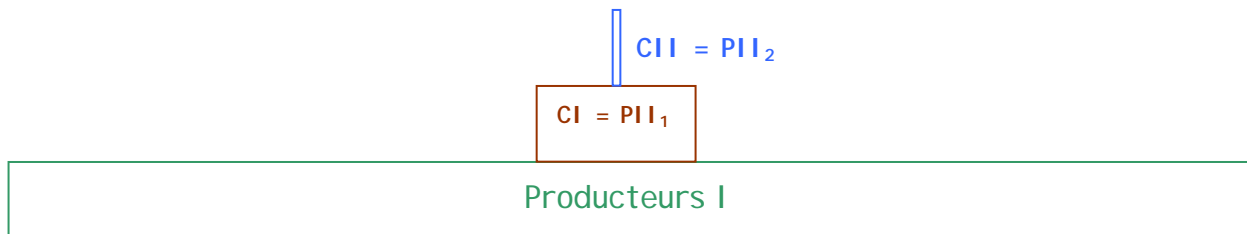
Le criquet et la chenille sont **phytophages (consommateurs I)** et les autres sont **zoophages (consommateurs II, III...)** Tous sont **producteurs II**. Les végétaux (herbes et feuilles) sont des **producteurs primaires**.

3. Le PI produit de la MO ingérée par CI, qui produit lui-même sa propre MO ingérée par CII...

Etude de l'efficacité des transferts de matière dans une chaîne alimentaire

1. Chaîne alimentaire : Luzerne → Vache → Garçon.

2. 1 mm pour 50 Kg ⇒ 16,4 cm pour PI ; 2,1 pour CI (PII₁) ; 1 mm pour CII (PII₂)



3. a- PI → CI : 8 fois plus de matière
CI → CII : 20 fois plus de matière
PI → CII : 160 fois plus

b- R1 (PI → CI) = $(1\ 035 / 8\ 211) \times 100 = 12,6 \%$
R2 (CI → CII) = $(50 / 1\ 035) \times 100 = 4,8 \%$

c- Les rendements sont de plus en plus faibles lorsqu'on monte dans la chaîne alimentaire.

Bilan

La production de la matière animale nécessite une production végétale quantitativement importante.

La production végétale est à la base de la production animale et d'une partie de la production humaine.

4. Dans des écosystèmes naturels, le rendement du transfert de matière entre deux maillons successifs est d'environ 10 %. Ainsi pour grossir de 1 Kg, une vache doit consommer 10 Kg d'herbe. Les pertes importantes de matière ont plusieurs origines :

- La **biomasse** d'un maillon d'une chaîne alimentaire n'est **pas entièrement consommée** par le maillon suivant ;
- Une **part de la biomasse** consommée est utilisée par l'organisme pour produire l'énergie nécessaire à son fonctionnement (**respiration**, fermentation...);
- Une autre **part de la biomasse** consommée n'est **pas digérée**, elle est **rejetée** et constitue les déchets de l'organisme (excréments).

Les rendements des transferts de matière d'un maillon à l'autre de la chaîne étant très faibles, il est donc nécessaire que la production végétale primaire soit quantitativement importante.

Activité 2 : Etude du fonctionnement d'un agrosystème

Les agrosystèmes et leur entretien

Un **agrosystème** est un écosystème agricole, c'est-à-dire un milieu artificiel, créé et entretenu par l'Homme.

1. Productivité élevée et biodiversité réduite.
2. Dans les agrosystèmes, l'exportation de matière lors des récoltes implique une diminution, voire une absence, des restitutions dans le sol. Ainsi, la quantité de matière prélevée dans le sol par les végétaux est supérieure à celle qui lui est restituée.
3. Le déficit de matière restituée au sol lié à la récolte doit donc être compensé par un apport artificiel. D'où l'utilisation d'engrais.
4. Les **exportations** dans les agrosystèmes (récoltes) **appauvrissent** les réserves minérales des sols. Il faut donc combler ces "pertes" par des apports d'engrais dont la qualité et la quantité sont dosées en conséquence. Comme le montre le graphique, le rendement augmente lorsque la dose d'engrais augmente, et ce jusqu'à un maximum, ou optimum. Au-delà, un apport excessif s'avère nocif pour la plante et le rendement diminue. **Donc un apport optimal d'engrais permet une productivité végétale accrue.**

Des pratiques d'amélioration de la productivité agricole

1. **Doc.5** : La culture en serre permet un plus grand rendement → Facteurs en jeu ?
Doc.6 : Un éclairage plus important augmente la production : → **Optimum à 100 %** de lumière solaire
Doc.7 : Plus le taux de CO₂ est important plus la production est importante : → **Optimum vers 0,1 %**
Doc.8 : Influence de la T° sur la production : → A 12°C le rendement est faible
→ Il augmente au-dessus de 12°C
→ **Optimum à 18°C** (diminue ensuite)
Doc.9 : Quelles que soient les plantes, le rendement augmente avec l'**irrigation** : → **Optimum variable selon les plantes**
2. Dans les cultures hors-sol, les exigences de la plante sont parfaitement contrôlées, ainsi on obtient une production végétale optimale. *De plus, pas de ravageurs, de plantes adventices...*
3. **a-** Utilisation de **pesticides** :
 - Herbicides → Lutte contre les plantes adventices = mauvaises herbes
 - Insecticides → Lutte contre les insectes ravageurs et parasites
 - Fongicides → Lutte contre les champignons...**b-** Il est également possible d'améliorer la productivité agricole par les additifs (compléments alimentaires, antibiotiques, facteurs de croissance, hormones...).

Activité 3 : Différentes techniques de protection des cultures

Conséquences sur l'environnement

1. **a- L'eutrophisation** correspond à un enrichissement des eaux de surface en substances nutritives (Azote - N -, Phosphore - P -), ce qui provoque un déséquilibre écologique.
b- Causes : Nitrates et phosphates présents dans les engrais, étant très solubles, sont entraînés dans les sols, puis dans les nappes phréatiques et les rivières par les eaux d'infiltration et/ou de ruissellement.
Conséquences : L'excès de N et P dans les eaux entraîne une prolifération des algues qui recouvrent les surfaces des rivières..., ce qui entraîne une diminution de la transparence de l'eau (photosynthèse des plantes submergées diminue → Mort → Développement bactérien → Consommation O₂ augmente) et de son oxygénation (respiration des poissons... diminue).

2. Les insecticides chimiques étant non spécifiques, ils détruisent bien les ravageurs mais aussi d'autres organismes, parfois utiles. De plus, leur durée d'action étant importante, les conséquences de leur utilisation se font sentir longtemps après leur épandage.
3. **a-** De manière générale, sans traitement, le rendement dans une parcelle végétale est de l'ordre de 80 %. Ce rendement est augmenté dans des proportions équivalentes (entre 90 et 95 %) avec des traitements chimiques ou biologiques.
b- La lutte chimique étant source de pollution (et de la diminution de biodiversité) et les 2 méthodes étant équivalentes en terme de rendement, il est préférable de privilégier la lutte biologique pour protéger l'environnement.
4. Il est possible de faire produire aux végétaux leur propre pesticide grâce à la fabrication d'OGM.

Conséquences sur la santé

1. **a-** On remarque une étroite corrélation entre la pollution des eaux souterraines en nitrates et l'achat d'azote servant aux cultures.
b- Dans les eaux potables, le taux supporté par un adulte est de 50 mg/L, 25 mg/L chez un nourrisson.
→ Chez le nourrisson, l'absorption excessive de nitrates implique une formation de nitrites responsables de la transformation de l'Hb en MetHb, incapable de fixer et transporter l'O₂ ... !
→ Chez l'adulte, ces nitrites sont des facteurs de risques à l'origine d'une augmentation des cancers (Foie, Appareil respiratoire, Œsophage ...)
2. La concentration du DDT tout au long de la chaîne alimentaire (bioamplification) aboutit à un taux largement excessif au niveau des Balbuzards (25 ppm). Celle-ci a pour conséquence une fragilisation des coquilles des œufs, d'où une forte diminution du nombre d'éclosion. Ainsi, la population de Balbuzards est en baisse. Cette bioamplification est visible sur une pyramide comparable, dans le principe, à celle des biomasses.
3. **a-** L'utilisation d'antibiotiques dans les cheptels et autres productions animales peut être à l'origine de résistances bactériennes aux antibiotiques chez ces animaux et même chez l'Homme.
b- Certains pesticides sont chimiquement proches d'hormones femelles ou d'anti-hormones mâles. Ainsi, le contact avec ces pesticides (ingestion ...) est un facteur de risques de développer des cancers des testicules.
4. **a-** L'ESB (Encéphalopathie spongiforme bovine) est liée à l'utilisation de farines animales et d'os ajoutés à l'alimentation des bovins, animaux herbivores !!!!
L'apparition de cette maladie coïncide avec des modifications de production des farines animales, visant à en réduire leurs coûts de production (Diminution de la T° ⇒ Diminution de la consommation d'énergie ⇒ Coût abaissé). De plus, moins cher que le foin ...
b- Le prion responsable de l'ESB et celui responsable de la maladie de Creutzfeldt-Jakob sont très similaires et ont des conséquences semblables (lésions cérébrales ...). Depuis l'apparition de l'ESB, une nouvelle variante de KJ a suivi. Des études ont montré que cette nvMCJ est induite par LE prion de l'ESB. C'est donc la consommation de bovins contaminés (plus produits dérivés) qui est à l'origine de la maladie.