

Thème 3B : NOURRIR L'HUMANITE

L'approvisionnement de l'humanité en nourriture constitue un enjeu planétaire majeur pour le 21^{ème} siècle. La population humaine est en constante progression : elle devrait passer de 6,5 à 9 milliards d'individus au xxi^e siècle. Cette croissance explosive pose un problème majeur à l'humanité : **Comment nourrir tout le monde dans les prochaines années ?**

Deux champs de blé et graphique de l'évolution de la production agricole et de la population depuis 1960



Evaluation diagnostique pour vérifier vos prérequis.

Chapitre 1 : La production agricole végétale et animale :

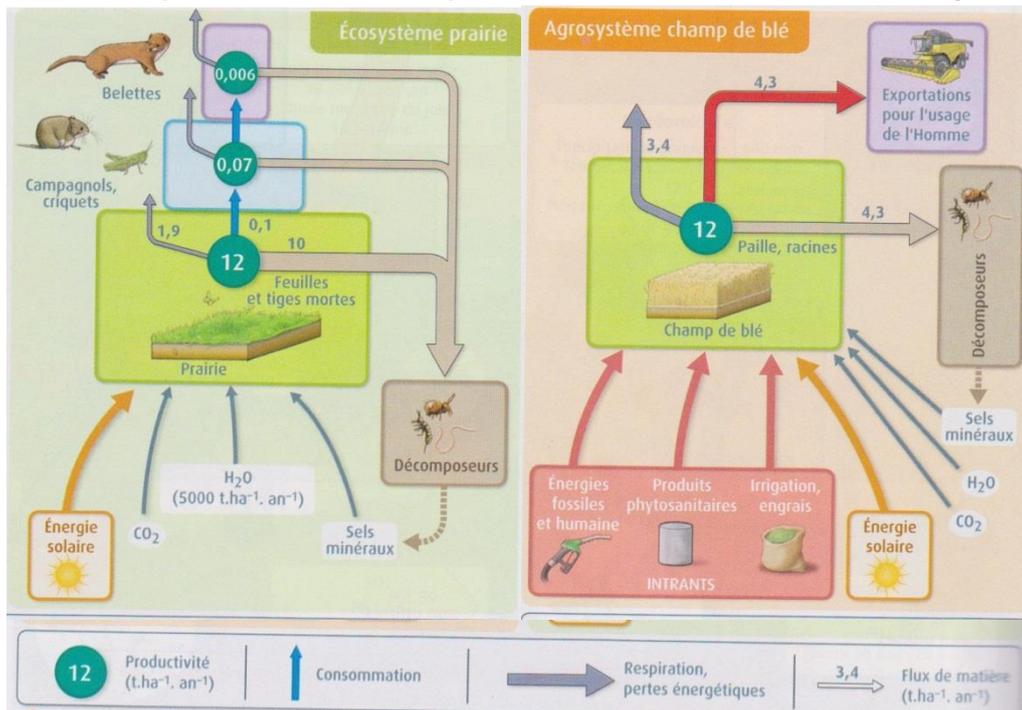
L'homme a transformé des écosystèmes naturels et équilibrés en agrosystèmes bien plus productifs mais non naturels et donc déséquilibrés. Il est nécessaire de prendre en compte à la fois l'impact sur l'environnement de l'intensification de l'utilisation des sols et de l'eau, et les conséquences sur la santé des pratiques agricoles actuelles. Le choix de techniques qui permettent une gestion durable de l'environnement tout en maintenant une qualité sanitaire irréprochable des aliments s'impose dès lors comme une nécessité. Et enfin, faire un bilan de nos pratiques alimentaires pour en restreindre le coût énergétique et de rejets de GES et contribuer à une meilleure répartition de nos productions.

Problématique : comment l'homme peut-il augmenter la production agricole et avec quelles conséquences sur l'environnement et la santé ?

I. L'agrosystème

A. Comparaison Ecosystème et agrosystème

Problème : quelles sont les conséquences d'une transformation d'un écosystème en agrosystème ?



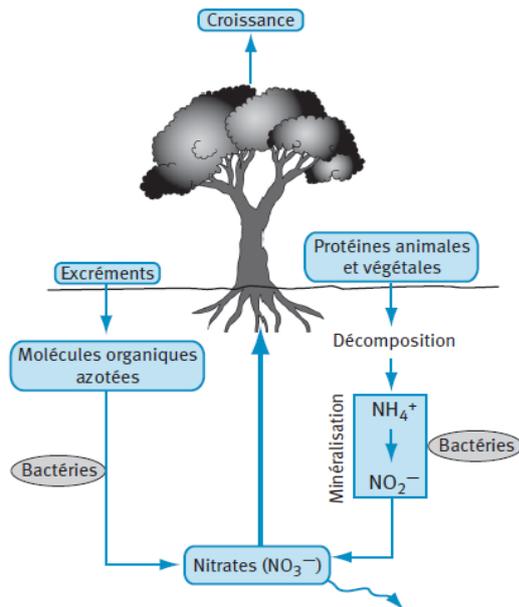
1 Pyramides de productivité d'un champ de blé (agrosystème) et d'une prairie (écosystème).
Les intrants correspondent à l'ensemble de la matière et de l'énergie injectées par l'Homme dans l'agrosystème.
Les besoins en eau d'une culture de blé sont d'environ 5000 t.ha⁻¹.an⁻¹.

Dans un agrosystème, il y a peu de biodiversité et la production primaire est exportée donc la matière végétale formée ne retourne pas à la terre. Les éléments prélevés dans le sol par les végétaux ne lui sont donc pas restitués. Le sol s'appauvrit en éléments nutritifs.

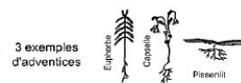
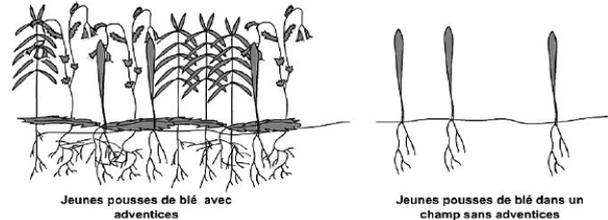
<http://slideplayer.fr/slide/1678526/> illustration par animation d'un agrosystème.

B. Intérêts de l'utilisation des intrants

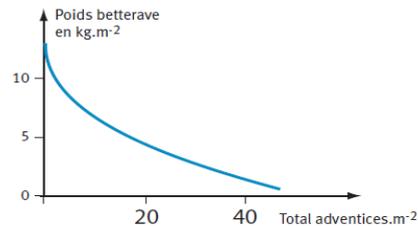
Problème : comment expliquer l'utilisation des intrants par l'homme et quels sont les impacts environnementaux et sur la santé ? [TP 1 l'agrosystème](#) [fiche technique du logiciel ModSim](#)



Culture de blé dans deux situations différentes (avec ou sans adventices)



Poids des betteraves en fonction du nombre d'adventices



Document 1 : Schéma simplifié du cycle de l'azote dans un écosystème naturel. Les végétaux utilisent l'azote sous la forme NO_3^- pour fabriquer leur matière organique ; ils ne peuvent utiliser l'azote contenu dans l'atmosphère (N_2) ni dans NH_4^+ .

Document 2 : les plantes adventices dans l'agrosystème

95 % de l'eau absorbée par un végétal est restituée à l'atmosphère par transpiration. Cette perte d'eau au niveau des feuilles aspire la sève brute (eau + ions minéraux) par un mécanisme de succion assurant ainsi l'approvisionnement des cellules en éléments minéraux. Un arbre, au printemps, peut rejeter jusqu'à 400 litres d'eau par jour dans l'atmosphère. L'eau disponible dans le sol est donc un facteur important dans le cycle de vie d'un végétal.

Quand cette réserve est épuisée, il y a stress hydrique ce qui se traduit par une fermeture de structures particulières situées au niveau des feuilles, les stomates. Cela permet de réduire la perte d'eau par le végétal. Or c'est également par ces stomates que pénètre le dioxyde de carbone ...

document 3 : l'eau

Bilan : Un **écosystème** est un ensemble de deux éléments : **le biotope**, ie le lieu de vie caractérisé par des paramètres physiques et chimiques (température, humidité...) et **la biocénose**, correspondant à l'ensemble des organismes vivants qui y vivent et interagissent les uns avec les autres notamment dans des relations trophiques. Dans un écosystème, **de la matière et de l'énergie sont transformées : MM transformée en MO par les plantes, énergie solaire en énergie chimique, consommées et recyclées avec peu de pertes.** Les flux de matières et d'énergie restent dans l'écosystème (retour au sol des matières et énergies des organismes morts). **L'écosystème est donc équilibré.**

La productivité totale d'un écosystème, soit la masse de MO produite par ha est très élevée mais elle se répartie entre les nombreuses espèces présentes (biodiversité élevée). Donc pour une seule espèce, la productivité et le rendement sont faibles

Un agrosystème s'établit à partir d'un écosystème, naturel et équilibré mais il est modifié par l'homme pour produire un maximum de biomasse sur une seule espèce et la prélever dans un but alimentaire, énergétique ou industriel.

Un agrosystème présente en général un seul producteur de biomasse (le maïs par exemple), toutes les autres espèces qui seraient en compétition avec cette espèce cultivée et réduiraient sa productivité sont éliminées.

Il n'y a pas de biodiversité dans un agrosystème.

La quantité importante de biomasse produite est en grande majorité exportée ie retirée de l'agrosystème. Son exportation déséquilibre complètement l'agrosystème qui ne récupère plus la matière organique morte pour la décomposer ; le sol s'appauvrit en éléments minéraux.

L'homme est alors obligé de rajouter des intrants (engrais, produits phytosanitaires, eau) pour compenser les pertes par exportation et ainsi fertiliser le sol et supprimer toutes les espèces parasites mais aussi d'assurer un apport d'eau suffisant pour faciliter la photosynthèse et donc la productivité. La productivité et le rendement de matière sont alors plus élevés pour l'espèce cultivée.

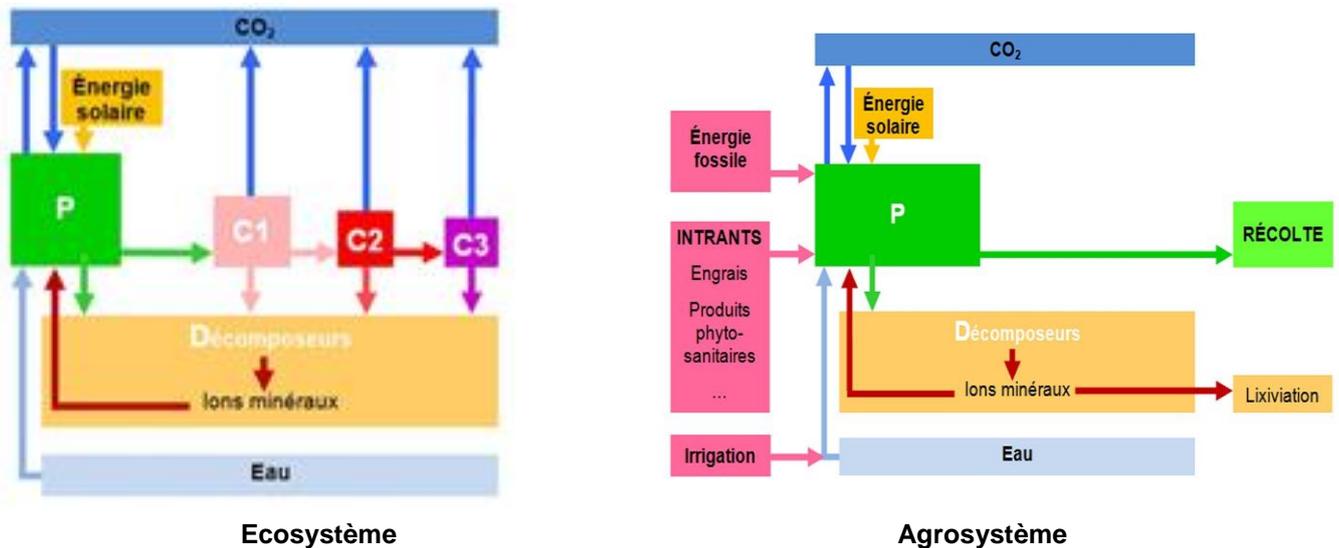


Schéma bilan : Cycle de matière et flux d'énergie dans un écosystème et un agrosystème.

C. conséquences sur l'environnement et la santé d'un agrosystème

Problème : quel est l'impact de l'utilisation des intrants sur l'environnement et la santé ?

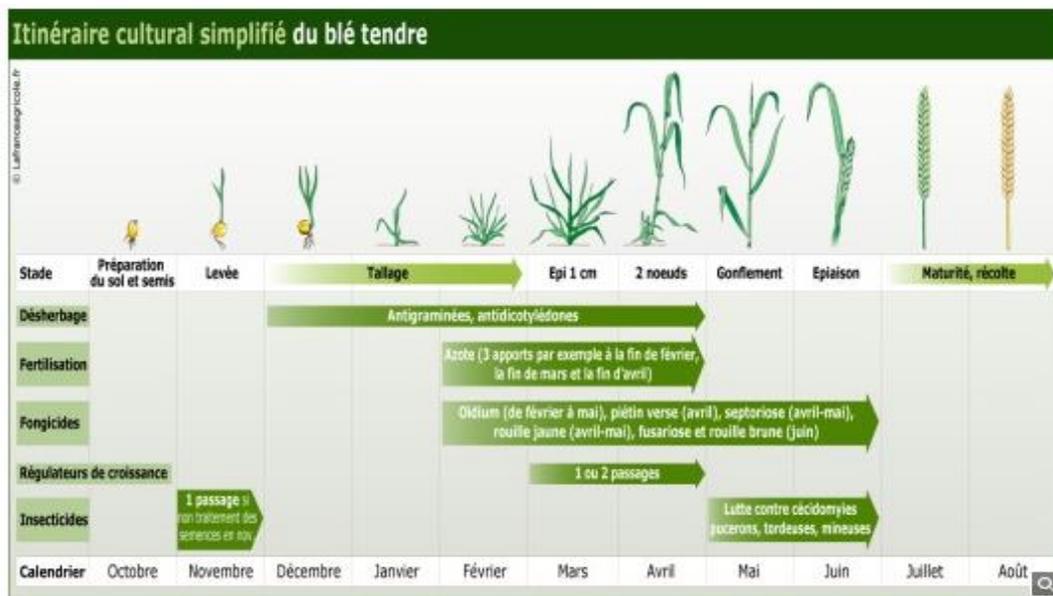
Les intrants tels les engrais sont souvent apportés avec excès sans recherche de la dose optimale. En conséquence, les engrais non prélevés par la plante sont entraînés par les eaux superficielles vers les lacs, rivières et nappes phréatiques. Les nitrates et les phosphates en excès provoquent la prolifération des végétaux aquatiques qui finissent par étouffer de nombreux animaux : c'est l'eutrophisation. D'autre part, les nitrates sont dangereux pour le système nerveux des humains.

Les pesticides, peu biodégradables, sont eux aussi lessivés par les eaux de pluies contaminant les milieux aquatiques et s'accumulant dans les êtres vivants qui se les transmettent le long de la chaîne alimentaire jusqu'à l'homme. Ces produits sont aussi toxiques à différents niveaux pour l'homme (reproduction, cancer, nerveux, hormonal...).

L'augmentation du coût de ces intrants et une prise de conscience de leurs effets néfastes ouvrent la voie vers une utilisation plus raisonnée de ces produits.

II. Pratiques agricoles et développement durable.

Ci-dessous l'itinéraire cultural du blé tendre recommandé par BASF, une entreprise produisant des produits chimiques pour l'agriculture. extrait du site http://www.agro.basf.fr/agroportal/fr/fr/cultures/les_cereales/le_ble/le_ble.html



L'utilisation de nombreux intrants est fortement recommandée et planifiée : herbicides, engrais, fongicides, régulateurs de croissance, insecticides.

Problème : Quelle agriculture pratiquer pour concilier rendement, rentabilité, préservation de la santé, faible impact écologique (= développement durable) et quelles techniques agricoles privilégier ?

« **Comment peut-on définir l'agriculture durable ?**

C'est un mode de production agricole économiquement viable, socialement équitable, et qui ne nuit ni à l'environnement ni à la santé. »

Extrait : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/L-agriculture-durable-des.html>

A. Les modes de production agricole : les différents types d'agriculture

Problème : Quels sont les différents modes de productions agricoles ?

L'agriculture intensive : Agriculture hautement mécanisée dont la vocation est la commercialisation sur de vastes marchés. Elle implique des investissements importants et des compétences scientifiques. L'objectif est la production maximale, quitte à utiliser des produits chimiques de synthèse (engrais, insecticides, herbicides, aliments et médicaments...), des technologies génétiques (OGM), grandes monocultures, recherche de la rentabilité maximale... exemple d'itinéraire de culture BASF.

L'agriculture raisonnée : C'est une forme d'agriculture qui concilie des pratiques respectueuses de l'environnement (hommes, milieux naturels, animaux) et des préoccupations économiques. La fertilisation (engrais, amendements...chimiques de synthèse) est pratiquée " au plus juste ". Les exploitations sont de taille moyenne (jusqu'à quelques salariés ou saisonniers). Les pratiques sont conventionnelles, les produits chimiques sont utilisés systématiquement mais au bon dosage.

L'agriculture durable ou intégrée ou conventionnelle : C'est une agriculture extensive (par opposition avec l'agriculture intensive) dont le fonctionnement s'inscrit dans les perspectives ouvertes par le développement durable (économiquement viable, écologiquement durable, socialement équitable). Comme l'agriculture bio mais avec la possibilité d'utiliser très ponctuellement des produits chimiques mais pas systématiquement.

L'agriculture biologique : L'Agriculture Biologique est un mode de production agricole n'utilisant pas de produits chimiques de synthèse, pour la fertilisation des sols, la protection des cultures, l'élevage.

B. Impact environnemental et productivité de différents modes de production agricole

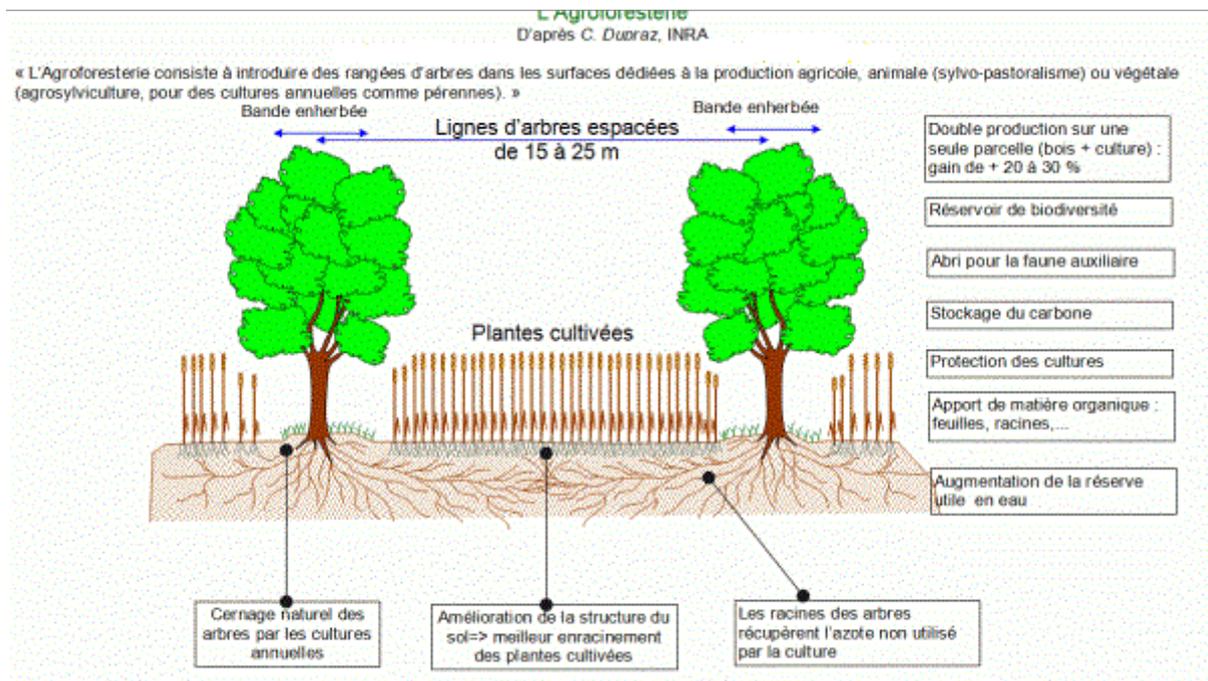
Il est difficile de choisir un type d'agriculture mais il semblerait que l'intensive ait un impact écologique trop élevé malgré son rendement très élevé. Entre l'agriculture biologique et la raisonnée : 2 dilemmes : - rendement de récolte variable selon les attaques parasitaires pour le bio / rendement environ constant pour la raisonnée mais utilisation de produits toxiques.

C. Des pratiques culturelles raisonnées et durables

Certaines pratiques culturelles limitent l'impact environnemental des intrants :

- alternance de légumineuses qui enrichissent le sol en nitrates naturellement et cultures qui les utilisent : rotation des cultures.

- semis sans labour pour préserver la faune du sol et maintenir la décomposition nécessaire à la formation de l'humus.
- alternance de culture de céréales et de forêts : l'agroforesterie : augmentation de la biodiversité et protection des sols.
- utiliser des insectes pour la lutte biologique : limite l'utilisation des produits phytosanitaires et donc la pollution de l'environnement.
- bande herbeuse entre la culture et les cours d'eau afin de diminuer l'arrivée dans les cours d'eau de produits phytosanitaires. La bande herbeuse absorbe les produits lessivés avant qu'ils n'atteignent les rivières.
- paillage des sols pour limiter l'irrigation (moins d'évaporation de l'eau du sol) et les herbicides (limite le dvpt des plantes adventices).



Illustrations de l'agroforesterie

Pour aller plus loin <http://www.lacledesterroirs.com/base-de-connaissance/agriculture/agriculture-conventionnelle>

III. Bilan énergétique d'un agrosystème

Problème : quel est le coût en énergie de l'utilisation de ces intrants et, plus généralement, du fonctionnement d'un agrosystème ?

A. Bilan énergétique d'un agrosystème végétal

Rendement énergétique = sorties d'énergies (production) / entrées d'énergie (apport)

► Afin de déterminer l'efficacité ou **rendement énergétique** d'un agrosystème, on réalise un bilan des entrées et des sorties.

► **Les entrées** : énergie apportée par l'Homme, sur le site de production ou consommée lors de la fabrication et du transport d'un **intrant**.

► **Les sorties** : énergie contenue dans la biomasse exportée de l'écosystème.

	Culture sèche	Culture irriguée
Machinisme	3 992	4 991
Carburant	3 992	3 992
Engrais	12 770	20 365
Semences	597	598
Irrigation	0	8 987
Insecticides	259	259
Herbicides	259	259
Séchage	10 780	16 172
Divers (électricité, transport)	3 992	7 988
Productivité	86 359	116 237
Production en tonnes par hectare	6	9

Document : flux énergétiques dans deux types de culture.

Inventaire des entrées et des sorties d'énergie dans un agrosystème (en 10³ kJ/ha/an).

Les écosystèmes captent une partie de l'énergie solaire que les producteurs primaires (végétaux) vont transformer et stocker en énergie chimique ; le rendement dépend donc de la quantité d'énergie récupérée par photosynthèse, il n'y a pas de dépenses extérieures pour le fonctionnement de l'écosystème.

Un agrosystème végétal dépend aussi au départ de l'énergie solaire par l'intermédiaire de la photosynthèse, mais l'utilisation des intrants correspond à des dépenses d'énergie : énergie pour fabriquer les engrais, les produits phytosanitaires mais aussi pour les épandre dans les cultures, y compris pour l'irrigation – machines agricoles, pompes à eau....)

Le rendement énergétique est donc meilleur pour un écosystème que pour un agrosystème.

Ce coût énergétique a une incidence sur le coût financier et donc modifie la rentabilité mais il a aussi un coût environnemental : production de gaz à effet de serre plus importante par combustion des énergies fossiles.. L'augmentation du coût de ces intrants et une prise de conscience de leurs effets néfastes ouvrent la voie vers une utilisation plus raisonnée de ces produits.

B. Bilan énergétique d'un agrosystème animal

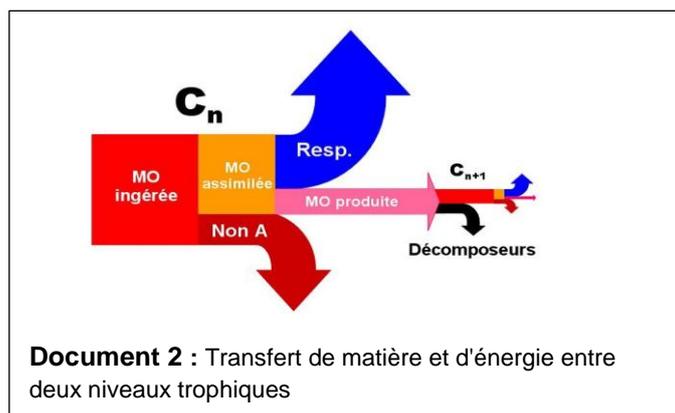
Sous problème : quel est le coût énergétique des productions agricoles animales ?

<http://www.edumedia-sciences.com/fr/media/548> illustration animation flash pyramides de biomasse...

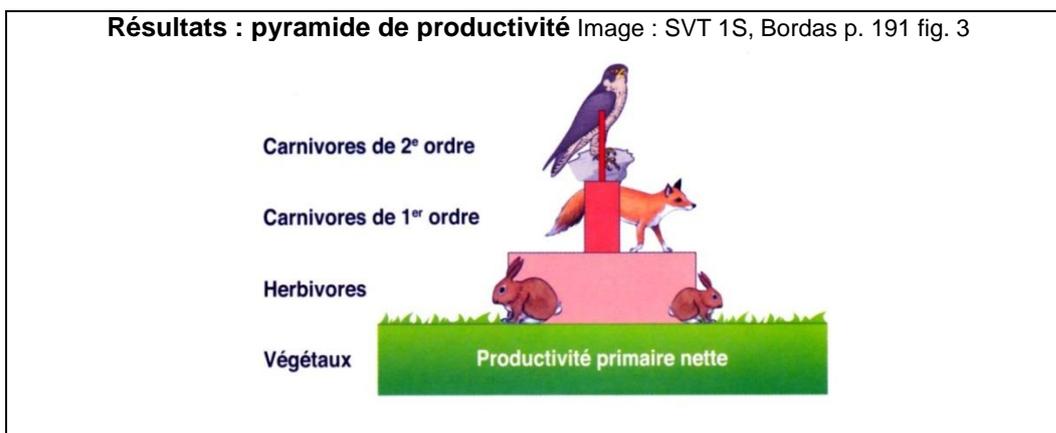
On a estimé la productivité en g.m⁻².an⁻¹ dans une prairie naturelle. Les résultats sont présentés dans le tableau 1 ci-dessous.

Document 1 : Tableau de la productivité en g.m⁻².an⁻¹ dans une prairie naturelle

êtres vivants	Régime alimentaire	productivité en g.m ⁻² .an ⁻¹	Niveau trophique (1)
graminées		3	
crucifères		1	
Autres végétaux chlorophylliens		0.7	
Insectes	phytophage	0.1	
Mammifères	phytophage	0.2	
Oiseaux	phytophage	0.4	
Araignées	zoophage	0.01	
Oiseaux	Zoophage	0.03	
Mammifères	Zoophage	0.04	
insectes	zoophage	0.03	



Résultats : pyramide de productivité Image : SVT 1S, Bordas p. 191 fig. 3



Rendement énergétique dans un réseau trophique

Dans un écosystème naturel, la circulation de matière et d'énergie peut être décrite par la notion de pyramide de productivité (ou pyramide de biomasse) : la surface du rectangle de chaque niveau trophique correspond à la productivité de ce niveau. La productivité du niveau n+1 ne représente en moyenne que 10% de la productivité du niveau n (selon les cas elle varie entre 1 et 20%).

Rendement énergétique (ou efficacité énergétique) = productivité nette/matière ingérée X 100 : soit 10% environ

La production primaire est utilisée comme nourriture par les consommateurs de premier ordre (herbivores) servant eux-mêmes de nourriture aux consommateurs de deuxième ordre (carnivores), etc.

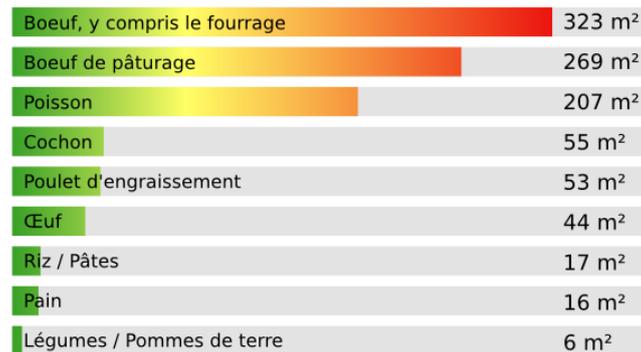
D'un niveau trophique au suivant, 90% en moyenne de la biomasse est perdue :

- soit parce qu'elle est non consommée (NC) ;
- soit parce qu'elle est consommée mais non assimilée (NA) ;
- soit par respiration (R) pour assurer les dépenses énergétiques des organismes.

Dans un agrosystème, le rendement global d'un niveau trophique, d'une production par rapport aux consommations d'énergie et de matière, dépend de la place du produit consommé dans la pyramide de productivité. Plus sa place est élevée plus le rendement sera faible

C. comparaison de rendement d'un agrosystème végétal et d'un agrosystème végétal.

Surfaces de sol nécessaires pour la production d'un kilo de :



Source : WWF Suisse

Visuel www.L214.com

Pour produire 1 Kg de matière végétale (pomme de terre), une surface de 6m² est suffisante tandis que pour produire 1 kg de bœuf, il est nécessaire d'avoir 323m² (soit 53 fois plus de surface). Pour 323 m², il y aurait 53 kg de pomme de terre produite.

Les agrosystèmes élevages dépendent indirectement de la photosynthèse ; les animaux se nourrissant de végétaux, ils dépendent de la production d'un agrosystème végétal : maïs, tournesol, soja, etc.

Les pertes énergétiques liées aux transferts de matière entre deux niveaux trophiques expliquent le faible rendement énergétique d'un agrosystème animal comparé à un agrosystème végétal.

Les agrosystèmes élevages sont donc très utilisateurs de surfaces de sols.

Qu'en est-il des sols cultivables sur la planète ?