

# Le peuplement végétale cultivé

## Introduction

Agroécosystème : écosystème cultivé

Agrosystemes are ecological systems modified by human beings to produce food, fibre, or other agricultural products.

Chaque niveau se doit d'être étudié comme un tout ! (Monde, communauté économique, pays, région, bassin versant, exploitation, parcelle)

Producteur primaire (Faire MO) => Consommateur primaire => consommateur secondaire } décomposeurs

Culture => Animaux et prod animal => consommation et marché } décomposeurs  
↑ homme et intrants

## Étude du peuplement végétal cultivé

Peuplement : Ensemble des populations des espèces appartenant souvent à un même groupe taxonomique, qui représente une écologie

Culture annuelle et pérenne

Monoculture monovariété et association entre espèces cultivées en rang

Ouvert ou fermé

Peuplement végétal cultivé (composante du champ cultivé) en interaction avec le sol et l'atmosphère, dans le but de créer un rendement

Premier niveau : Plante <-> Climat <-> Sol

Dimension temps (rotation) | espace (assolement)

com/calculs } Étude des systèmes de cultures, étude d'exploitation, étude du bassin

Un niveau d'intégration et d'analyse

Evolution de la MS en fonction de la taille de la population

Pi => plante individuelle

Pp => peuplement

Do = Le nb d'individus par ha

Do : meilleur compromis entre la performance individuelle et celle du peuplement

Phase 1 : performance maximale individuelle, mais comme la densité est faible  
=> rendement faible

Phase 2 : entrée en compétition, performance individuelle diminue, mais comme la densité augmente, la production globale augmente

Phase 3 : situation optimale : rendement peuplement optimum = **densité**

### **optimal**

Phase 4 : plantes chétives, donc moins de MS

**Attention**, la courbe ne montre pas l'évolution d'un même peuplement mais les différences de production de différents peuplement en fonction de leur densité

Composantes du peuplement

Composants élémentaires de l'ensemble que représente le peuplement, Généralement lié à une fonction

Racine (pompe et soutien), tige (transport et maintien), feuille (photosynthèse), organes reproducteurs

Plusieurs modes de représentation du peuplement végétal :

- Approche thermodynamique "Big Leaf"  
Echange, Eau, Energie, Température  
Représentation énergétique, permet une bonne prédiction de la croissance, de l'irrigation  
Insuffisant pour caractériser la répartition des ressources pour prendre en compte le partage des assimilats entre les différentes composantes du PV.
- Approche fonctionnelle : Prend en compte les processus physiologiques et métabolique des plantes, isolées ou en peuplement. Se concentre sur une fonction (photosynthèse ou transpiration)  
Prend en compte l'intégralité du peuplement mais le milieu doit être homogène et continu, prédiction moyenne sur la parcelle, morphologie des organes et l'organisation de l'architecture = rôle important dans l'activité fonctionnelle
- Approche architecturale : Développement du modèle : PV = 1 population de plantes individuelles

### **Notion de développement et de croissance**

Développement végétatif : ensemble des modifications qualitatives de la plante conduisant à l'apparition de nouveaux organes et l'évolution

On parle surtout de stade de la plante plutôt que l'âge

- Notion de morphogénèse
- Différenciation cellulaire
- Formation des organes
- Stades de développement ( ~ âge de la plante)

Trois types de cycles de vie :

- plante annuelle : maïs

- plante bisannuelle : betterave sucrière
- plante pérenne : pommier

Développement : apparition de nouveaux organes, ou spécialisation des organes préexistants

Mise en place de plusieurs

Points de vue physiologiste

germination, induction florale, fécondation, semence visible

Semis, levée (apparition des feuilles), floraison, (maturation du grain), récolte

Maladies lors du développement de la plante

Facteurs influençant la vitesse de développement : température, rayonnement, humidité

Définition associées : alternativité, précocité, plastochrone, plastotherme

La croissance : augmentation de taille, de masse, et de volume mais pas d'apparition d'organes

Méiose (multiplication du nb de cellules) ou auxèse (augmentation de la taille des cellules)

Au départ, mise en place de la méiose puis après auxèse puis ralentissement quand les cellules sont au max

Phase 1 : potentiel de croissance

Phase 2 : auxèse : peuplement agressif face aux ressources (besoin)

Phase 3 : stagnation

#### **Facteur de croissance :**

Influence directement la croissance, définissable en quantité : Rayonnement, CO<sub>2</sub>, éléments nutritifs (eau, azote, etc)

#### **Condition de croissance :**

N'agit pas directement mais agit sur les facteurs

Les maladies, la sécheresse, température, oxygénation du sol

Développement et croissance sont liés : relation **sources-puits**

Offre : source d'assimilats par les organes capteurs

Demande : initiation et croissance de nouveaux groupes

En phase végétative : énergie va vers les apex et méristèmes

Capteur : tige, feuilles

En phase reproductive : énergie va vers les organes reproducteur ou de stockage

Rendement : Quantité produite en fonction d'une quantité de moyens mis en oeuvre ( surface, ressources, travail, argent ... )

Peut être aussi sur la quantité de travail ou d'intrants fournis

Comment le mesurer ?

Quantité produite ? À la récolte, MS, matière fraîche, quantité de protéines, de

sucres

En fonction de quoi ? Le surface, MS totale, (indice de production), etc

On peut modifier l'exposition, l'irrigation

On peut carrément augmenter le potentiel par la génétique (sélection)

Le sens de la sélection

Le rendement des grains se fait car il y a plus de grains mais ils sont un peu moins gros

Blé plus court avec plus de grains

Résistance aux pathogènes qui provoquent la verse

Les rendements sont surtout sélectionnés pour que les performances soient dépendantes de la fertilisation

**Qualité** : aptitude d'un produit à satisfaire les besoins d'un utilisateur

**Modèle de production** : formulation simplifiée imitant les phénomènes réels.

Rend compte d'un fonctionnement

Exemple :

**Somme de température**

Durée de germination =  $f(T^\circ)$

Vitesse =  $f(T^\circ)$

=> Relation linéaire

$T_0$  = zéro de végétation : température pour laquelle la température est nulle

Variable selon les espèces : blé  $0^\circ\text{C}$ , maïs/sorgho  $8^\circ\text{C}$  et PommeDeTerre  $6^\circ\text{C}$

$T_{\text{moy}} - T_0$  = température efficace journalière ( $T_{\text{ej}}$ ) : différence utile pour la plante

Allongement journalier d'un organe :  $DI = k * T_{\text{ej}}$

Longueur totale :  $L = \text{Somme}(DI) = k * \text{Somme}(T_{\text{ej}}) = \text{cte}$

Limite de l'approche :

- variations valables dans certaines gammes de température
- vitesse réelle des phénomènes est différente de celle modélisée
- température moyenne sur la journée
- quid de la prise en compte des fortes températures

(<http://statmeteo.free.fr/calculmais>)

**Notion de stade critique**

Pour le peuplement, là où il y a le plus de pertes (en fonction de la sensibilité de la plante) => permet d'adapter les pratiques culturales de l'agriculteur

Fonction de production :

- relie rendement et disponibilité d'un facteur
- faible valeur prédictive
- utiliser pour conduire la culture

Modèle de culture :

- Relie les fonctions de productions

Densité optimale sur une fenêtre assez petite : rendement maximum à un certain nombre de pieds précis pour le maïs, tournesol, betterave

Fonction de rattrapage grâce à la ramification des plantes (blé, colza, protéagineux)

Quantité d'engrais optimal : meilleur compromis entre le coût et le rendement

Varie en fonction des conditions du milieu : tassement, déficit hydrique, facteurs limitants, croissance du peuplement

Les fonctions de production ne sont pas très prédictifs d'où l'utilisation de modèles

Gérer l'adéquation entre l'offre et le besoin de la plante

## Peuplement végétal et utilisation des ressources

Nutrition carbonée d'un peuplement végétal

Moins de vent au sein d'un couvert : modification physique  
modification énergétique & modification photosynthétique

Lumière absorbée et réfléchi, transmis au sol

Rayonnement absorbé (A) = G + Ts - (R + T)

Efficacité d'interception (ei) = f(albédo)

Rayonnement photosynthétique actifs (**PAR**) : partie seulement utilisée pour la photosynthèse

Photosynthèse nette = f(rayonnement intercepté et efficacité de la transformation (C3/C4/CAM))

Efficacité de la transformation

Coefficient de conversion biologique

Indice de surface foliaire d'un couvert est la surface de feuille du couvert sur une surface de sol donnée

Surface des feuilles / surface du sol

L'azote joue un rôle dans la photosynthèse

La symbiose pour fixer l'azote consomme de l'énergie, pour remplir le grain, fonction du type de plante

La respiration est complètement indépendante de l'énergie lumineuse (varie cependant de la température)

=> gestion de la surface foliaire dans l'espace et le volume du peuplement

Mise en relation entre la respiration et l'assimilation des feuilles ainsi que le MS  
Pour être au max niveau MS, il faut être entre 4 et 6 d'indice de surface foliaire  
(Sfeuille / Ssol)

La meilleur phase est la 3

### **Conséquence sur les techniques agricoles**

Maximisation de la lumière interceptée, on peut agir sur différents facteurs relatif  
à l'âge de la feuille, sa vitesse de croissance, le nombre ...

On joue sur

- le potentiel de croissance foliaire
- la place du cycle
- la durée de surface foliaire
- l'assimilation nette du peuplement (augmentation [Co2])
- le port du végétal

On protège les plantes des ravageurs et maladies

Le port végétale : différence entre les feuilles étalée ou dressé (comme maïs) :  
permet un meilleur rendement

## **Alimentation hydrique d'un peuplement**

L'eau sert à la circulation, la photosynthèse

L'atmosphère est asséchant pour la plante

Variation du volume d'eau dans la journée

La transpiration est le moteur (triphasé) de l'absorption, il ya un décalage entre  
les deux

Déshydratation de la plante dans la matinée puis excédant dans l'aprem

Les racines puisent l'eau → vers les feuilles : contact avec l'atmosphère et  
vaporisation via les stomates

Régulation de l'eau.

Notions clés :

ETP EvapoTranspiration Potentiel : l'eau transpirée par les plantes

Mesure sur un ray-grass anglais, parfaitement coupé, parfaitement arrosé et  
fertilisé

QUantité d'eau transpiré par un couvert idéal

Dépend des conditions météorologiques (rayonnement, vitesse du vent, humidité  
de l'air et température de l'air) => demande climatique

ETM EvapoTranspi Maximum : dépend de la culture, du stade, conditions météo

ETR : EvapoTranspi Réelle : Dépend de l'ETM + capacité du sol à fournir l'eau nécessaire => couvert en conditions réelles avec limitation en eau

ETR / ETM nous donne s'il y a un déficit en eau : rapport = 1 : aucun manque d'eau ; rapport < 1 : manque d'eau

Q<sub>max</sub> Débit maximum : maximum pouvant être absorbé par les racines

TTSW Total Transpirable Soil Water : elle dépend de la texture, porosité, du nombre de racines dans chaque horizon

La quantité d'eau transpirable est la plus importante à la surface car il y a plus de racines, plus on descend, moins il y a d'eau dispo

### **Les régulations de transfert d'eau**

Stress hydrique et croissance

Quand ETR / ETM diminue, la croissance de la plante dépend de l'alimentation hydrique

La photosynthèse dépend aussi de l'eau

La demande climatique varie

Quand il n'y a pas de vent, ciel couvert ou T° moyenne, l'ETP est plus faible

L'ETR s'arrête à un moment quand l'ETP devient trop forte

Valorisation de l'eau

Le tournesol répond faiblement à l'irrigation

Le maïs a une forte réponse lors de l'irrigation

Plantes isohydrique : plantes très réactives (maïs, céréales à paille), on ferme les stomates

Plantes anisohydriques : plantes avec une faible réactivité (tournesol), l'eau peu descendre très bas

Diminution du dvpt du couvert

### **Evaluer la contrainte hydrique**

Indicateurs

Efficience d'utilisation de l'eau (WUE) : masse d'eau consommée par les plantes (ETR) / matière sèche

Optimiser le rapport entre l'offre et la demande

Augmenter l'offre : augmenter Q<sub>max</sub> (enracinement), irriguer, limiter l'évaporation du sol (mulch, travail superficielle)

Optimiser la demande : décaler le cycle de croissance, réduire le rayonnement incident en milieu de journée, réduire le vent (haies), diminuer la surface foliaire

Stratégie naturelles d'adaptation

L'esquive : réalisation du cycle en dehors des périodes arides, cycles plus courts  
L'évitement : éviter les pertes d'eau, augmenter l'absorption  
La tolérance : Ajustement osmotique, dormance  
Améliorer la résistance à la sécheresse : choix des cultures, variétés, OGM ?

## Les éléments minéraux

Constituants de base des tissus (C,H,O,N,P) : éléments constituant la MS, d'autres éléments jouent ce rôle  
Ions pour le maintien d'un équilibre du milieu inter (Pression Osmotique)  
Rôle des catalyseurs

Deux voies d'absorption : la voie aérienne : C, O, autres, éléments gazeux (SO<sub>2</sub>), la voie racinaire, généralement sous forme dissoute

La composition de la plante varie fortement en fonction de l'espèce, l'âge et nature des organes

- Phase de carence (manque de l'élément minéral, symptômes visibles)
- Phase de déficience (pas de symptômes visibles)
- Phase de consommation de "luxe" (tout n'est pas nécessaire pour la plante)
- Phase de toxicité (trop d'éléments)

Certains ions sont obligatoires dans certaines phases de développement d'une plante

Besoins totaux :

Prendre en compte les exportations et les restitutions

N,P,K,Ca,S,Mg

Courbe de dilution

Rapport entre la quantité d'azote que l'on apporte et la production de biomasse avec une limite de teneur critique utile à la plante

Si trop d'azote, mais aucun changement de biomasse => consommation de luxe

Si on met de l'azote mais que la plante n'en récupère : phase de déficience

Quand on arrive à la phase d'utilisation optimale de l'azote, on est au max de prélèvement et de production de biomasse

La courbe de dilution ou courbe de teneur en azote critique est de la forme  $N_c = a (W)^{(1-b)}$

a et b : dépendent de l'espèce



## Les transferts sol-plante

L'offre potentielle du sol

Adventices, teneurs, mise à disposition, des porgas, du sol

La demande dépend des racines, de l'activité et de la croissance racinaire

L'absorption des éléments minéraux : poils absorbants

Echange entre les colloïdes du sol et la racine

CEC

La mobilité des ions dans le sol

Les éléments se déplacent dans le sol et deviennent au contact des racines : par diffusion, par le mouvement de l'eau

Ces mouvements sont faibles

Un bon enracinement sera donc utile : à l'ancrage de la plante, à la nutrition

Offre de la solution du sol - Mass flow

Si rapport/besoin  $> 1$  : besoin couverts : utilisation du transport passif

Si rapport/besoin  $< 1$  : besoin non couvert, utilisation du transport actif

Conditions de l'activité racinaire

État du développement du peuplement

La récolte baisse l'activité racinaire plus ou moins marqué en fonction de l'espèce, des pratiques et du stade de développement

La partie aérienne crée la demande au niveau de racines

Condition du milieu : température, humidité, rhizosphère, structure du sol, obstacle physique et chimique

La capacité d'extraction du peuplement va être affectée : par la structure racinaire (système pivotant plus sensible à des racines qu'un système fasciculé)

Le système racinaire est favorisé

La baisse d'apport azoté baisse bcp la surface foliaire, les feuilles, un peu moins les tiges mais pas les racines

La part de MS augmente chez les racines quand on baisse l'apport d'azote

La capacité d'extraction du peuplement va être affectée : par la structure du système racinaire, par la dynamique des besoins, la plante modifie le milieu par excréments

Acidification et alcalinisation du milieu

La compétition entre ces deux CEC pour les éléments minéraux du sol va varier avec la nature et la concentration des minéraux, du pouvoir fixateur du sol

Importance du pouvoir fixateur du sol : capacité de la plante à retirer les éléments dans le sol

Le mieux est d'avoir une PF moyen

Compétition sol peuplement-végétal

La compétition entre ces deux CEC pour les sol va varier de la nature et la concentration des minéraux, du PF du sol, la nature du peuplement, les conditions du milieu

## **Gérer la fertilisation**

Favoriser le peuplement cultivé

Par l'enracinement des cultures, l'optimisation de la disponibilité des éléments  
=> favoriser la croissance du peuplement

Favoriser la prospection racinaire (sol compacté ou non)

L'irrigation permet aussi une meilleure absorption du K

Comment trouver les valeurs ?

Par l'azote foliaire, la teneur en chlorophylle ou la photosynthèse

Difficile de discriminer les différences d'azotes

INN (Indice de nutrition azotée) =  $N\% / Nc\%$  => satisfaction de la nutrition en azote

Le but est de faire attention que le sol reste assez riche pour ne pas induire la plante en déficit

## **Compétition des ressources dans le peuplement**

Effet de la densité

La compétition est plus importante quand il y a une fertilisation renforcée La loi du plus fort

Compétition pour la lumière

Compétition pour les ressources souterraines

Compétition pour l'eau

Quand il y a moins d'individus, la compétition se fait plus lentement

## **Répartition des ressources entre puits**

Equilibre sources/puits

Chez le blé, les deux dernières feuilles sont responsables du remplissage du grain

Importance des réserves d'azote

Affectation des assimilats et minéraux