
Agroforesterie et biochar

Introduction à la transition agro-écologique

Cours dispensé le 17/10/2023 par Ilan Vermeren aux 12 étudiant·e·s de l'option Ingénierie des low-tech (projet WELOW) à l'Ecole Centrale de Nantes.

Document rédigé par les étudiant·e·s sur base de leurs notes prises durant l'intervention.

Table des matières

Biochar : production, propriétés et utilisation	3
Le carbone des sols	3
Structure géologique des sols	3
Principaux nutriments en agriculture	4
Fonctionnement biologique des sols	4
Stockage matière organique dans le sol	4
Propriétés hydrologiques des sols	5
Le paradigme de l'eau	5
Hydrologie régénérative	6

Biochar : production, propriétés et utilisation

Il a bossé dessus pour son stage de fin d'études au Brésil

Charbon végétal : intéressé car sols hyper fertiles en Amazonie avec forte concentration de carbone
=> on peut stocker du carbone dans les sols très longtemps en augmentant la fertilité

Marché brésilien :

- forte production biomasse car climat adapté (tropical)
- sols brésiliens (oxysols) ont besoin de biochar (ou d'augmenter fertilité)

Biochar produit à partir de pyrolyse en absence d'oxygène. technique :

- Biomasse dans réacteurs, on récupère et valorise les gaz
- conserver source chaleur et matière pyrolysée ensemble <- ce qu'il a utilisé, mieux niveau émissions polluantes

Plus la température est haute, combustion complète, mieux c'est (moins de gaz incomplets comme Monoxyde de Carbone)

De base Carbone dans cellulose (prise dans la lignine). Pyrolyse transforme ces arrangements carbonés en des structures plus longues. Plus on va loin dans la pyrolyse plus les propriétés électromagnétiques et chimiques sont intéressantes (car plus forte mobilité des électrons).

Biochar est solution validée par le GIEC depuis 2019

Crédit carbone :

- pour acheter des crédits carbone (pour communication, repeindre empreinte), le biochar vaut beaucoup (5x la moyenne des crédits)

Biochar très poreux et à de nombreuses échelles (faire passer champignons, eau, adsorber éléments chimiques (les maintenir à la surface)). Permet de réduire compaction des sols, favorise activité biologique, stabilise les nutriments (limite eutrophisation), corrige acidité car basique, structure le sol

Utilisations:

- stabiliser les lisiers pour émettre moins de gros GES (CH₄ -90%, N₂O -70%) en limitant les phénomènes anaérobiques
- alimentation bétail, digestion => -17% CH₄
- Filtrage
- Anode de super condensateur
- dans du plâtre, isolants
- dans pneus, incorporation jusqu'à 45%, améliorer raideur

Le carbone des sols

40 à 50% biomasse mondiale est dans les sols

2/3 carbone organique terrestre est dans les sols

Structure géologique des sols

Argile : grains <2microns, puis limon < sable < grave < cailloux < blocs

On peut caractériser sols en fonction textures (% argiles, sables, limons)

Argile est non-renouvelable ! 3-10cm / 1000ans

propriétés argile :

- chargés négativement
- complexe facilement (= floculation)
- quand ça sèche, en surface, l'infiltration est quasiment réduite à 0

Principaux nutriments en agriculture

Azote N :

- liaison entre tous les acides aminés, présent partout (pour développement bactérien => utilisé comme indicateur), aussi présent dans molécule photosynthèse
- vapocraquage méthane pour produire azote industriel (via ammoniac) => eutrophisation forte

Phosphore P :

- médiateur énergie pour métabolismes classiques
- a même donné lieu à des guerres (mines de guano)
- produit dans mines de phosphate (principalement au Maroc)
- le phosphore est très peu mobile dans les sols, c'est aux plantes d'aller le chercher
- on a maintenant des sols très chargés en phosphore
- pic phosphore prévu 2040 => ressources à surveiller, sous tension
- peut-être nouvelle mine en Norvège qui pourrait doubler réserves

Potassium K :

- "cendres dans un pot"
- très soluble dans l'eau
- permet aux plantes d'ouvrir stomates pour évaporer et capter oxygène de l'air
- mines : forage de gisements souterrains puis stockage dans bassins ext et évaporation pour récupérer
- on l'a beaucoup utilisé pour nourrir les plantes, qui du coup ne nourrissent plus les bactéries : à l'extrême c'est l'hydroponie

rendement énergétique alimentaire a été divisé par 20 entre agri paysanne et agri NPK

Fonctionnement biologique des sols

Dans 1g de sol : 100M-10Mrd bactéries et 100k-1M champignons

Fixation de l'azote de l'air :

- légumineuse ont des rhizomes qui permettent de récupérer l'azote de l'air à température ambiante avec des sucres

Symbiose champignon - bactérie :

- champignons étendent beaucoup plus que les racines => x80 surface échange dans le sol et +30% eau prospectée
- champignons permettent aussi passage information

C'est la plante qui fournit l'entrée d'énergie qui nourrit tout le reste => il faut maximiser la photosynthèse

Stockage matière organique dans le sol

complexe argilo-ionique permet meilleure structuration sol car charges permettent formation complexes

Initiative 4 pour 1000 : COP2015 Paris : levier pour compenser totalement émissions carbone

biochar très stable car contient des éléments que le sol ne veut pas manger

majorité carbone stocké est déchets microbiens (sucres protéines) qui deviennent stables

dégrader matière orga des sols:

- toute utilisation du sol l'abîme (depuis toujours) (surtout le labour qui accélère respiration organique)
- on a perdu 50 à 70% du carbone des sols

Le labour :

- petits animaux tués ou offerts à manger aux oiseaux
- plus on va profond moins il y a d'O₂ donc organismes qui respirent le CO₂, mais si on retourne...
- 420tCO₂/ha libérées par labour

Solutions pour remettre matière orga dans sol (mais qui demandent beaucoup de travail et de technique en plus pour les agriculteurs) :

- semis direct sous couvert : un rouleau baisse le couvert végétal puis on sème à travers sans retourner le sol
- agroforesterie : introduire plantes pérennes dans système pour apport photosynthèse plus constant (aussi mieux car plusieurs étages => plus de biomasse pour séquestration)
- régie intensive des pâtures : avec rotations (jusqu'à 2x/jour par exemple) pour laisser la végétation se reposer, permet de stocker bcp de carbone (bilan carbone négatif pour de la viande !!! car la coupe maintient les plantes dans un état de croissance intéressant, étude *Machmuller, Kramer et al. 2015 (Nature)*)

Propriétés hydrologiques des sols

1kg matière orga peut retenir jusqu'à 6,5L d'eau !

dépendent bcp de l'argile

dérèglement climatique => intensification cycles précipitation => plus d'inondations (qui emportent les argiles et empêchent respiration (donc anaérobie donc nitrates)) puis assèchement car moins d'absorption etc

Le paradigme de l'eau

les modèles du GIEC ne permettent pas de modéliser des systèmes petits donc il manque bcp d'information. aussi ils simplifient des modèles sur l'eau dans l'atmosphère (hydrostatique au lieu d'hydrodynamique)

Rappels :

- 1kg vapeur est 1000x plus volumique que 1kg d'eau liquide => appel d'air
- pour éteindre incendie on cherche à réduire température par énergie absorbée par évaporation

Cycle de l'eau mal appris à l'école, on minimise l'impact anthropique, et il y a de nombreux petits cycles locaux (notamment par évapotranspiration) (80% des précipitations vient d'évaporation sur les continents et non pas des océans)

les plantes et arbres évaporent beaucoup d'eau par les feuilles, transportée par pression négative dans les phloèmes, eau non utilisée pour sa croissance.

pompe biotique : théorie 2007 :

- en Amazonie il y a des rivières volantes de vapeur d'eau de la mer vers la terre, dues à une évaporation plus forte en forêt qu'en mer qui entraîne ce mouvement

Erosion :

- hydrique : par ruissellement qui entraîne le sol (érosion augmentée si l'eau est chargée en argile qui augmente sa densité)

- éolienne : d'où besoin de semis direct
- on perd l'équivalent de la surface de la Grèce chaque année en surface agricole !

Anthropisation du cycle de l'eau:

- systèmes d'égouts => eaux rejetées à 99,2% à la mer
- => très peu de recyclage de l'eau car sols très drainants => moins d'infiltration
- besoin de drainer pour les cultures comme le blé
- aussi en supprimant méandres des cours d'eau (en faisant des canaux droits) on draine et assèche
- remembrement : supprimer les haies pour agrandir les champs pour meilleure production agricole (70% de haies supprimées depuis 1950, -23000km/an)
- de base l'Europe est censée être couverte de forêts (maintenant en France c'est ~25%)

Hydrologie régénérative

comment régénérer cycles de l'eau

cf : *Pour une hydrologie régénérative*

- ralentir écoulements pour permettre infiltration (semier sur courbes de niveaux, planter arbres et haies pour limiter assèchement dû au vent, ...)
- la ville est actuellement imperméable => créer des mini-mares en ville, planter... => "ville-éponge". En plus zone humide est anaérobie ce qui stocke plus de carbone

le gars-sûr : le castor (chassé à l'époque de Napoléon)

- giec a documenté impact réintroduction castor : très fort bénéfice (70000€/an/castor ??)

Exemple régénération

- Chine plateau de Loess : reforestation impressionnante en 14 ans (1999-2013) permet d'augmenter les précipitations annuelles !!
- Inde Paani Water Cup : compétition 45jours pour mettre en place un max structures pour stocker eau de mousson

Un des indices de la sécheresse c'est la recrudescence des inondations

Pour aller plus loin :

- https://www.youtube.com/playlist?list=PLhddxqUuIpjOQ_EJO_qbocSAGwIuKCXKw
- film Netflix : Mission Régénération
- son rapport de stage (biochar comme catalyseur de la transition agroécologique - analyse systémique)
- Foresight Brief 025 et 013