UMR7618 « Biogéochimie et écologie des milieux continentaux »

Enjeux et perspectives de l'apport des services écosystémiques

Changement climatique, services écosystémiques et agriculture

S. Barot

Les services écosystémiques

Ensemble des bien et services fournis aux sociétés humaines par les systèmes écologiques anthropisés ou non

Services d'approvisionnement

Aliments, eau, bois …

Services de régulation

Régulation du climat, régulation des maladie …

Services culturels

Loisirs, valeur patrimoniale…

Services de soutien

Fonctionnement de base des écosystèmes: sols, cycle des nutriments…

Apports concrets de la notion de service écosystémiques

Développement de la notion depuis la fin des années 80 (Ehrlich, Costanza)

- **Utilisation de la notion pour éviter que l'économie "externalise" ses effets sur la biodiversité et le fonctionnement des systèmes écologiques**

  Estimation de la valeur des services, payement des services, argument dans les négociations politiques

- **La notion pousse à réellement mesurer les services fournis par les systèmes écologiques**

  Il ne s'agit pas seulement d'étudier le fonctionnement des systèmes écologiques mais aussi de voir ce que les sociétés humaines tirent de ce fonctionnement : mise au point d'indicateur, changement d'échelle…

Participe à la prise de conscience générale de l'importance des systèmes écologiques pour l'homme

Services écosystémiques et changement climatique

Deux aspects complémentaires

Changement climatique

Possibilité d'effet négatif

Possibilité d'effet positif

Services écosystémiques

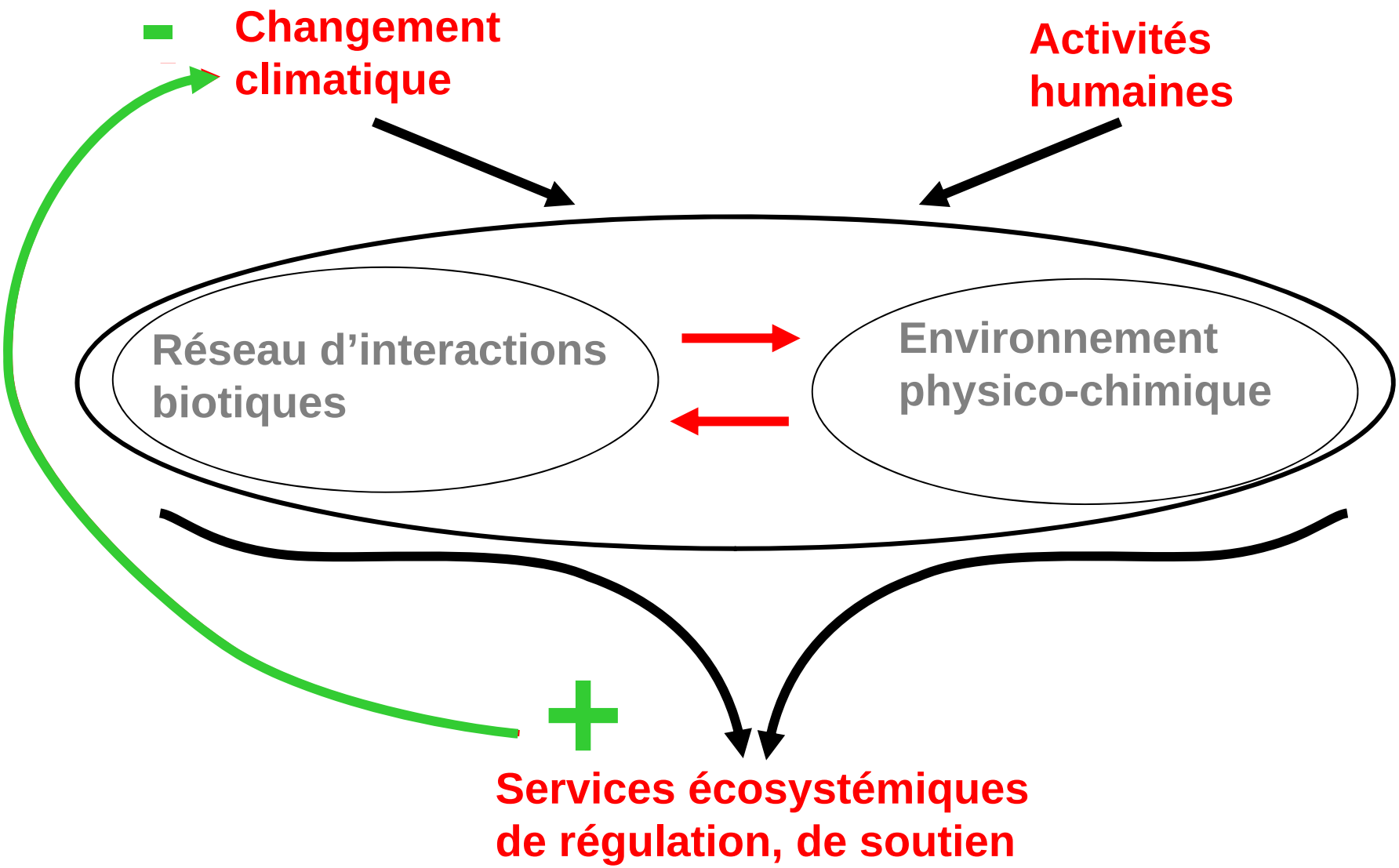
Prévisions

Adaptations des sociétés
Adaptation de l'agriculture, de la foresterie….

Mesures des services de régulation

Augmentation planifiée de ces services

Importance des activités humaines



Utilisation de l'ingénierie écologique

Les schémas précédents suggèrent:

- **Les activités humaines peuvent augmenter ou diminuer la production de services écosystémiques**
- **Les changements dans ces pratiques peuvent amplifier ou diminuer les effets du changement climatique sur les services**
- **Certains services peuvent permettre aux sociétés de s'adapter au changement climatique ou de freiner le changement climatique … c'est donc aussi le cas des activités humaines influençant ces services**

On peut qualifier d'ingénierie écologique toutes ces pratiques qui permettent d'augmenter la production de services, de diminuer les effets du changement climatique, d'augmenter la durabilité des activités humaines

Notion d'ingénierie écologique

Développement du concept depuis les années 80 (frères Odum, Mitsch)

Définition : Ensemble des pratiques basées sur la prise en compte des processus écologiques visant à conserver et restaurer les systèmes écologiques, faire que ces systèmes produisent plus de services écosystémiques et plus durablement, création de nouveaux systèmes

Application de l'écologie scientifique à l'augmentation de la durabilité des activités humaines ou de l'interaction homme-biosphère

- **Adaptation/amélioration d'activités anciennes (agriculture, foresterie …)**
- **Nouvelles pratiques visant souvent des services autres que la production**

Exemple de l’agriculture

L’agriculture moderne permet (théoriquement) de nourrir la population humaine mais n’est pas durable

- Une très grande partie des terres utilisables est utilisée pour l’agriculture ou l’élevage, déforestation
- Perte de biodiversité
- Pollution par les pesticides et les engrais minéraux
- Utilisation “minière” des sols

Agriculture et changement climatique

Production très importante de gaz à effet de serre

- **Mécanisation (combustibles fossiles)**
- **Déforestation (déstockage du C contenu dans la biomasse)**
- **Production industrielle d'engrais azoté (2.5 t C par t d'engrais azoté) ≈ 50% de la fixation d'azote atmosphérique terrestre**
- **Augmentation des émissions de N_2O, NO, NH_3 (Vitousek 1997)**
- **Diminution du stock de matière organique des sols (Lal 2004)**

Le stock de C organique ≈ stock de C dans la biomasse + atmosphère

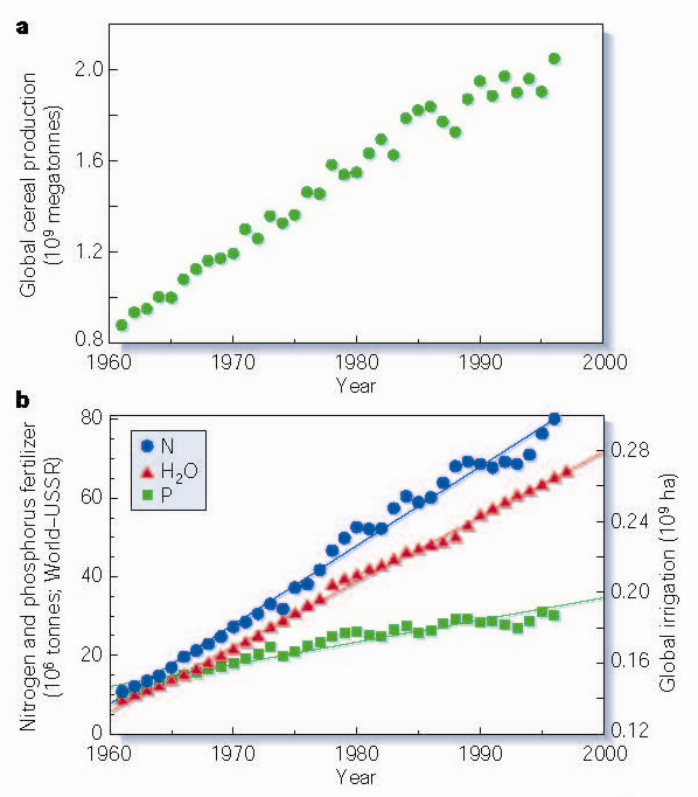
La mise en culture du sol d'un écosystème naturel fait perdre plus de 50% du C du sol

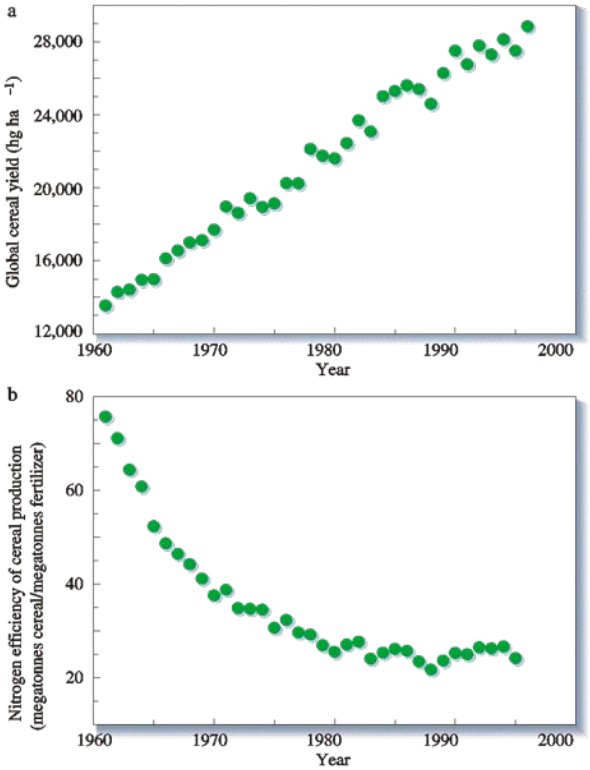
Les sols cultivés tendent à continuer à perdre de la MO (érosion, labour)

Agriculture et engrais

- Augmentation de la production en augmentant l'usage des engrais

- L'efficacité des engrais a diminué au cours du temps





Tilman 2002

Environ 50 % des engrais azoté épandu chaque année n'est pas utilisé la même année par la culture

Agriculture et engrais

Conséquences

Consommation toujours plus grande d'engrais azoté et coût en C lié

Pollution des nappes phréatiques, cours d'eau, lacs, côtes … eutrophisation

Agroécologie

Ingénierie écologique

→ Augmentation de l'efficacité des engrais, diminution des pertes

Augmentation des stocks de C

→ Augmentation de la durabilité de l'agriculture
Production moindre de gaz à effet de serre

3 Exemples

Développement de céréales pérennes

Les céréales couvrent 45% des besoins énergétiques humains

Les céréales cultivées sont toutes annuelles (doivent être ressemées chaque année) pourtant….

Couvert continu dans le temps et l'espace

- Stock de C aérien plus important
- Moins d'érosion (stock de C plus important)
- Meilleure utilisation des engrais
- Utilisation moindre d'herbicides et peut-être de pesticides

Système racinaire plus développé et profond

- Meilleure utilisation des engrais
- Plus grand stock de C souterrain

Glover 2007

Développement de céréales pérennes

- **Des recherches sont menées pour développer de telles variétés pérennes (hybridation avec des espèces pérennes, ou domestication d'espèces pérennes)**

- **Influence positive sur le changement climatique par un accroissement du stock de C et la diminution de l'usage d'engrais**

- **Une idée typique de l'ingénierie écologique**

Utilisation de processus écologiques

Imitation des écosystèmes naturels

Création d'hétérogénéité spatiale

L’agroforesterie

- **Mélanger des cultures annuelles et des plantes ligneuses pérennes**
- **Premiers buts: tirer bénéfice à la fois de la culture annuelle et de la production ligneuse + mettre en place une synergie entre les 2 productions**

Couvert pérenne

Protection des sols

Plus grand stock de C

Racines plus profondes

Plus grande efficacité pour absorber les engrais, moins de pertes

Plus grand stock de C

L’agroforesterie

- **De nombreux problèmes techniques à résoudre**

- **Un développement de plus en plus important**

- **Encore une approche typiquement de type “ingénierie” écologique**

  Utilisation de processus écologiques

  Imitation des écosystèmes naturels

  Création d’hétérogénéité spatiale

  Augmentation de la biodiversité

Utilisation du “biochar” en agriculture

- Incorporer du charbon de bois finement fragmenté dans les sols agricoles
- Une pratique ancienne: cas de l’Amazonie

- De nombreuses recherches visent à redévelopper la pratique
- Tempéré?

Mécanismes et bénéfices

Augmente la capacité d'échange cationique

Augmente les stocks de nutriments minéraux

Augmente l'efficacité des engrais

Le charbon se décompose très lentement

Augmente le stock de C

Touche personnelle I

- **Utilisation en interaction avec les vers de terre**

Possibilité de synergie ?

- **L'agriculture moderne défavorise la faune du sol (et la MO)**

  Nouvelles pratiques plus favorables? Introduction?

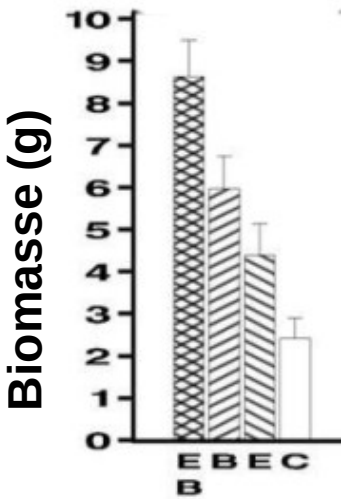
- **Les vers améliorent en général la croissance des plantes**

  Augmente la minéralisation. Peuvent remplacer une partie de l'engrais?

- **Les vers augmentent la minéralisation à court terme mais augmente la stabilité du C à long terme**

Touche personnelle I

- **Expérience sur le riz**



- **Effets positifs des vers et du charbon de bois**

- **Pas de synergie mais additivité des effets avec multiplication par 3 de la production**

- **Technique améliorant a priori la durabilité de l'agriculture**

  Diminution de l'usage d'engrais?

  Effet à long terme sur le stock de C?

Touche personnelle II

- **Comparaison de différentes variétés**

Riz africain — Riz asiatique *O. sativa*

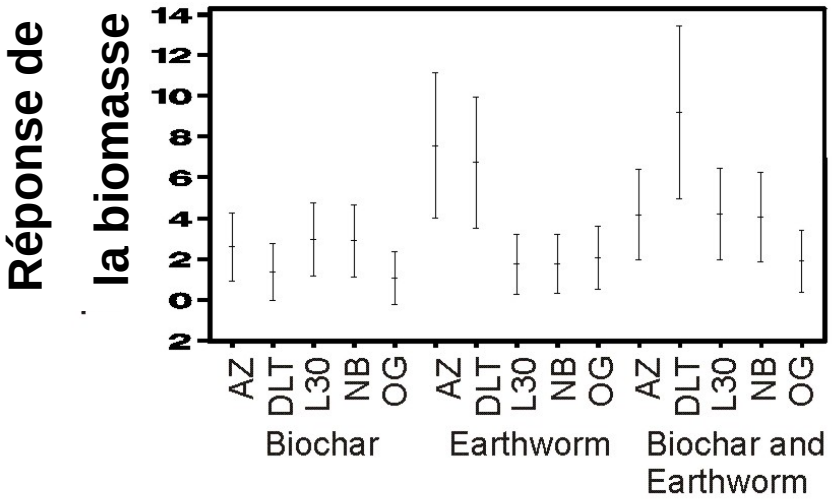
O. glaberrima	*Linea 30*	*Azucena*	*Nippon bare*	*'Donde lo tiren'*
(IRGC 103544)	*(CIRAD 409)*	*(IR64)*	*(IRGC 12731)*	*(cultivar local colombien)*

Gradient de sélection

- **Si on trouve des variétés qui répondent mieux au charbon et aux vers on pourrait encore augmenter la productivité sans augmenter l'usage d'engrais**

Touche personnelle II

- Très grande variabilité de la réponse



- On peut multiplier par 4 la production en choisissant la bonne combinaison de variété et de traitement

- Avec et sans fertilisation minérale

- La plus forte production est obtenue avec de la fertilisation minérale mais résultat comparable sans fertilisation (en en choisissant la bonne variété!)

- Sélection de variétés encore plus adaptée aux vers et charbon de bois?

Conclusion

- On peut développer de nouvelles des techniques d'ingénierie écologique visant à augmenter un service d'approvisionnement

- Pour cela, on va aussi jouer sur un service de soutien: amélioration de l'efficacité du recyclage des nutriments, moins de pertes de nutriments

- Cela peut permettre incidemment d'augmenter le stock de C dans les sols des agro-écosystèmes

- Cela va aussi permettre de diminuer l'usage d'engrais et l'usage de combustible fossile lié

- Cela peut aussi permettre de rendre l'agriculture plus durable et moins "minière" et donc de freiner la déforestation

Effets positifs sur le changement climatique