



Relations ressources-consommateurs

Contexte et problématique

Partie 3. Sur-rendement dans les systèmes biologiques

J. Harmand, SAMI, LBE-INRAE, Narbonne, France

Objectifs / Objectives

- ❖ Agir sur les écosystèmes pour ne plus subir / Acting on ecosystems, not undergoing
- ❖ La modélisation pour une meilleure compréhension des écosystèmes microbiens : comprendre les surrendements / Modeling for a better understanding: study of the overyielding in microbial ecosystems
- ❖ Classer les espèces pour des écosystèmes améliorés, voire contrôlés / Classifying species for improved, eventually controlled ecosystems



_01

Modéliser le sur-rendement / Modeling the over-yielding

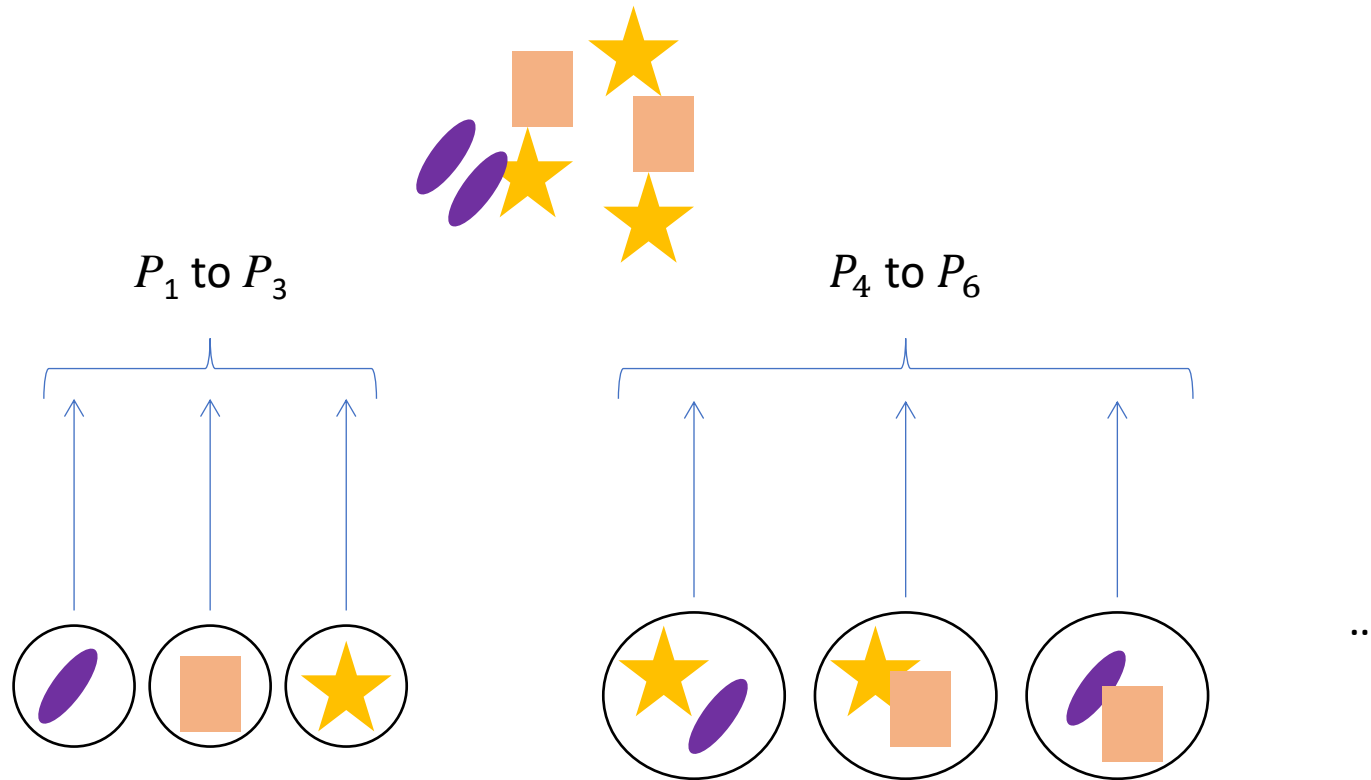


INRAE

Ecole CIMPA "Vert numérique"

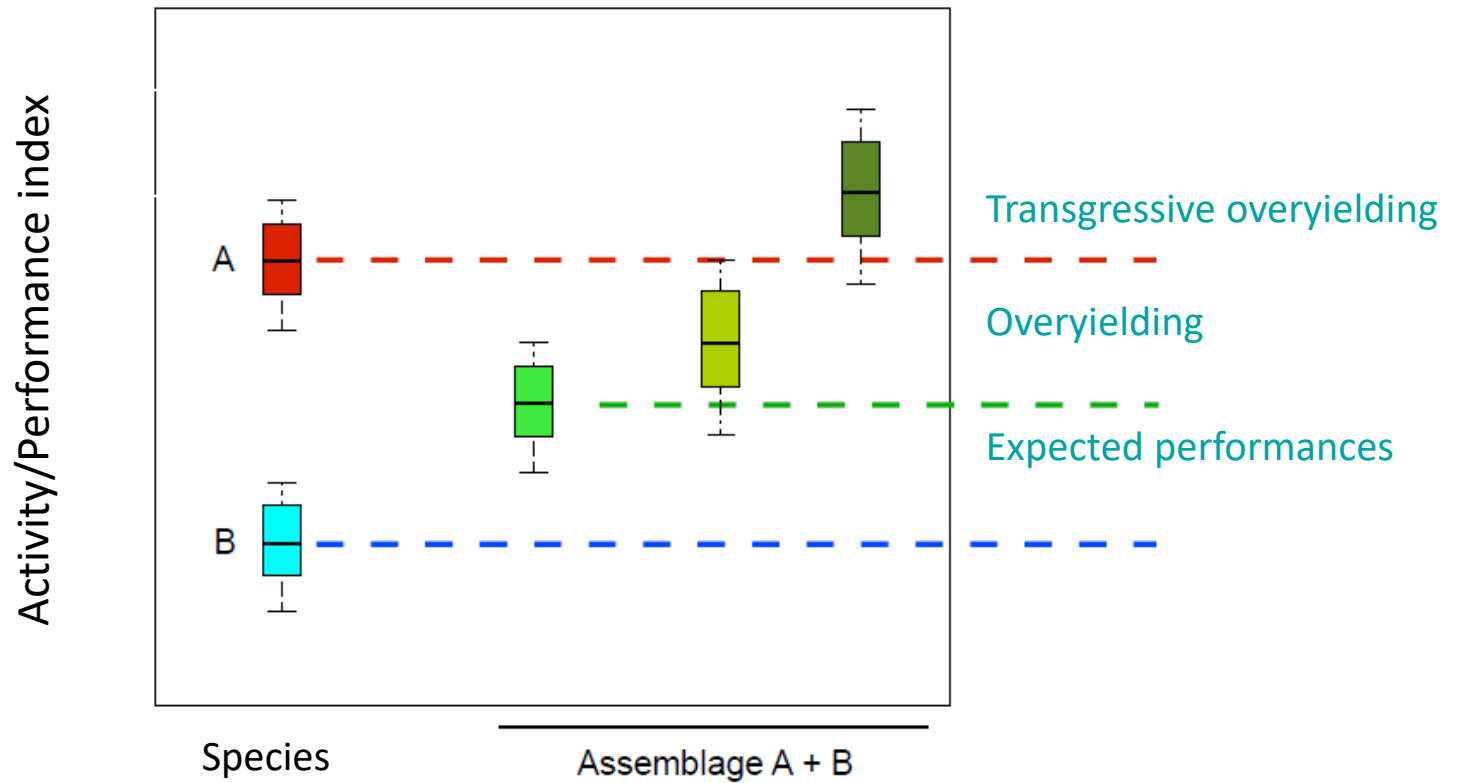
23/09/2022 / J. Harmand

Vous avez dit "sur-rendement" / You said "overyielding"?

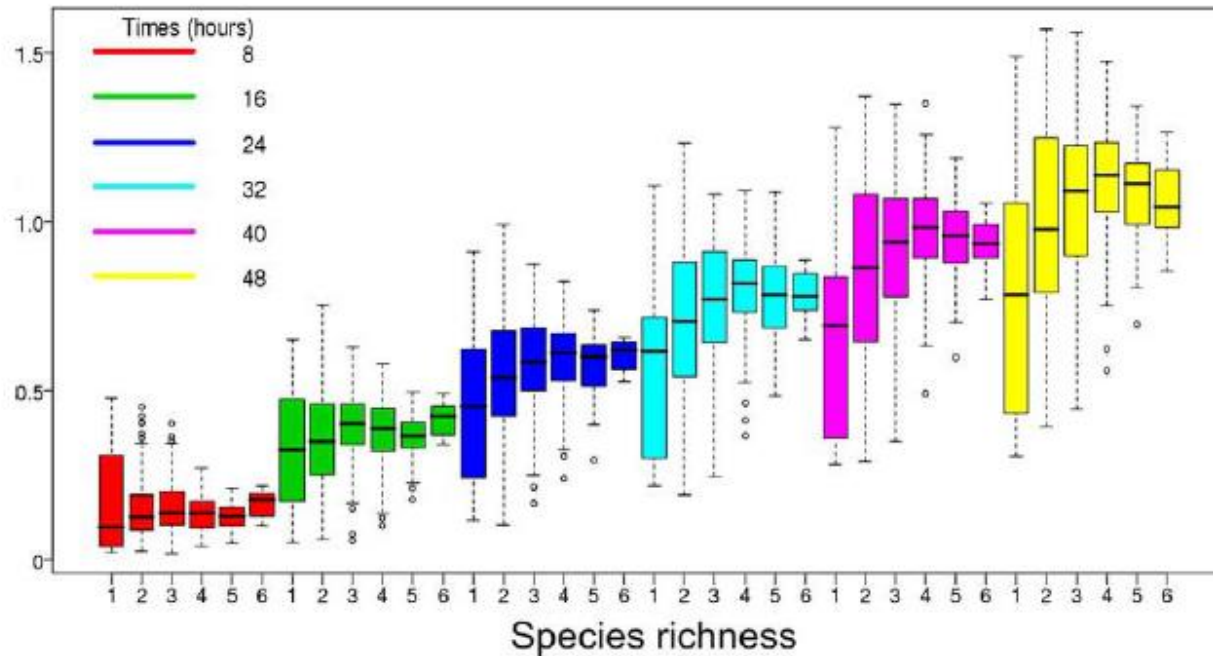


Si on a $P_i|_{i>3} > \max(P_i|_{i=1..3})$, alors on dira que l'on a du rendement "transgressif" / If it exists $P_i|_{i>3} > \max(P_i|_{i=1..3})$, then it is said to be a "transgressive" overyielding

Sur-rendement / Overyielding



Le sur-rendement est observé par certains / Overyielding is observed in practice...



Effet de complémentarité vs effets d'interactions / Complementarity vs interaction effects

Modélisation (en batch) : compétition sur une seule ressource / Modeling (in batch) : competition on a single resource

Consider :

$$\begin{cases} \dot{X}_i &= \mu_i(S) X_i \\ \dot{S} &= - \sum_{i=1}^n \frac{\mu_i(S)}{Y_i} X_i \end{cases}$$

One has : $\sum_i \frac{\dot{X}_i}{Y_i} + \dot{S} = 0 \implies \sum_i \frac{X_i(T) - X_i(0)}{Y_i} = S(0) - S(T)$

Pose $p_i = \frac{X_i(T) - X_i(0)}{Y_i(S(0) - S(T))}$ then $\sum_i p_i = 1$

H1: Consider a time T . Assume that $S(T)$ is negligible wrt $S(0)$

Modélisation (en batch) : compétition sur une seule ressource / Modeling (in batch) : competition on a single resource

Under H1, the total biogas produced from 0 to T is :

$$\begin{aligned} SQ_{gaz}(T) &= \int_0^T \sum_i k_i \mu_i(S(\tau)) X_i(\tau) d\tau \\ &= \int_0^T \sum_i k_i \dot{X}_i(\tau) d\tau \\ &= \sum_i k_i (X_i(T) - X_i(0)) \\ &= (S(0) - S(T)) \sum_i k_i Y_i p_i \end{aligned}$$

Modélisation (en batch) : compétition sur une seule ressource / Modeling (in batch) : competition on a single resource

Under H1, one has:

$$SQ_{gaz}(T) \simeq S(0) \sum_i k_i Y_i p_i \leq S(0) \sum_i \max_i(k_i Y_i) p_i = S(0) k_{i^*} Y_{i^*} \sum_i p_i = S(0) k_{i^*} Y_{i^*}$$

where i^* is such that $k_{i^*} Y_{i^*} = \max_i k_i Y_i$ (1).

1. H1 => max(biogas(T)) is obtained with the best *pure culture**;
2. The simple competition model CANNOT explain what is observed in practice (where experiments with high diversity exhibit transgressive overyielding) AND MORE IMPORTANTLY...

*RNAH, 2020, About biomass overyielding of mixed cultures in batch processes, MB

Modélisation (en batch) : compétition sur une seule ressource / Modeling (in batch) : competition on a single resource

...THIS RESULT IS INDEPENDANT OF $\mu_i(.)$!

Indeed, results can easily be done with the general model:

$$\begin{cases} \dot{X}_i = \mu_i(.)X_i \\ \dot{S} = -\sum_{i=1}^n \frac{\mu_i(.)}{Y_i} X_i \end{cases}$$

3. The result remains valide for any kind of kinetics considered (under the condition it is not null for a given period of time)!
4. Other mechanisms may explain such phenomena*

*HRN, 2019, About overyielding with mixed cultures in batch processes, FOSBE, 15-18 October, Valencia, Spain



Modélisation (en batch) : compétition sur une seule ressource / Modeling (in batch) : competition on a single resource

Example: role of mortality?

New model

$$\begin{cases} \dot{X}_i &= (\mu_i(.) - k_i)X_i \\ \dot{S} &= -\sum_{i=1}^n \frac{\mu_i(.)}{Y_i} X_i \end{cases}$$

Then an overyielding is possible (demo not shown, cf. RNA2020)!



Limites / Drawbacks

Ces approches nécessitent des modèles très structurés avec de nombreux paramètres (cf. par exemple la thèse de Pablo Ugalde) / Such model-based approaches necessitate well structured models with many parameters to be studied;

Vers des approches "orientées données" ou qualitatives pour étudier les données d'écosystèmes microbiens / Towards more data-qualitative methods to study microbial data...



Merci de votre attention / Thank you
for your attention

