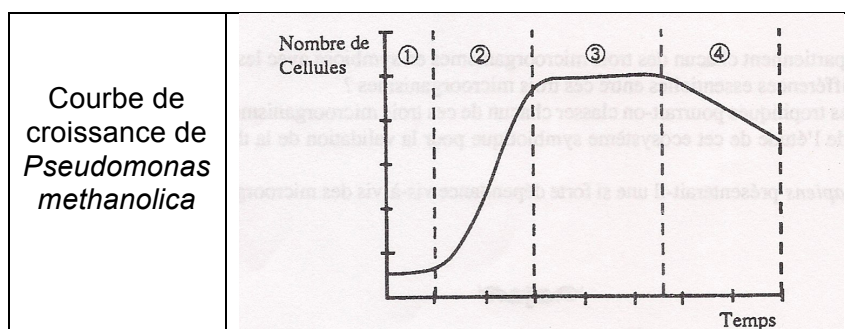


Première partie à traiter sur une copie séparée sur 10 points : M. Nava Saucedo

- I. a) Quel nombre de générations aura produit une bactérie avec un μ de $3,24 \text{ h}^{-1}$ dans l'espace d'une heure ?
 b) Une espèce bactérienne double en nombre tous les 45 min. Quel est son taux de croissance spécifique en h^{-1} ?
 Une fermentation avec un champignon filamenteux pendant 48 heures donne une biomasse finale de $13,5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$. Sachant qu'on a utilisé un inoculum représentant 5 % de la biomasse finale :
 c) Quel est son taux de croissance spécifique en h^{-1} ? d) Quel est son temps de doublement en h ?
 e) Quel est le nombre de générations à l'idiophase ?
- II. a) Décrire brièvement les différentes phases de la courbe de croissance de la figure ci-dessous.
 b) Le taux de croissance spécifique de *Pseudomonas methanolica* est de $0,6 \text{ h}^{-1}$. Un milieu de culture adéquat a été inoculé avec $2,5 \cdot 10^6$ bactéries par ml. La phase ② a une durée de 480 min. Quelle concentration de cellules devrait-on atteindre au début de la phase ③ ? c) A partir de quelle phase un métabolite primaire commence à être produit ? d) A partir de quelle phase un métabolite secondaire commence à être produit ? Quelle source nutritionnelle a été épuisée à ce moment là ?



- III. Lors d'une fermentation industrielle avec *Saccharomyces carlsbergensis*, on obtient 15 g de levure par litre en fin de fermentation avec un taux de production d'éthanol de 15% v/v, le procédé de fermentation a une durée 48 heures et il a eu lieu dans un fermenteur d'un volume utile de 100 m^3 . Le temps pour atteindre la phase stationnaire est de 20 heures avec un temps de latence d'une demi-heure. Le temps de doublement de levures est de 6,55 heures.
- a) Calculer le taux de croissance spécifique (en h^{-1}), b) le nombre de générations, c) la quantité d'inoculum utilisé (en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$), d) la productivité (en g d'éthanol par g de biomasse et par heure) et e) la quantité d'éthanol (en g) obtenue en fin de fermentation. f) Quel type de métabolite est l'éthanol ? g) En supposant qu'on part d'une culture dans un fermenteur de 10 L (volume utile) et qu'on utilise des inocula de 10 %, quel nombre d'étapes est nécessaire pour le « scale up » ? h) Comment pourrait-on diminuer le nombre d'étapes ? Donnez au moins deux possibilités.

N.B. Calculer la productivité à partir du début de la phase stationnaire. Densité de l'éthanol = $0,789 \text{ g} \cdot \text{cm}^3$

Deuxième partie à traiter sur une copie séparée sur 10 points : Mme Gosselin

- 1) En 1990, Carl Woese publiait dans une prestigieuse revue scientifique un article décrivant l'arbre phylogénétique de la vie. Représenter sous forme de schéma simplifié cet arbre de la vie en commentant chaque partie de l'arbre. Définir et décrire les principales caractéristiques des organismes vivants de cet arbre en insistant sur leurs points communs et leurs différences. **(3 points)**

2) Avec son diamètre de 400 nm environ, *Nanoarchaeum equitans* est l'un des plus petits êtres vivants découverts à ce jour. Il avait déjà été décrit comme vivant associé avec *Ignicoccus hospitalis* (Fig. 1).

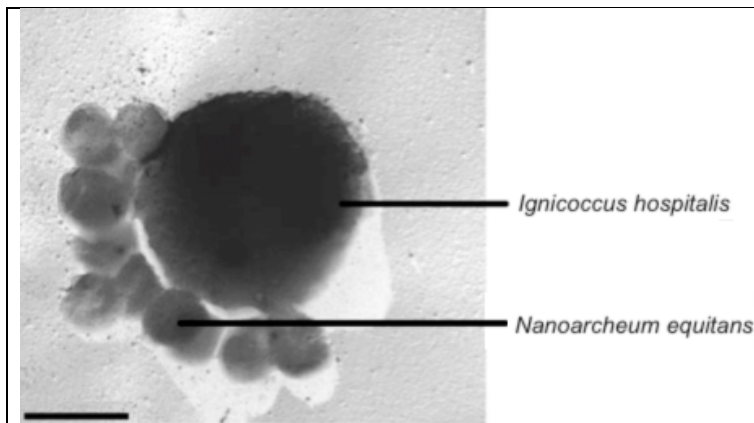


Figure 1 : Micrographie de cellules de *N. equitans* autour d'une cellule hôte d'*I. hospitalis*. Barre = 1,0 μ m.

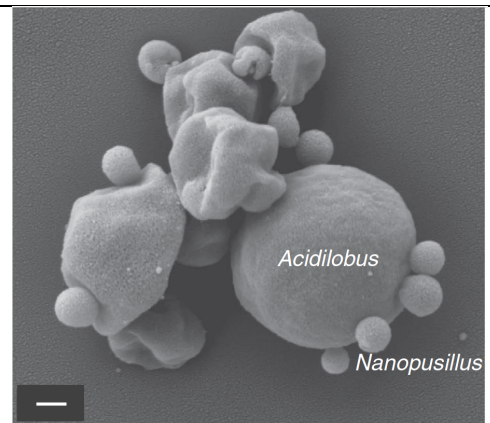


Figure 2 : Micrographies électroniques à balayage de *N. acidilobi* entourant *A. sulfurreducens*. Notez la forme irrégulière de *A. sulfurreducens*. Barre = 200 nm.

Où se situent *N. equitans* et *I. hospitalis* dans l'arbre phylogénétique du vivant ?

De récentes découvertes ont mis en évidence qu'il s'agissait d'une relation symbiotique obligatoire puisque *N. equitans* est incapable de synthétiser certains acides aminés, lipides, nucléotides ou cofacteurs. En conséquence, *N. equitans* prélève toutes ces molécules de son hôte *I. hospitalis*.

D'après vos connaissances, quelles sont les différentes formes d'association entre 2 organismes vivants ? Définir et expliquer chacune d'elle. A quelle catégorie d'association appartient celle entre *N. equitans* et *I. hospitalis* ? (3 points)

3) En 2016, une autre revue scientifique prestigieuse publiait un article décrivant la découverte de *Nanopusillus acidilobi*. Cet organisme est encore plus petit que *N. equitans* et mesure entre 100 et 300 nm. Lui aussi vit associé avec une autre espèce : *Acidilobus sulfurreducens* (Fig. 2).

Ces espèces ont été découvertes dans le Parc National de Yellowstone aux USA dans des eaux à 82°C et à pH 3,5. Comment appelle-t-on de tels organismes ? Quelles sont les particularités des organismes vivant à de telles températures ? Quelles sont les particularités des organismes vivant à de tels pH ?

Ces organismes sont de nature strictement anaérobie et *A. sulfurreducens* nécessite obligatoirement la présence de soufre soluble. Pourquoi ? Expliquez le métabolisme respiratoire d'*A. sulfurreducens*. (3 points)

4) Perspectives : Tout comme *N. equitans*, *N. acidilobi* est incapable de synthétiser plusieurs molécules essentielles (acides aminés, cofacteurs...). De plus, il lui manque certains composants de la chaîne respiratoire ainsi que des complexes nécessaires à la synthèse d'ATP. Depuis *N. acidilobi*, d'autres "nano-organismes" ont été découverts (notamment dans la cavité buccale humaine) toujours en association obligatoire avec d'autres espèces plus grosses. Que vous inspire ce genre d'association ? (1 point)