

Bilans des bioréacteurs

Bilan chimique

Lorsqu'un microorganisme est introduit dans un milieu de culture, il y développe une activité en relation avec les conditions environnantes.

Source de carbone
Source d'azote + Oxygène → Biomasse+produit
Source d'énergie (s) + chaleur
Source Ménérale (energie)

- Cette activité peut présenter trois aspects liés l'un à l'autre :

-Les réactions de synthèse de biomasse (croissance) :

- le substrat carboné est utilisé comme matériau de construction et généralement comme source d'énergie. Elles sont décrites par l'équation:



- **Les réactions de bioconversion et de synthèse des produits :**

dans de nombreux cas, les microorganismes sont mis en oeuvre pour produire un métabolite P ou transformer une molécule:

Cellules

Substrats → Produits

-Les réactions dites de maintenance: les réactions autres que celles conduisant à la formation de biomasse et de métabolites sont appelées réactions de maintenance.

elles conduisent à l'oxydation totale des substrats (la production d'énergie pour le métabolisme propre à la survie de la cellule)

et peuvent s'écrire selon l'équation :



Equation chimique (Exemple)

- L'équation chimique suivante représente le bilan chimique de la croissance dans le cas d'une fermentation où la biomasse est le seul produit formé.
- $A C_a H_b O_c + B O_2 + D N H_3 \rightarrow E C_\alpha H_\beta O_\gamma N_\sigma + g C O_2 + F H_2 O$
- $Y_{x/s} = \text{masse de biomasse} / \text{masse du substrat}$
- $Y_{x/s} = \frac{E (\alpha \cdot 12 + \beta + \gamma (16) + \sigma (14))}{A (a \cdot 12 + b + 16c)}$

Calcul des coefficients de bioconversion

$Y_{x/s}$ = masse de la biomasse/masse du substrat

- Exemples: (Calcul des coeff. À partir de différentes équations de la production de la biomasse.



$C_a H_b O_c$ Formule chimique de la source carbonée

Si a, b, c sont différents à "0" le substrat carboné représente un hydrate du carbone

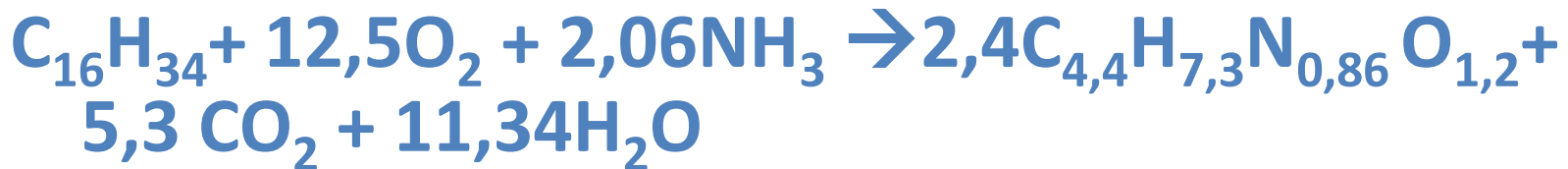
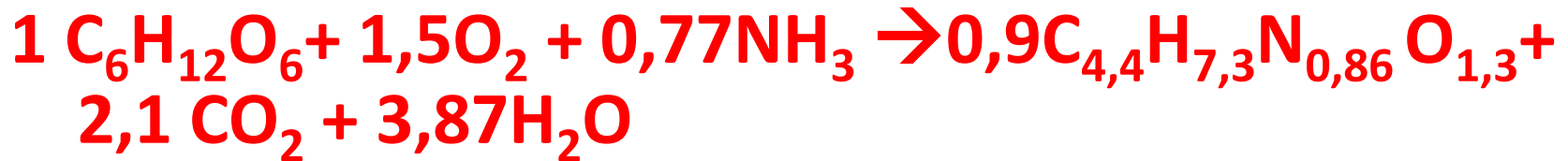
Si $c=0$ $C_a H_b$ le substrat est un hydrocarbure

$D N H_3$ source d'azote (Minérale)

$C_\alpha H_\beta O_y N_\sigma$ Formule brute de la biomasse

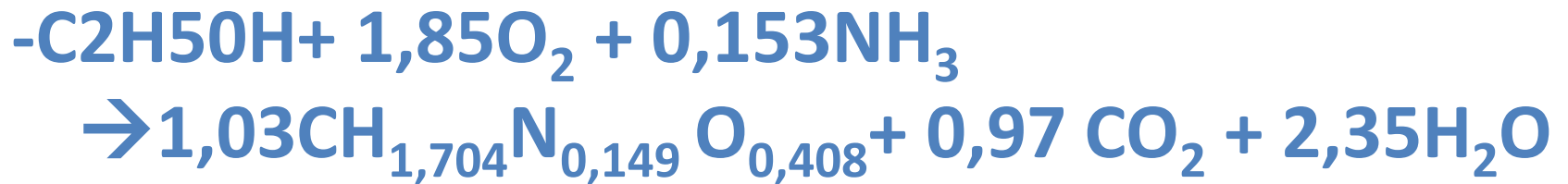
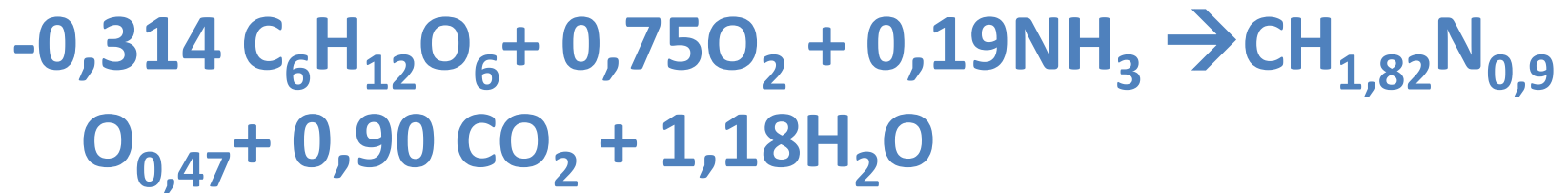
Exemples:

-croissance aérobie d'une bactérie sur glucose



Calculer les coefficients de bioconversions

Exemples



Solution:

$$Y_{x/s} = \frac{\text{masse de biomasse}}{\text{Masse de substrat}}$$

$$Y_{x/s} = \frac{0,9(\text{C}_{4,4}\text{H}_{7,3}\text{N}_{0,86}\text{O}_{1,3})}{1(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)}$$

$Y_{x/s}$ g de biomasse/g du glucose)

$$n = m/M$$

~~n (nombre de mole) = m (masse)/ M (masse molaire) donc~~

Ce coefficient est influencé par un grand nombre de facteurs:

- Le type de microorganisme
- Son état physiologique
- l'Activité métabolique
- La nature de substrat carboné (azoté)
- Le pH et la température

Calcul du besoin en oxygène d'une culture

- Soit la culture batch d'un microorganisme pour la production de biomasse, telle que la concentration en cellule passe de X_0 à X_f . La culture est en phase de croissance exponentielle et les conditions de culture restent constantes. La consommation en oxygène est donnée par la relation suivante:

$$r_{O_2} = r_{X/Y_{X/O_2}} + m_{O_2} \cdot X \quad (g_{O_2} / l.h) \dots \dots \dots (1) \text{ avec, } r_x = \mu \cdot X$$

$$r_{O_2} = \mu \cdot \frac{X}{Y_{X/O_2}} + m_{O_2} X \dots \dots \dots (2)$$

On peut écrire cette relation de la façon suivante :

$$r_{O_2} = (\mu/Y_{X/O_2} + m_{O_2}) \cdot X \dots \dots \dots (3)$$

Au cours de la culture, la consommation en oxygène est une fonction exponentielle du temps, elle passe de :

$$r_{O_2} = (\mu_{max}/Y_{X/O_2} + m_{O_2}) \cdot X_0 \dots \dots \dots (4) \quad \text{Et}$$

$$r_{O_2} = \left(\frac{\mu_{max}}{Y_{X/O_2}} + m_{O_2} \right) \cdot X_f \dots \dots \dots (5) \quad \text{On donne la relation de } m_{O_2} :$$

$$m_{O_2} = m_s \cdot (32 \cdot n_{O_2} / MMS) \dots \dots \dots (6) \text{ où,}$$

n_{O_2} : nombre de mole d'oxygène pour l'oxydation complète en CO₂ et H₂O

La respiration spécifique est égale :

$$\sigma_{O_2} = \frac{r_{O_2}}{X} = \left(\frac{\mu_{max}}{Y_{X/O_2}} + m_{O_2} \right) = \text{Cte} \dots \dots \dots (7)$$

La respiration spécifique est une caractéristique de la phase exponentielle de croissance avec :

$$\mu = \mu_{max} = \text{Cte} ;$$

Y_{X/O_2} : et m_{O_2} ; sont renseignés dans des tables publiées ou sont estimés expérimentalement par la méthode de méthode de Mateles, dont sa formule est la suivante :

Calcul du besoin en substst d'une culture

$$S_0 = \frac{X}{Y_{X/s}} \frac{m_s}{\mu_{max}} \cdot X \dots \dots \dots (2)$$

Demande de l'oxygène

$$Q_{O_2} = 16 \cdot \left(\frac{2a + \frac{b}{2} - c}{Y_{X/s} \cdot \text{MMS}} + \frac{O\%}{1600} - \frac{C\%}{1200} \cdot 2 - \frac{H\%}{100} \cdot \frac{1}{2} + \frac{N\%}{1400} \cdot \frac{3}{2} \right) \dots \dots \dots (8)$$

Le rendement associé à la croissance peut être calculé comme suit :

$$Y_{X/O_2} = \frac{1}{Q_{O_2}} \dots \dots \dots (9) \text{ (g biomasse/g } O_2)$$

Bilan énergétique

L'activité métabolique des microorganismes est un procédé énergétique résultant d'un ensemble complexe de réactions biochimiques. Le résultat de cette activité biochimique est le transfert d'énergie des molécules constituant le substrat énergétique vers d'autres molécules biosynthétisées qui entrent dans la composition de la biomasse et des produits formés.