1. Biodégradation

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Réactions | Taux de réaction | Variables | | Paramètres cinétiques et thermodynamiques/stœchiométriques | |
| 1. Hydrolyse de la fraction RB |  | : substrat rapidement biodégradable | kgDCO de substrat RB | : Constante d’hydrolyse de la fraction RB \*\* | h-1 |
| : Substrat soluble | kgDCO de substrat soluble |
| 1. Hydrolyse de la fraction SB |  | : substrat lentement biodégradable | kgDCO de substrat SB | : Constante d’hydrolyse de la fraction SB \*\* | h-1 |
| 1. Oxydation de substrat soluble – Croissance microbienne hétérotrophe   «  » |  | : biomasse | kgDCO de biomasse | : Taux de croissance spécifique de la biomasse hétérotrophe \*\* | h-1 |
| : Rendement de la biomasse sur | kg DCO biomasse kg-1 DCO consommée de substrat |
| : Rendement de production de CO2 | kg CO2 produit kg-1 DCO consommée |
| : Rendement de production de H2O | kg H2O produite kg-1 DCO consommée |
| 1. Décès de la biomasse hétérotrophe |  | : substrat inerte | kgDCO de substrat inerte | : Taux de décès spécifique de la biomasse hétérotrophe \*\* | h-1 |
| : Fraction en inerte du substrat issu du décès de la biomasse hétérotrophe |  |

1. Dynamique de l’azote

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Réactions | Taux de réaction | Variables | | Paramètres cinétiques et thermodynamiques/stœchiométriques | |
| 1. Hydrolyse rapide de l’azote organique |  | : Azote dans la fraction RB | kgN |  |  |
| : Azote biodisponible | kgN |
| 1. Hydrolyse lente de l’azote organique |  | : Azote dans la fraction SB | kgN |  |  |
| 1. Croissance de la biomasse hétérotrophe |  | : Azote dans la biomasse hétérotrophe | kgN | : teneur en azote de la biomasse hétérotrophe | kgN/kgDCO de biomasse |
| 1. Décès de la biomasse hétérotrophe |  | : Azote dans la fraction inerte du substrat |  | : teneur en N de la matière inerte | kgN/kgDCO de matière inerte |
| 1. Croissance de la biomasse autotrophe  * Si WFPS < pWFPSdenit : * Si WFPS >= pWFPSdenit : | * Si WFPS < pWFPSdenit : * Si WFPS >= pWFPSdenit : | : Azote dans la biomasse autotrophe | kgN de biomasse | : rendement spécifique de production de nitrate | KgN/kgN consommé |
| : Nitrates | kgN | : Taux de croissance de la biomasse autotrophe |  |
| : Protoxyde d’azote émis | kgN | : Part d’émission de N2O sur l’ammonium nitrifié | kgN kg-1 N nitrifié |
| : diazote émis | kgN | : Part maximale d'émission de N2O sur l'émission N2 + N2O | kgN kg-1 N  (N2+N20) |
|  |  | WFPS : Volume d’eau dans la porosité du tas | m3/m3 | pWFPS : Seuil de WFPS minimum pour avoir une dénitriciation |  |
| 1. Décès de la biomasse autotrophe   \*La répartition du décès de la biomasse autotrophe entre M.I et RB est calculée dans les mêmes proportions que pour la biomasse hétérotrophe |  |  |  | : Taux de décès de la biomasse autotrophe |  |
| 1. Emission ammoniacale |  | : Ammoniac dans la phase gaz de l’andain | kgN | : limitation de la volatilisation ammoniacale par l’humidité |  |
| NH4+ : ion ammonium | kgN |
| : Débit d’air | Kg d’air sec.  kg-1 MOI. h-1 |
| : masse volumique de l’air |  |
| Vair : Volume de l’air |  |
| 1. Dénitrification |  |  |  | : émission maximale de N2O et N2 à partir du NO3 | gN-(N2O+N2)g-1 NNO3 j-1 |
| : fonction de limitation par le stock de NO3 |  |
| : fonction de limitation de la dénitrification par la température |  |

1. Paramètres cinétiques

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Equations | Paramètres | Unités |
| 1. Constante d’hydrolyse de la fraction RB | : Constante d’hydrolyse rapide de référence |  |
| : Fonction de limitation de l’hydrolyse par l’humidité |  |
| : Fonction de limitation de l’hydrolyse rapide par la disponibilité d’azote |  |
| : Constante de demi-saturation pour l’hydrolyse de RB | kgDCO(hydrolysé) kg-1 DCO(biomasse) |
| : Teneur en eau de la matière | kg H2O kg-1 MB |
| , : Seuils d’humidité min et max pour la croissance microbienne | kg H2O kg-1 MB |
| 1. Constante d’hydrolyse de la fraction SB | : Constante d’hydrolyse lente de référence |  |
| : Fonction de limitation de l’hydrolyse lente par la disponibilité d’azote |  |
| : Constante de demi-saturation pour l’hydrolyse de SB | kgDCO(hydrolysé) kg-1 DCO(biomasse) |
| 1. Taux de croissance de la biomasse hétérotrophe | : Taux de croissance spécifique maximale de la biomasse hétérotrophe |  |
| : Constante de demi-saturation en substrat | kg DCO kg-1 MOI |
| : fonction de limitation de la croissance par la T interne |  |
| : T dans l’andain ;  : T max pour la croissance microbienne ;   T min pour la croissance microbienne ;  : T opt pour la croissance microbienne | °C |
| : fonction de limitation de la croissance par l’oxygène |  |
| : fonction de limitation de la croissance par N disponible |  |
| : Constante de demi-saturation de N disponible | kg N kg-1 MOI |
| : pression partielle en O2 dans le biofilm |  |
| : Constante de demi-saturation de O2 pour la biomasse hétérotrophe | kgDCO kg-1 DCO |
| 1. Taux de décès de la biomasse hétérotrophe | : constante de décès de référence de tous les microorganismes |  |
| : T de référence pour la vitesse de décès | °C |
| 1. Taux de croissance de la biomasse autotrophe | : |  |
| : Constante de demi-saturation en O2 pour la biomasse autotrophe | kgDCO kg-1 DCO |
| 1. Fonction de limitation par le stock de nitrates | : Constante de demi-saturation en nitrates pour la dénitrification | gN-NO3.m-3 eau |
| 1. Fonction de limitation de la dénitrification par la température | :  Q10 de la fonction de limitation par la température pour la dénitrification |  |

1. Fractionnement de la matière organique

1. Fractionnement de l’azote

Nav : azote organique ainsi que de l’ammonium (NH4 + ) et de l'ammoniac dissous en équilibre avec l'azote ammoniacal dans la phase gaz de l’andain (NH3,g)

**Equations globales**

1. Dynamique de DCO de la fraction rapidement biodégradable
2. Dynamique de DCO de la fraction lentement biodégradable
3. Dynamique de DCO du substrat soluble
4. Dynamique de DCO dans la fraction inerte
5. Dynamique de DCO de la biomasse hétérotrophe
6. Dynamique de N dans la fraction RB
7. Dynamique de N dans la fraction SB
8. Dynamique de N de la fraction inerte
9. Dynamique de N disponible
10. Dynamique de N-NO3
11. Dynamique de N-N2O

* Si WFPS < pWFPSdenit
* Si WFPS >= pWFPSdenit

1. Dynamique de N-N2

* Si WFPS < pWFPSdenit
* Si WFPS >= pWFPSdenit

**Caractérisation de la biodégradabilité de la matière organique**

* (Ponsá et al., 2010): Indice de respiration aérobie : statique et dynamique

**Indice de respiration dynamique (différence avec DCO ?)**

1. *déchets hautement biodégradables* , activité respiratoire supérieure à 5 mg O 2 g −1 MS h −1 (qui comprend la fraction organique sélectionnée à la source des déchets solides municipaux, les boues d'épuration municipales non digérées et les sous-produits animaux);
2. *déchets modérément biodégradables* , activité respiratoire comprise entre 2 et 5 mg O 2 g −1 MS h −1 (y compris les déchets solides municipaux mélangés, les boues d'épuration municipales digérées et plusieurs types de fumier);
3. *déchets peu biodégradables* (activité respiratoire inférieure à 2 mg O 2 g -1 DM h -1 ).

*Fractionnement de la DCO :* [*https://modeleau.fsg.ulaval.ca/fileadmin/modeleau/documents/Publications/Rapports/guessoumelsa\_rap.pdf*](https://modeleau.fsg.ulaval.ca/fileadmin/modeleau/documents/Publications/Rapports/guessoumelsa_rap.pdf)

*M.O = composants solubles + particulaires*

*(DCO de la biomasse hétérotrophe et autotrophe négligés)*

**Procédure de fractionnement**

Respirométrie 🡪 fraction rapidement biodégradable

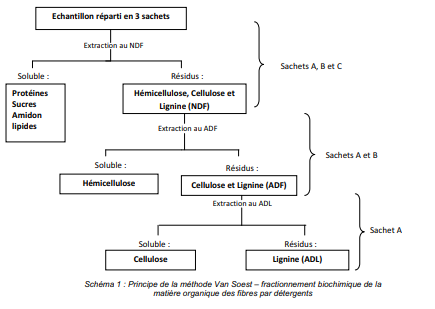
Filtration (1,5 µm) 🡪 séparation de la fraction DCO soluble (rapidement biodégradable et soluble inerte)

DBO ultime carbonée = fraction biodégradable (lentement + rapidement biodégradable)

(CHNS : Xiao)

Extraction de Van Soest : fractionnement biochimique de la M.O des fibres par détergents

<https://hal.inrae.fr/hal-02597408/document>



* DCO total : calculé à partir de l’analyse CHNSO
* Fraction soluble à l’eau : extraction à l’eau chaude ou Filtration
* Calcul de la DCO 🡪 CHNSO
* Fraction non soluble à l’eau : 🡪 hemicellulose, cellulose et lignine : DCO

**ASM – ADM1**

**Caractérisation de la biodégradabilité des produits chimiques par OCDE**

[**https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264070349-en.pdf?expires=1670941289&id=id&accname=ocid47014183&checksum=052A42F291E33F621BCC196AED26EB40**](https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264070349-en.pdf?expires=1670941289&id=id&accname=ocid47014183&checksum=052A42F291E33F621BCC196AED26EB40)

**Test de solubilité**

1. **Approche respirométrique**

[**file:///D:/Users/hravoaha/Downloads/\_p\_Mesure%20de%20la%20biod%C3%A9gradabilit%C3%A9%20des%20d%C3%A9chets%20et%20des%20composts%20par%20respirom%C3%A9trie.%20Applications%20op%C3%A9rationnelles\_\_p\_.pdf**](file:///D:/Users/hravoaha/Downloads/_p_Mesure%20de%20la%20biod%C3%A9gradabilit%C3%A9%20des%20d%C3%A9chets%20et%20des%20composts%20par%20respirom%C3%A9trie.%20Applications%20op%C3%A9rationnelles__p_.pdf)

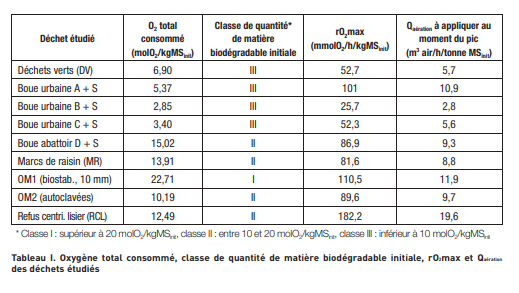
les méthodes respirométriques consistant à mesurer la production de dioxyde de carbone et/ou la consommation d’oxygène engendrées par la dégradation aérobie de la matière organique, présentent l’avantage d’être directement corrélées à l’activité microbiologique.

Méthode présentée dans l’article :

Masse de l’échantillon analysé : 3-4 kg

trois classes de quantité de matière biodégradable initiale contenue dans les déchets :

* **classe I** avec une consommation cumulée supérieure à **20 mol O2/kg MSinit**,
* **classe II** avec une consommation comprise entre **10 et 20 mol O2/kg MSinit**,
* **classe III** avec une consommation inférieure à **10 mol O2/kg MSinit**



1. **Fractionnement analytique + réponse respirométrique**
2. **Expérimentation pour la validation du modèle**



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Fraction analysée | Méthode de fractionnement | Méthode de calcul de la DCO |
| Matrice totale |  | CHNSO |
| Fraction soluble | Extraction à l’eau | CHNSO |
| Fraction non soluble |  | (DCOtot – DCOsol) |
| Fraction inerte |  |  |
| Rapidement biodégradable | Respirométrie |  |
| Lentement biodégradable | Resp |  |

Inconvénient CHNSO : Petite quantité 1 mg d’échantillon

Analyse chimique de plusieurs fractions de déchets organiques :

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344920301749?via%3Dihub#bib0056>

* DCO total de différent type de fractions

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852406003014?via%3Dihub#aep-section-id16> (Sole-Mauri et al., 2007)

