

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Réactions | Taux | Variables | | Paramètres cinétiques et stochiométriques | |
| **Phase d’hydrolyses par les bactéries mésophiles MB** | | | | | | |
| 1 | Hydrolyse mésophile de C |  | : Carbohydrates | kg | : Constante d’hydrolyse mésophile de C | h-1 |
| : Produit d’hydrolyse de C | kg |
| 2 | Hydrolyse mésophile de P |  | : Protéines | kg | : Constante d’hydrolyse mésophile de P | h-1 |
| : Produit d’hydrolyse de P | kg |
| 3 | Hydrolyse mésophile de L |  | : Lipides | kg | : Constante d’hydrolyse mésophile de L | h-1 |
| : Produit d’hydrolyse de L | kg |
| **Phase d’hydrolyses par les bactéries thermophiles TB** | | | | | | |
| 4 | Hydrolyse thermophile de C |  | : Glucides | kg | : Constante d’hydrolyse thermophile de C | h-1 |
| : Produit d’hydrolyse de C | kg |
| 5 | Hydrolyse thermophile de P |  | : Protéines | kg | : Constante d’hydrolyse mésophile de P | h-1 |
| : Produit d’hydrolyse de P | Kg |
| 6 | Hydrolyse thermophile de L |  | : Lipides | kg | : Constante d’hydrolyse thermophile de L | h-1 |
| : Produit d’hydrolyse de L | kg |
| **Phase d’hydrolyses thermophiles des macro-molécules** | | | | | | |
| 7 | Hydrolyse de H par les actinomycètes thermophiles |  | : Hemicelluloses | kg | : Constante d’hydrolyse thermophile de H | h-1 |
| : Produit d’hydrolyse de H | kg |
| 8 | Hydrolyse de CE par les champignons thermophiles |  | : Celluloses | kg | : Constante d’hydrolyse thermophile de CE | h-1 |
| : Produit d’hydrolyse de CE | kg |
| 9 | Hydrolyse de LG par les champignons thermophiles |  | : Lignines | kg | : Constante d’hydrolyse thermophile de LG | h-1 |
| : Produit d’hydrolyse de LG | kg |
| **Phase d’hydrolyses mésophiles des macro-molécules** | | | | | | |
| 10 | Hydrolyse de H par les actinomycètes mésophiles |  | : Hemicelluloses | kg | : Constante d’hydrolyse mésophile de H | h-1 |
| : Produit d’hydrolyse de H | kg |
| 11 | Hydrolyse de CE par les champignons mésophiles |  | : Celluloses | kg | : Constante d’hydrolyse mésophile de CE | h-1 |
| : Produit d’hydrolyse de CE | kg |
| 12 | Hydrolyse de LG par les champignons mésophiles |  | : Lignines | kg | : Constante d’hydrolyse mésophile de LG | h-1 |
| : Produit d’hydrolyse de LG | Kg |
| **Phase de croissances des bactéries mésophiles** | | | | | | |
| 13 | Croissance de MB sur |  | : Bactéries mésophiles | kg | : Specific growth rate for MB on | h-1 |
| : Ammonium total dissout | kg |  |  |
| 14 | Growth of MB on (ammonification) |  |  |  |  |  |
| 15 | Growth of MB on |  |  |  |  |  |
| **Phase de croissances des bactéries thermophiles** | | | | | |  |
| 16 | Growth of TB on |  | : Thermophilic bacterias | kg | : Specific growth rate for TB on | h-1 |
| 17 | Growth of TB on |  |  |  |  |  |
| 18 | Growth of TB on |  |  |  |  |  |
| **Phase de croissance des actinomycètes mésophiles** | | | | | | |
| 19 | Growth of MA on |  | : Mesophilic actinomycetes | kg | : Specific growth rate of MA on | h-1 |
| 20 | Growth of MA on |  |  |  |  |  |
| 21 | Growth of MA on |  |  |  |  |  |
| 22 | Growth of MA on |  |  |  |  |  |
| **Phase de croissances des actinomycètes thermophiles** | | | | | | |
| 23 | Growth of TA on |  | : Thermophilic actinomycetes | kg | : Specific growth rate of TA on | h-1 |
| 24 | Growth of TA on |  |  |  |  |  |
| 25 | Growth of TA on |  |  |  |  |  |
| 26 | Growth of TA on |  |  |  |  |  |
| **Phase de croissances des champignons mésophiles MF** | | | | | |  |
| 27 | Growth of MF on |  | : Mesophilic fungi | kg | : Specific growth rate of MF on |  |
| 28 | Growth of MF on |  |  |  |  |  |
| 29 | Growth of MF on |  |  |  |  |  |
| 30 | Growth of MF on |  |  |  |  |  |
| 31 | Growth of MF on LG |  |  |  |  |  |
| **Phase de croissances des champignons thermophiles TF** | | | | | | |
| 32 | Growth of TF on |  | : Thermophilic fungi | kg | : Specific growth rate of TF on  g |  |
| 33 | Growth of TF on |  |  |  |  |  |
| 34 | Growth of TF on |  |  |  |  |  |
| 35 | Growth of TF on |  |  |  |  |  |
| 36 | Growth of TF on LG |  |  |  |  |  |
| **Death of micro-organisms** | | | | | | |
| 37 | Death of MB |  | : Decayed biomass | Kg | : Death constant for mesophilic bacterias |  |
| 38 | Death of TB |  |  |  | : Death constant for thermophilic bacterias |  |
| 39 | Death of MA |  |  |  | : Death constant for mesophilic atinomycetes |  |
| 40 | Death of TA |  |  |  | : Death constant for thermophilic actinomycetes |  |
| 41 | Death of MF  (le coefficienty z pour équilibrer l’équation) |  |  |  | : Death constant for mesophilic fungis |  |
| 42 | Death of TF |  |  |  | : Death constant for thermophilic fungis |  |
| **Lysis of micro-organisms (tiré de Oudart)** | | | | | | |
| 43 |  |  |  |  | : fraction of inert from decayed biomass recycling |  |
| : microorganisms decomposition constant |  |
|  |  | : Biomass yield  : Molacular weights of substrate S  : Molacular weights of microorganism X |  |  |  |  |
| **Growth limiting functions** | | | | | | |
|  | Temperature   * Mesophilics i = 1, Thermophilics i =2 | |  |  |  |  |
|  | Dissolved oxygen | | Concentration of O2 soluble in liquid phase  kO2 : O2 saturation constant |  |  |  |
|  | Moisture content   * If * If * If | |  |  |  |  |
|  | Ammonia -ammonium | | Concentration of NH4 soluble in liquid phase  : NH4 saturation constant |  |  |  |
|  | Substrate | | Concentration of substrate i soluble in liquid phase  : Substrate saturation constant |  |  |  |
|  | Substrate availability   * Bacteria * Actinomycetes * Fungi | |  |  |  |  |
|  | Processus physique : Transfert de masse | |  |  |  |  |
|  | Liquid-gas transfer O2  (mass of O2 transferred to gas phase) (coherence of unities m and n)  Liquid-gas transfer CO2  Liquid-gas transfer NH3  Water evaporation-condensation | |  |  |  |  |
|  | **Emission of gas component from gas phase to atmosphere**   * O2 * CO2 * NH3 | |  |  |  |  |
|  | **Energy balance**   * Temperature of gas phase   (Verification if can be equal to Cp capacité calorifique)   * Temperature of solid-liquid phase   : heat transfer through container’s wall  : biological heat generation, proportional to the oxygen consumption rate | |  |  |  |  |
| **Nitrogen cycle** | | | | | | |
| 44 | Growth of autotroph microorganisms   * 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 |  |
|  | Nitrification by biological treatment processes book  (without N2O emission) |  |  |  |  |  |
|  | Denitrification |  |  |  |  |  |
| 45 | Death of autotroph biomass  \*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 |  |
| 46 | Emission ammoniacale (transfert liquide – gas selon Sole-Mauri ?) |  | : 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 |  |  |  |
| 47 | Dénitrification  Accepteur d’électron : NO3- (respiration anaérobie)  Donneur d’électron : MO  (bactéries hétérotrophes)  For practical purposes,h denitrification can be ignored when dissolved oxygen concentrations are greater than 1.0 mg/L  Equations à écrire pour toutes les MO hydrolysées |  |  |  | : 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 |  |
| **CH4 emission** | | | | | | |
| 48 | Methane generation  Oxidation of methane (limited by oxygen uptake rate) | Hydrolyse  Methane generation  Oxydation  Emission of methane |  |  |  |  |

* A voir :
  + Bactéries autotrophes nitrifiantes – bactéries hétérotrophes dénitrifiantes
  + Emissions de CH4 dans les zones anaérobiques
  + Décès des MF et TF
  + Matières inertes ?
  + Valeurs initiales de la population microbienne <https://journals.asm.org/doi/epdf/10.1128/aem.45.4.1188-1195.1983?src=getftr>

The initial quantity of microbial biomass was supposed to be small enough and similar for all simulations (with the value of 0.05 g C 100 g−1 initial TOC (Zhang et al., 2012)

(Denes et al., 2015) : for biowaste and green waste mixture (fast and slow growing : 0,1 gC/100g TOC) (other values for for other waste type)

The densities of bacteria and fungi were adopted from Bakken and Olsen (1983) and were equal to 577 and 580 gC/L respectively (Vlyssides et al., 2009)

We can perform a sensitivity analysis on this value

* Liens :

<https://www.researchgate.net/profile/Arjan-Hensen/publication/228788699_METHODS_TO_ASCERTAIN_METHANE_EMISSION_OF_LANDFILLS/links/5411a6bb0cf29e4a232977ad/METHODS-TO-ASCERTAIN-METHANE-EMISSION-OF-LANDFILLS.pdf>

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2022.907562/full>

<https://www.afvalzorg.nl/content/uploads/2018/03/Methane-from-landfill-Methods-to-quantify-generation-oxidation-and-emission.pdf>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894715005495#b0040>

<https://www.afvalzorg.nl/content/uploads/2018/03/Comparison-of-Methane-emission-models-to-Methane-emission-measurements.pdf>

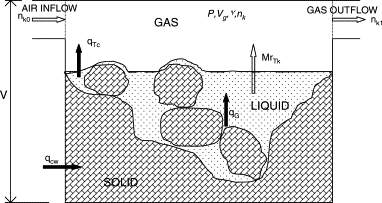
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X05003107#bib23>

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207233.2021.1987060?needAccess=true>

<https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.est.6b00415>

<https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1047&context=extension_histall>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X11001279>



Bilan énergétique :

1. : Heat generated : proportional to the oxygen consumption rate (Sole-Mauri et al., 2007)

(Fan et al., 2021)

: Heat released/CO2 evolution (kJ/mol)

CO2 : evolution rate (mol/s)

1. Transfert thermique par conduction
2. Transfert thermique par convection par flux d’air
3. Température du tas

Profil de température pour différentes méthodes d’aération ((Rasapoor et al., 2016)

1. Tas statique aération forcée (FAS)
2. Tas statique ventilation naturelle (NVS)
3. Retournement de tas (PT)
4. Combinaison retournement et ventilation naturelle