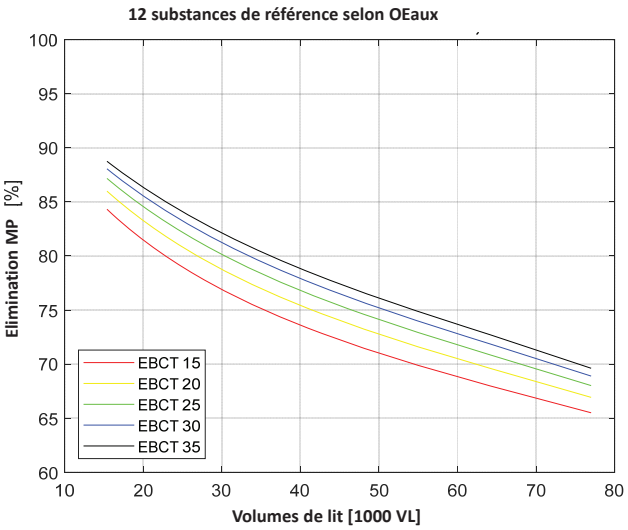
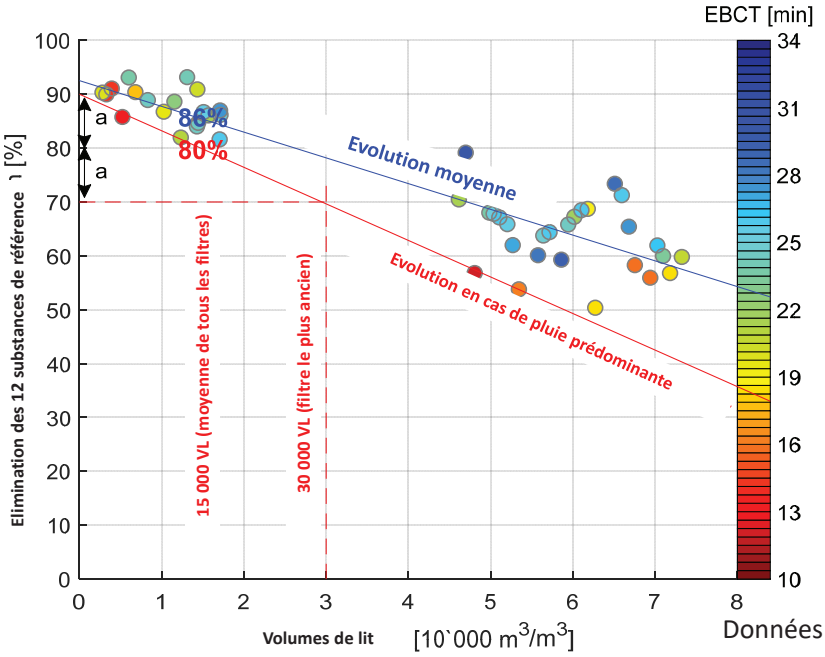
Quelles sont les attentes posées envers le modèle CAG ?



Pourquoi un modèle CAG?

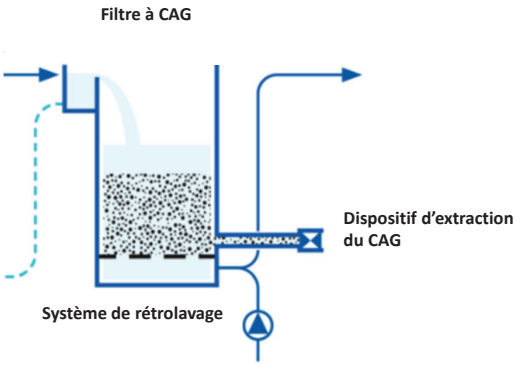


Car meilleure compréhension
=
amélioration de la construction et de l'exploitation

Données tirées du projet pilote mené à la STEP de Bülach

2

Pourquoi n'existe-t-il pas encore de modèle CAG? Parce que cela est complexe



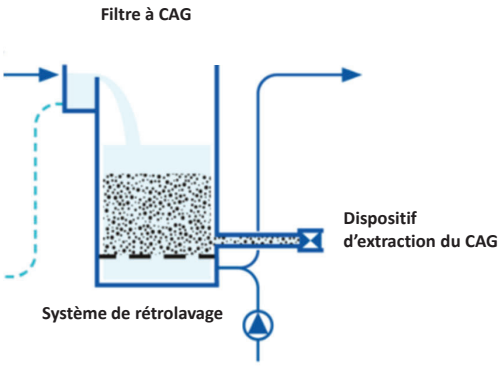
Le procédé CAG est très simple:

1. Remplissage
2. Pendant l'exploitation:
   - activation/désactivation des cellules filtrantes
   - Rétrolavage
3. Remplacement au bout d'un à trois ans

Pourquoi le modèle est-il si complexe?

3

Pourquoi n'existe-t-il pas encore de modèle CAG? Parce que cela est complexe



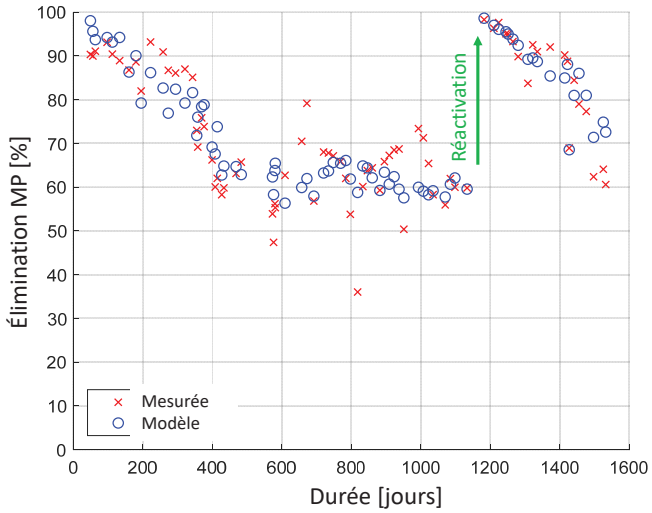
Principaux mécanismes:

1. Transport de substances
   - Diffusion dans l'eau
   - Diffusion dans le grain de CAG
2. Sorption sur le CAG: compétition avec le COD
   - Substances de référence ~1 µg/l
   - COD ~1 mg/l = ~1'000 µg/l (composition?)
3. Débit variable
   - Temps de contact variable
   - Concentration en entrée variable (redissolution par temps de pluie?)
4. Charge du CAG
5. Dégradation biologique

4

Que doit apporter le modèle?

Il doit nous permettre de comprendre l'élimination observée

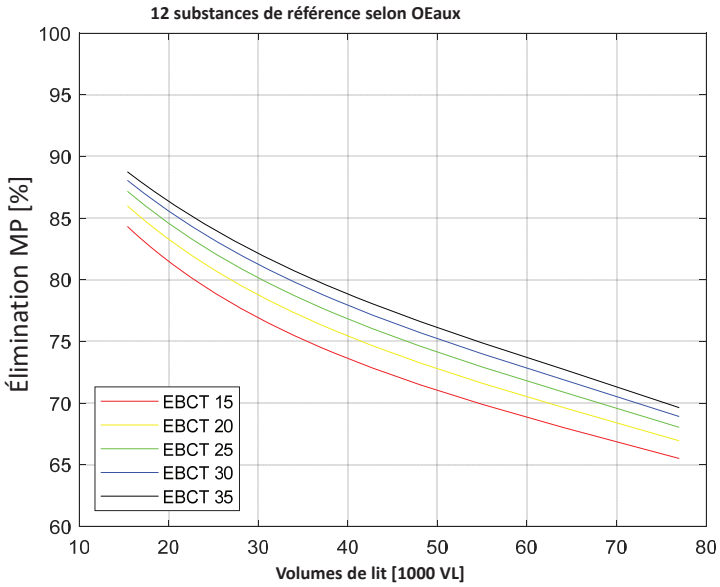


Est réalisé individuellement pour toutes les substances:
Bülach: 21 substances avec suffisamment de données

5

Que doit apporter le modèle?

Il doit nous permettre de traiter des valeurs empiriques pour le dimensionnement



ATTENTION: modèle non validé, adapté uniquement pour Bülach

6

Modèle: premier essai

Nouveau pour Les eaux usées

$$\log(C_{Ablauf}) = (1 - \text{wei}) \cdot \text{Sättigung} + \text{wei} \cdot \textit{Gleichgewicht}$$

$$\text{wei}\,[-] = \frac{1}{1+K_{wei,width}^{\,K_{wei,offset}-\log(AK_{Dosis})-K_C\cdot\log\left(C_{Zulauf}/C_{,mittel}\right)}}$$ Transition sigmoide

$$K_{wei,offset}\left[\log\left(\frac{mgAK}{L}\right)\right] = K_{offset,1}\cdot EBCT^{K_{offset,2}}$$ Influence de $EBCT$ sur wei

$$\text{Saturation}\,[\%] = K_{Sat,slope}\cdot\log(AK_{Dosis}) + K_{Sat,offset}$$ Saturation du CAG

Littérature eau potable

$$\text{Equilibre}\,[\%] = \frac{1}{DOC}\cdot\left(\frac{n_{DOC}}{n_{MV}}\cdot\frac{DOC}{K_{MV}\cdot AK_{Dosis}}\right)^{n_{MV}}$$ Compétition MP/COD Sorption (Knappe 1998)

$$K_{MV} = K_{MVa} + K_{MVb}\cdot\log(EBCT)$$ Isotherme de Freundlich

4 variables

- $C_{Ablauf} = C_{Ablauf,[\frac{mg}{L}]}/C_{Zulauf,[\frac{mg}{L}]}$ concentration résiduelle MP en sortie [%]
- AK_{Dosis}= dose de CAG [mg/l]
- $C,Zulauf$ concentration mesurée en entrée, $C,mittel$ concentration MP moyenne en entrée [microg/l]
- $EBCT$ [min]

10 paramètres d'ajustement

$K_{wei,width}$	Amplitude de la transition entre équilibre et saturation
$K_{offset,1}$, $K_{offset,2}$	Paramètre d'ajustement pour le positionnement de la transition sur l'échelle $\log(AK_{Dosis})$
$K_{Sat,slope}$	Paramètre d'ajustement pour la correction de la pente à saturation
$K_{Sat,offset}$	Concentration résiduelle MP en sortie avec saturation complète
n_{DOC}, n_{MV}	Exposant de Freundlich pour le COD et les MP
K_{MVa}, K_{MVb}	Paramètre d'ajustement pour le calcul de l'isotherme de Freundlich K_{MV} comme fonction de $EBCT$
K_C	Paramètre d'ajustement pondération de $\log(C,Zulauf/C,mittel)$

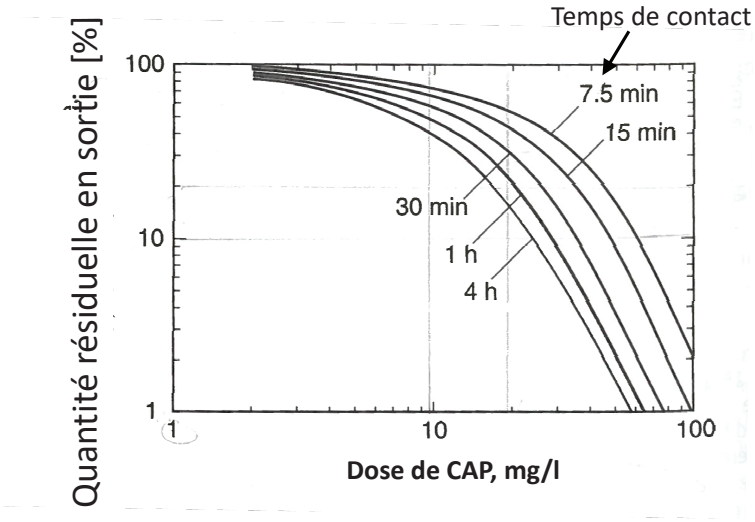
7

8

Photo: Filtre à CAG à la STEP de Bülach lors du vidage

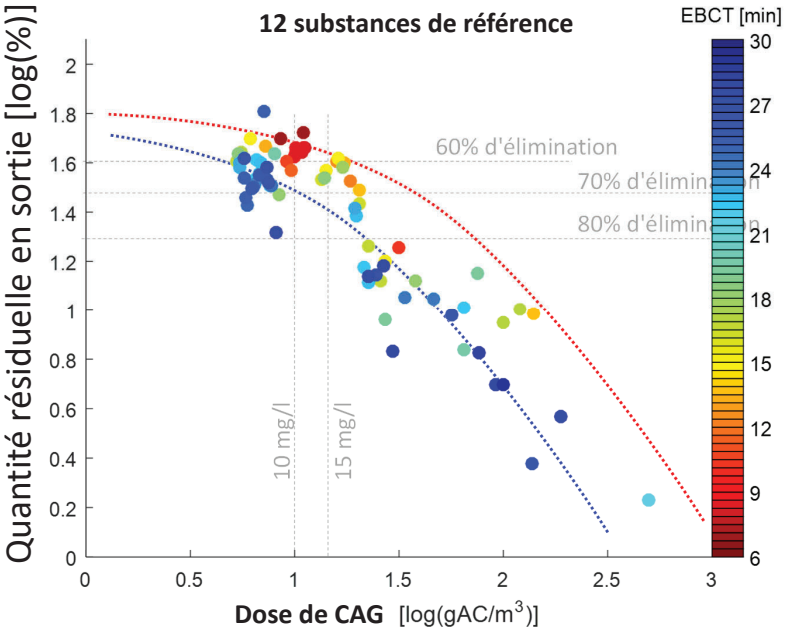
10

Littérature spécialisée: CAP pour l'eau potable



11

STEP de Bülach: valeurs de mesure du filtre 5
Le modèle utilisé pour l'eau potable est-il applicable?



12

Modèle eau potable

$$C_{Ablauf}[\%] = \frac{1}{DOC} \cdot \left(\frac{n_{DOC} \cdot DOC}{n_{MV} \cdot K_{MV} \cdot AK_{Dosis}} \right)^{n_{MV}}$$

Knappe 1998

Grandeurs d'entrée modèle CAP dans eau potable:

- Compétition avec COD (0.5 à 3 mg COD/l)
- Équilibre
- Non linéaire: isotherme de Freundlich

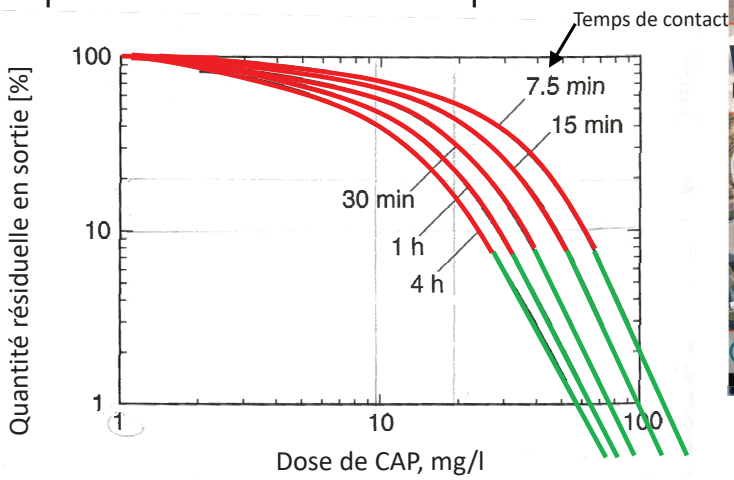
Points ouverts pour l'application CAG

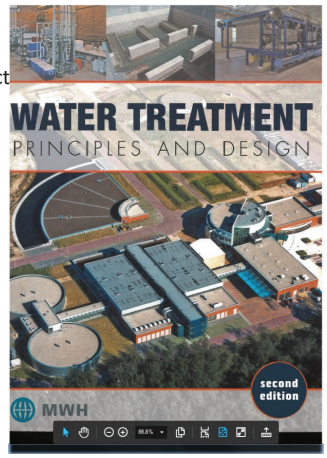
- Temps de contact: équilibre pas totalement atteint
- Dégradation biologique
- Lit de CAG: stratification?
- Concentration en entrée fluctuante
- Le CAG est exploité plus près du degré de saturation

Knappe et. al., Env.Sci.Tech, 1998

13

Littérature spécialisée sur l'eau potable





Couvert par le modèle de la littérature spécialisée (formule Knappe):

- Concurrence avec COD
- Équilibre avec charbon non saturé

Modèle complété

- Saturation du charbon avec dosage plus faible
- Transition de non saturé à saturé
- Dégradation biologique: diminue la quantité résiduelle à saturation
- Concentration en entrée fluctuante: déplace la zone de transition

} manquant

14

Première modèle: code du programme

Définitions de variables

Calculs

```
function MPeffl = GAKmodelFunLin(Param,Values);

n_DOC       =Param(1);  %Freundlich exponent n for DOC; according to Knappe 1998
n_MV        =Param(2);  %Freundlich exponent n for micropollutants; according to Knappe 1998
K_MVa       =Param(3);  %fit parameter for getting K_MV (single solute freundlich isotherm according to Knappe 1998) as function of EBCT
K_MVb       =Param(4);  %fit parameter for getting K_MV (single solute freundlich isotherm according to Knappe 1998) as function of EBCT
K_sat_slope =Param(5);  %Slope of the saturation line; this is a slight correction factor to avoid that the Wei-factor causes an overshooting
K_sat_offset=Param(6);  %Offset of the saturation line
K_1         =Param(7);  %fit parameter for the effect of EBCT on the transition non-saturation to saturation
K_2         =Param(8);  %fit parameter for the effect of EBCT on the transition non-saturation to saturation
K_wei_width =Param(9);  %fit parameter for the width of the transition from non-saturation to saturation
K_C       =Param(10);   %fit parameter for weighting the importance of log(C,in/C,average)

K_MV=K_MVa+K_MVb*log10(Values(:,3));
K_wei_offset = K_1.*    Values(:,3).^K_2;
Equil=   1./    Values(:,2).*((n_DOC/n_MV.*                 Values(:,2)./K_MV./    Values(:,1)).^n_MV);  %modell Knappe 1998, equation 6
Satur = K_sat_slope.*log10(Values(:,1))+K_sat_offset;
C_avg = mean(Values(:,4));
Wei = 1./(1+K_wei_width.^(K_wei_offset-log10(Values(:,1))-K_C*log10(Values(:,4)/C_avg)));
MPeffl = 10.^((1-Wei).*Satur + Wei.*Equil);
```

15