#### Ozone/CAG: un procédé combiné performant



21 juin 2021 PEAK 1

### Structure

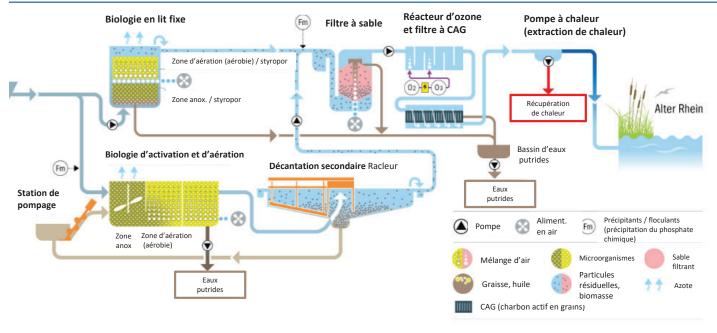


- Situation initiale
- Présentation du procédé
- Essai de charbons
- Expériences à l'échelle industrielle
- Coûts
- Ecotoxicologie
- Biodémonstration

### Épuration des eaux usées



15 Christoph Egli



21. Juni 2021 PEAK 3

### Situation initiale



- Participation au processus de planification
- Étude de variantes / procédés
- Décisions de principe
  - Dimensionnement
  - Intégration dans l'installation existante
- Essai pilote / résultats

### Étude de variantes / procédés



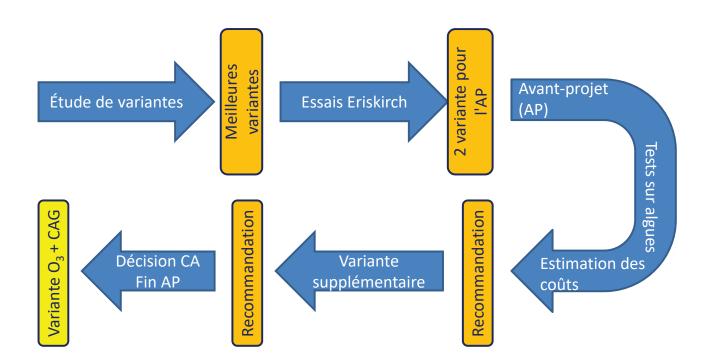
| Kriterien  | Ozo                                     | nung  | Aktivkohle-Verfahren  |   |   |  |   |  |  |                                    | Kombination Ozonung und Aktivkohle                         |  |  |
|--|---|---|---|---|---|--|---|--|--|------------------------------------|--|--|--|
|  | Ozonung +<br>Sandfilter<br>(dazwischen) | Ozonung +<br>Wirbelbett<br>(nachgeschaltet) | Ulmer-Verfahren mit<br>Rückführung der PAK<br>in die Biologie<br>(mit bestehendem Filter<br>als Polizeistufe) | Ulmer-Verfahren ohne<br>Rückführung der PAK in<br>die Biologie<br>(mit bestehendem Filter<br>als Polizeistufe)            | PAK-Dosierung auf<br>Sandfilter mit<br>Rückführung in die<br>Biologie<br>(Kloten-Opfikon) | PAK-Direktdosierung<br>in die Biologie                 | ActifloCarb® +<br>Sandfilter<br>(am Schluss)  | PAK-Verfahren mit<br>Membran<br>(am Schluss) | Granulierte<br>Aktivkohle  | Ozonung und granulierte Aktivkohle | Ozonung und<br>granulierte Aktivkohle<br>(nach Sandfilter) |  |  |
| Leistung der bisherigen<br>Pilotversuche oder<br>Realisierung erbracht         | +                                       | -   | - wenn zwischen Ablauf Biofilter/NKB und<br>Sandfilter  |   | Erfahrung mit Dynasandfilter fehlt komplett (Versuche mit 2- Schicht-Filtration)          |  | - Dimgrösse +<br>Betriebskosten wenig<br>Erfahrung<br>= wenn vor<br>Dynasand positioniert | =  | Leistung von<br>Anlagen in D müsste<br>80% Elimination auf<br>Indikatorsubstanzen<br>zeigen (noch nicht) | -                                  | -  |  |  |
| Zu behandelnde<br>Abwassermenge +<br>Flächenbedarf                             | +                                       | -   | -   | -   | -   |  | =   | -  | -  | =                                  | =  |  |  |
| Implementierung in<br>bestehendes Layout                                       | +                                       | +   | +<br>mann kann es<br>realisieren  | +   | +   | rden kann  | +   | +  | +  | +                                  | +  |  |  |
| Beeinflussung der<br>bestehenden Anlage<br>(Biologie und<br>Schlammbehandlung) | +                                       | +   | -   | - da keine ÜSS- Entwässerung vorhanden a) Eindickung über VKB (Gefahr PAK in Biofilter) b) eigene PAK- Entwässerung nötig | -   | Nort empfohlen, da nicht Gesamtzulauf behandelt werden | -   | =  | •  | •                                  | +  |  |  |
| Flächenbedarf für<br>Peripherie  | -                                       | -   | •   | +   | •   | nicht Gesamt   | -   | -  | +  | -                                  | -  |  |  |
| Energieverbrauch auf<br>ARA (ohne<br>Primärenergie PAK)                        | -                                       | -   | +   | +   | +   | mpfohlen, da ı   | -   | -  | +  | =                                  | =  |  |  |
| Aufwand für Betrieb<br>(inkl. Wartung/Aufwand)                                 | Messtechnik +<br>Aggregate              | Messtechnik +<br>Aggregate                  | -   | =   | +   | Nichte   | -   | -  | •  | -                                  | -<br>Messtechnik +<br>Aggregate                            |  |  |
| Prozessrisiko und<br>Arbeitssicherheit)  | =                                       | =   | =<br>zusätzliches<br>Prozessrisiko für<br>Biofilter   | =   | weil Prozesssicherheit reduziert -> Doppelnutzung   |  | =   | =  | +  | =                                  | =  |  |  |
| Flexibilität   | +                                       | +   | -   | =   | -<br>nachträglicher Bau<br>von Filter nötig   |  | +   | +  | +  | +                                  | +  |  |  |
| Total*   | 11                                      | 8   | 11  | 10  | 9   |  | 8   | 7  | 15   | 10                                 | 10   |  |  |
| Entscheid  | ja                                      |   |   |   |   |  |   |  |  |                                    | ja   |  |  |

<sup>- = 0</sup> Punkte = = 1 Punkt

21. Juni 2021 PEAK 5

#### Processus d'évaluation de la meilleure solution



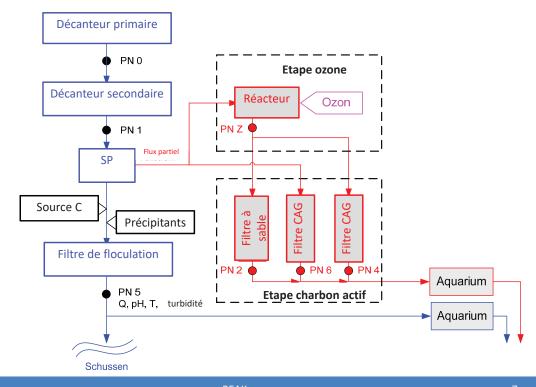


<sup>= = 1</sup> Punkt + = 2 Punkte

### Essai pilote



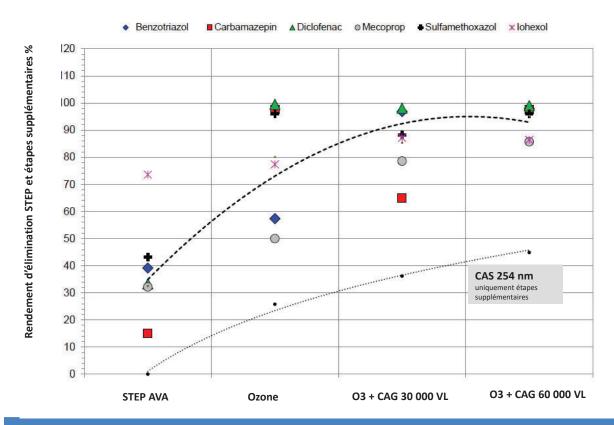
#### Essais Eriskirch (projet SchussenAktivplus; 25.11.2014)



 21. Juni 2021
 PEAK
 7

## Élimination des composés traces

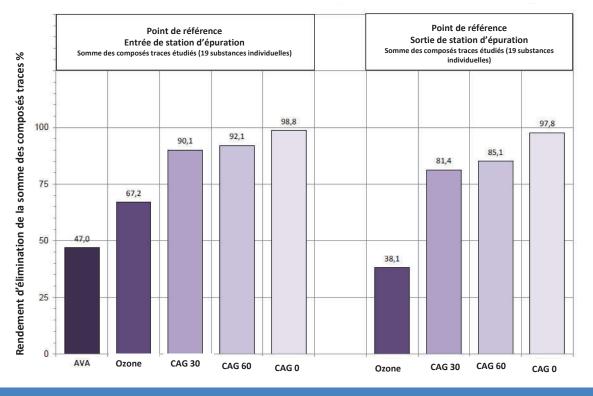




### Rendement avec 0.3mg O<sub>3</sub>/mg COD



#### Altenrhein / STEP d'Eriskirch - Rendement d'élimination de tous les composés traces étudiés



21. Juni 2021 PEAK 9

### Présentation du procédé

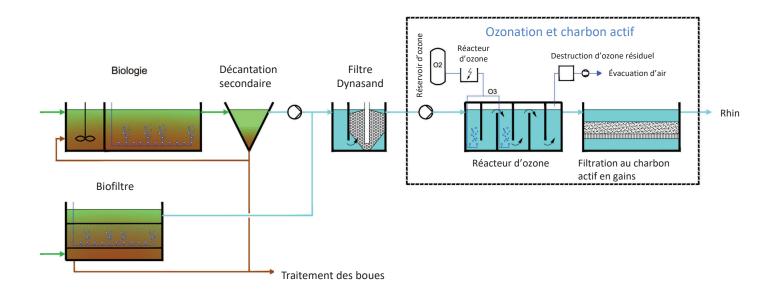


- Concept
- Schéma fonctionnel
- Paramètres de dimensionnement

### Concept



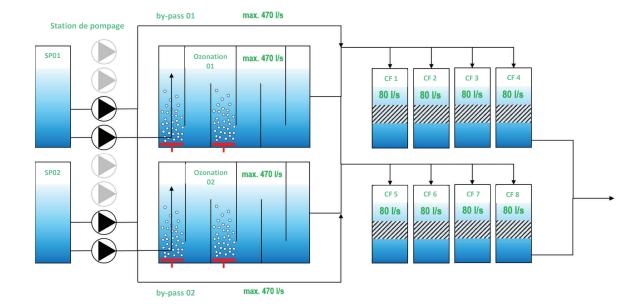
15 Christoph Egli



21. Juni 2021 PEAK 11

### Schéma fonctionnel





### Dimensionnement



#### Conception étape EMP:

- Traitement de flux partiel
- $Q_{dim} = 470 \text{ l/s} = 2.5 Q_{TS}$

#### · Hydraulique:

- Charge et sortie avec 470 l/s, redondante
- Charge ozonation avec 470 l/s par ligne possible (équipement pour 470 l/s)
- Équipement filtre à CAG pour 470 l/s

#### Ozonation:

- 2 générateurs redondants pouvant couvrir les charges polluantes suivantes:
  - 0.1 / 0.2\* / 0.3\* / 0.5 / 0.8 gO<sub>3</sub>/gCOD (\*= optimisé en énergie)
  - Toutes les charges polluantes avec un traitement de flux partiel de 470 l/s
- Pilotage / régulation
  - · Proportionnel à Q
  - Dépend de l'absorbance UV ou des «UV» et de la charge de nitrite
  - Dépend de la teneur en ozone résiduel dans les eaux usées ou dans les effluents gazeux

21. Juni 2021 PEAK 13

### Dimensionnement



|             |                                 |          | Q = 2.5 Q <sub>Ts,</sub> | VSA        | Q = Q <sub>moyenne</sub> |            |  |
|-------------|---------------------------------|----------|--------------------------|------------|--------------------------|------------|--|
| Paramètre   | es .                            |          | 6 cellules               | 8 cellules | 6 cellules               | 8 cellules |  |
|             |                                 |          | en service               | en service | en service               | en service |  |
|             | Q                               | [l/s]    | 470                      | 470        | 256                      | 256        |  |
|             | Cellules filtrantes actives     | [-]      | 6                        | 8          | 6                        | 8          |  |
|             | Cellules filtrantes inactives   | [-]      | 2                        | 0          | 2                        | 0          |  |
|             | Q par cellule filtrante         | [l/s]    | 78.3                     | 58.8       | 42.7                     | 32.0       |  |
| sélectionné | Surface par cellule filtrante   | [m2]     | 47.25                    | 47.25      | 47.25                    | 47.25      |  |
| sélectionné | Surface filtrante totale active |          | 283.5                    | 378.0      | 283.5                    | 378.0      |  |
| calculé     | Vitesse de filtration vf        | [m/h]    | 5.97                     | 4.48       | 3.25                     | 2.44       |  |
|             |                                 |          |                          |            |                          |            |  |
| sélectionné | h_CAG (hauteur de déversement   | min.)[m] | 1.55                     | 1.55       | 1.55                     | 1.55       |  |
| calculé     | EBCT (directive ≥ 15 min.)      | [min]    | 15.6                     | 20.8       | 28.6                     | 38.1       |  |

### Essai de charbons

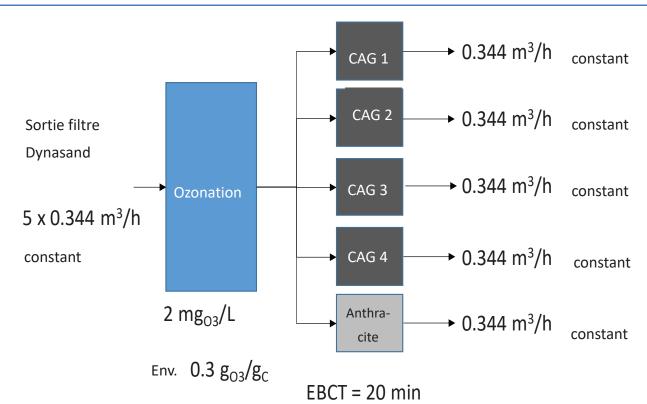


- Concept de l'installation pilote
- Données de mesure CAS / substances de référence
- Élimination O<sub>3</sub> / CAG

21. Juni 2021 PEAK 15

### Concept de l'installation pilote





### Expériences à l'échelle industrielle

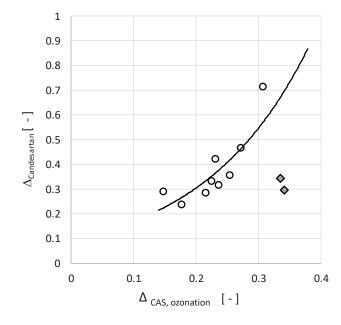


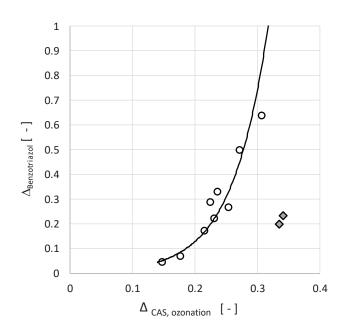
- Corrélation CAS / composés traces spéc.
- Types d'exploitation O<sub>3</sub> / CAG
- Rendement

21. Juni 2021 PEAK 17

### Corrélation CAS / mesures spéc.







### Types d'exploitation



#### **Ozonation:**

- De septembre 2019 (mise en service) à février 2020: proportionnelle à Q avec 0.3gO3/gCOD; deux lignes
- De mars 2020 à octobre 2020: proportionnelle à Q avec 0.2gO3/gCOD; deux lignes
- De novembre 2020 à décembre 2020: proportionnelle à Q avec 0.1gO3/gCOD; une
- À partir de janvier 2021: delta UV avec valeur théorique de 10% (0.1gO3/gCOD); une ligne

#### Filtre à CAG

À partir de septembre 2019 (mise en service) jusqu'à aujourd'hui avec 7 cellules en service continu, 1 cellule en standby

PEAK 21. Juni 2021

Rendement Résultats Envilab (25.05.2021)



|                        |          |                          |            | 27.+28.02.2021                 |                                |                    |             |                          |            | 07.+08.                 | 04.2021            |                       | 09.+10.05.2021                 |                         |                    |            |
|------------------------|----------|--------------------------|------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------|--------------------------|------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------|------------|
|                        |          |                          |            | Échantillons composites de 48h |                                |                    |             |                          | Écha       | ntillons com            | positeș de 4       | 18h                   | Échantillons composites de 48h |                         |                    |            |
|                        |          | Prélèvement:<br>N° prél. |            | rtie DP                        | Entrée<br>ozon.<br><b>0991</b> | Entrée CAG<br>0992 | Sortie STEP |                          | Sortie DP  | Entrée<br>ozon.<br>1904 | Entrée CAG<br>1905 | Sortie STEP           | Sortie DP                      | Entrée<br>ozon.<br>2548 | Entrée CAG<br>2549 | Sortie STE |
|                        |          | Amisulprid               |            | 0.23                           | 0.22                           | 0.17               | <0.01       |                          | 0.31       | 0.28                    | 0.23               | <0.01                 | 0.35                           | 0.29                    | 0.23               | <0.0       |
|                        |          | Carbamazepin             |            | 0.27                           | 0.24                           | 0.09               | 0.01        |                          | 0.32       | 0.31                    | 0.14               | 0.01                  | 0.32                           | 0.31                    | 0.18               | 0.         |
| ٦,                     |          | Citalopram               |            | 0.09                           | 0.11                           | 0.08               | <0.01       |                          | 0.11       | 0.11                    | 0.09               | <0.01                 | 0.14                           | 0.10                    | 0.08               | <0         |
| ž                      |          | Clarithromycin           |            | 0.10                           | 0.11                           | 0.07               | <0.01       |                          | 0.09       | 0.10                    | 0.08               | <0.01                 | 0.08                           | 0.06                    | 0.04               | <0         |
| sen                    | Groupe 1 | Diclofenac               |            | 1.73                           | 1.21                           | 0.41               | <0.01       |                          | 1.61       | 1.36                    | 0.59               | <0.01                 | 2.42                           | 1.48                    | 0.81               | <0         |
| io                     |          | Hydrochlorothiazid       |            | 0.76                           | 0.81                           | 0.64               | 0.05        |                          | 1.02       | 0.83                    | 0.76               | 0.04                  | 1.15                           | 0.89                    | 0.75               | 0          |
| trat                   |          | Metoprolol               |            | 0.09                           | 0.08                           | 0.06               | <0.01       |                          | 0.09       | 0.07                    | 0.06               | <0.01                 | 0.12                           | 0.08                    | 0.08               | <(         |
| Concentrations en µg/L |          | Venlafaxin               |            | 0.18                           | 0.19                           | 0.15               | 0.01        |                          | 0.20       | 0.20                    | 0.16               | 0.01                  | 0.29                           | 0.22                    | 0.18               | <(         |
| Š                      |          | Benzotriazol             |            | 5.48                           | 5.97                           | 5.13               | 1.35        |                          | 16.10      | 9.05                    | 7.99               | 0.95                  | 15.20                          | 2.78                    | 2.41               | 1          |
|                        | ,        | Candesartan              |            | 0.72                           | 0.68                           | 0.52               | 0.14        |                          | 0.74       | 0.74                    | 0.59               | 0.20                  | 0.93                           | 0.75                    | 0.60               | (          |
|                        | Groupe 2 | Irbesartan               |            | 0.59                           | 0.58                           | 0.45               | 0.04        |                          | 0.69       | 0.69                    | 0.55               | 0.06                  | 0.78                           | 0.57                    | 0.47               |            |
|                        |          | Methylbenzotriazol       |            | 1.20                           | 1.47                           | 1.16               | 0.17        |                          | 12.50      | 9.95                    | 7.75               | 0.11                  | 2.27                           | 1.14                    | 0.96               | (          |
|                        |          |                          |            |                                |                                |                    |             |                          |            |                         |                    |                       |                                | 1                       |                    |            |
|                        |          |                          |            | F                              | limination                     | Elimination        | Elimination |                          |            | Elimination             | Elimination        | Elimination           |                                | Elimination             | Elimination        | Eliminati  |
|                        |          |                          |            |                                | oio + ozone                    | O3+CAG             | totale      |                          |            | bio + ozone             | O3+CAG             | totale                |                                | bio + ozone             | O3+CAG             | totale     |
|                        |          | Amisulprid               |            |                                | 27%                            | >96%               | >96%        |                          |            | 24%                     | >96%               | >97%                  |                                | 35%                     | >97%               | >9         |
|                        |          | Carbamazepin             |            |                                | 67%                            | 94%                | 95%         |                          |            | 56%                     | >96%               | 96%                   |                                | 46%                     | >93%               | >9         |
|                        |          | Citalopram               |            |                                | 10%                            | >91%               | >89%        |                          |            | 14%                     | >91%               | >91%                  |                                | 42%                     | >90%               | >(         |
|                        |          | Clarithromycin           |            |                                | 28%                            | >91%               | >90%        |                          |            | 15%                     | >90%               | >89%                  |                                | 42%                     | >84%               | >{         |
| %                      | Groupe 1 | Diclofenac               |            |                                | 77%                            | >99%               | >99%        |                          |            | 63%                     | >99%               | >99%                  |                                | 66%                     | >99%               | >1(        |
| e en                   |          | Hydrochlorothiazid       |            |                                | 16%                            | 94%                | 93%         |                          |            | 26%                     | 96%                | 96%                   |                                | 34%                     | 93%                |            |
| <u>e</u>               |          | Metoprolol               |            |                                | 30%                            | >87%               | >89%        |                          |            | 26%                     | >87%               | >89%                  |                                | 38%                     | >88%               | >!         |
| n<br>L                 |          | Venlafaxin               |            |                                | 17%                            | 94%                | 93%         |                          |            | 20%                     | 95%                | 95%                   |                                | 36%                     | 96%                |            |
| Elimination cumulée    |          | Benzotriazol             |            |                                | 6%                             | 77%                | 75%         |                          |            | 50%                     | 89%                | 94%                   |                                | 84%                     | 29%                | >{         |
| aţi                    | Crounc 3 | Candesartan              |            |                                | 27%                            | 80%                | 81%         |                          |            | 21%                     | 73%                | 74%                   |                                | 35%                     | 72%                | >7         |
| Ē                      | Groupe 2 | Irbesartan               |            |                                | 24%                            | 93%                | 93%         |                          |            | 20%                     | 92%                | 92%                   |                                | 40%                     | 94%                | >9         |
| <u> </u>               |          | Methylbenzotriazol       |            |                                | 3%                             | 89%                | 86%         |                          |            | 38%                     | 99%                | 99%                   |                                | 58%                     | 74%                | >          |
|                        |          |                          | Valeur mov | venne                          | 28%                            | >90%               | >90%        | Val                      | eur movenn | 31%                     | >92%               | >93%                  | Valeur moven                   | 46%                     | >84%               | >          |
|                        |          |                          |            | EMP selon calcul AWEL >91%     |                                |                    |             | EMP selon calcul AWEL >9 |            |                         |                    | EMP selon calcul AWEL |                                |                         |                    |            |

### Coûts



- Coûts d'investissement
- Coûts d'exploitation

 21. Juni 2021
 PEAK
 21

## Ecotoxicologie



- Conclusions des essais pilotes
- Impacts écotoxicologiques de différents traitements complémentaires (projet soutenu par l'OFEV)

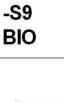
### Toxicité sur les algues

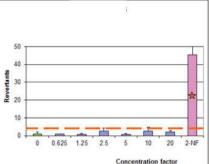


| Paramètres                              | Unité  | BIO<br>0932 | SF<br>0933        | BIO-<br>0.5-<br>DYN<br>0957 | BIO-<br>0.8-<br>DYN<br>0958 | SF-<br>0.3-<br>GAK<br>NEU<br>0959 | SF-<br>0.3-<br>GAK<br>DD<br>0960 | SF-<br>0.5-<br>GAK<br>DD<br>0961 | SF-<br>0.5-<br>GA-<br>KER<br>0962 |  |
|---|--|-------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--|
| Benzotriazol µg/L                       |  | 13.5        | 12.3              | 3.25                        | 0.33                        | 0.02                              | 0.34                             | 0.13                             | 0.60                              |  |
| Carbamazepin                            | μg/L   | 0.54        | 0.55 <b>0.8</b> r |                             | ngO <sub>3</sub> /n         | ngDO                              | С                                |                                  |                                   |  |
| Diclofenac                              | μg/L   | 2.2         | 2.4               |                             |                             | 0.3                               | 3 mgO                            | mgDOC                            |                                   |  |
| Mecoprop                                | µg/L   | 0.11        | 0.09              | 0.03                        |                             |                                   | 0.01                             |                                  | 0.02                              |  |
| Sulfamethoxazol                         | μg/L   | 0.12        | 0.24              |                             |                             |                                   |                                  |                                  |                                   |  |
| Clarithromycin                          | μg/L   | 0.65        | 0.63              | 0.02                        | 0.02                        |                                   |                                  |                                  |                                   |  |
| Metoprolol                              | μg/L   | 0.22        | 0.21              |                             |                             |                                   |                                  |                                  | 0.02                              |  |
| Rendement d'élimination benzotriazole   | %  | -           | 1500              | 76                          | 97                          | 99                                | 97                               | 99                               | 95                                |  |
| Rendement<br>d'élimination moyen        | %  | -           |                   | >85                         | >98                         | >98                               | >98                              | >98                              | >98                               |  |
| Photosynthèse algues<br>(avec SPE), 2h  | Concentration en équivalents<br>diuron (DEQ) (ng/I)* | 125         | 76                | 36                          | 19                          | 34                                | 12                               | 34                               | 25                                |  |
| Photosynthèse algues<br>(avec SPE), 24h | Concentration en équivalents<br>diuron (DEQ) (ng/l)* | 700         | 607               | 137                         | 75                          | 92                                | 32                               | 71                               | 53                                |  |

21. Juni 2021 PEAK 23

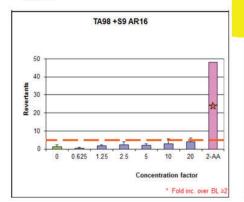
## Test d'Ames sur la mutagénicité Source: Mesures du 5.9.92018



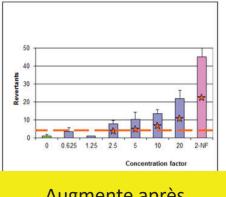


\* Fold inc. over BL ≥2

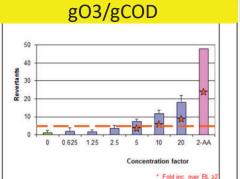
+S9 BIO



#### OZO

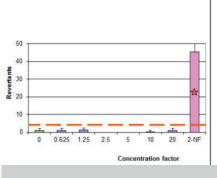


## Augmente après ozonation avec 0.29



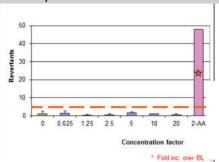
Mesures du 5.9.92018 Cornelia Kienle + Etienne Vermeirssen Centre Ecotox Dübendorf

#### CAG



# Plus aucune mutagénicité mesurable

#### après le filtre au CAG



Cours PEAK-VSA V51/21

22 / 23 juin 2021

12/15

### Poursuite du projet



#### Objectif:

Evaluation du procédé / optimisation / dimensionnement

#### Intérêts:

- Div. problématiques (p. ex. importance du traitement complémentaire)
- Différentes parties prenantes

#### Concept de mesure:

- Test d'Ames (mutagénicité)
- Test algues combiné (photosynthèse et croissance des algues)
- Test de reproduction avec des daphnies

21. Juni 2021 PEAK 25

### **Biodémonstration**



- Idée
- Essai pilote
- Exécution à l'échelle industrielle
- Expériences d'exploitation

### Essai pilote



#### Pisciculture (phase 1)

- 2 espèces
- comptant chacune 25 spécimens
- 12 mois

#### Objectif:

- Évaluation de la santé des poissons
- Surveillance à long terme de l'installation EMP
- Conformité et compatibilité des poissons avec les produits alimentaires

#### Pisciculture (phase 2)

- Corégones
- 120 spécimens
- env. 9 mois

21. Juni 2021 PEAK 27

### Installation à l'échelle industrielle



#### Pisciculture (phase 1): env. 2j/a

Corégones / ombles

#### Objectif:

- Expérience du processus
- Rentabilité
- Synergies / détermination du potentiel

#### Pisciculture (phase 2): env. 100j/a

Traitement du projet / faisabilité

### Récapitulatif



- L'installation à l'échelle industrielle fait ses preuves.
- Les résultats sont corrèlés avec l'installation pilote.
- Le procédé combiné offre divers avantages.
- Plusieurs questions encore en suspens (installation pilote / projet OFEV).

21. Juni 2021 PEAK 29



Abwasserverband Altenrhein Postfach 55 Wiesenstrasse 32 CH-9423 Altenrhein

Tel: +41 71 858 67 67 Fax: +41 71 858 67 77 www.ava-altenrhein.ch

