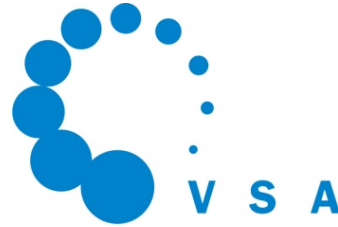


Verband Schweizer
Abwasser- und
Gewässerschutz-
fachleute

Association suisse
des professionnels
de la protection
des eaux

Associazione svizzera
dei professionisti
della protezione
delle acque

Swiss Water
Pollution Control
Association



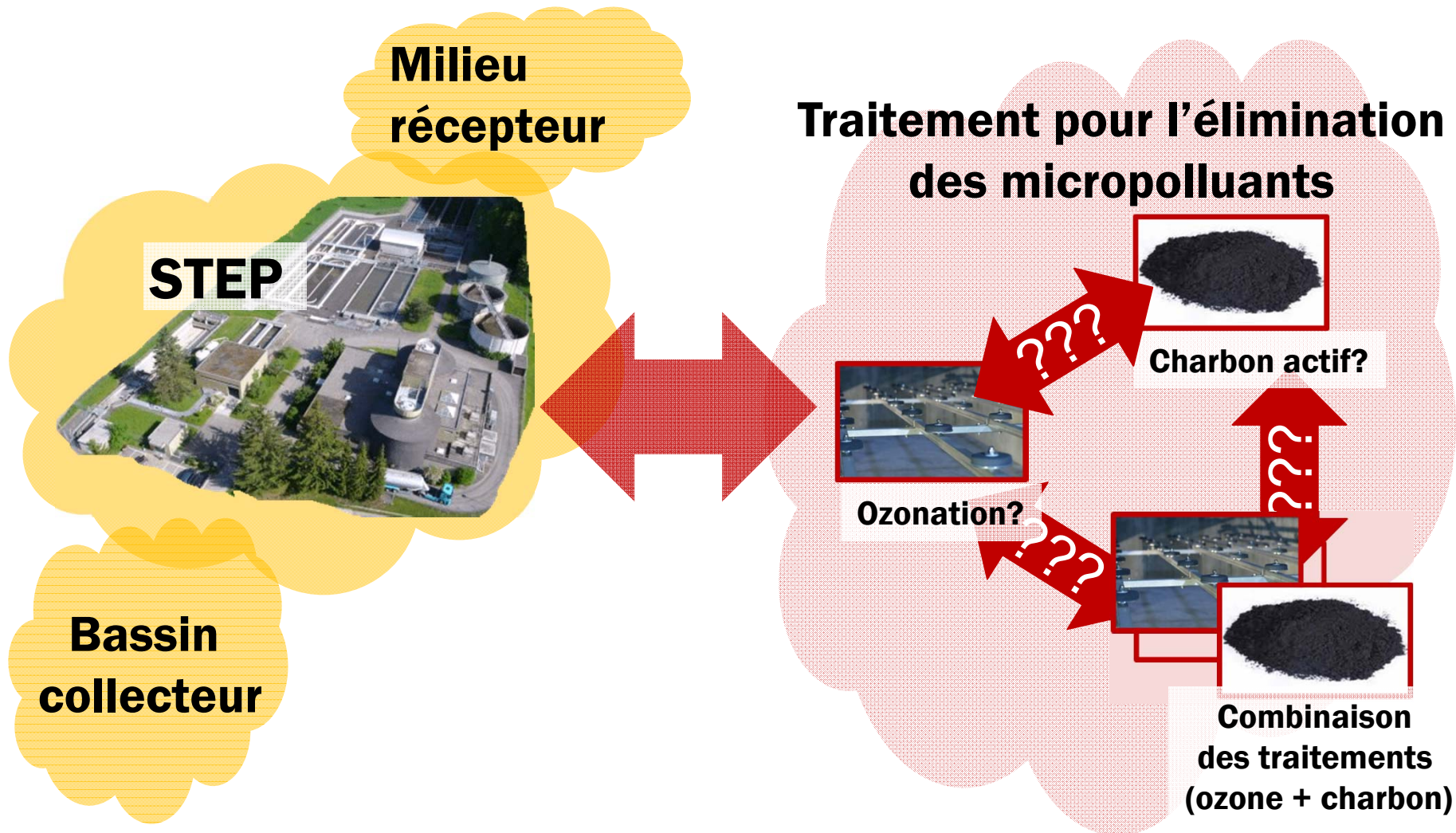
Vue d'ensemble et choix des techniques de traitement

Julie Grelot, Pascal Wunderlin

Plateforme VSA «Techniques de traitement des micropolluants»

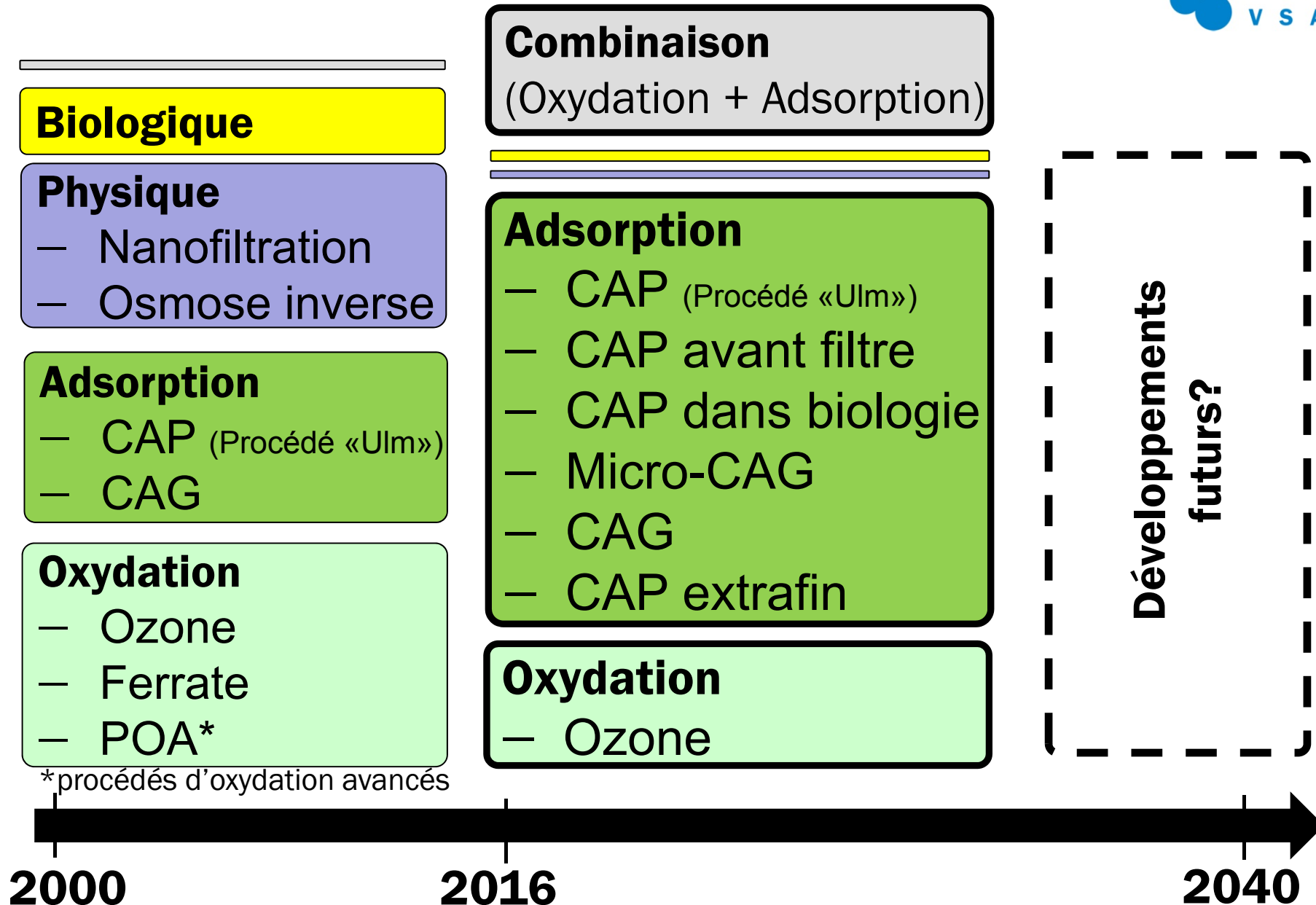
Elimination des micropolluants – Mise en œuvre de la législation sur la protection des eaux: le bilan, un an après

Lausanne, 21 mars 2017

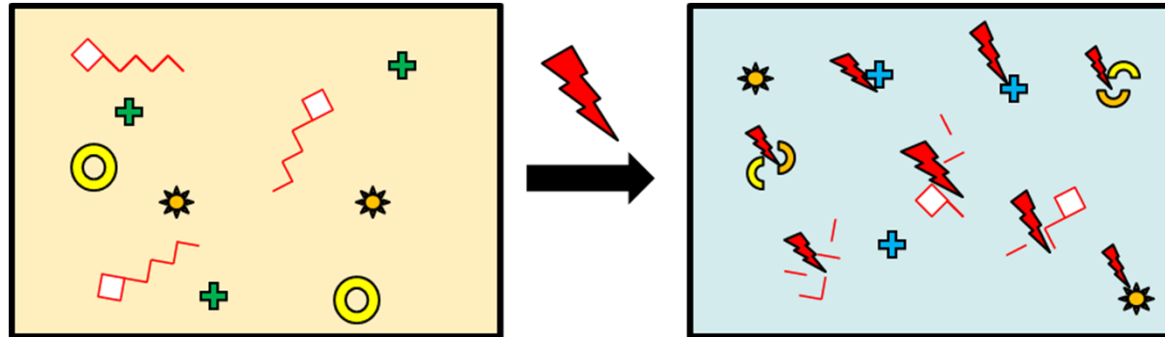


- **Etat actuel et tendances ?**
- **Points importants lors du choix de la technique de traitement?**

Etat actuel et tendances



Généralités sur l'ozonation



Tenir compte des conditions cadres!
Sinon risque de former des produits de réaction problématiques

- Les composés traces sont détruits → produits de transformation sans effets sur l'environnement
- Autres substances (organiques et minérales) présentes réagissent aussi avec l'ozone → produits de réaction sans effets
- Avec des eaux usées problématiques, possibilité de formation de produits de réaction toxiques et persistants (p.ex. bromate)
→ **à clarifier soigneusement et au préalable**

Vérfications adéquatation de l'ozonation (recommandation du VSA)



Recommandation VSA
Vérfications relatives à l'adéquatation du processus d'ozonation
 Glarbrugg, le 6 Mars 2017

Contexte
 L'introduction de nouvelles substances dans le cycle de vie des produits peut entraîner l'apparition de nouveaux micropolluants. Ces substances peuvent être dégradées par le processus d'ozonation, mais certaines peuvent résister à l'ozonation et même être transformées en sous-produits d'oxydation indésirables.

Procédure
 La procédure est décrite en 4 étapes :
 (1) Etude du bassin versant
 (2) Mesures à l'entrée de l'ozonation planifiée
 (3) Analyses chimiques
 (4) Bioessais

Rédaction : P. Wunderlin (VSA)
Suivi technique : Ch. Abegglen (VSA), E. Durisch-Kaiser (AWEL), Ch. Götz (Envilab), A. Joss (EAWAG), C. Kienle (Centre Ecotox), M. Langer (Centre Ecotox), A. Peter (WVZ), S. Santiago (Soluval), F. Soltermann (EAWAG, désormais OFEV), U. von Gunten (EAWAG), M. Weil (ECT), S. Zimmermann-Steffens (OFEV)

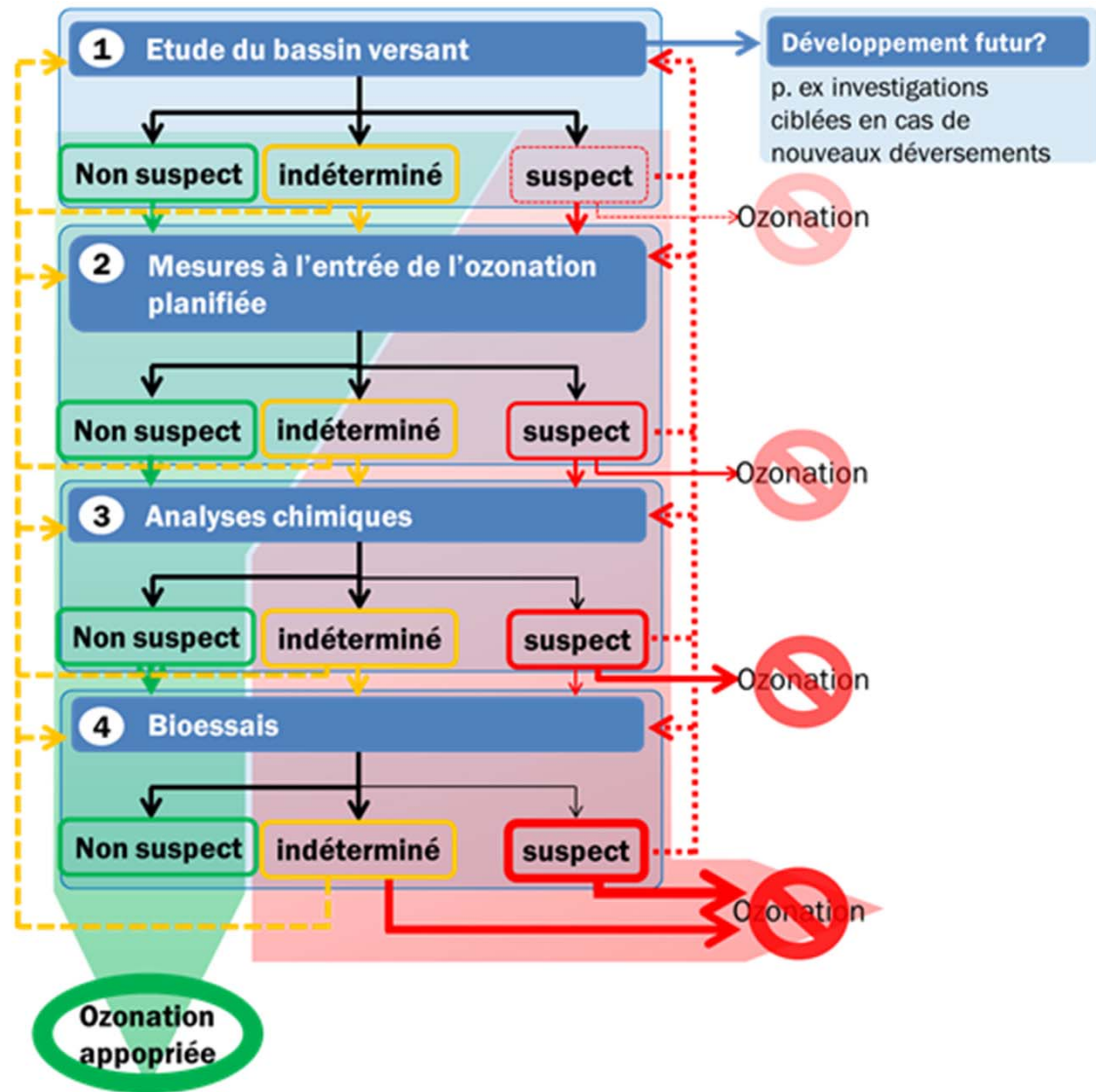
Recommandation
 Lorsqu'une ozonation est envisagée, le VSA recommande de réaliser ces vérifications de manière anticipée et exhaustive. Si les eaux usées se révèlent être inappropriées et que l'ozonation est écartée, les vérifications peuvent être interrompues de manière anticipée.

Résumé
 Avec une étape de traitement supplémentaire visant à éliminer les micropolluants, un large spectre de substances est éliminé des eaux usées et la qualité de l'eau est ainsi améliorée de manière significative. Parmi les procédés qu'il est possible d'appliquer, l'adsorption sur charbon actif ou l'ozonation sont actuellement disponibles. Nous savons que certaines eaux usées ne conviennent pas à un traitement par ozonation, notamment en cas de rejets importants d'eaux usées industrielles ou commerciales. Dans de tels cas, des sous-produits d'oxydation indésirables peuvent être formés. Si les concentrations élevées, ce qui doit être évité. Par conséquent, il convient d'examiner soigneusement les eaux usées avant de commencer l'ozonation. Les aspects spécifiques conviennent à l'ozonation. Parmi ces aspects, tels que le coût énergétique, le point de vue de la sécurité, etc., doivent être pris en compte dans le choix du traitement.

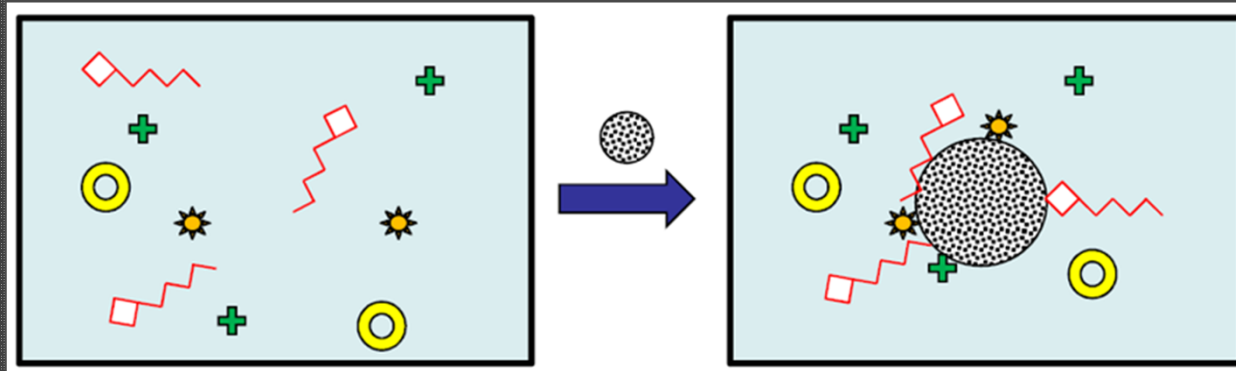
Marché à suivre
 La structure de ces vérifications est décrite en détail ci-après. Les vérifications sont effectuées en plusieurs étapes et se répartissent dans les catégories suivantes :

(1) Etude du bassin versant
 (2) Mesures à l'entrée de l'ozonation planifiée
 (3) Analyses en laboratoire
 (4) Bioessais

Publié prochainement



Généralités sur le charbon actif



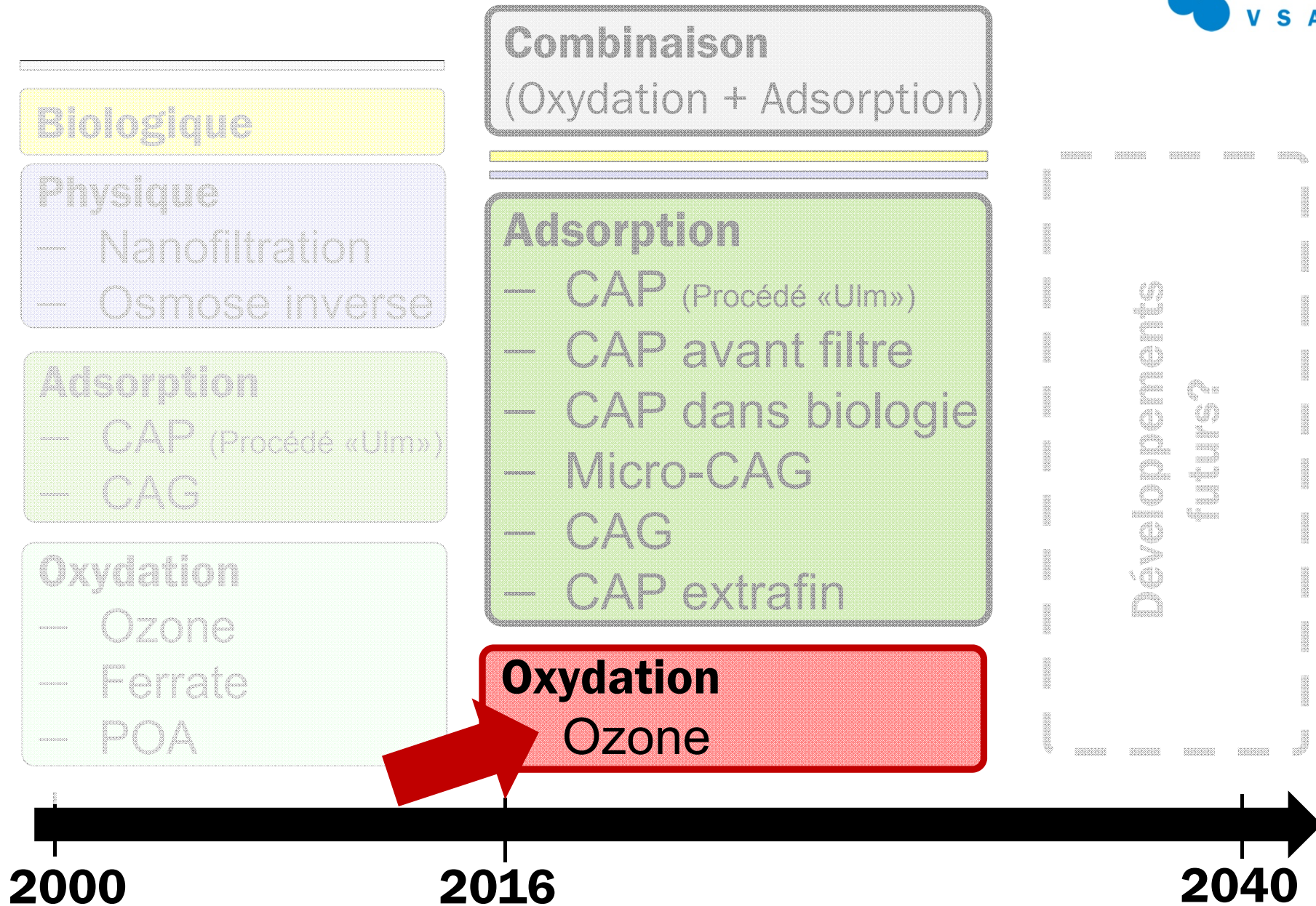
- Les composés traces se fixent à la surface du charbon actif (**adsorption**)
- D'autres substances organiques s'adsorbent aussi au charbon actif (**concurrence**)
- Le charbon actif est (i) recirculé dans la biologie et **incinéré** avec les boues ou (ii) **régénéré et réutilisé**

Le charbon actif (CAP, micro-CAG) doit si possible être intégralement séparé des eaux usées épurées: **Les pertes de CAP doivent absolument être minimisées autant que possible.**

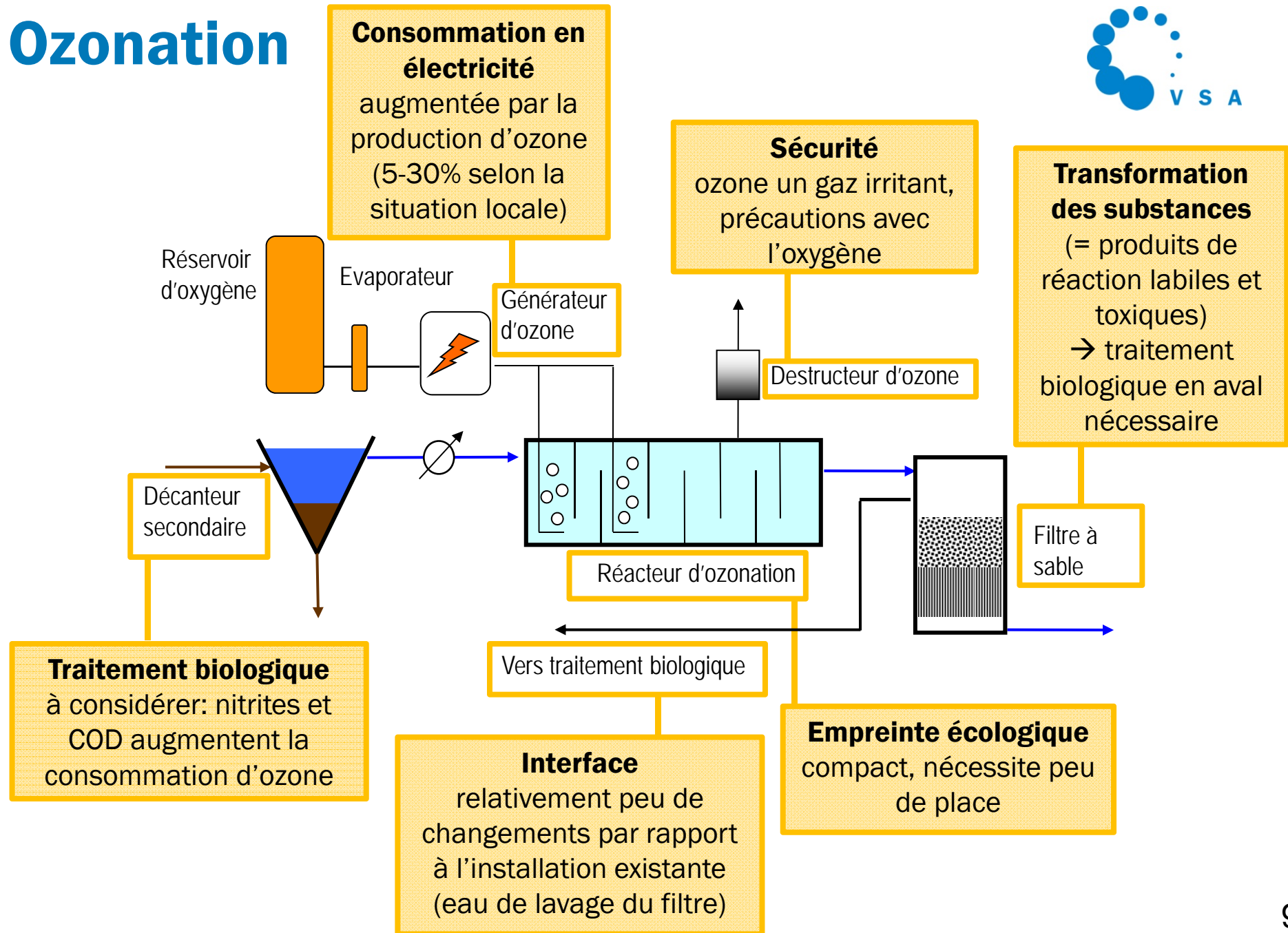
Caractérisation du charbon actif

- ✓ Grande surface spécifique : 800-1'200 m²/g
- ✓ Diverses matières premières de base: charbon ou lignite, bois, tourbe, diverses écorces de fruits (p.ex. noix de coco)
- ✓ Différents produits et granulométries :
 - Charbon actif en grains (CAG): 0.6-2.4 mm
 - Charbon actif en micro-grains (micro-CAG) : 0.3-0.5 mm
 - Charbon actif en poudre (CAP): 20-50 µm
 - Charbon actif «super»-fin: < 1 µm
- ✓ Divers charbons actifs sur le marché: paramètres «traditionnels» (comme indice d'iode etc.) ne sont pas pertinents pour évaluer le charbon actif dans le domaine des eaux usées

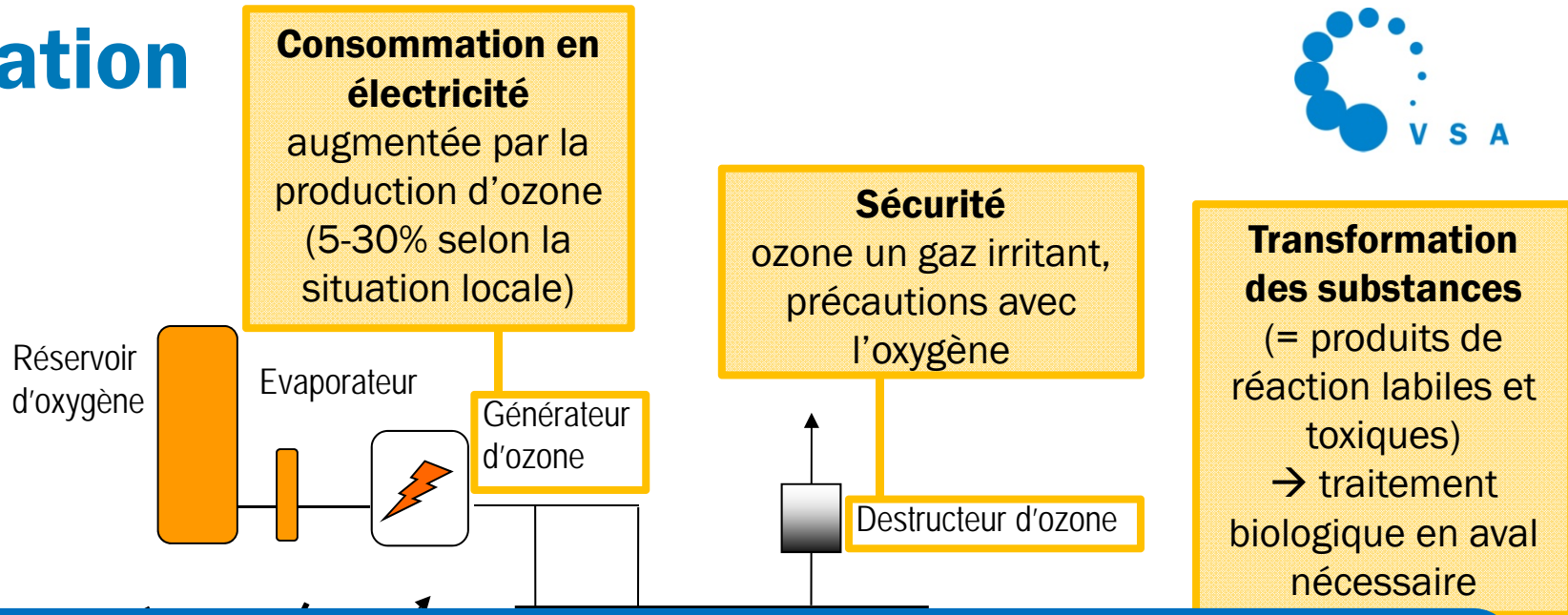
Il est recommandé de procéder à des tests en labo afin de choisir le charbon actif le mieux adapté (p.ex. par diminution de l'absorbance UV à 254 nm)



Ozonation



Ozonation

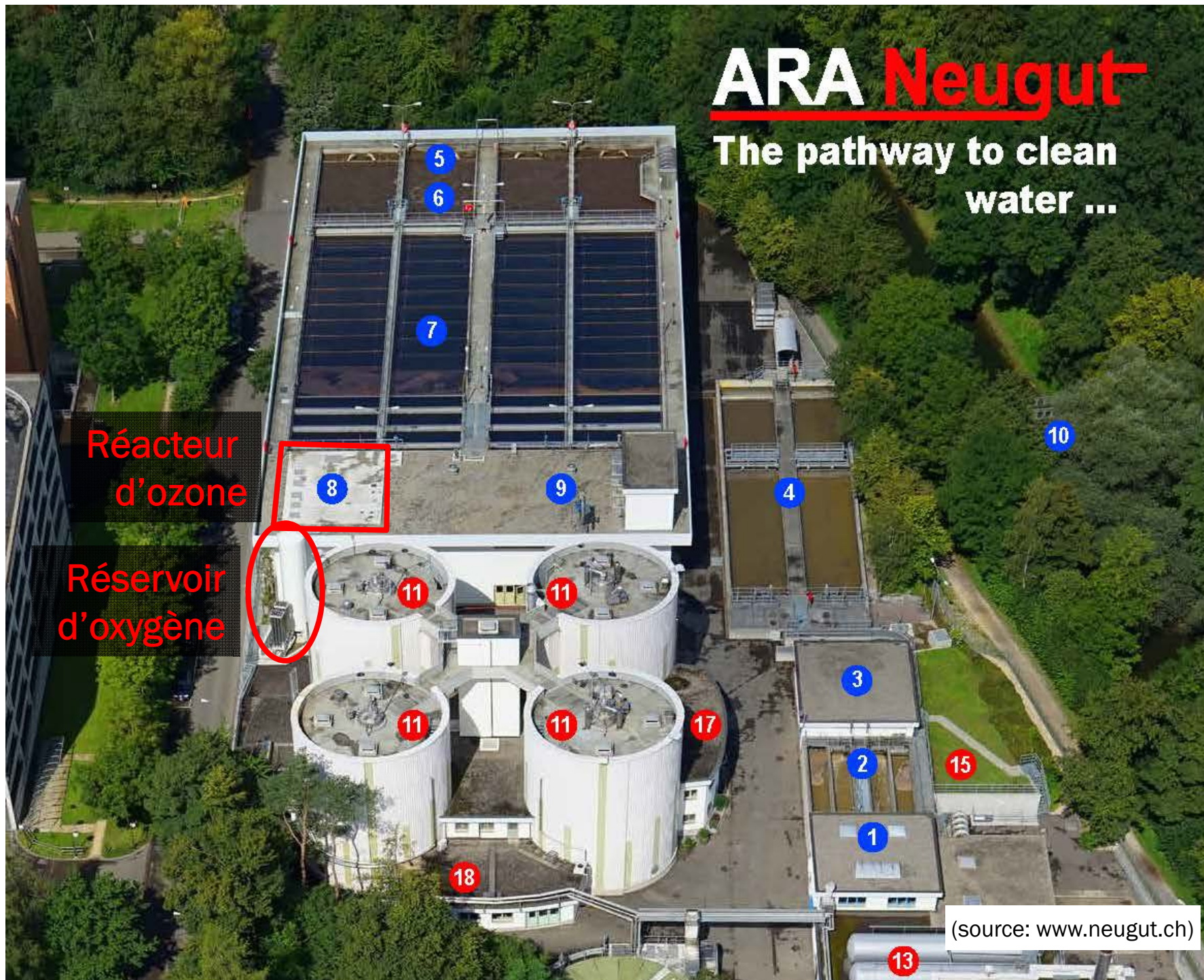


- ✓ **Traitement éprouvé, relativement beaucoup d'expérience**
- ✓ Un traitement aval biologiquement actif est nécessaire pour éliminer les produits de réaction labiles et toxiques
- ✓ Vérifications adéquation ozonation à effectuer au préalable
- ✓ Exploitation ozonation avec le «concept de surveillance» adéquat (restrictions du développement industriel dans le bassin versant de la STEP)

à l'installation existante
(eau de lavage du filtre)

ARA Neugut

The pathway to clean water ...



Réacteur
d'ozone

Réservoir
d'oxygène

(source: www.neugut.ch)

Construction ozonation, STEP Werdhölzli



Webcam anmelden Webcam kaufen Webcam oder Ort suchen...

Wetter Webcam Zürich (Zürich, Zürichsee)

chweiz > Zürich > Zürich

Technology by www.sietec.ch 02.02.2017 15:00:01

7.9°C

Dia-Show

02.02.2017 ▾

- 13:30
- 13:42
- 13:54
- 14:06
- 14:12
- 14:24
- 14:30
- 14:42
- 14:54
- 15:00**
- 15:12
- 15:24
- 15:30
- 15:42
- 15:54
- 16:00
- 16:12
- 16:24
- 16:30
- 16:42
- 16:54
- 17:00
- 17:12
- 17:24
- 17:36
- 17:42
- 17:54

<https://www.webcam-4insiders.com/de/Wetter-Z%C3%BCrich-Webcam/14728-Webcam-Z%C3%BCrich-Wetter.php>

Construction ozonation, STEP Werdhölzli



Webcam anmelden Webcam kaufen Webcam oder Ort suchen...

Wetter Webcam Zürich (Zürich, Zürichsee)

chweiz > Zürich > Zürich

Technology by www.sietec.ch 02.02.2017 15:00:01

7.9°C

Autres projets en phase de réalisation:

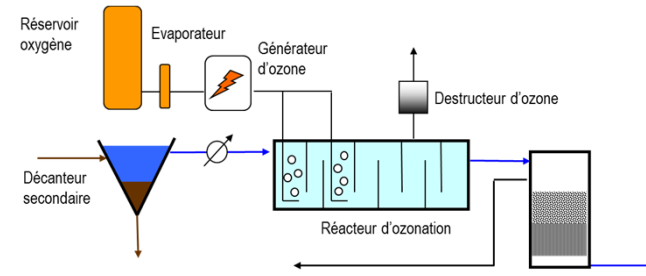
- Oberwynental (O₃-FS): en service (depuis automne 2016)
- Kloten-Opfikon (O₃-FS): en planification
- Morgental (O₃-FS): en planification
- Neuchâtel (O₃-FS): en planification
- Porrentruy (O₃-FS): en planification
- ...

02.02.2017

13:30
13:42
13:54
14:06
14:12
14:24
14:30
14:42
14:54
15:00
15:12

<https://www.webcam-4insiders.com/de/Wetter-Z%C3%BCrich-Webcam/14728-Webcam-Z%C3%BCrich-Wetter.php>

Points importants lors du choix du traitement



Milieu récepteur

- **Formation minimale de produits de réaction**
- Captage d'eau potable en aval ?

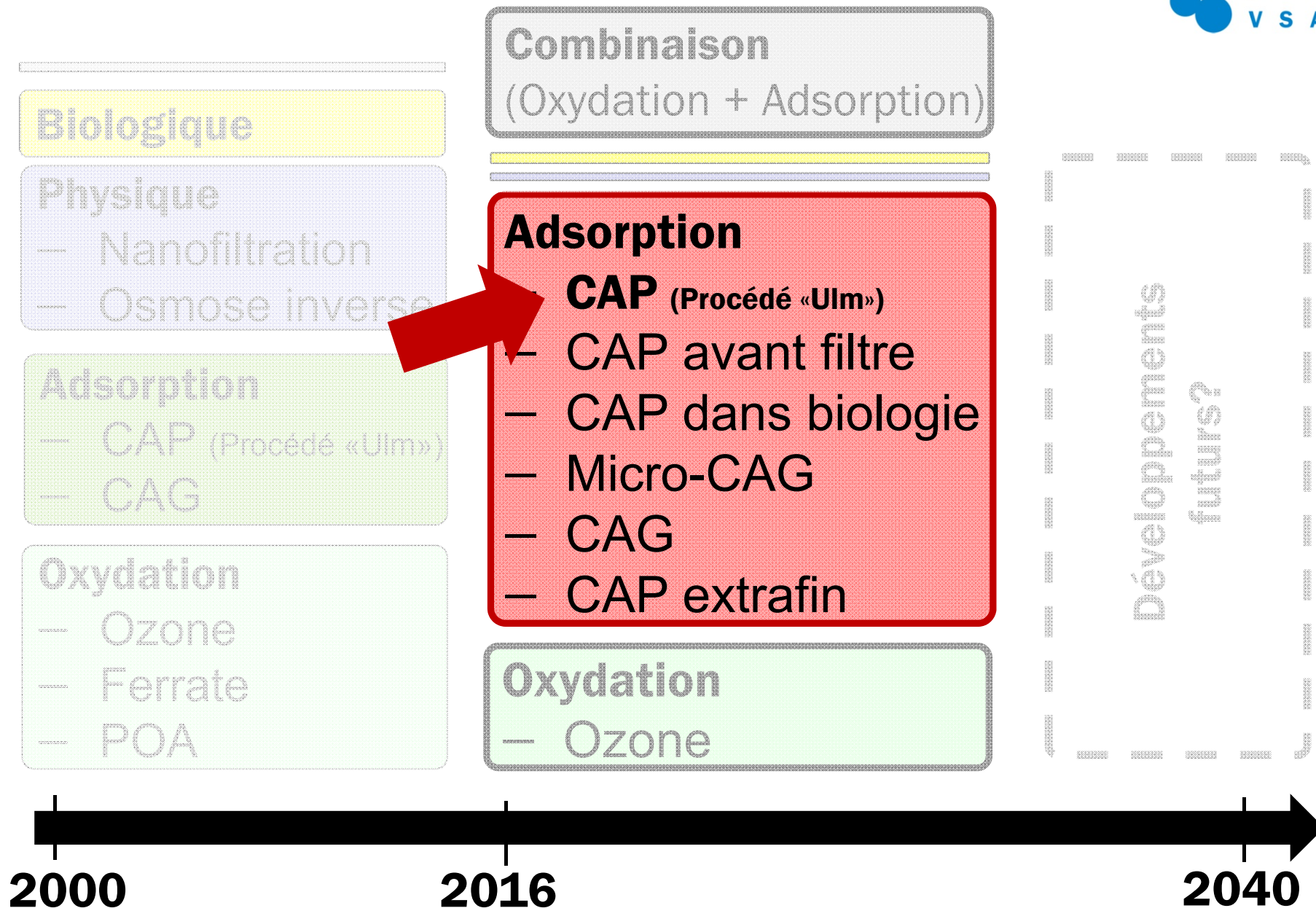
STEP



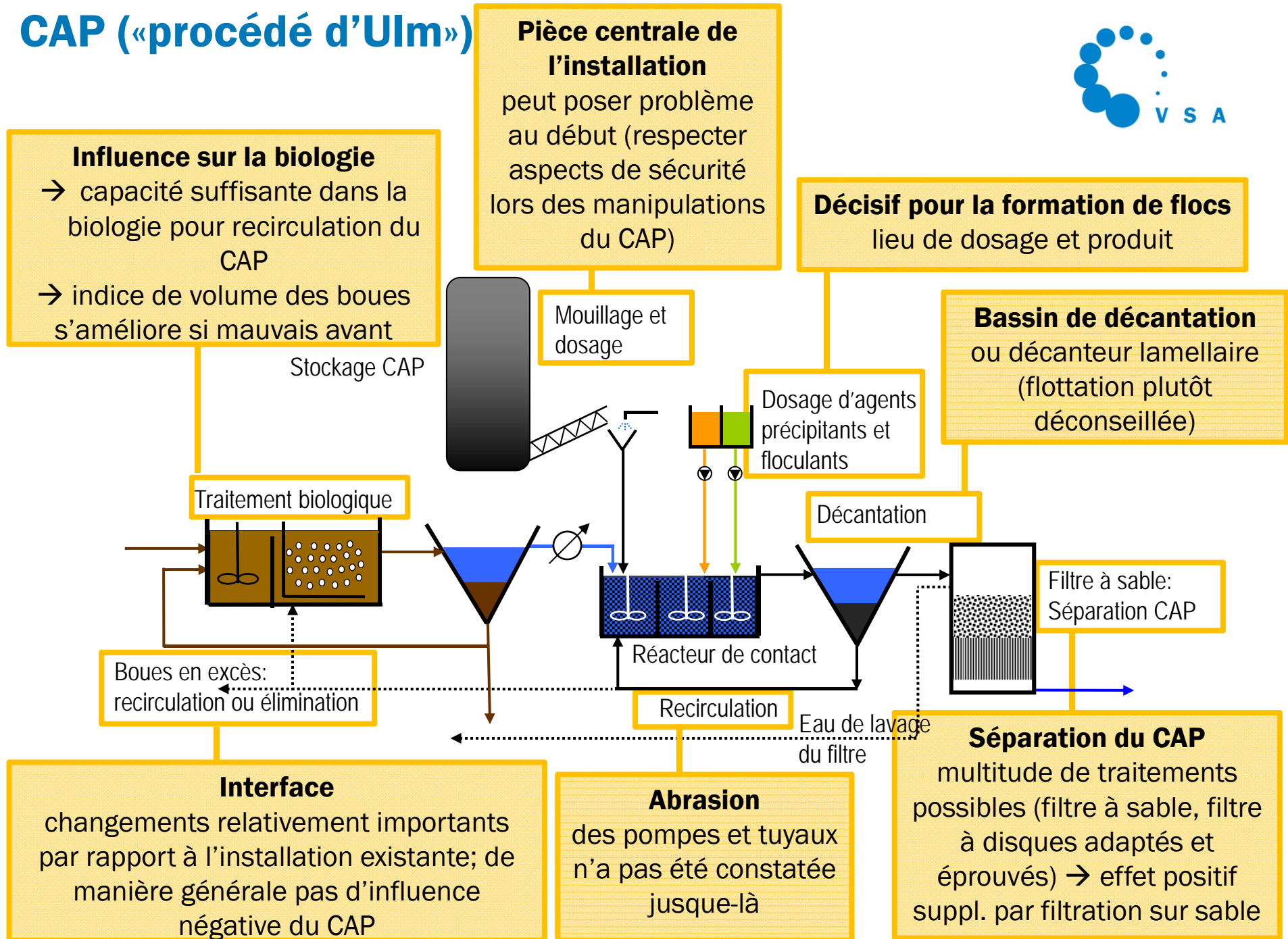
- **Traitement biologique** (pics périodiques de NO_2^- , concentrations en COD plus élevées en sortie de la biologie) ?
- Infrastructure existante (p.ex. filtre) ?
- Terrain constructible ?

Bassin collecteur

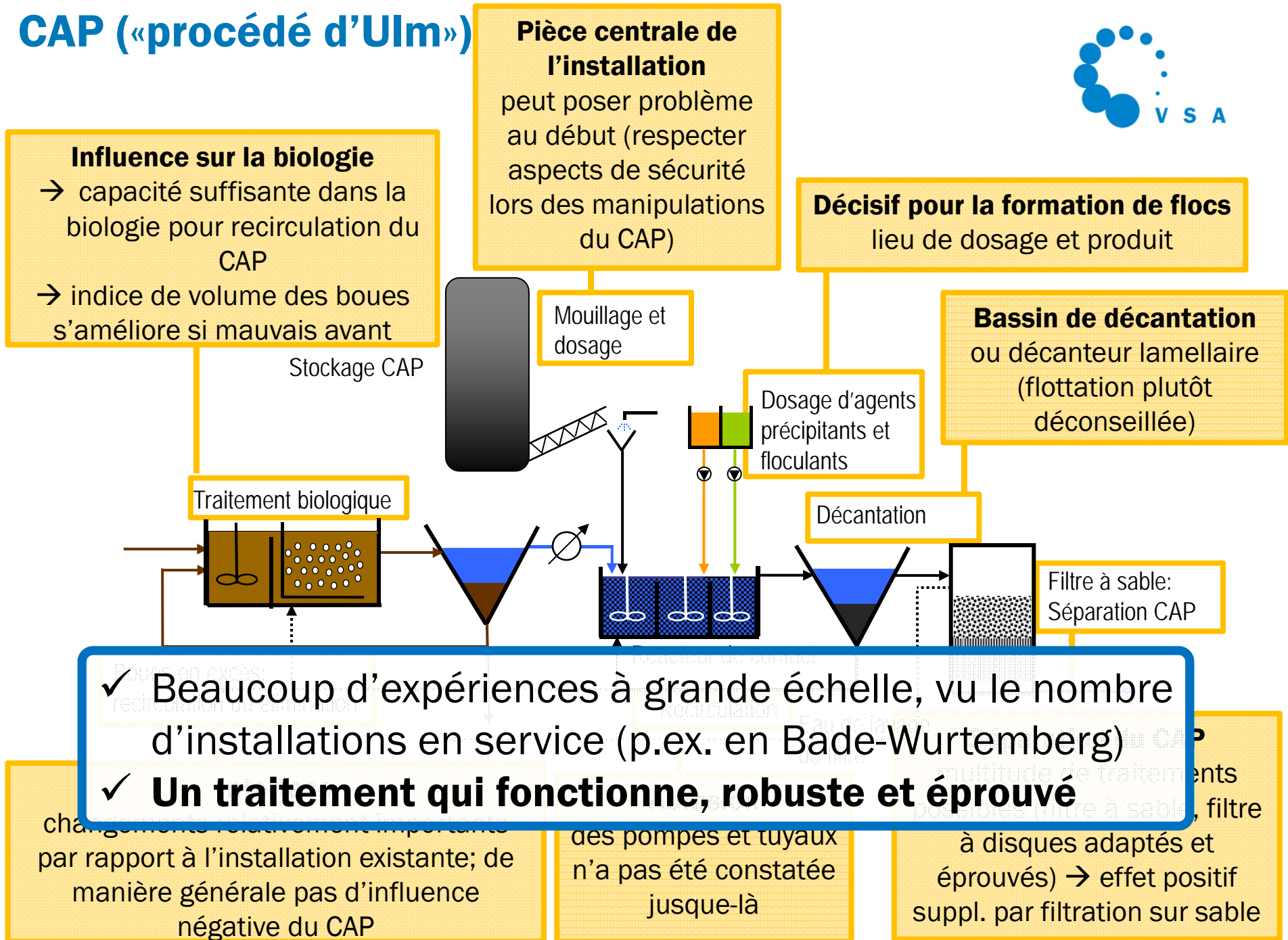
- Composition des eaux usées ?
- Industries ? Lesquelles ? Proportion ? Influence ?
- Développement futur ?
- **Vérifications adéquation ozonation**



CAP («procédé d'Ulm»)

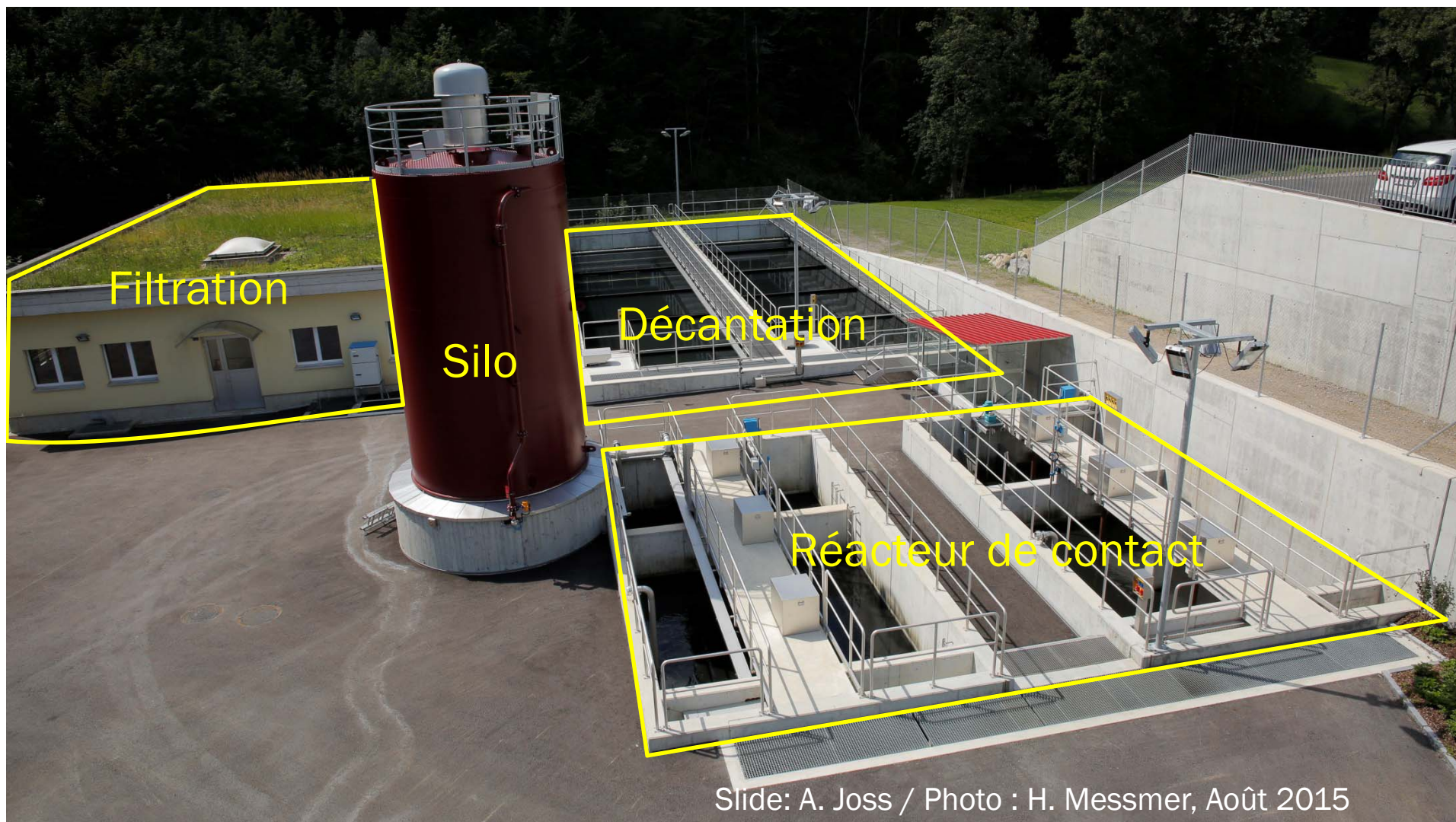


CAP («procédé d'Ulm»)



STEP de Bachwis, Herisau

Première installation de traitement des micropolluants au CAP en Suisse



Traitement au CAP, STEP du Lac de Thoune



Baustellenansicht 01.02.2017



<http://www.arathunersee.ch/anlage/pak/>

Traitement au CAP, STEP du Lac de Thoune



Baustellenansicht 01.02.2017

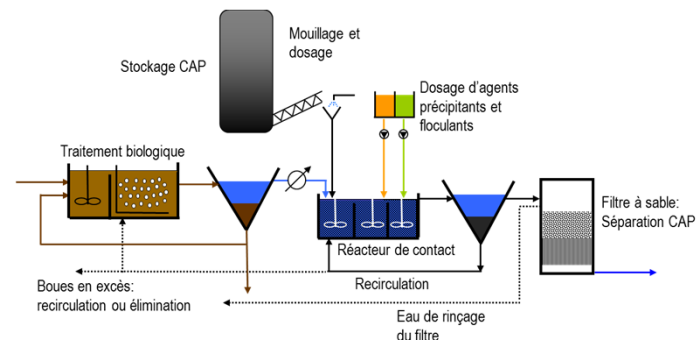


Autres projets en phase de réalisation:

- Fehraltorf (CAP-Ulm): en planification
- ...

<http://www.arathunersee.ch/anlage/pak/>

Points importants lors du choix du traitement



Milieu récepteur

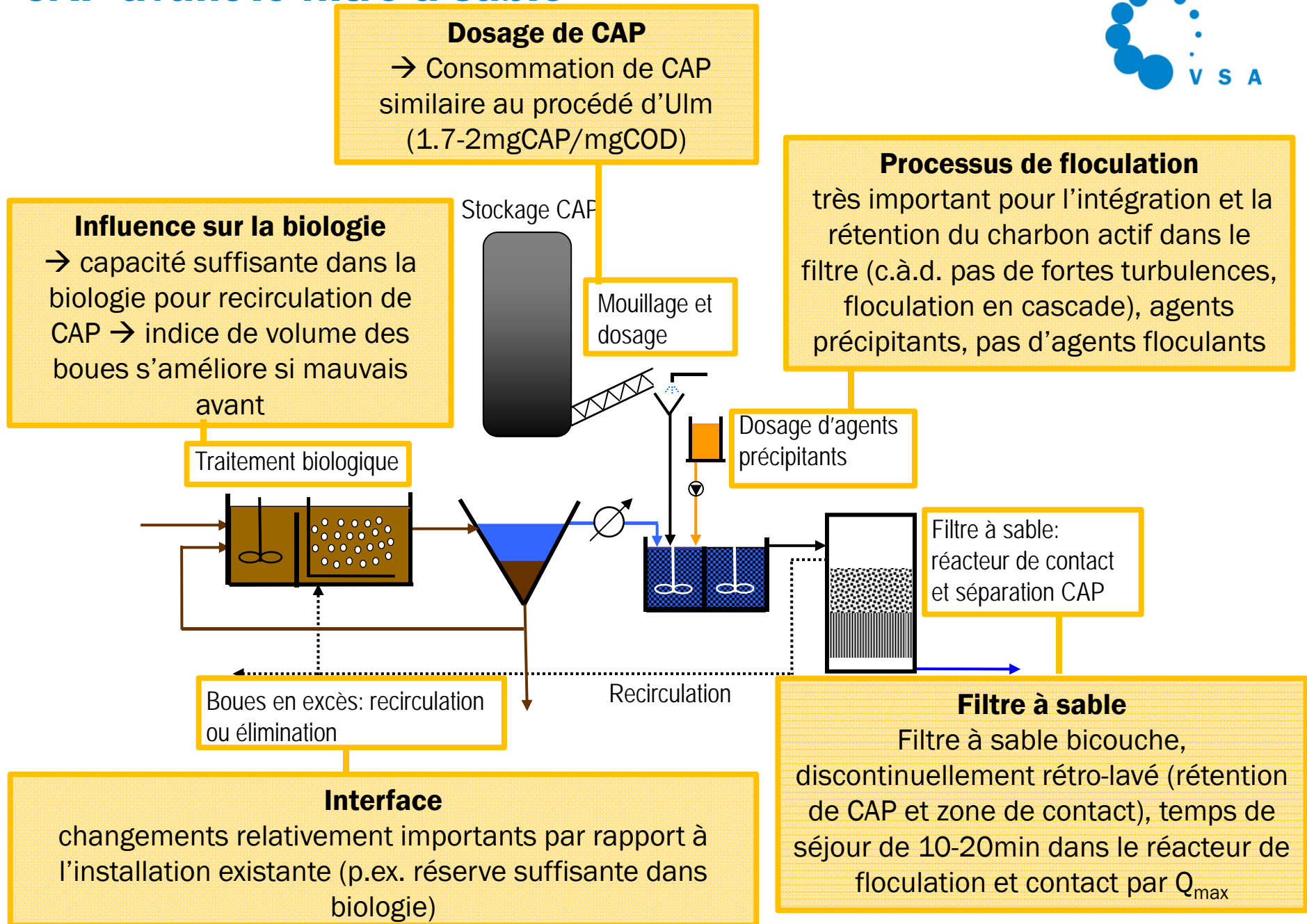
STEP



Bassin collecteur

- **Minimisation pertes de CAP**
- **Traitement biologique** (capacité suffisante pour recirculation du CAP) ?
- Infrastructure existante (p.ex. bassins de contacts, de sédimentation, filtre) ?
- **Suffisamment de place à disposition ?**
- **Pics de DCO, coloration périodique des eaux ?** (élimination efficace par le charbon actif)

CAP avant le filtre à sable



CAP avant le filtre à sable



Dosage de CAP

→ Consommation de CAP
similaire au procédé d'Ulm
(1.7-2mgCAP/mgCOD)

Influence sur la biologie

→ capacité suffisante dans la
biologie pour recirculation de
CAP
boue

Stockage CAP



Mouillage et

Processus de floculation

très important pour l'intégration et la
rétention du charbon actif dans le
filtre (c.à.d. pas de fortes turbulences,
floculation en cascade), agents
précipitants, pas d'agents flocculants

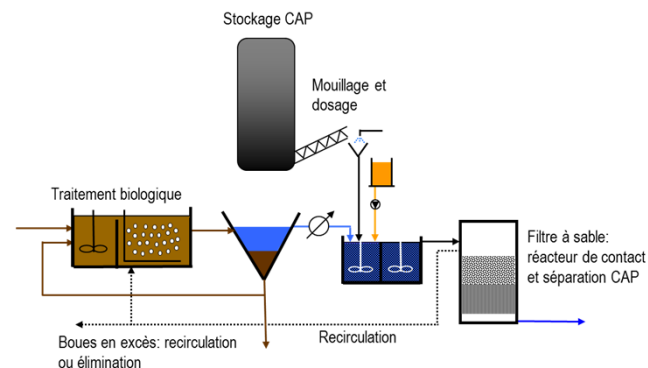
- ✓ Peu de place nécessaire
- ✓ Jusque-là, les expériences (rétention du CAP, comportement lors du rétro-lavage) sont bonnes, mais pas encore un traitement standard
- ✓ Réalisations à grande échelle en cours, c.à.d. **en bonne voie pour devenir un traitement standard**
 - Schönau-Cham (possibilité de dosage direct dans la biologie)
 - La Chaux-de-Fonds
 - Lachen-Untermarch

chargements rétro-lavés par rapport à l'installation existante (réservoir suffisant dans

biologie)

Filtre à sable bicouche discontinuellement rétro-lavé (rétention de CAP et zone de contact), temps de séjour de 10-20min dans le réacteur de floculation et contact par Q_{max}

Points importants lors du choix du traitement



Milieu récepteur

- Minimisation pertes de CAP

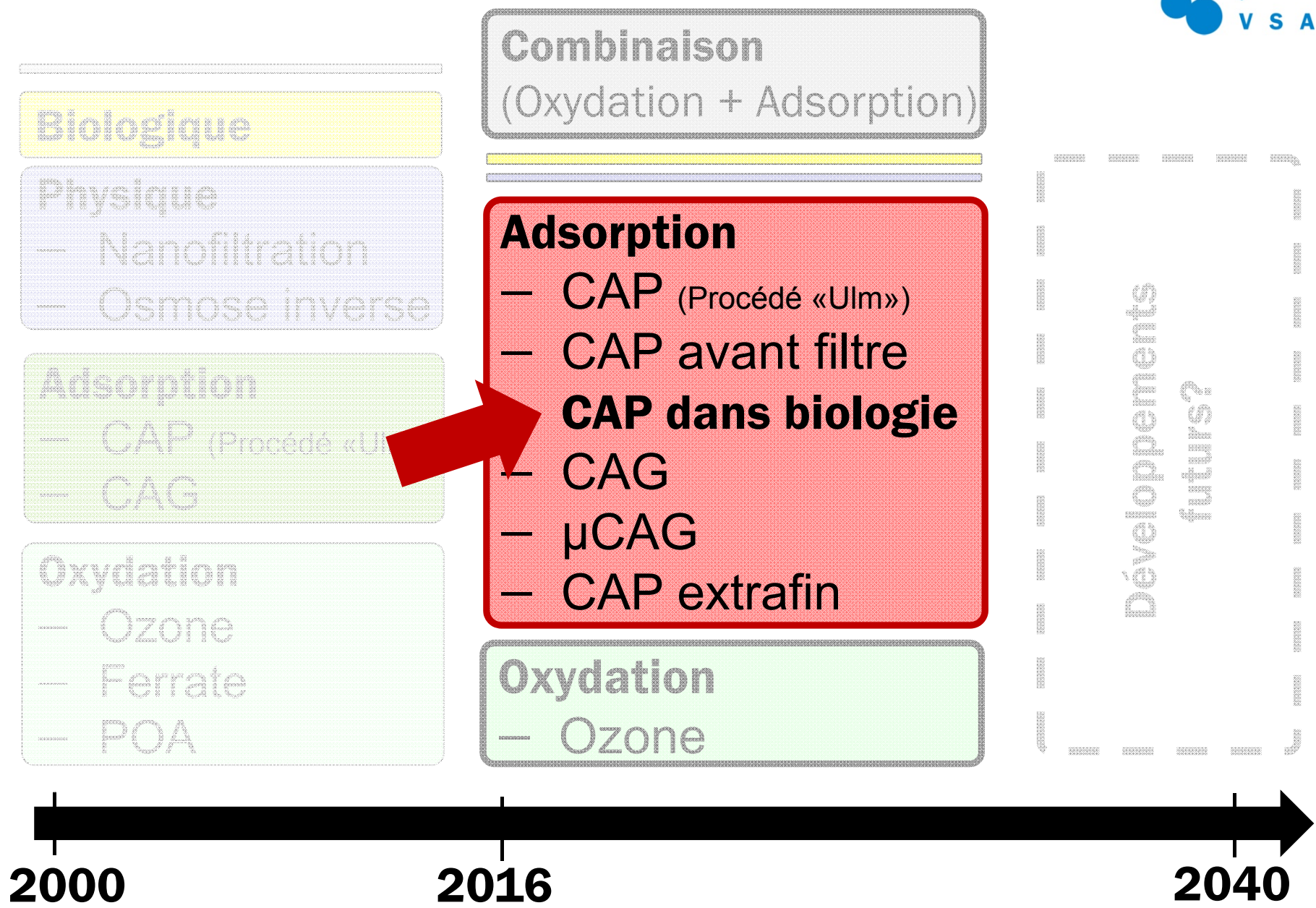
STEP



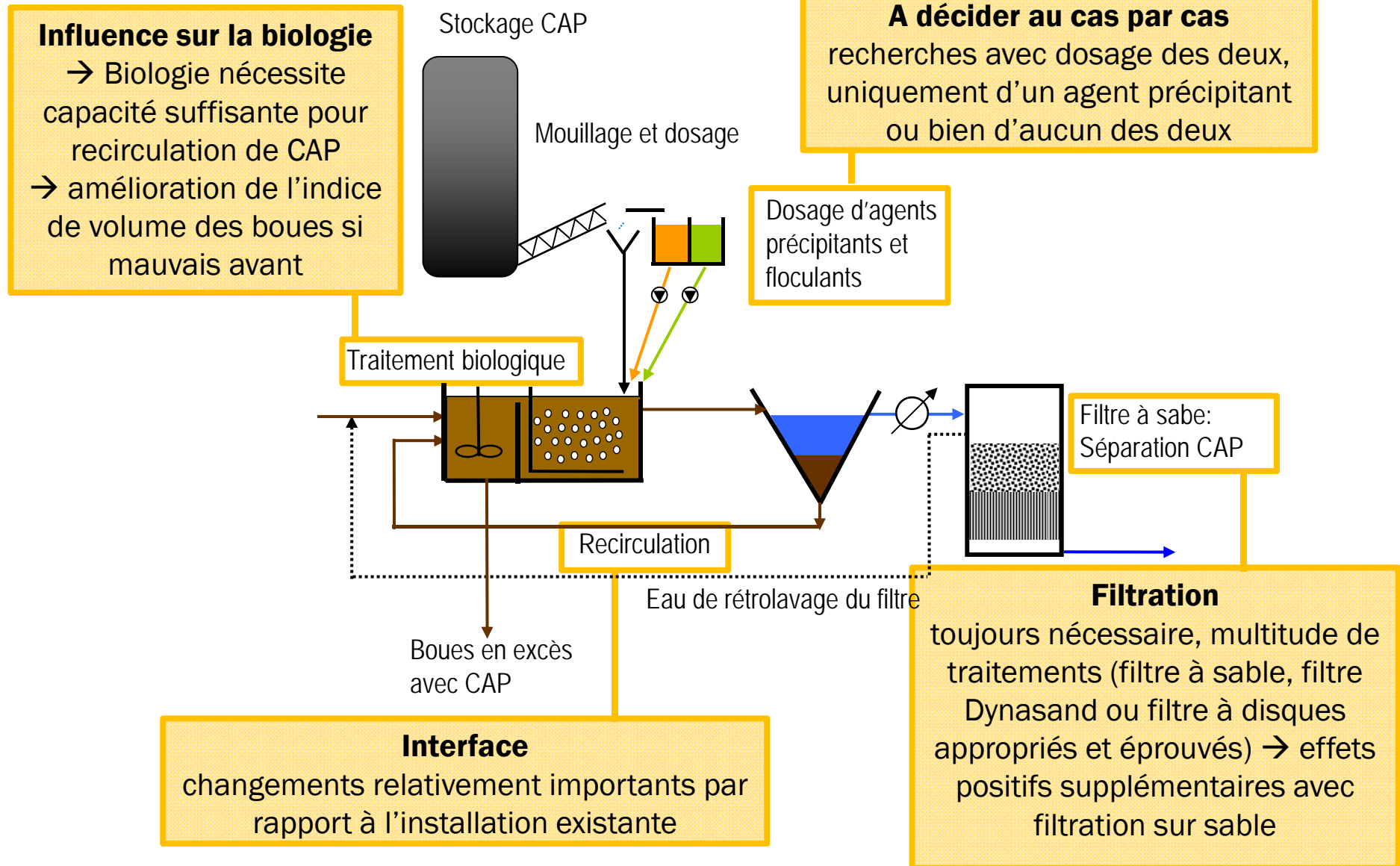
- Traitement biologique (capacité suffisante pour recirculation du CAP) ?
- Infrastructure existante (p.ex. bassins de floculation, filtre à sable)?

Bassin collecteur

- Pics de DCO, coloration périodique des eaux ? (élimination efficace par le charbon actif)



CAP dans la biologie (membranaire)

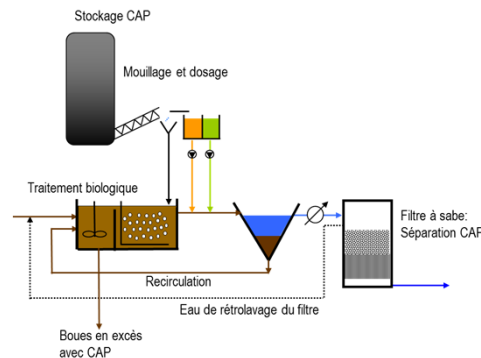


CAP dans la biologie (membranaire)



- ✓ Pour les petites/moyennes STEP (<50'000 EH) avec COD faible (<5mg/L) en sortie, et capacité suffisante dans la biologie
- ✓ Généralement, consommation en CAP plus élevée: ~3 gCAP/gCOD (consommation en CAP avec MBR plus faible, environ 2 gCAP/gCOD car du CAP plus fin peut être utilisé → essais Le Locle)
- ✓ Coûts d'investissement faibles, coûts d'exploitation plus élevés
- ✓ **En bonne voie pour devenir un traitement standard**
- ✓ Adéquation de systèmes à biofilms:
 - Biofiltre → Estimation: difficile
 - MBBR (lit fluidisé) → Estimation: plutôt pas
 - Lit fluidisé hybride (MBBR) → Estimation: pourrait fonctionner, nécessite des essais

Points importants lors du choix du traitement



Milieu récepteur

- Minimisation pertes de CAP

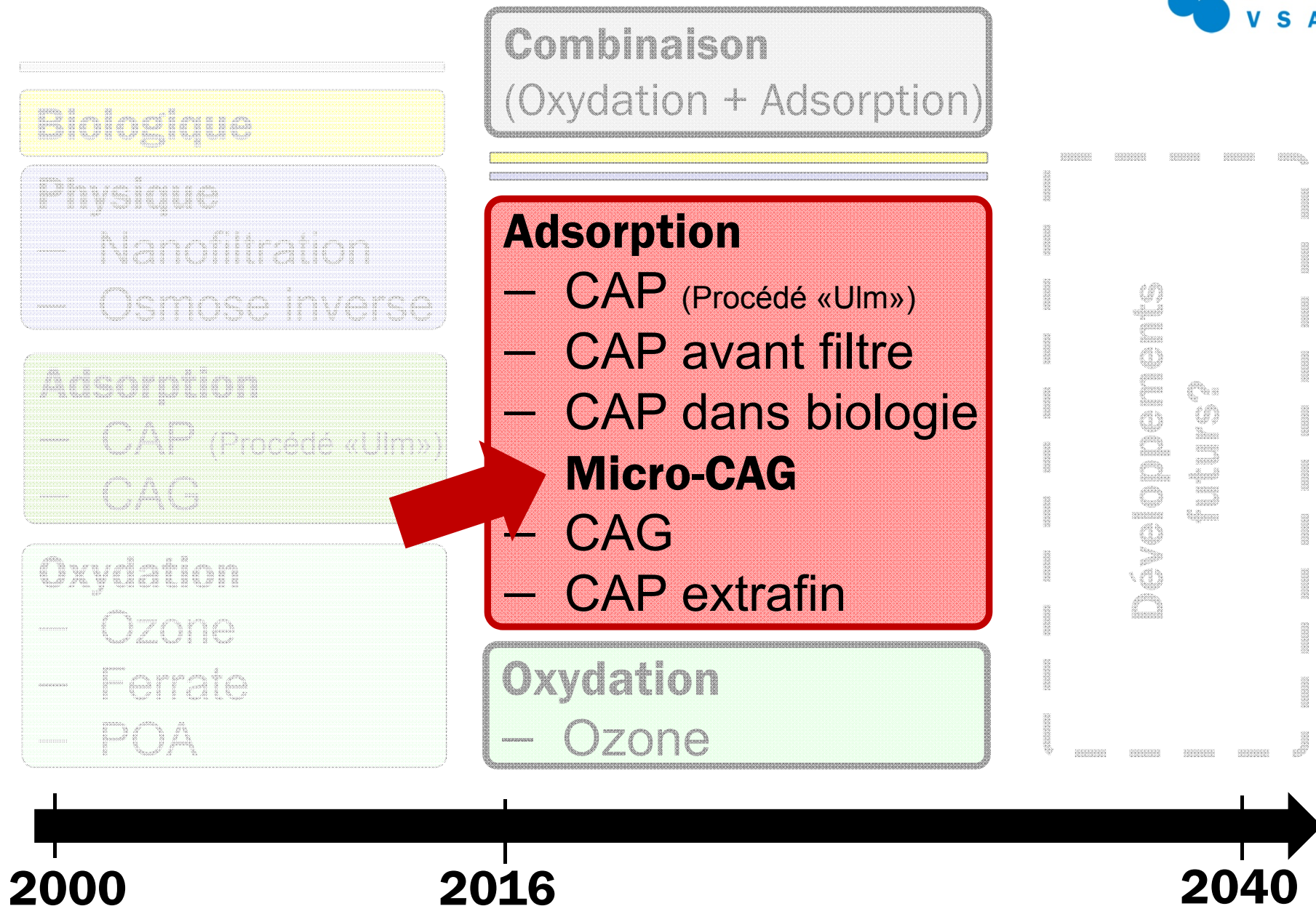
STEP



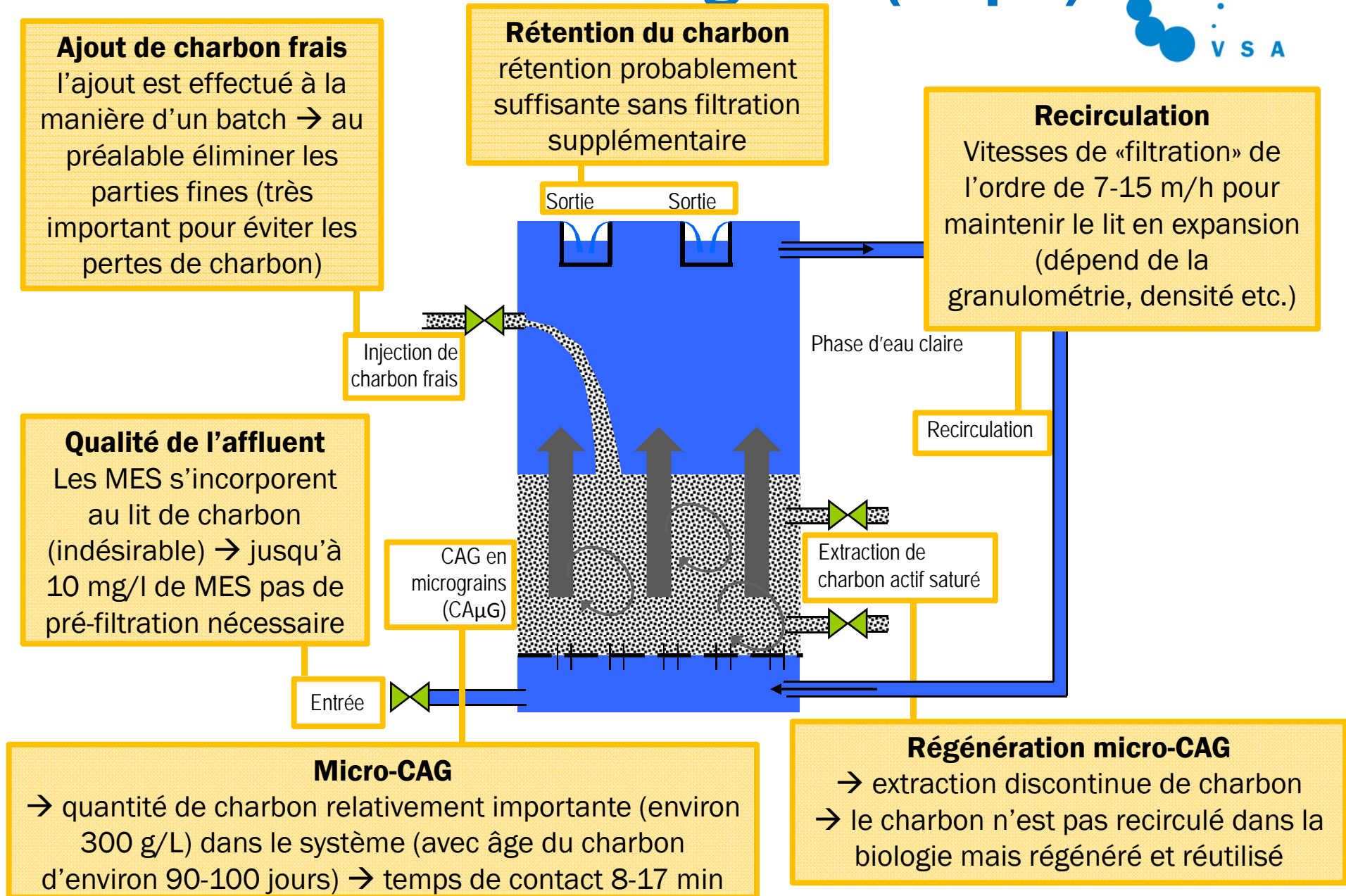
- Traitement biologique (**concentrations COD basses en sortie de biologie**) ?
- **Capacité suffisante dans la biologie pour ajout de CAP ?**
- **Traitement adapté ?**
- Infrastructure existante (p.ex. filtre à sable)?

Bassin collecteur

- Pics de DCO, coloration périodique des eaux ? (élimination efficace par le charbon actif)



Charbon actif en micro-grains(CA μ G)



Charbon actif en micro-grains(CA μ G)



Ajout de charbon frais

l'ajout est effectué à la
manière
préal
par
import
per

Rétention du charbon

rétention probablement

- ✓ Etape au micro-CAG n'est pas une filtration → rétention/incorporation de MES n'est pas souhaitée
- ✓ Pas de préfiltration et probablement pas d'installation supplémentaire pour la rétention du charbon actif nécessaire
- ✓ Essai pilote montre: **techniquement intéressant et faisable, mais il reste des incertitudes pour la réalisation à grande échelle** (p.ex. entretien, coûts d'exploitation, efficacité de la rétention du charbon)
- ✓ Prochaine étape: réalisation à grande échelle
 - Penthaz
 - (Essais pilotes: STEP Penthaz, STEP Langmatt)

Qualité

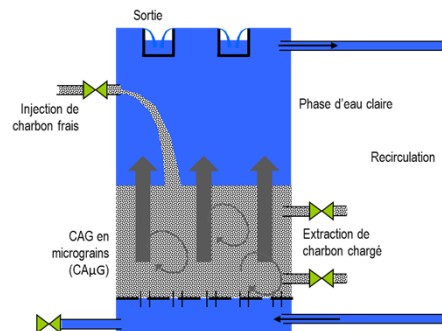
Les M
au
(indés
10 mg
pré-filt

MICRO-CAG

→ quantité de charbon relativement importante (environ 300 g/L) dans le système (avec âge du charbon d'environ 90-100 jours) → temps de contact 8-17 min

→ extraction discontinue de charbon
→ le charbon n'est pas recirculé dans la biologie mais régénéré et réutilisé

Points importants lors du choix du traitement



Milieu récepteur

STEP



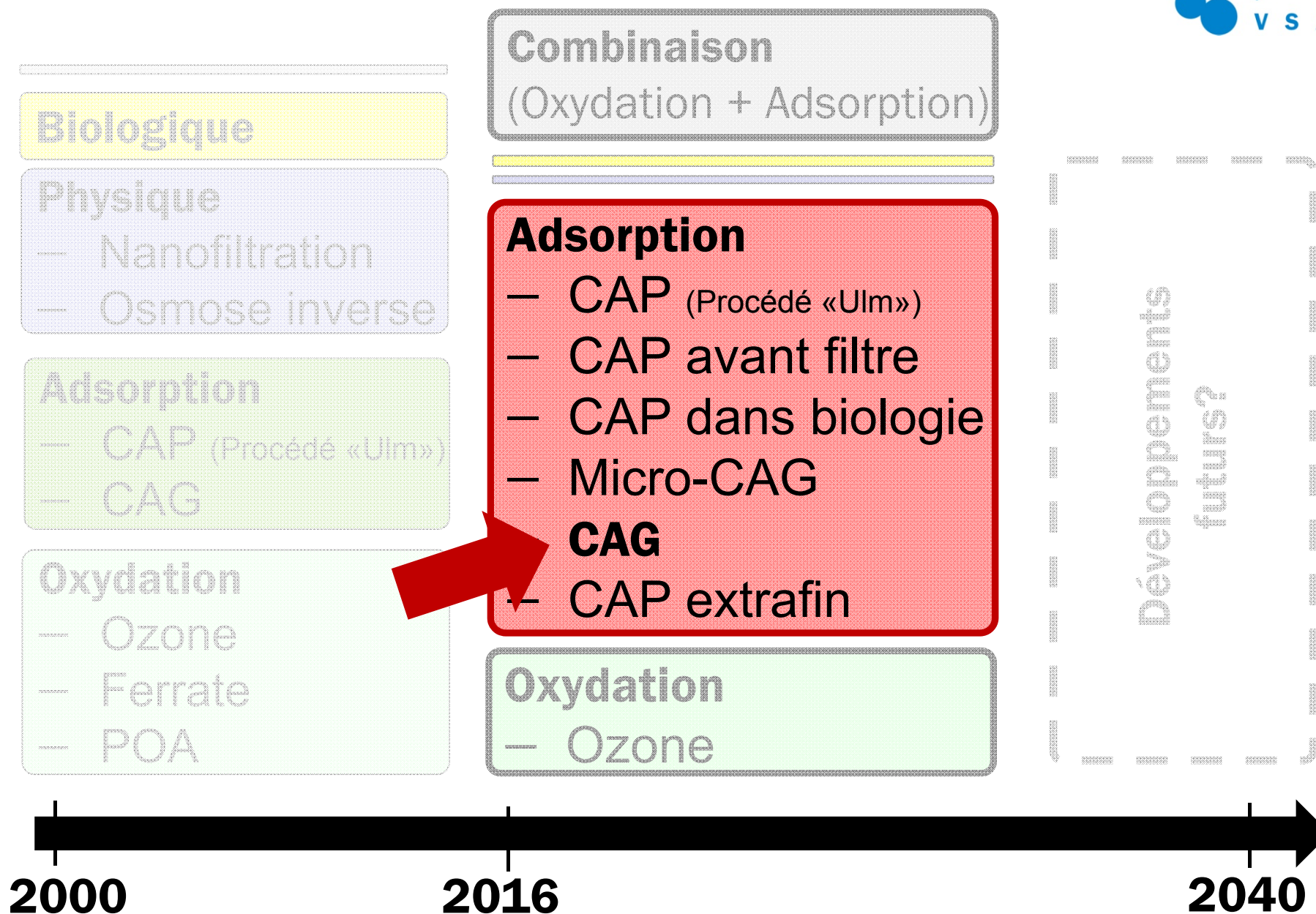
Bassin collecteur

– Minimiser pertes de charbon actif

– Traitement biologique (concentrations en COD basses en entrée du filtre) ?

– **Élimination des matières en suspension dans la sédimentation (concentrations en MES basses en entrée du filtre) ?**

– Pics de DCO, coloration périodique des eaux ? (élimination efficace par le charbon actif)



Charbon actif en grains (CAG)



Traitement biologique

Concentrations en COD et MES comme conditions-cadres importantes → COD surcharge le charbon actif → MES nécessitent des rétro-lavages plus fréquents

Dimensionnement filtre CAG

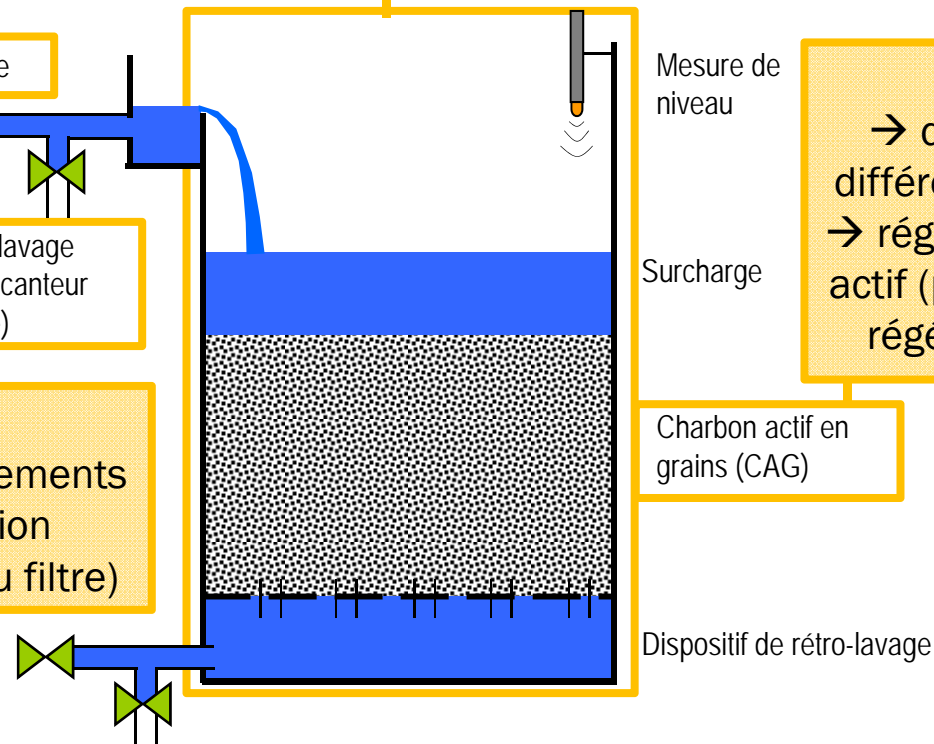
Temps de contact déterminant, dimensionnement différent du filtre à sable → généralement filtre plus grand est nécessaire, MAIS: pour l'instant il reste des incertitudes → c.à.d. coûts d'investissement et d'exploitation incertains

Entrée

Eau de lavage (vers décanteur primaire)

Interface

relativement peu de changements par rapport à l'installation existante (eau de lavage du filtre)



CAG

→ divers produits avec différentes granulométries → régénération du charbon actif (plus cher s'il doit être régénéré plus souvent)

Charbon actif en grains (CAG)



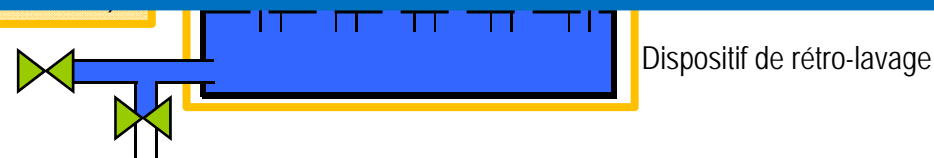
Traitement biologique

Concentrations en COD et MES comme conditions-cadres importantes → COD surcharge le charbon actif → MES nécessitent des rétro-lavages plus fréquents

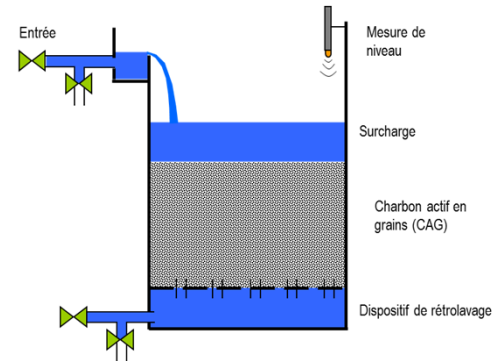
Dimensionnement filtre CAG

Temps de contact déterminant, dimensionnement différent du filtre à sable → généralement filtre plus grand est nécessaire, MAIS: pour l'instant il reste des incertitudes → c.à.d. coûts d'investissement et d'exploitation incertains

- ✓ Procédé intéressant: techniquement réalisable, rentabilité encore incertaine (fréquence de régénération du CAG, exploitation en parallèle pour augmenter le temps d'utilisation)
- ✓ **Pour le moment, pas encore une variante de traitement: plus de savoir/expérience est nécessaire** (projets en cours)



Points importants lors du choix du traitement



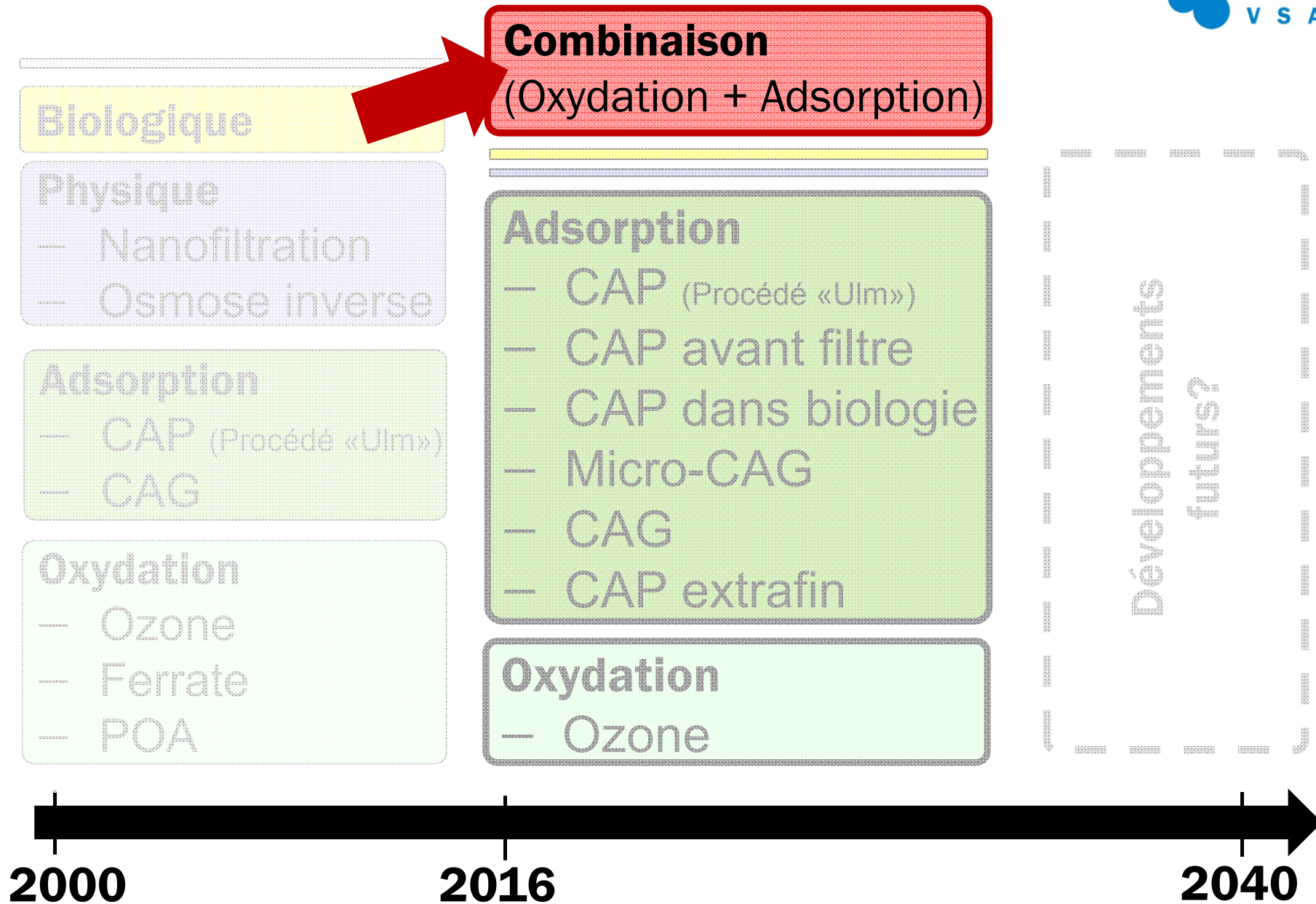
Milieu récepteur

STEP

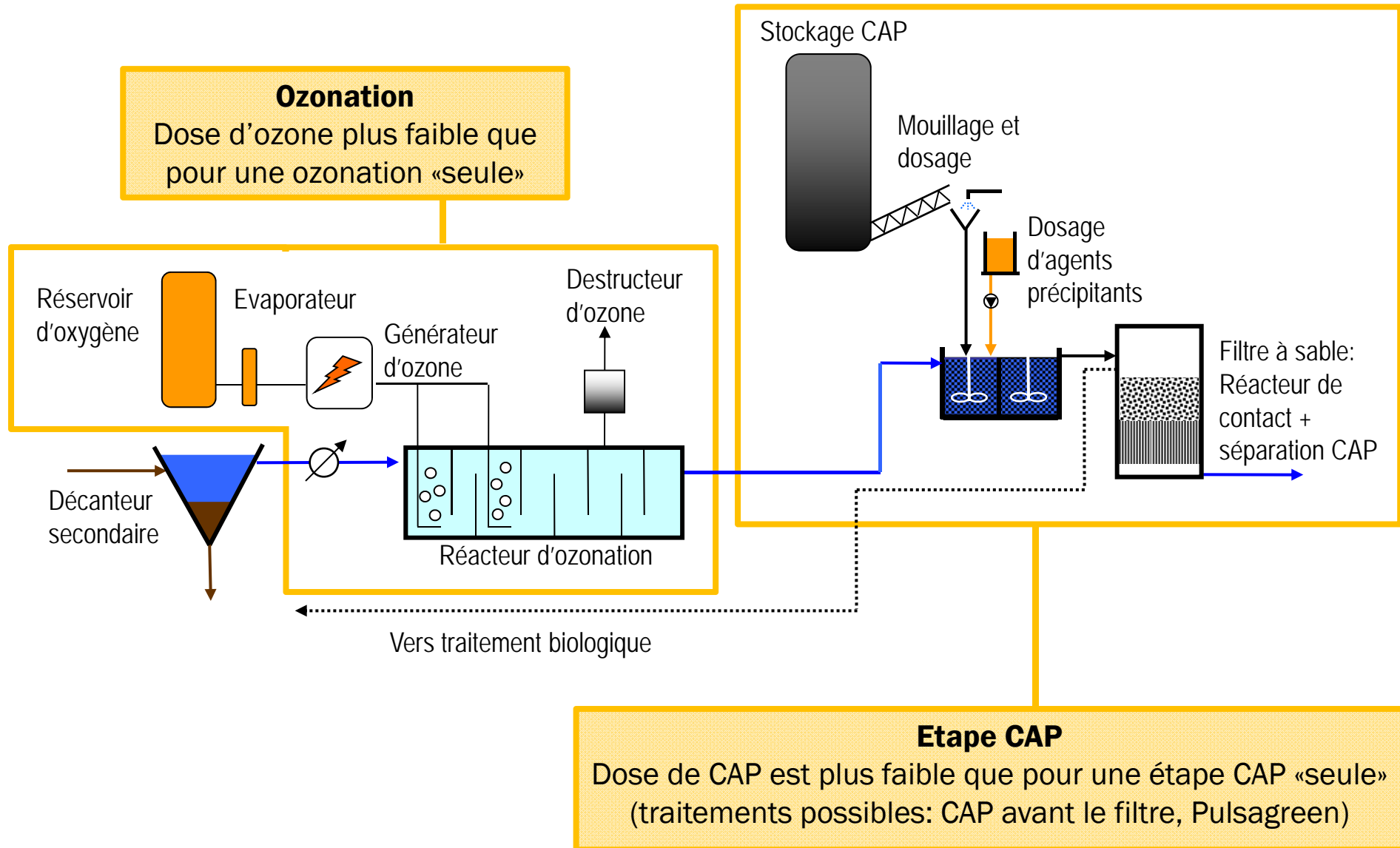


Bassin collecteur

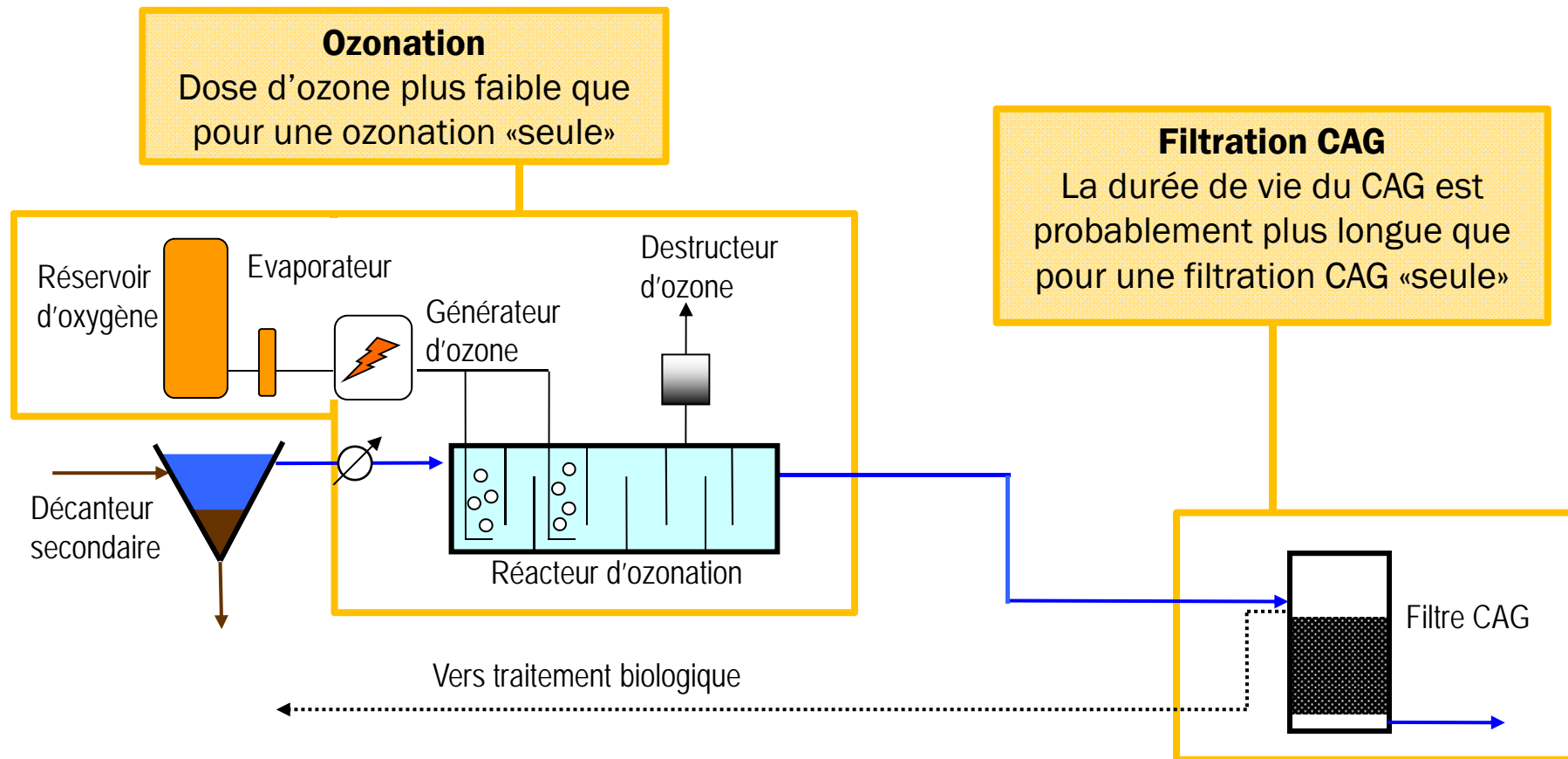
- Traitement biologique (concentrations en COD basses en entrée du filtre) ?
- Elimination des matières en suspension dans la sédimentation (concentrations en MES basses en entrée du filtre) ?
- Infrastructure existante (p.ex. filtre à sable)?
- Pics de DCO, coloration périodique des eaux ? (élimination efficace par le charbon actif)



Combinaison des traitements (O_3 + CAP)



Combinaison des traitements (O_3 + CAG)



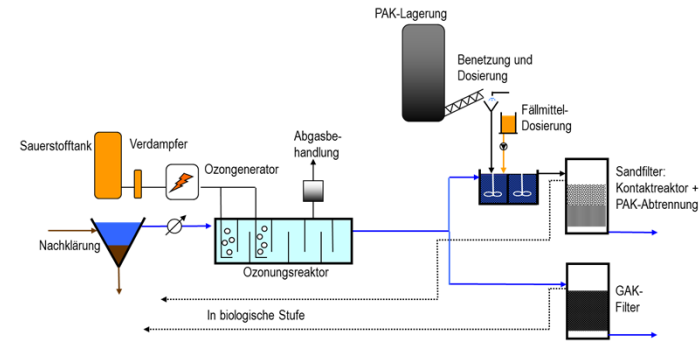
Combinaison des traitements (O_3 + CAG)



- ✓ Techniquement possible et réalisable, avec effets supplémentaires qui vont au-delà des exigences légales (entre autres, une flexibilité plus grande)
- ✓ Combinaison des traitements ne résout pas les «problèmes» d'une ozonation (dans le cas d'eaux usées non-adéquates ou incertaines; voir vérifications adéquation ozonation)
- ✓ Peut être intéressant pour les grandes STEP
- ✓ Projets en phase de réalisation:
 - Altenrhein (O_3 -CAG): en construction
 - ProRheno (O_3 -CAP-filtre à sable): en planification
 - Vidy (O_3 -CAP (Pulsagreen)): en planification

Décanteur
secondaire

Points importants lors du choix du traitement



Milieu récepteur

- Minimiser formation de produits de réaction
- Minimiser pertes de charbon actif

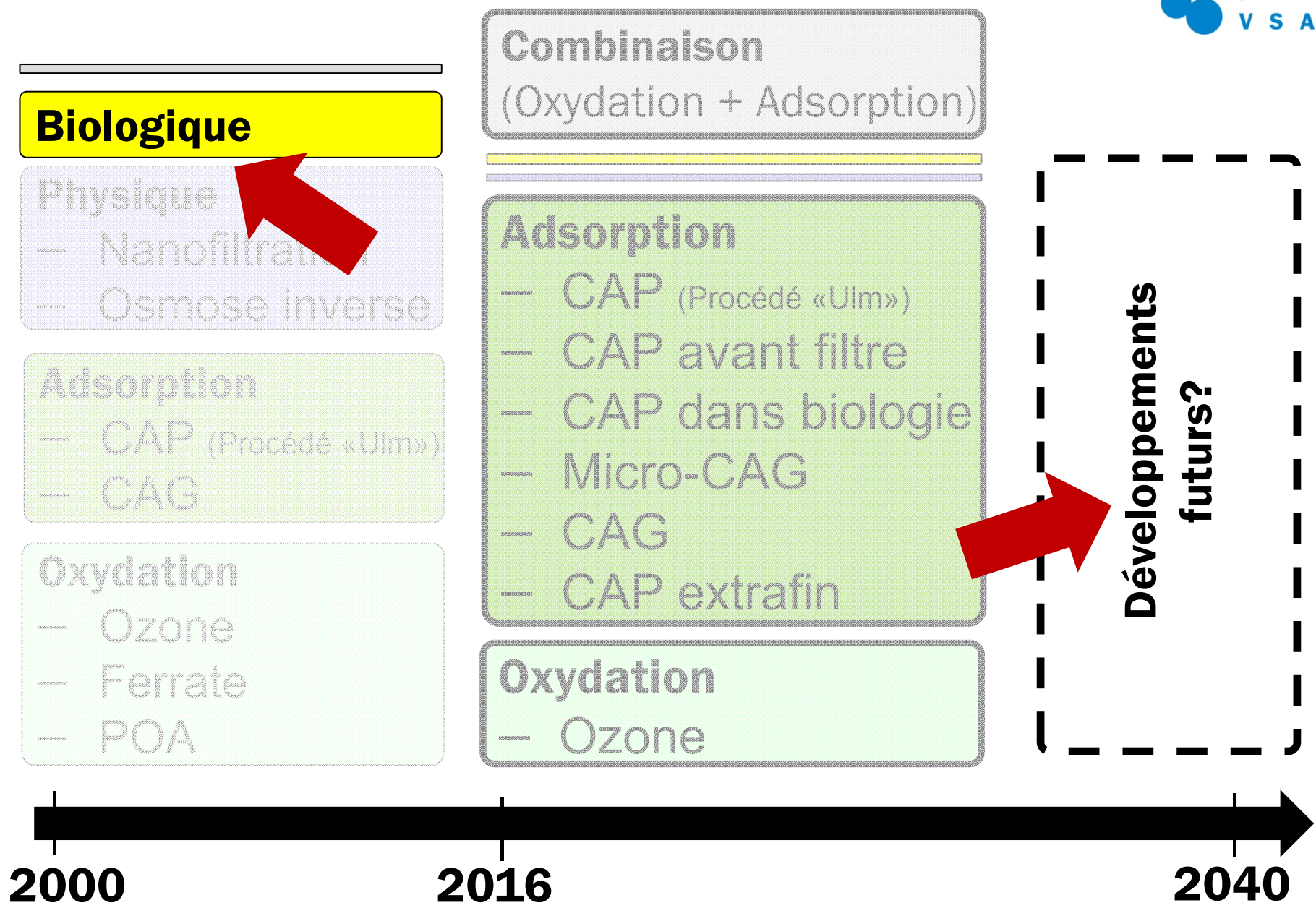
STEP



- Traitement biologique (pics périodiques de NO_2^- , concentrations en COD plus élevé en sortie de la biologie) ?
- Capacité dans la biologie pour recirculation du CAP ?
- Infrastructure existante (p.ex. filtre) ?

Bassin collecteur

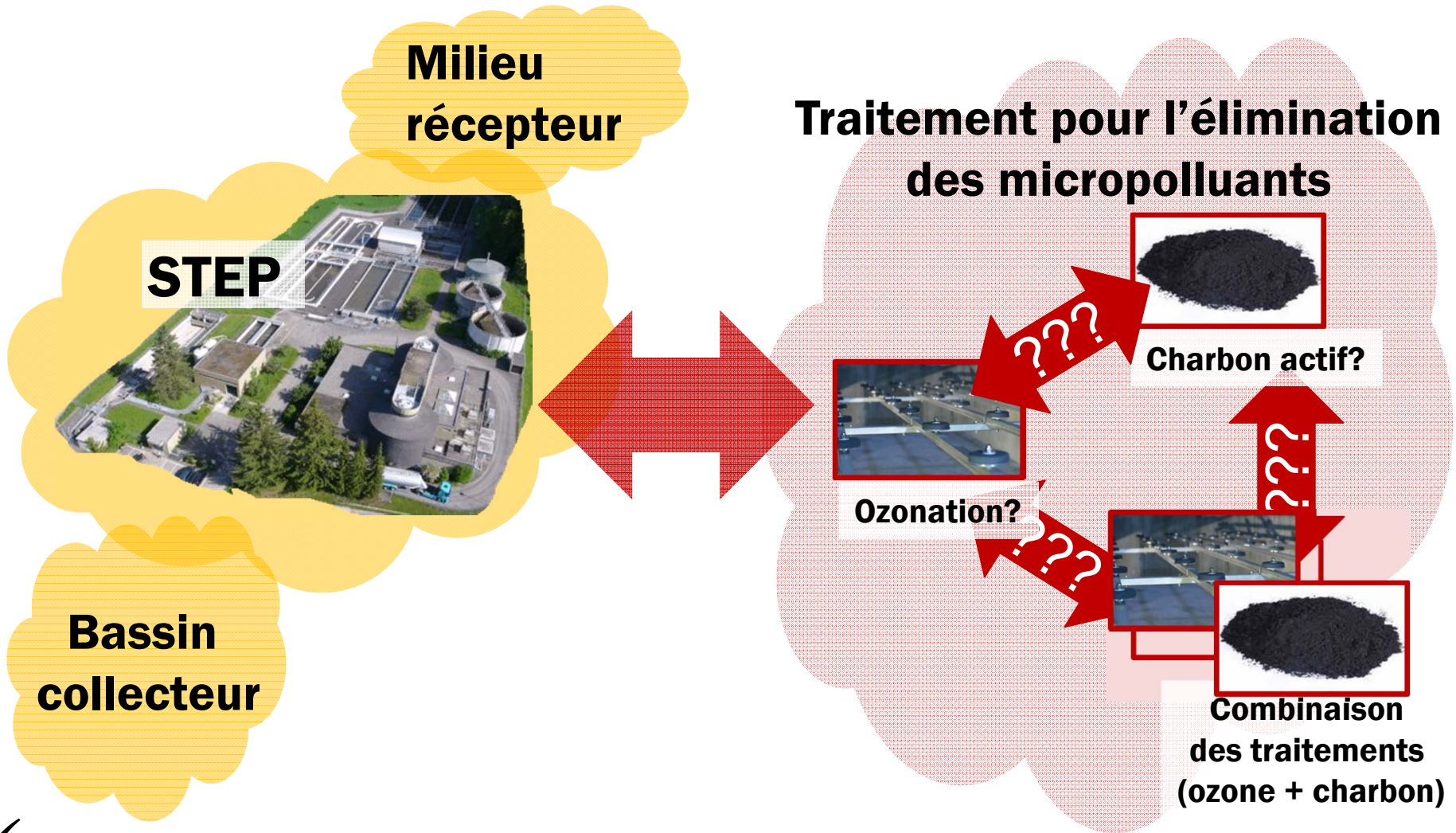
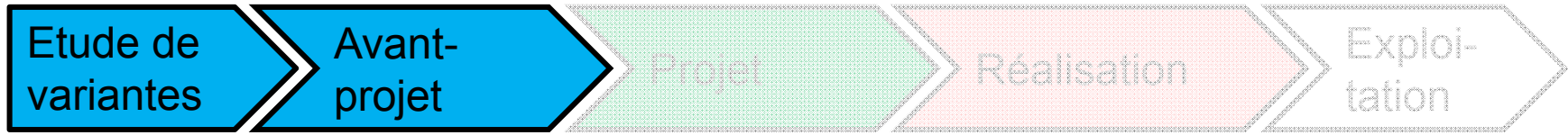
- Composition des eaux usées ?
- Industries? Lesquelles? Proportion? Influence?
- Développements futurs ?
- Vérifications adéquation ozonation



Autres procédés de traitement

- **Traitement biologique:** Pas suffisant pour respecter les exigences légales en Suisse car pas d'effets à large spectre (pour la plupart des substances, l'élimination est semblable à celle de la nitrification)
- **Ferrate:** Efficace contre un grand nombre de composés, dosage de Fe(III) pour élimination du P, production à grande échelle de ferrate difficile (décomposition rapide), modification importante du pH par ajout de ferrate, pas d'autres projets en cours
- **POA (UV, H₂O₂,...):** Consommation en énergie élevée, pour ozone/charbon actif, les radicaux OH (par exemple) qui réagissent de manière non sélective avec la matière organique
- **Membranes denses (nanofiltration, osmose inverse):** Rétentent les produits chimiques, consommation en énergie élevée, coûts élevés, pas d'autres projets acquises ces dernières années
- ...

Actuellement pas de «nouvelle» technique de traitement à l'horizon. De manière générale, les nouveaux procédés sont techniquement et économiquement moins bons.



- ✓ Tendances au niveau technique
- ✓ Points importants lors du choix de la technique de traitement

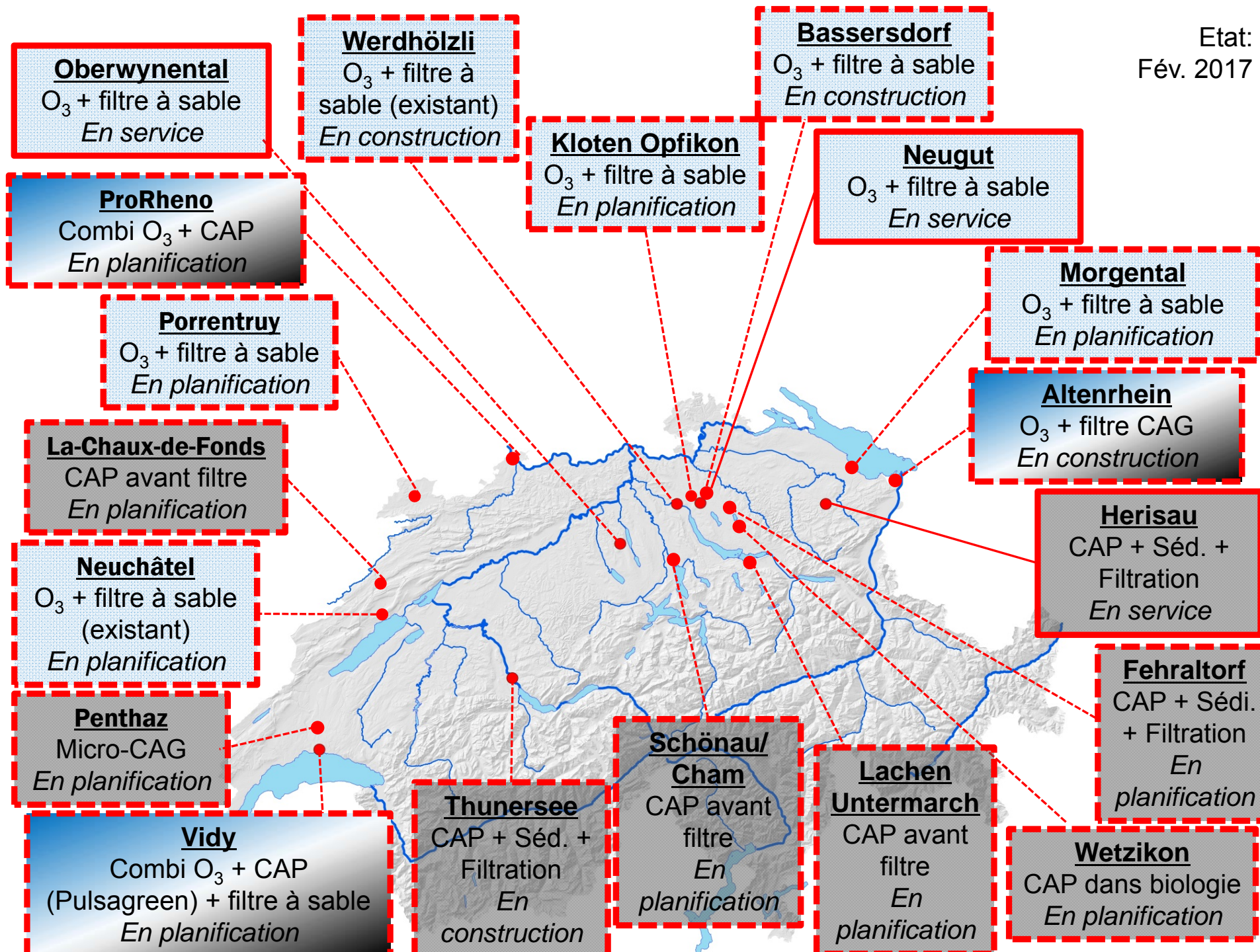


Merci pour votre attention!

Un grand merci

- au groupe de travail: M. Baggenstos (Wabag), M. Lambert (Alpha), Th. Wintgens (FHNW), K. Leikam (Pöyry), D. Urfer (RWB), S. Zimmermann-Steffens (Ofev), D. Dominguez (Ofev), A. Joss (Eawag), Ch. Abegglen (VSA)
- à l'Ofev
- au groupe de direction de la plateforme

Etat:
Fév. 2017



ANNEXE: Documents de référence



- [Vérifications adéquation ozonation](#) (version mise en consultation)
- Fiche informative [Produits de réaction de l'ozonation](#)
- Fiche informative [CAP dans le traitement des boues](#)
- Fiches de sécurité pour [Ozone](#), [Oxygène](#) et [CAP](#)
- Portrait du projet et rapports:
 - Ozonation en service à la STEP de [Neugut](#)
 - Procédé d'Ulm en service à la STEP de [Bachwis](#), Herisau
 - Procédé d'Ulm en construction à la STEP de [Thunersee](#)
 - CAP avant le filtre en planification à la STEP de [Schönau](#), Cham ([Rapport final](#) de l'essai pilote)
 - Essai pilote avec micro-CAG à la STEP de [Penthaz](#) ([Rapport intermédiaire](#))
 - Essai pilote avec CAG à la STEP de Bülach ([rapport intermédiaire](#))
 - Essai pilote avec biologie membranaire à la STEP [Le Locle](#)