

STEP de Dijon ODIVEA

Traitement des micropolluants, métaux lourds et microplastiques

Rapport d'étude financée par l'Agence de l'Eau RMC

Version 7, du 03.03.2025 / VDMPA - VDMLA

Odivea

Naldeo GROUP

CSDINGENIEURS
INGÉNIEUX PAR NATURE

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

agence de l'eau
RHÔNE MÉDITERRANÉE CORSE



RESUME

RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE DE FILIÈRES

Objectif principal : Identifier une ou des filières de traitement adaptées au contexte de la STEP d'Eauvitale et permettant une élimination :

- Des micropolluants (pesticides, substances médicamenteuses …)
- De métaux lourds
- Des microplastiques

Phasage de l'étude de filière :

- Phase 1 : Etude des différentes solutions techniques envisageables et analyse comparative de celles-ci
- Phase 2 : Etude approfondie de (ou des) filière(s) retenue(s)

Méthodologique de la Phase 1 :

- Analyse des données de base et hypothèse :
  - *Données d'entrée : concentrations en micropolluants, microplastiques, métaux lourds, performances de la STEP actuelle, objectif de performance avec le traitement quaternaire.*
  - *Analyse des contraintes du site : contraintes existantes, emprise disponible, emplacements réservés, visite du site le 25.07.24*
  - *Exigence d'ODIVEA concernant l'exploitation de l'unité quaternaire.*

RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE DE FILIÈRES

Méthodologique de la Phase 1

➢ **<u>Etude et dimensionnement des filières :</u>**

➢ **Etat des lieux élargi et exhaustif des procédés** de traitement envisageables et adaptés aux besoins

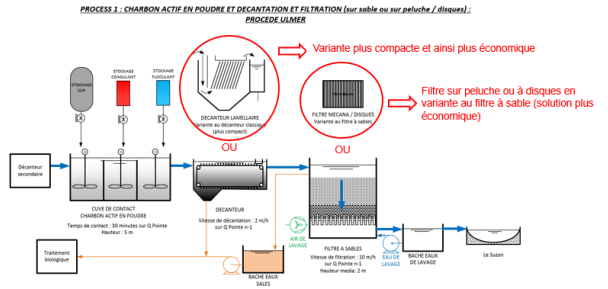
➢ **Etude et prédimensionnement de toutes les filières connues et mise en œuvre** en Suisse, Allemagne, Suède et Pays Bas :

- ***Traitement des micropolluants :*** 10 filières étudiées, comprenant entre 1 à 4 variantes → au total un vingtaine de variantes étudiées
- ***Traitement des microplastiques :*** 4 filières étudiées
- ***Traitement des métaux lourds :*** 6 filières étudiées

Traitement des micropolluants
Ozonation
Adsorption sur CAP
Adsorption sur CAG
Adsorption sur MicroCAG
Procédés combinés

Traitement des métaux lourds
Traitement physicochimique
Nano filtration
Résine échangeuse d'ions
Electrocoagulation
CAG (procédé très peu efficace)

Traitement des microplastiques
Filtration sur sables
Filtre mécanique



Exemple de procédé étudié : Ulmer

RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE DE FILIÈRES

Méthodologique de la Phase 1

➢ **Analyse comparative des différentes filières** inventoriées sur la base des critères suivants :

- ***Critère 1*** *: Robustesse du procédé de traitement et simplicité d'exploitation*
- ***Critère 2*** *: Production ou non de boues quaternaires*
- ***Critère 3*** *: Adéquation du procédé de traitement avec l'effluent de la STEP d'Eauvitale*
- ***Critère 4*** *: Couts d'investissement*
- ***Critère 5*** *: Couts d'exploitation*
- ***Critère 6*** *: Procédé pouvant être proposé par différents fournisseurs contribuant à l'attractivité de l'appel d'offre et permettant une mise en concurrence*
- ***Critère 7*** *: Possibilité de régénération du CAG*
- ***Critère 8*** *: Capacité de la filière à éliminer d'autres types de polluants*
- ***Critère 9*** *: Emprise des installations de traitement*

RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE DE FILIÈRES

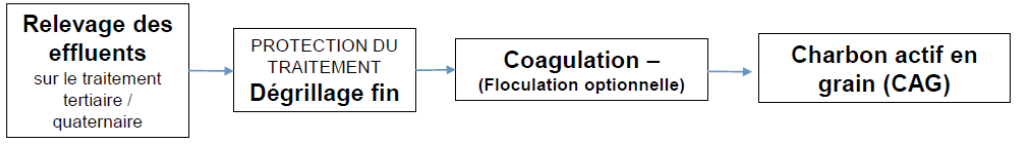
Phase 1 : Analyse comparative des différentes filières

	Charbon actif en poudre				Charbon actif en grain et micro-grain		Ozonation
	Process 1 bis	Process 2 bis	Process 3 bis	Process 4	Process 6	Process 7	Process 8
	Procédé ULMER (Charbon actif en poudre - Décantation - Filtration) **+ Filière boues**	**Procédé PULSAGREEN** (Charbon actif en poudre - Décantation intégrée - Filtration) **+ Filière boues**	**Procédé AKTIFILT** (Charbon actif en poudre + Filtration) **+ Filière boues**	**Dosage CAP dans biologie + filtration sur sable**	**Charbon actif micro-grain (Micro CAG)**	**Charbon actif en grain CAG**	**Ozonation + filtre à sable**
Critère 1 : Robustesse du procédé (référence, retour d'expérience) et simplicité d'exploitation	Procédé robuste. Filière constituée d'un plus grand nombre d'étapes de traitement, ce qui complexifie son exploitation.	Procédé robuste mais peu répandu en traitement de l'eau usée. Filière constituée d'un plus grand nombre d'étapes de traitement, ce qui complexifie son exploitation.	Procédé robuste. Filière constituée d'un plus grand nombre d'étapes de traitement, ce qui complexifie son exploitation.	Procédé robuste	Procédé robuste	Procédé robuste	Procédé robuste
Critère 2 : Retour du charbon actif dans les boues biologiques	Filière spécifique de traitement des boues quaternaires pour éviter les retours de charbon actif dans les boues biologiques. Procédé compatible avec filière compostage	Filière spécifique de traitement des boues quaternaires pour éviter les retours de charbon actif dans les boues biologiques. Procédé compatible avec filière compostage	Filière spécifique de traitement des boues quaternaires pour éviter les retours de charbon actif dans les boues biologiques. Procédé compatible avec filière compostage	Production de boues biologiques chargées en CAP. Procédé non compatible avec filière de compostage. **--> Solution non retenue**	Compatible avec filière compostage	Compatible avec filière compostage	Compatible avec filière compostage
Critère 3 : Adéquation du procédé avec l'effluent	Procédé adéquat avec l'effluent de la STEP d'ODIVEA	Procédé adéquat avec l'effluent de la STEP d'ODIVEA	Procédé adéquat avec l'effluent de la STEP d'ODIVEA	Procédé adéquat avec l'effluent de la STEP d'ODIVEA	Procédé adéquat avec l'effluent de la STEP d'ODIVEA	Procédé adéquat avec l'effluent de la STEP d'ODIVEA	Procédé non adéquat avec l'effluent de la STEP d'ODIVEA (risque de production de sous-produits indésirables) **--> Solution non retenue**
Critère 4 : Couts d'investissement - CAPEX	+ + +	+ +	+ + +	- -	+	+	+
Critère 5 : Coûts d'exploitation - OPEX	+ +	+ +	+ + +	+ +	-	-	- -
Critère 6 : Appel d'offre attractif et ouverture aux fournisseurs	Procédé non breveté, un grand nombre de fournisseur est capable de répondre à l'AO	Procédé breveté. Limitation de la concurrence	Procédé non breveté, un grand nombre de fournisseur est capable de répondre à l'AO	Procédé non breveté, un grand nombre de fournisseur est capable de répondre à l'AO	Procédé breveté. Limitation de la concurrence	Procédé non breveté, un grand nombre de fournisseur est capable de répondre à l'AO	Procédé non breveté, un grand nombre de fournisseur est capable de répondre à l'AO
Critère 7 : Régénération du CAG (Spécificité charbon actif)	Charbon actif non régénérable	Charbon actif non régénérable	Charbon actif non régénérable	Charbon actif non régénérable	Possible (en fonction des charbons)	Charbon actif régénérable	S.O.
Critère 8 : Mutualisation pour l'abattement des autres polluants :							
Mutualisation pour l'abattement des métaux lourds	Mutualisation possible (coag-floc + filtration)	Mutualisation possible (coag-floc + filtration)	Mutualisation possible (coag-floc + filtration)	Procédé seul peu intéressant pour l'élimination des métaux lourds. Nécessité d'ajouter une coag-floc + filtration en sortie de traitement	Peu intéressant pour l'élimination des métaux lourds	Mutualisation possible en ajouter une coag-floc en amont. Le CAG sert de filtration	Peu intéressant pour l'élimination des métaux lourds
Mutualisation pour l'abattement des microplastiques	Mutualisation possible grâce au filtre en dernière étape de traitement	Mutualisation possible grâce au filtre en dernière étape de traitement	Mutualisation possible grâce au filtre en dernière étape de traitement	Mutualisation possible grâce au filtre en dernière étape de traitement	Peu intéressant pour l'élimination des microplastiques (faible pouvoir filtrant)	Mutualisation possible (bon pouvoir filtrant du CAG)	Mutualisation possible grâce au filtre en dernière étape de traitement
Critère 9 : Emprise des installations	Procédé extensif (1'200 - 2'100 m2)	Procédé compact (900 - 1'500 m2)	Procédé extensif (1'100 - 2'000 m2)	Procédé très compact (450 - 800 m2)	Procédé très compact (400 - 700 m2)	Procédé assez compact (1'100 - 2'000 m2)	Procédé compact (700 - 1'200 m2)

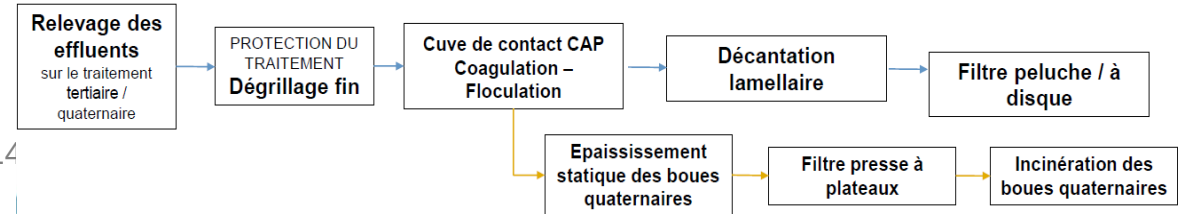
RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE DE FILIÈRES

Phase 1 : Synthèse et conclusions

- **Sept (7) filières de traitement envisagées**
- **Filières d'ozonation (ou combiné) non retenues** pour la suite de l'étude car **inadaptées à la nature des effluents brutes de Dijon** qui contiennent des bromures avec le risque de production de sous-produits indésirables et encore plus néfastes pour l'environnement
- **Filières CAP sans étape de traitement spécifique des boues quaternaires non retenues** compte tenu du devenir de des boues (compostage en cas d'indisponibilité de l'incinération) afin d'éviter le **risque de relargage des micropolluants dans la terre**.
- **Deux filières de traitement pertinentes** se dégageant des autres à la suite de l'analyse multicritère :
  - **Solution 1 (Filière 7)** : Coagulation (Floculation optionnelle) + Filtre CAG



  - **Solution 2 (Filière 1 bis) :** Process CAP + Filtre peluche/à disques + Filière boues spécifique au traitement quaternaire



RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE DE FILIÈRES

Phase 2 : Etude approfondie des filières retenues en phase 1

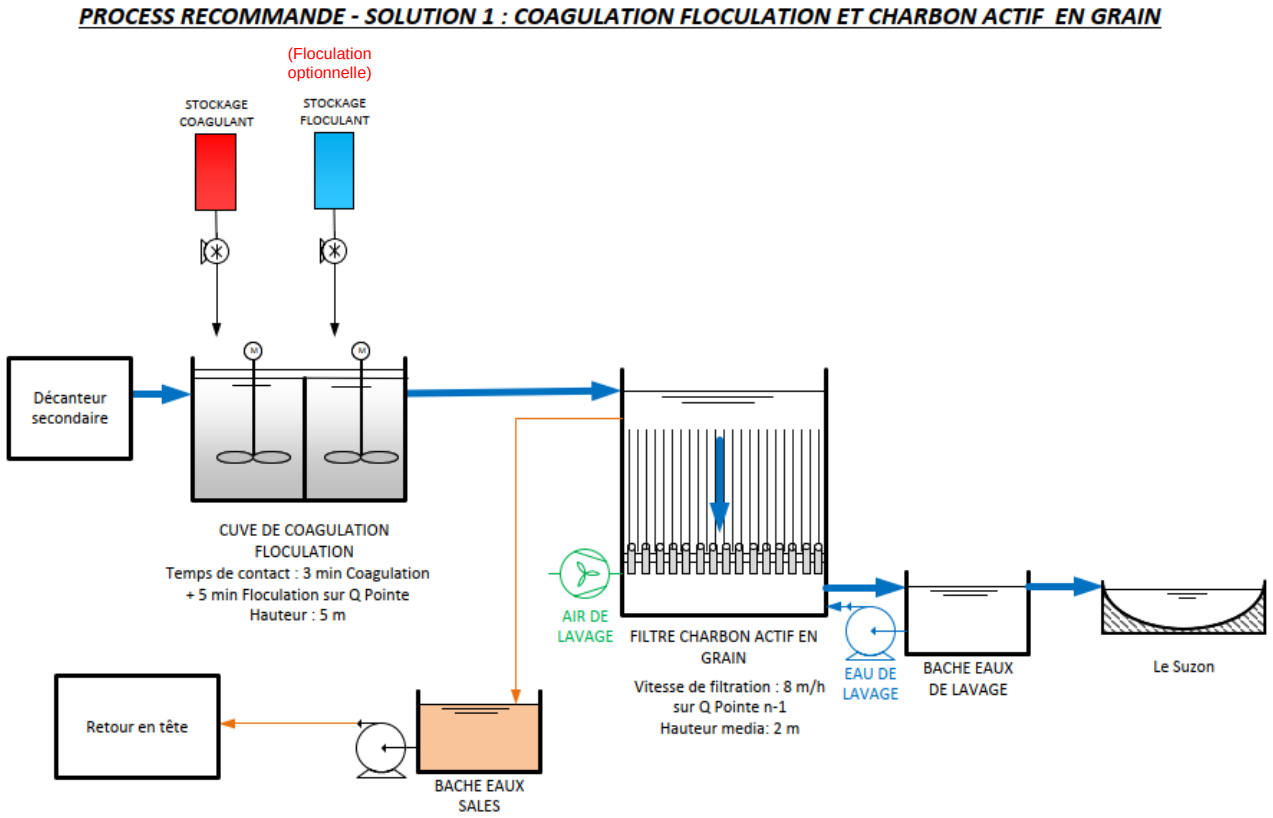
	Solution 1 CAG Coagulation - (Floculation optionnelle) - Filtre CAG		Solution 2 CAP Pulsagreen - Filtre peluche - Filière boues	
Critère 1 : Robustesse du procédé et simplicité d'exploitation	Filière constituée de procédés robustes, permettant de mutualiser les traitements (filtre CAG servant à l'abbatement des micropolluant, rétention des métaux lourds et des microplastiques). Cette mutualisation des traitement permet de diminuer les étapes de traitement.		Filière constituée d'un plus grand nombre d'étapes de traitement, ce qui complexifie son exploitation.	
Critère 2 : Retour du charbon actif dans les boues biologiques	Non concerné		Filière spécifique de traitement des boues quaternaires.	
Critère 3 : Adéquation du procédé avec l'effluent	Procédés en adéquation avec l'effluent de la STEP d'ODIVEA		Procédés en adéquation avec l'effluent de la STEP d'ODIVEA	
Critère 4 : Couts d'investissement - CAPEX	**Respect de l'enveloppe CAPEX :** 8'500'000 € estimation pour la variante V2, donnée à +/- 20%		**Non respect de l'enveloppe CAPEX :** 9'400'000 € estimation pour la variante V2, donnée à +/- 20%	
Critère 5 : Coûts d'exploitation - OPEX	791'307 € # 792'000 € par an estimation pour la variante V2, BV à 22'000		634'694 € # 635'000 € par an estimation pour la variante V2, dosage à 17.5 ppm	
Critère 6 : Appel d'offre attractif et ouverture aux fournisseurs	Procédés non brevetés. Un grand nombre de fournisseurs seraient en capacité de répondre à l'AO		Procédé Pulsagreen breveté (procédé Suez), limitant la concurrence.	

→ Proposition de l'AMO : Filière de traitement CAG

RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE DE FILIÈRES

Phase 2 : Etude approfondie des filières retenues en phase 1

→ Proposition de l'AMO : Filière de traitement CAG





DONNÉES D'ENTRÉE

Odivea

Naldeo GROUP

CSDINGENIEURS
INGÉNIEUX PAR NATURE

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

agence de l'eau
RHÔNE MÉDITERRANÉE CORSE

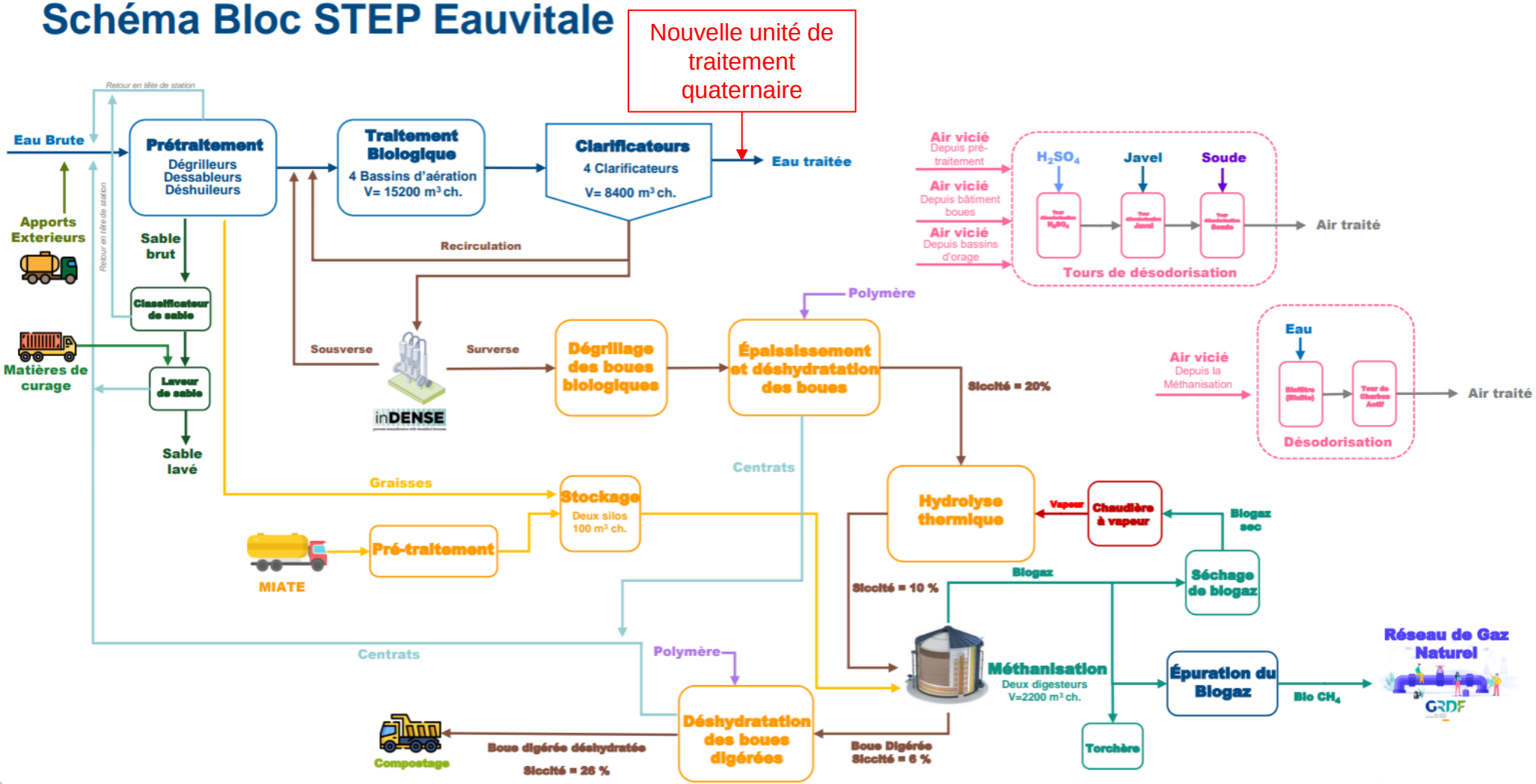
DONNÉES D'ENTRÉE

Bilan exploitation des données d'entrée transmises

Arrêtés préfectoraux	AP Micropolluants
BASA	
Campagnes d'analyse	Exploitation analyses microplastiques, Micropolluants, métaux lourds, COD ; Synoptique du traitement existant
Charbon actif Eau potable	Données charbon actif existant eau potable
Conventions de rejet Industriels	
Données d'autosurveillance	Exploitation analyses MES, Azote, Phosphore, pH
Dossier des ouvrages exécutés	
Eléments de marché STEP	
Etudes antérieures	Etudes définition des débits et études traitements de micropolluants (données d'entrée, filières de traitement et objectifs de traitement)
Etudes géotechniques	G2PRO métha
Piézo	
Plans d'installation	Côte des ouvrages existants pour définition hauteur liquide disponible traitement des micropolluants ; Plan masse
RAD & RPQS	

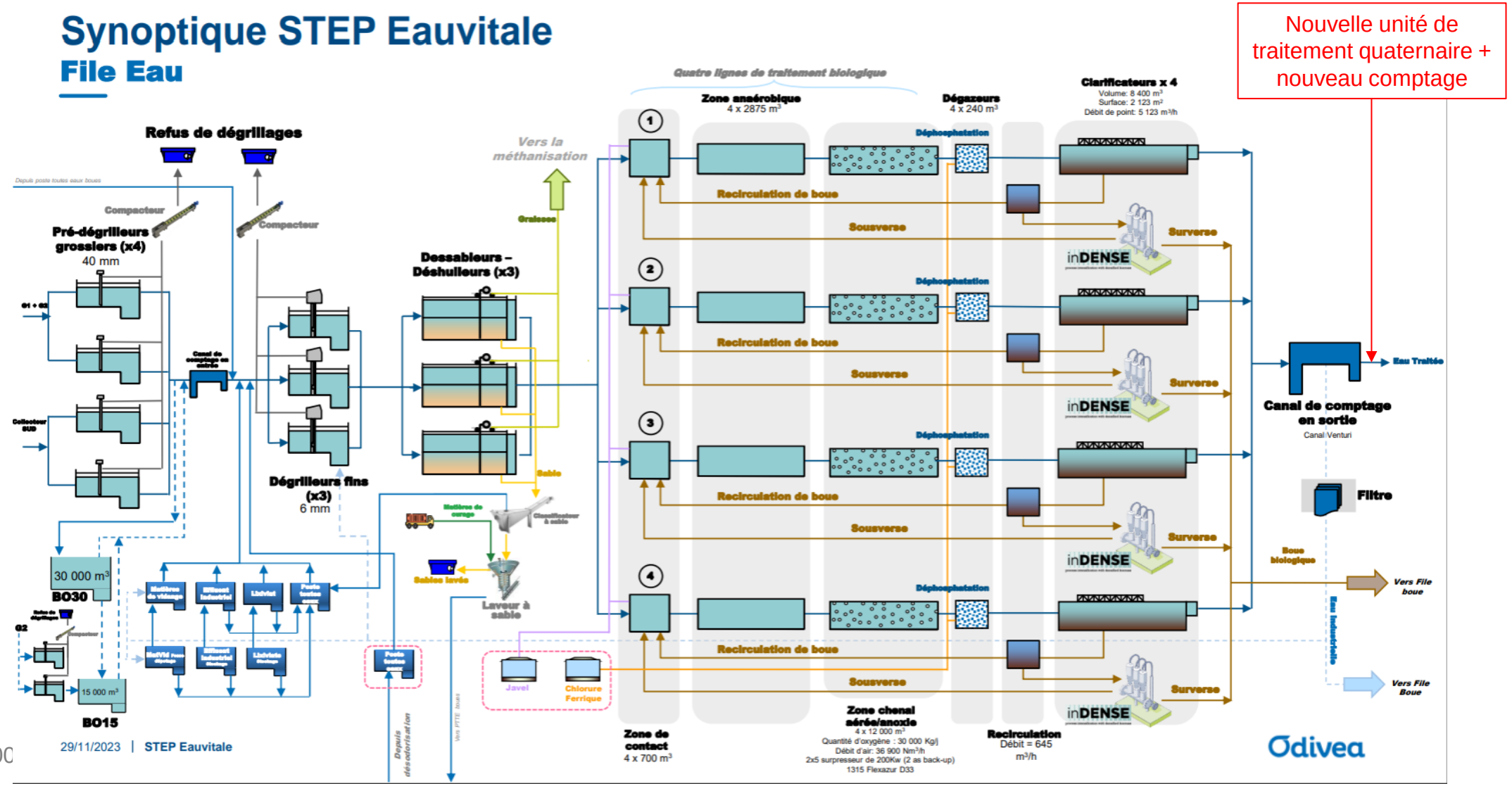
DONNÉES D'ENTRÉE

Schéma bloc général STEP Eauvitale



DONNÉES D'ENTRÉE

Synoptique file Eau STEP Eauvitale



DONNÉES D'ENTRÉE

Scénarii à étudier

Scénario		Objet	Date
Scénario 1	V1	**Cahier des charges V1 = Contrat + Mémoire Suez** • Débit à traiter = débit tous temps confondus • Micropolluants : traitement des micropolluants issus de la RSDE2 • Métaux lourds : pari sur la diminution des concentrations des métaux lourds à la source	2019
Scénario 2	V2	**Cahier des charges V2 = Proposition Suez** • Débit à traiter : abaissement (débit TS de pointe) • Micropolluants : ajouter des polluants issus de la RSDE3 + adaptation des performances de traitement • Métaux lourds : pas de diminution des concentrations des métaux lourds à la source envisagé	2024 (proposition à venir)

DONNÉES D'ENTRÉE

Débit à traiter

	Unité	V1	V2
Débit de dimensionnement		**Débit pointe tous temps confondus**	**Débit de pointe temps sec maintenu pendant 24h**
Débit horaire	m^3/h	5'200	3'000
Débit journalier	m^3/j	113'700	72'000

Nota : Débits moyens journaliers sur les 5 dernières années (2018 – 2022) issus de l'analyse statistique de Suez Consulting :

- V1 - Tout temps confondus, soit **50'269 m^3/j**
- V2 - Temps sec (0 mm/j), soit **39'746 m^3/j**

Nota : Débit moyen journalier issue du mémoire Suez « P3_4_C_MICROPOLLUANTSa » : **55'000 m^3/j** (cf. tableau de dimensionnement ci-contre, extrait du mémoire de Suez)

Injection de CAP neuf	Unité	Valeurs de conception
Dose appliquée	g/m3	20
Débit moyen journalier eau à traiter	m3/j	55 000
Débit maxi horaire eau à traiter	m3/h	5 200
Consommation pointe horaire CAP	kg/h	104
Consommation journalière moyenne	kg/j	1 100
Densité	kg/m3	350
Débit d'injection maxi	m3/h	0,3
Stockage en silo	u	1
Volume utile	m3	65
Autonomie théorique au débit moyen	j	20

Dimensionnement

DONNÉES D'ENTRÉE

Polluants à traiter en traitement quaternaire

- 4 familles de polluants en traitement quaternaire :
  - Paramètres usuels en affinage (MES, COD, Ptot, NGL) → Un plus pour répondre aux objectifs de la nouvelle DERU
  - Micropolluants (résidus médicamenteux, herbicides, etc.)
  - Métaux lourds (Zinc, Cuivre, Nickel)
  - Microplastiques

DONNÉES D'ENTRÉE

Polluants entrée traitement quaternaire (valables pour scénarii V1 et V2)

Type	Substances	Nature	POLLUANTS EN ENTREE MAX	POLLUANTS EN ENTREE MOY	Commentaires
Paramètres physicochimiques usuels	COD		14 mg/l	10.4 mg/l	*Données CARSO*
	MES		39 mg/l	8.42 mg/l	
	NGL		35.87 mg(N)/l	6.37 mg(N)/l	
	NTK		29.5 mg(N)/l	2.56 mg(N)/l	
	Ptot		3.42 mg(P)/l	0.6 mg(P)/l	
	pH		9.5	7.91	
MICROPOLLUANTS Substances significatives RSDE2	Diflufenicanil	herbicide	0.59 µg/l	0.17 µg/l	
	Diuron	herbicide	0.17 µg/l	0.06 µg/l	
	Terbutryne	herbicide	0.18 µg/l	0.09 µg/l	
	4-tert-octylphénol	détergent	0.13 µg/l	0.1 µg/l	
MICROPOLLUANTS Substances significatives RSDE3	Aminotriazole	herbicide	0.22 µg/l	0.11 µg/l	
	Trichlorométhane	solvant (#chloroforme)	4.5 µg/l	1.21 µg/l	
	DEHP	phtalate de di-2-éthylexyle plastifiant pour matière plastique	1.78 µg/l	1.05 µg/l	
MICROPOLLUANTS Résidus médicamenteux	Carbamazépine	médicament antiépileptique	0.36 µg/l	0.15 µg/l	
	Clarithromycine	antibiotique	0.5 µg/l	0.41 µg/l	Conc. max donnée par ODIVEA le 25.07.24
	Diclofénac	anti-inflammatoire	1.01 µg/l	0.41 µg/l	
MICROPOLLUANTS P.F.O.S.	P.F.O.S.	acide perfluorooctanesulfonique	0.1 µg/l	0.06 µg/l	
METAUX LOURDS	Cuivre (métal total)		23 µg/l	6.84 µg/l	
	Nickel (métal total)		41 µg/l	6.11 µg/l	
	Zinc (métal total)		94 µg/l	52.08 µg/l	
MICROPLASTIQUES	Microplastiques		Confère slide suivante		
Autres substances sans objectifs de traitement	17 beta-estradiol	hormone	< 4 µg/l	< 4 µg/l	
	Ibuprofène	anti-inflammatoire	0.1 µg/l	0.1 µg/l	
	Somme des PFAS	composés perfluorés, polluants éte	0.209 µg/l	< 0.1 µg/l	
	Benzo (a) Pyrène	hydrocarbure aromatiques polycycliques (polluant de l'air)	0.01 µg/l	0.01 µg/l	
	Bisphenol a	composé organique (fabrication plastique et résine)	< 0.1 µg/l	< 0.1 µg/l	
	Imidaclopride	pesticide, insecticide	0.07 µg/l	0.07 µg/l	
	Cobalt		4 µg/l	3.17 µg/l	

→ Concentrations des paramètres physicochimiques : calculées entre janvier 2019 et mai 2024

→ Concentration en **micropolluants** reprises du rapport Phase 3 de Suez, tableau p.38, § 4.2 Hypothèses, cibles et contraintes.

→ Concentrations issues des RSDE (RSDE 2 en 2018 ; RSDE 3 en 2022 – 2023)

Cas lorsque concentration mesurée < à la limite de quantification : concentration retenue = concentration de la limite de quantification.

→ Concentrations des métaux lourds issues des RSDE et campagnes d'analyses métaux lourds entre janvier 2023 et janvier 2024

DONNÉES D'ENTRÉE

Polluants entrée traitement quaternaire (valables pour scénarii V1 et V2)

Type	Substances	Nature	POLLUANTS EN ENTREE MAX	MOY
MICROPOLLUANTS Substances significatives RSDE2	Diflufenicanil	herbicide	0.59 µg/l	0.17 µg/l
	Diuron	herbicide	0.17 µg/l	0.06 µg/l
	Terbutryne	herbicide	0.18 µg/l	0.09 µg/l
	4-tert-octylphénol	détergent	0.13 µg/l	0.1 µg/l
MICROPOLLUANTS Substances significatives RSDE3	Aminotriazole	herbicide	0.22 µg/l	0.11 µg/l
	Trichlorométhane	solvant (#chloroforme)	4.5 µg/l	1.21 µg/l
	DEHP	phtalate de di-2-éthylexyle plastifiant pour matière plastique	1.78 µg/l	1.05 µg/l
MICROPOLLUANTS Résidus médicamenteux	Carbamazépine	médicament antiépileptique	0.36 µg/l	0.15 µg/l
	Clarithromycine	antibiotique	0.5 µg/l	0.41 µg/l
	Diclofénac	anti-inflammatoire	1.01 µg/l	0.41 µg/l
MICROPOLLUANTS P.F.O.S.	P.F.O.S.	acide perfluorooctanesulfonique	0.1 µg/l	0.06 µg/l

Leitsubstanzen	Elimination durch Ozon oder Aktivkohle	Bestimmungsgrenze ARA-Ablauf (µg/l) (Einzelfälle in Klammern)	Typische Konzentrationen im ARA-Zulauf (µg/l), angegeben als Median [10%- und 90%-Quantil]
Benzotriazol	Gut	0,01 bis 0,05	5,6 [2,6; 14,0]
Candesartan	Gut	0,005 bis 0,01	0,51 [0,24; 0,95]
Irbesartan	Gut	0,01 bis (0,02)	1,07 [0,29; 2,81]
Methylbenzotriazol	Gut	0,05	1,79 [0,77; 4,64]
Diclofenac	Sehr gut	0,01 bis (0,02)	1,87 [0,88; 3,27]
Hydrochlorothiazid	Sehr gut	0,01 bis (0,02)	1,23 [0,61; 2,06]
Carbamazepin	Sehr gut	0,01	0,2 [0,07; 0,48]
Metoprolol	Sehr gut	(0,005) bis 0,01	0,47 [0,16; 1,04]
Venlafaxin	Sehr gut	(0,005) bis 0,01	0,25 [0,12; 0,45]
Amisulprid	Sehr gut	0,005 bis 0,01	0,22 [0,04; 0,76]
Citalopram	Sehr gut	(0,005) bis 0,01	0,15 [0,07; 0,28]
Clarithromycin	Sehr gut	(0,005) bis 0,01	0,20 [0,04;0,53]

- Carbamazépine : concentration sur la STEP d'ODIVEA assez similaire à la concentration type Suisse
- Clarithromycine : 2 fois plus concentré sur la STEP d'ODIVEA que la concentration type rencontrée en Suisse
- Diclofénac : 12 fois moins concentré sur la STEP d'ODIVEA que la concentration type rencontrée en Suisse

DONNÉES D'ENTRÉE

Polluants en sortie traitement quaternaire – Objectif de traitement

- En rouge : écart entre objectif de traitement du scénario V1 et objectif du scénario V2
- Ajout des objectifs de traitement de la nouvelle DERU sur l'azote global et le phosphore total.
- Trichlorométhane : souhait d'ODIVEA de demander à l'entreprise de proposer un objectif de concentration minimale en sortie.
- Abattement des micropolluants : Entre quelles étapes l'abattement de 80% doit être garanti ?

→ **Garantie à demander à l'entreprise entre l'entrée quaternaire et sortie quaternaire**

- Abattement des métaux lourds :

→ **Demander un abattement minimal sur l'étape quaternaire à l'entreprise au regard de l'abattement existant sur l'étape de biologie.**

- **Point d'attention sur le choix des substances à demander en garantie par l'entreprise**

Type	Substances	POLLUANTS EN SORTIE V1	POLLUANTS EN SORTIE V2	Commentaire
Paramètres physicochimiques usuels	COD			
	MES			
	NGL		8 mg/l et/ou 80%	Nouvelle DERU (publication 1er mars 2024)
	NTK			
	Ptot		0.5 mg/l et/ou 90%	Nouvelle DERU (publication 1er mars 2024)
	pH			
MICROPOLLUANTS Substances significatives RSDE2	Diflufenicanil	0.05 µg/l	0.05 µg/l	Non significatif en RSDE 3 en sortie
	Diuron	0.05 µg/l	0.2 µg/l	
	Terbutryne	0.1 µg/l	0.3 µg/l	Non significatif en RSDE 3 en sortie
	4-tert-octylphénol	0.1 µg/l	0.6 µg/l	Non significatif en RSDE 3 en sortie
MICROPOLLUANTS Substances significatives RSDE3	Aminotriazole	-	0.3 µg/l	Significatif en RSDE 3 en sortie
	Trichlorométhane	-	1.5 µg/l (objectif secondaire)	Significatif en RSDE 3 en sortie mais pas de connaissance sur technique de traitement
	DEHP (phtalate de di-2-éthylexyle)	-	4 µg/l	Significatif en RSDE 3 en sortie
MICROPOLLUANTS Résidus médicamenteux	Résidus médicamenteux	80 % (taux moy - écht. 48h) Liste de 11 substances dont 3 de la future	X	
MICROPOLLUANTS Liste des 12 substances DERU = Liste Suisse	Substances catégorie 1 (très facilement éliminables)			
	Amisulpride	-	80% en moyenne sur 6 substances	
	Carbamazépine			
	Citalopram			
	Clarithromycine			
	Diclofénac			
	Hydrochorothiazide			
	Métoprolol			
	Venlafaxine			
	Substances catégorie 2 (facilement			
	Benzotriazole			
	Candésartan			
	Irbésartan			
	Mélange de 4-Méthylbenzotriazole et 5-Méthylbenzotriazole			
MICROPOLLUANTS P.F.O.S.	P.F.O.S.	0.05 µg/l	0.05 µg/l	Non significatif en RSDE 3
METAUX LOURDS	Cuivre (métal total)	85 % et 5 µg/l	85 % et 7.5 µg/l	
	Nickel (métal total)	5 µg/l	6 µg/l	Non significatif en RSDE 3 en sortie
	Zinc (métal total)	**72 % et 5 µg/l**	**72 % et 40 µg/l**	
MICROPLASTIQUES	Microplastiques	95%	95%	
Autres substances sans objectifs de traitement	17 beta-estradiol	-	-	Pas d'objectif si substances déjà en dessous des objectifs milieu récepteur, pour lesquelles peu de connaissance en termes d'impact sur le milieu et/ou de traitement possible, et non ciblées par la future DERU.
	Ibuprofène	-	-	
	Somme des PFAS	-	-	
	Benzo (a) Pyrène	-	-	
	Bisphenol a	-	-	
	Imidaclopride	-	-	
	Cobalt	-	-	

DONNÉES D'ENTRÉE

Polluants à traiter – Synthèse entrée / sortie traitement des micropolluants

Type	Substances	Nature	POLLUANTS EN ENTREE MAX	POLLUANTS EN ENTREE MOY	POLLUANTS EN SORTIE V1	POLLUANTS EN SORTIE V2	Commentaire
Paramètres physicochimiques usuels	COD		14 mg/l	10.4 mg/l			
	MES		39 mg/l	8.42 mg/l			
	NGL		35.87 mg(N)/l	6.37 mg(N)/l		8 mg/l et/ou 80%	Nouvelle DERU (publication 1er mars 2024)
	NTK		29.5 mg(N)/l	2.56 mg(N)/l			
	Ptot		3.42 mg(P)/l	0.6 mg(P)/l		0.5 mg/l et/ou 90%	Nouvelle DERU (publication 1er mars 2024)
	pH		9.5	7.91			
MICROPOLLUANTS Substances significatives RSDE2	Diflufenicanil	herbicide	0.59 µg/l	0.17 µg/l	0.05 µg/l	0.05 µg/l	Non significatif en RSDE 3 en sortie
	Diuron	herbicide	0.17 µg/l	0.06 µg/l	0.05 µg/l	0.2 µg/l	
	Terbutryne	herbicide	0.18 µg/l	0.09 µg/l	0.1 µg/l	0.3 µg/l	Non significatif en RSDE 3 en sortie
	4-tert-octylphénol	détergent	0.13 µg/l	0.1 µg/l	0.1 µg/l	0.6 µg/l	Non significatif en RSDE 3 en sortie
MICROPOLLUANTS Substances significatives RSDE3	Aminotriazole	herbicide	0.22 µg/l	0.11 µg/l	-	0.3 µg/l	Significatif en RSDE 3 en sortie
	Trichlorométhane	solvant (#chloroforme)	4.5 µg/l	1.21 µg/l	-	1.5 µg/l (objectif secondaire)	Significatif en RSDE 3 en sortie mais pas de connaissance sur technique de traitement
	DEHP (phtalate de di-2-éthylexyle	plastifiant pour matière plastique	1.78 µg/l	1.05 µg/l	-	4 µg/l	Significatif en RSDE 3 en sortie
MICROPOLLUANTS Résidus médicamenteux	Résidus médicamenteux				80 % (taux moy - écht 48h) Liste de 11 substances dont 3 de la future DERU	X	Abattement à garantir entre l'entrée quaternaire et la sortie quaternaire par l'entreprise
MICROPOLLUANTS Liste des 12 substances DERU = Liste Suisse	Substances catégorie 1 (très facilement éliminables)				-	80% en moyenne sur 6 substances	Abattement à garantir entre l'entrée quaternaire et la sortie quaternaire par l'entreprise
	Amisulpride	médicament antipsychotique					
	Carbamazépine	médicament antiépileptique	0.36 µg/l	0.15 µg/l			
	Citalopram	médicament antidépresseur					
	Clarithromycine	antibiotique	0.5 µg/l	0.41 µg/l			
	Diclofénac	anti-inflammatoire	1.01 µg/l	0.41 µg/l			
	Hydrochorothiazide	médicament diurétique					
	Métoprolol	médicament antihypertenseur					
	Venlafaxine	médicament antidépresseur					
	Substances catégorie 2 (facilement éliminables)						
	Benzotriazole	additif anticorrosif					
	Candésartan	médicament antihypertenseur					
	Irbésartan	médicament antihypertenseur					
	Mélange de 4-Méthylbenzotriazole et 5-Méthylbenzotriazole	dérivé du Benzotriazole, additif					
MICROPOLLUANTS P.F.O.S.	P.F.O.S.	acide perfluorooctanesulfonique	0.1 µg/l	0.06 µg/l	0.05 µg/l	0.05 µg/l	Non significatif en RSDE 3
METAUX LOURDS	Cuivre (métal total)		23 µg/l	6.84 µg/l	85 % et 5 µg/l	85 % et 7.5 µg/l	
	Nickel (métal total)		41 µg/l	6.11 µg/l	5 µg/l	6 µg/l	Non significatif en RSDE 3 en sortie
	Zinc (métal total)		94 µg/l	52.08 µg/l	**72 % et 5 µg/l**	**72 % et 40 µg/l**	
MICROPLASTIQUES	Microplastiques				95%	95%	

DONNÉES D'ENTRÉE

Abattements STEP actuelle micropolluants (entre eaux brutes et sortie clarificateurs)

			Abattement RSDE3							Abattement RSDE2						
			C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	Moyenne	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	Moyenne
			%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
MICROPOLLUANTS Substances significatives RSDE2	Diflufenicanil	herbicide	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-1817%	-21%	-376%	-497%	nd	-1033%	-749%
	Diuron	herbicide	nd	nd	nd	nd	nd	95.3%	95%	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Terbutryne	herbicide	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	4-tert-octylphénol	détergent	nd	nd	nd	nd	nd	98%	98%	nd	nd	95%	nd	87%	89%	90%
MICROPOLLUANTS Substances significatives RSDE3	Aminotriazole	herbicide	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Trichlorométhane	solvant (#chloroforme)	nd	nd	32%	nd	nd	nd	32%	nd	nd	nd	nd	88%	nd	88%
	DEHP (phtalate de di-2-éthylexyle)	plastifiant pour matière plastique	95%	92%	82%	95%	nd	100%	93%	nd	92%	99%	99%	99%	87%	95%
MICROPOLLUANTS Liste des 12 substances DERU = Liste Suisse	Substances catégorie 1 (très facilement éliminables)															
	Amisulpride	médicament antipsychotique														
	Carbamazépine	médicament antiépileptique	nd	-1200%	nd	nd	nd	nd	-1200%							
	Citalopram	médicament antidépresseur														
	Clarithromycine	antibiotique	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd							
	Diclofénac	anti-inflammatoire	59%	-894%	nd	nd	9%	nd	-275%							
	Hydrochorothiazide	médicament diurétique														
	Métoprolol	médicament antihypertenseur														
	Venlafaxine	médicament antidépresseur														
	Substances catégorie 2 (facilement éliminables)															
	Benzotriazole	additif anticorrosif														
	Candésartan	médicament antihypertenseur														
	Irbésartan	médicament antihypertenseur														
	Mélange de 4-Méthylbenzotriazole et 5-Méthylbenzotriazole	dérivé du Benzotriazole, additif														

- Très bon abattement des DEHP et des 4-tert-octylphénol
- Bon abattement du Diuron et Trichlorométhane → reste à confirmer (peu de résultat)
- Mauvais abattement moyen des Diflufenicanil, également de la Carbamazépine et Diclofénac → reste à confirmer (peu de résultat)

Nota : RSDE 2 sur 2018 et RSDE 3 sur 2022 -2023

DONNÉES D'ENTRÉE

Formes des métaux lourds

Eaux brutes STEP Eauvitale (2023)					
Cuivre particulaire	**Nickel particulaire**	**Zinc particulaire**	Cuivre dissous	Nickel dissous	Zinc dissous
76%	**58%**	**89%**	nd *	nd *	11%
Eaux traitées STEP Eauvitale (2023)					
Cuivre particulaire	Nickel particulaire	Zinc particulaire	**Cuivre dissous**	**Nickel dissous**	**Zinc dissous**
41%	22%	12%	nd *	nd *	**88%**

** non calculé car valeurs < LQ*

Source : Tableau 6 du rapport Phase 3 23NBL054_Micropol_Odivea_Phase3_V4def

	Eau brute			Eau traitée		
	% Cu dissous	% Ni dissous	% Zn dissous	% Cu dissous	% Ni dissous	% Zn dissous
	%	%	%	%	%	%
MIN	24%	nd	11%	56%	83%	63%
MOY	24%	nd	11%	91%	97%	88%
MAX	24%	nd	11%	100%	100%	100%

Source : Campagne Analyses métaux Br NDMA 254 nm et autres, entre 2022 et 2024

- Dans les eaux brutes (entrée STEP), les métaux sont principalement sous forme **particulaire**.
- Dans les eaux traitée (sortie clarificateurs), les métaux sont principalement sous forme **dissoute**.

DONNÉES D'ENTRÉE

Abattement STEP actuelle des métaux lourds

		Abattement RSDE3 (sur les flux)							Abattement RSDE2 (sur les flux)						
		C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	Moyenne	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	Moyenne
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
METAUX LOURDS	Cuivre (métal total)	97.4%	96.3%	89.8%	90.1%	92.9%	96.2%	93.8%	75.5%	83.8%	95.4%	98.0%	92.6%	81.1%	87.7%
	Nickel (métal total)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-403.3%	nd	nd	-403.3%
	Zinc (métal total)	73.7%	69.7%	81.0%	33.9%	64.3%	69.9%	65.4%	-6.7%	70.2%	78.3%	85.7%	71.1%	68.5%	61.2%

Rendements issus de la campagne Analyses métaux Br NDMA 254nm et autres

Station / Réseau	eauvitale	eauvitale	eauvitale
Pt prélevt	Abattement	Abattement	Abattement
Paramètre	Cuivre	Nickel	Zinc
Laboratoire	Calcul	Calcul	Calcul
Unité	%	%	%
MIN	86%	45%	43%
MOYENNE	92%	54%	73%
MAX	96%	63%	88%
NB VALEUR	13	2	21

- Bon à très bon abattement du Cuivre (très bon) et Zinc (bon) sur la filière actuelle
- Mauvais abattement du Nickel sur la filière actuelle (très peu de données sur RSDE 2 et aucunes sur RSDE 3)

DONNÉES D'ENTRÉE

Microplastiques – Abattement STEP actuelle

- Bilan des analyses de microplastiques réalisées par WESSLING en 2024 :

Temps sec :

Méthode RAMAN

Abattement global STEP actuelle 99.5 %

ENTREE STEP 24 h- Analyse 07.02.2024									
Methode de détection	Matériau	Quantité totale dans échantillon	Quantité totale par litre	6 - 10 µm	10 - 50 µm	50 - 100 µm	100 - 150 µm	150 - 1000 µm	1000 - 5000 µm
Microscopique RAMAN	PE (polyethylène)	156'862	30'166	26'059	130'294	0	0	509	0
	PET (Polyethylène terepthalate)	26'059	5'011	0	26'059	0	0	0	0
	PVPP (Polyvinylpolypyrrolidone)	78'177	15'034	0	52'118	26'059	0	0	0
	Nbre de microplastiques dans échantillon	**261'098**	50'211	26'059	208'471	26'059	0	509	0
	Volume de l'échantillon (L)	**5.2**							
	Quantité de microplastiques par litre	**50'211**		5'011	40'091	5'011	0	98	0

SORTIE STEP 2h - Analyse 13.02.2024									
Methode de détection	Matériau	Quantité totale dans échantillon	Quantité totale par litre	6 - 10 µm	10 - 50 µm	50 - 100 µm	100 - 150 µm	150 - 1000 µm	1000 - 5000 µm
Microscopique RAMAN	PE (polyethylène)	93'902	187	5'667	73'669	11'334	2'833	399	0
	PET (Polyethylène terepthalate)	2'913	6	0	2'833	0	0	80	0
	PP (Polypropylène)	11'533	23	0	11'334	0	0	199	0
	PS (Polystyrène)	14'167	28	0	11'334	2'833	0	0	0
	Nbre de microplastiques dans échantillon	**122'515**	244	5'667	99'170	14'167	2'833	678	0
	Volume de l'échantillon (L)	**502**							
	Quantité de microplastiques par litre	**244**		11	198	28	6	1	0

ABATTEMENT MICROPLASTIQUES		Unité	Abattement
Microscopique RAMAN	PE (polyethylène)	%	99.4%
	PET (Polyethylène terepthalate)	%	99.9%
	Nombre de microplastiques par litre	%	99.5%

DONNÉES D'ENTRÉE

Microplastiques – Abattement STEP actuelle

- Bilan des analyses de microplastiques réalisées par WESSLING en 2024 :

Temps sec :

Méthode Thermodesoprtion pyrolyse-GC/MS

Abattement global STEP actuelle 99.8 %

Methode de détection	Matériau	Concentration ENTREE STEP (µg/l)	Concentration SORTIE STEP (µg/l)	Abattement
Thermodesorption pyrolyse-GC/MS	PP (Polypropylène)	< 15	< 15	non déterminé
	PE (polyethylène)	259.66	0.50	99.8%
	PET (Polyethylène terepththalate)	< 15	< 15	non déterminé
	PS (Polystyrène)	< 15	< 15	non déterminé
	PMMA (Polymethylmethacrylate)	< 15	< 15	non déterminé
	Masse totale	**259.66**	**0.50**	99.8%

DONNÉES D'ENTRÉE

Microplastiques – Abattement STEP actuelle

- Bilan des analyses de microplastiques réalisées par WESSLING en 2024 :

Temps de pluie (1.4 mm):

Méthode RAMAN

Abattement global STEP actuelle 94.7 %

ENTREE STEP 24h - Analyse 06.03.2024

Methode de détection	Matériau	Quantité totale dans échantillon	Quantité totale par litre	6 - 10 µm	10 - 50 µm	50 - 100 µm	100 - 150 µm	150 - 1000 µm	1000 - 5000 µm
Microscopique RAMAN	ABS (Acrylonitrile butadiene styrene)	37	6	0	0	0	0	37	0
	PE (polyethylène)	11	2	0	0	0	0	11	0
	PET (Polyethylène terepththalate)	12'951	2'159	0	12'951	0	0	0	0
	PP (Polypropylène)	4'317	720	0	4'317	0	0	0	0
	PS (Polystyrène)	8'634	1'439	8'634	0	0	0	0	0
	Nombre des microplastiques dans l'échantill	**25'950**	4'325	8'634	17'268	0	0	48	0
	Volume de l'échantillon (L)	**6**							
	Nombre de microplastiques par litre	**4'325**		1'439	2'878	0	0	8	0

SORTIE STEP 1h17 - Analyse 24.04.2024

Methode de détection	Matériau	Quantité totale dans échantillon	Quantité totale par litre	6 - 10 µm	10 - 50 µm	50 - 100 µm	100 - 150 µm	150 - 1000 µm	1000 - 5000 µm
Microscopique RAMAN	PE (polyethylène)	10'693	76	0	10'693	0	0	0	0
	PP (Polypropylène)	10'693	76	0	10'693	0	0	0	0
	PVPP (Polyvinylpolypyrrolidone)	10'749	77		10'693	0	0	56	0
	Nombre des microplastiques dans l'échantill	**32'135**	230	0	32'079	0	0	56	0
	Volume de l'échantillon (L)	**140**							
	Nombre de microplastiques par litre	**230**		0	229	0	0	0	0

ABATTEMENT MICROPLASTIQUES		Unité	Abattement
Microscopique RAMAN	PE (polyethylène)	%	-4066%
	PP (Polypropylène)	%	89%
	Nombre de microplastiques par litre	%	94.7%

DONNÉES D'ENTRÉE

Microplastiques – Abattement STEP actuelle

- Bilan des analyses de microplastiques réalisées par WESSLING en 2024 :

Temps de pluie (1.4 mm):

Méthode Thermodesoprtion pyrolyse-GC/MS

Abattement global STEP actuelle non déterminé

Methode de détection	Matériau	Concentration ENTREE STEP (µg/l)	Concentration SORTIE STEP (µg/l)	Abattement
Thermodesoprtion pyrolyse-GC/MS	PP (Polypropylène)	< 15	< 15	non déterminé
	PE (polyethylène)	< 15	< 15	non déterminé
	PET (Polyethylène terepththalate)	< 15	< 15	non déterminé
	PS (Polystyrène)	< 15	< 15	non déterminé
	PMMA (Polymethylmethacrylate)	< 15	< 15	non déterminé
	Masse totale	**< 15**	**< 15**	non déterminé

DONNÉES D'ENTRÉE

Microplastiques – Abattement STEP actuelle

- Bilan des analyses de microplastiques réalisées par WESSLING en 2024 :

3 files / 4 en fonctionnement

Méthode RAMAN

Abattement global STEP actuelle 86.9 %

ENTREE STEP 24h - Analyse 17.04.2024

Methode de détection	Matériau	Quantité totale dans échantillon	Quantité totale par litre	6 - 10 µm	10 - 50 µm	50 - 100 µm	100 - 150 µm	150 - 1000 µm	1000 - 5000 µm
Microscopique RAMAN	PE (polyethylène)	43'320	13'127	21'435	21'435	0	0	450	0
	PET (Polyethylène terepththalate)	43'434	13'162	42'871	0	0	0	563	0
	PLA (Polylactic acid)	21'435	6'495	0	21'435	0	0	0	0
	PMMA (Polymethylmethacrylate)	42'870	12'991	21'435	21'435	0	0	0	0
	PP (Polypropylène)	64'644	19'589	21'435	42'871	0	0	338	0
	PS (Polystyrène)	85'741	25'982	64'306	21'435	0	0	0	0
	PVC (Polyvinyl chloride)	21'548	6'530	0	21'435	0	0	113	0
	PVPP (Polyvinylpolypyrrolidone)	21'435	6'495	0	21'435	0	0	0	0
	Nombre des microplastiques dans l'échantil	**344'427**	104'372	171'482	171'481	0	0	1'464	0
	Volume de l'échantillon (L)	**3.3**							
	Nombre de microplastiques par litre	**104'372**		51'964	51'964	0	0	444	0

SORTIE STEP 26 min - Analyse 24.04.2024

Methode de détection	Matériau	Quantité totale dans échantillon	Quantité totale par litre	6 - 10 µm	10 - 50 µm	50 - 100 µm	100 - 150 µm	150 - 1000 µm	1000 - 5000 µm
Microscopique RAMAN	ABS (Acrylonitrile butadiene styrene)	25'928	2'881	0	25'928	0	0	0	0
	PE (polyethylène)	71'301	7'922	0	71'301	0	0	0	0
	PMMA (Polymethylmethacrylate)	6'482	720	0	6'482	0	0	0	0
	PP (Polypropylène)	13'140	1'460	0	12'964	0	0	176	0
	PS (Polystyrène)	6'482	720	0	6'482	0	0	0	0
	Nombre des microplastiques dans l'échantil	**123'333**	13'704	0	123'157	0	0	176	0
	Volume de l'échantillon (L)	**9**							
	Nombre de microplastiques par litre	**13'704**		0	13'684	0	0	20	0

ABATTEMENT MICROPLASTIQUES		Unité	Abattement
Microscopique RAMAN	PE (polyethylène)	%	40%
	PMMA (Polymethylmethacrylate)	%	94%
	PP (Polypropylène)	%	93%
	PS (Polystyrène)	%	97%
	Nombre de microplastiques par litre	%	86.9%

DONNÉES D'ENTRÉE

Microplastiques – Abattement STEP actuelle

- Bilan des analyses de microplastiques réalisées par WESSLING en 2024 :

3 files / 4 en fonctionnement

Méthode Thermodesoprtion pyrolyse-GC/MS

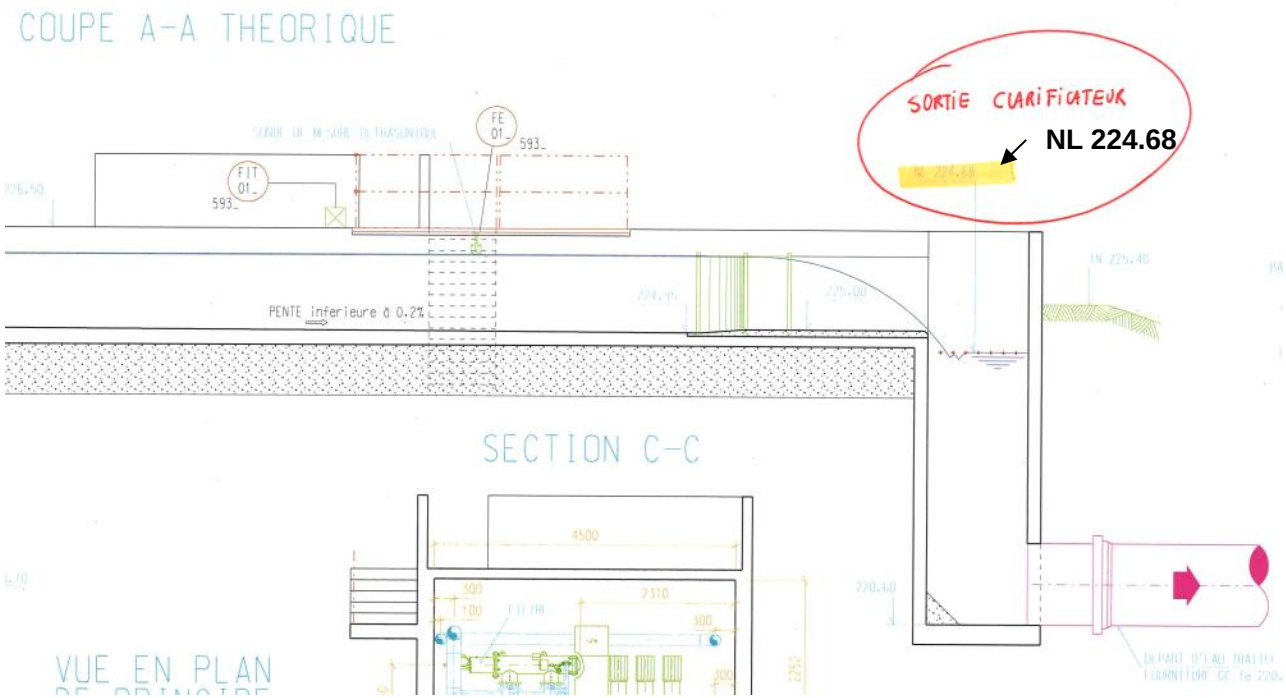
Abattement global STEP actuelle 95.2 %

Methode de détection	Matériau	Concentration ENTREE STEP (µg/l)	Concentration SORTIE STEP (µg/l)	Abattement
Thermodesorption pyrolyse-GC/MS	PP (Polypropylène)	< 15	< 15	non déterminé
	PE (polyethylène)	218	< 15	non déterminé
	PET (Polyethylène terepththalate)	< 15	< 15	non déterminé
	PS (Polystyrène)	97	< 15	non déterminé
	PMMA (Polymethylmethacrylate)	< 15	< 15	non déterminé
	Masse totale	**< 15**	**< 15**	non déterminé
	Masse totale corrigée / extrapolée	315	15	95.2%

DONNÉES D'ENTRÉE

Côtes de références

- NL sortie des clarificateurs (amont canal venturi) = 226.10 m NGF
- NL aval canal venturi de rejet = 224,68 m NGF
- Côte dernier regard relevé avant rejet dans le Suzon = Fe : 221.64 m NGF
- Côte niveau de crue Suzon au droit du rejet =223.75 m NGF



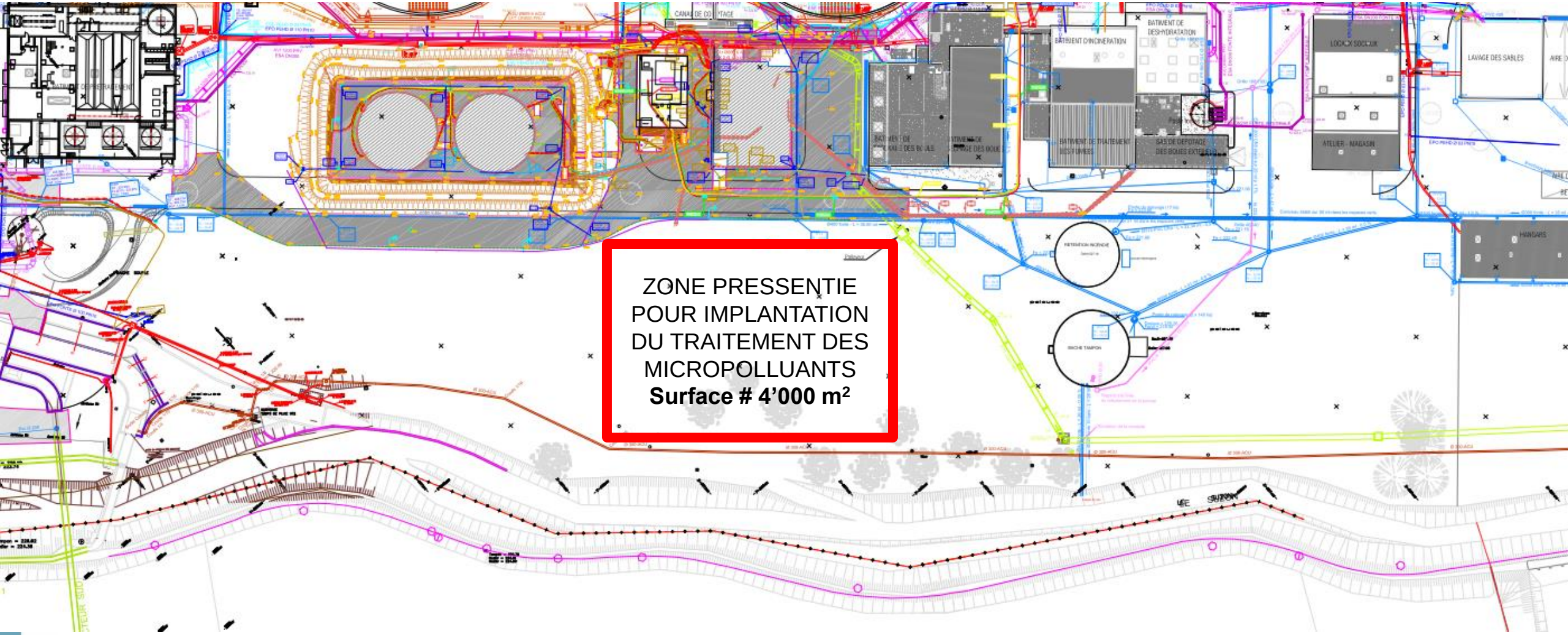
→ **Hauteur liquide disponible de 0.93 m (niveau canal venturi 224.68 – niveau rejet en crue 223.75)**

Question ouverte :

- Point d'attention : étude géotechnique à mener avec programme d'investigation terrain (la zone pressentie correspond au site de l'ancienne STEP)
- TN au droit du site envisagé pour les MP

DONNÉES D'ENTRÉE

Implantation de l'étape de traitement des micropolluants



DONNÉES D'ENTRÉE

Implantation de l'étape de traitement des micropolluants

Zone pressentie pour implantation du traitement des micropolluants
Surface # 4'000 m²





FILIÈRES DE TRAITEMENT

Odivea

Naldeo GROUP

CSDINGENIEURS
INGÉNIEUX PAR NATURE

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

agence de l'eau
RHÔNE MÉDITERRANÉE CORSE

FILIÈRES DE TRAITEMENT

4 familles de polluants à traiter :

- Macro-polluants (en affinage)
- Micropolluants
- Métaux lourds
- Microplastiques

FILIÈRES DE TRAITEMENT GLOBALES

Relevage des effluents
sur le traitement tertiaire / quaternaire

→

PROTECTION DU TRAITEMENT
Dégrillage fin

→

Traitement des micropolluants

Ozonation
Adsorption sur CAP
Adsorption sur CAG
Adsorption sur MicroCAG
Procédés combinés

Traitement des métaux lourds

Traitement physicochimique
Nano filtration
Résine échangeuse d'ions
Electrocoagulation
CAG (procédé très peu efficace)

Traitement des microplastiques

Filtration sur sables
Filtre mécanique

ETAPE DE PROTECTION DU TRAITEMENT

Dégrillage fin amont

- Une première étape de dégrillage fin est préconisée à l'amont du traitement des micropolluants afin d'éliminer algues et autres macro-particules issues des clarificateurs (décanteurs secondaires circulaires)

- Dimensionnement du dégrillage :
  - Nombre de dégrilleurs : 1 seul + bypass (solution 1)
    1 à 50% du débit + 1 à 50% du débit (solution 2)
  - Type : Dégrilleur droit à raclage continu
  - Débit : 3'000 m^3/h
  - Maille : 2 mm

→ Les deux solutions seront proposées à ODIVEA



- Reprise des déchets de dégrillage :
  - ~~Vis compacteuse ou~~ simple benne (assez peu de déchets)

ETAPE DE RELEVAGE DES EFFLUENTS

- Quelle que soit la filière de traitement tertiaire – quaternaire retenue, un relevage des effluents sera nécessaire du fait de la faible hauteur liquide disponible pour l'étape de traitement tertiaire – quaternaire.

- Dimensionnement du relevage : besoin du débit max instantané et du débit minimum (débit de nuit)

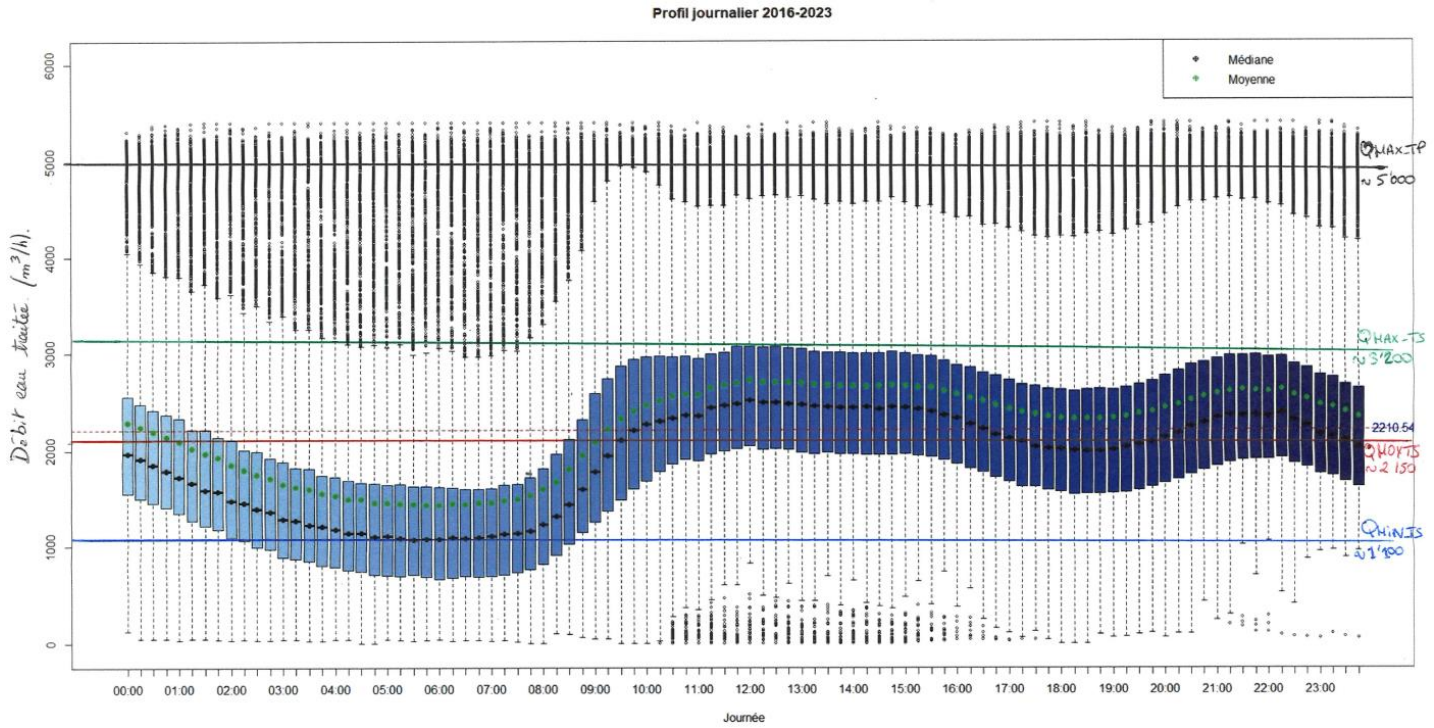
  → *utilisation du profil journalier STEP Dijon entre 2016 et 2023*

Q min TS médian : env. 1'100 m³/h

Q moy TS : env. 2'150 m³/h

Q max TS : env. 3'200 m³/h

Q max TP : env. 5'000 m³/h

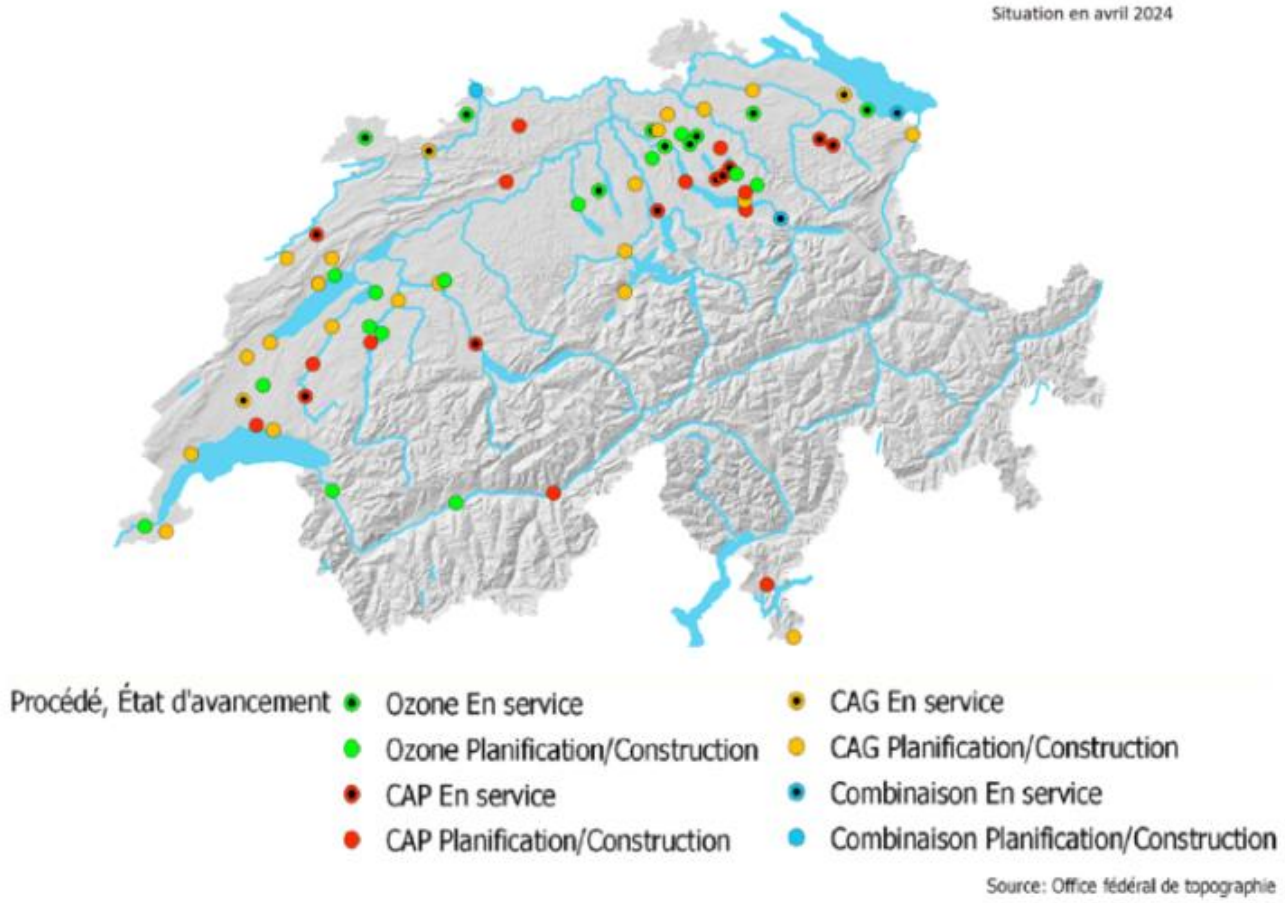


FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

- Les différents types de traitement des micropolluants:
  - Les charbons actifs
    - Charbon Actif en Poudre (CAP)
    - Charbon Actif en micro-Grain (CAμG)
    - Charbon Actif en Grain (CAG)
  - L'ozonation
  - Les procédés combinés : ozonation + charbon actif

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

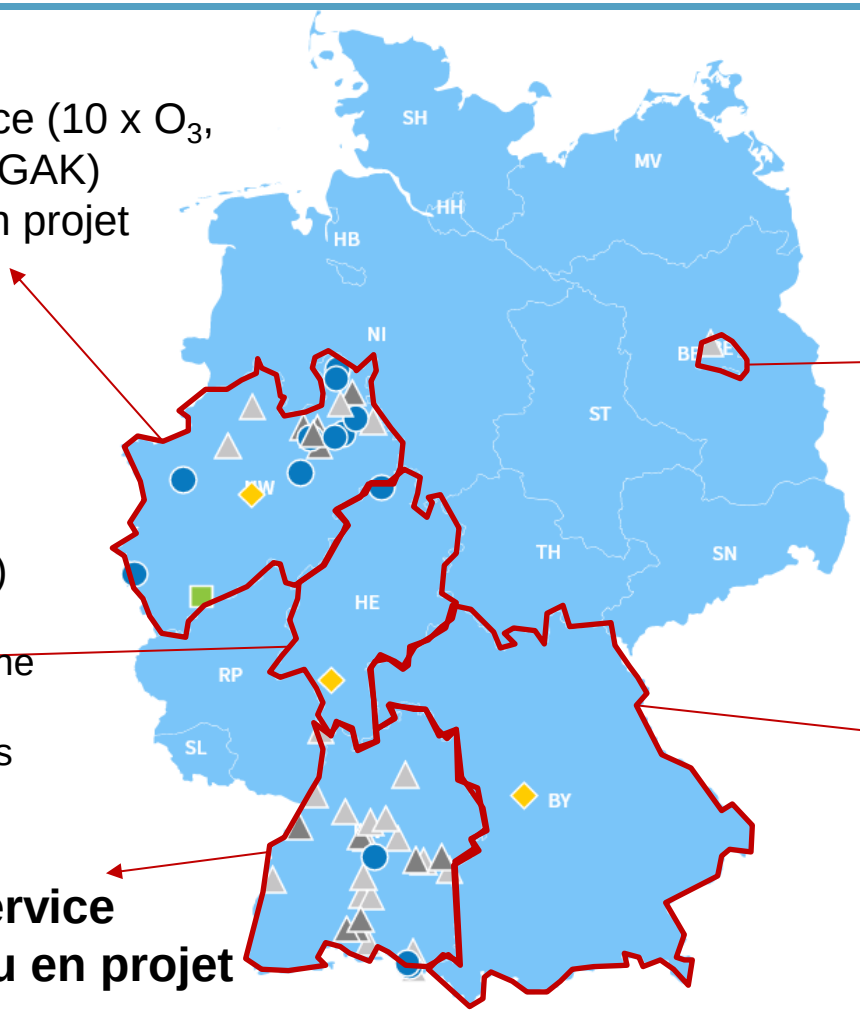
Références en Suisses



Références en Allemagne de traitement des micropolluants

Source : KOMS

NRW:
> 20 installations en service (10 x O_3, 4 x PAK, 5 x GAK, 2 x O_3/GAK)
> 11 en construction ou en projet





Adsorption CAG
Adsorption CAP
Ozonation
Procédés combinés
Procédés spéciaux

Berlin:
OWA Tegel en service
Installation d'ozone en construction (Schönerlinde)

Hessen:
1 installation en service (O_3+PAK+filtration sur toile)
„Startégie de traitement des micropolluants pour le Hessische Ried" –
extension prévue pour 7 STEPs

Baden-Württemberg:
30 installations en service
27 en construction ou en projet

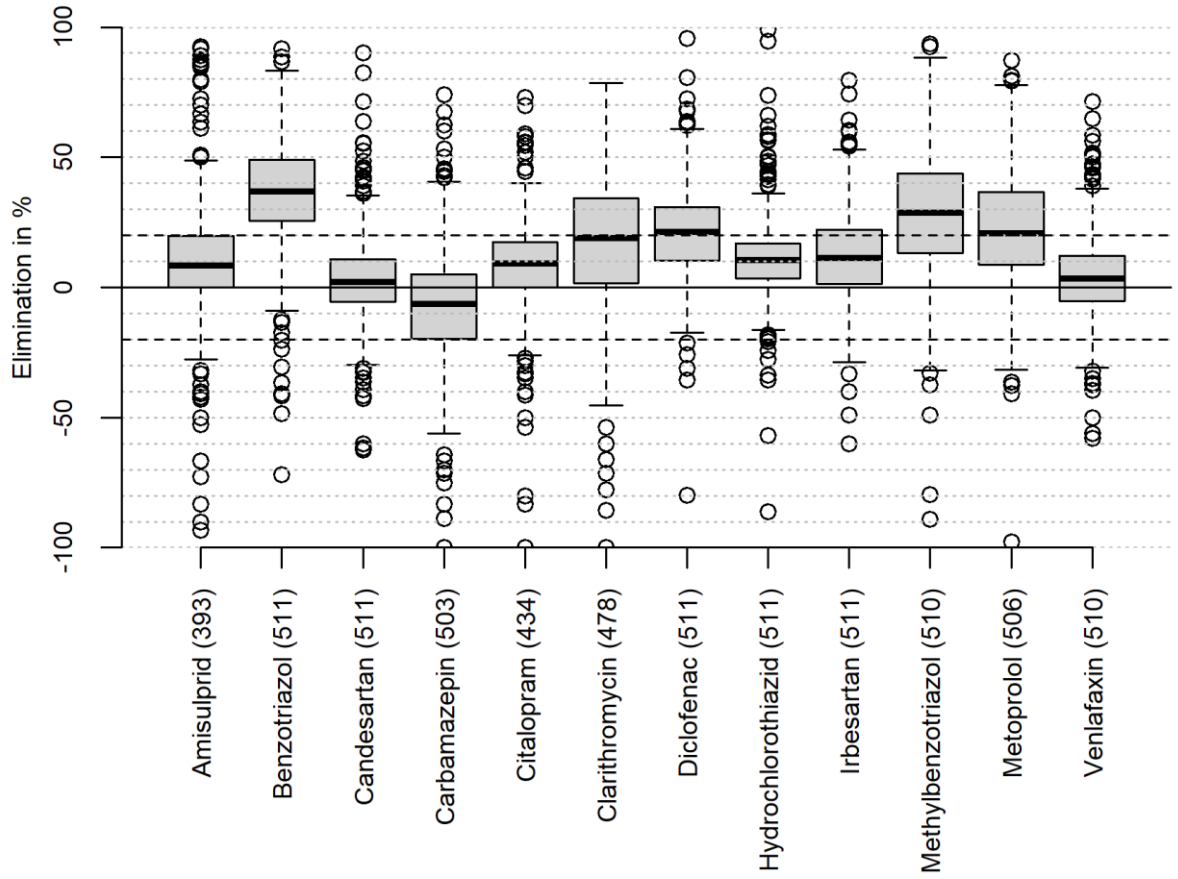
Bayern:
Projet pilote à Weißenburg
Programme d'aide spécial
O_3+Sand/GAK pour 13 STEPs

Quelle: https://de.dwa.de/de/landkarte-4-stufe.html

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Capacité d'abattement des filières sur les micropolluants

Traitement STEP classique :



Sources : VSA

- Taux d'élimination nettement <50%.
- Cas particulier de la Carbamazépine avec élimination négative.

Nota : Points de données dans la zone négative :

- *Ne peut être interprété de manière définitive.*
- *Imprécisions de mesure*
- *Situations de temps de pluie*

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

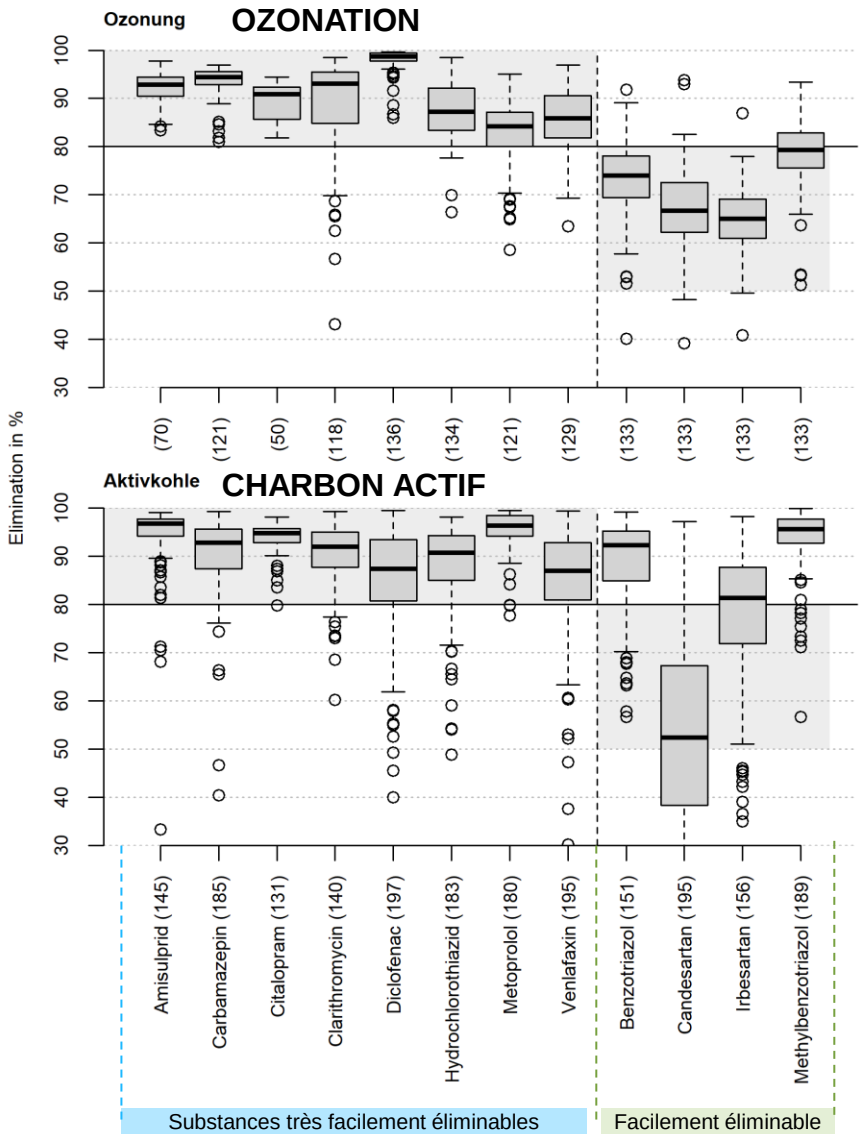
Capacité d'abattement des filières sur les micropolluants

Ozonation et charbon actif :

Leitsubstanzen	Elimination durch Ozon oder Aktivkohle		Bestimmungsgrenze ARA-Ablauf (µg/l) (Einzelfälle in Klammern)	Typische Konzentrationen im ARA-Zulauf (µg/l), angegeben als Median [10%- und 90%-Quantil]	Zulaufkonzentration >10-mal Bestimmungsgrenze im Ablauf
Benzotriazol	Gut	bien	0,01 bis 0,05	5,6 [2,6; 14,0]	Ausreichend
Candesartan	Gut	bien	0,005 bis 0,01	0,51 [0,24; 0,95]	
Irbesartan	Gut	bien	0,01 bis (0,02)	1,07 [0,29; 2,81]	
Methylbenzotriazol	Gut	bien	0,05	1,79 [0,77; 4,64]	
Diclofenac	Sehr gut	très bien	0,01 bis (0,02)	1,87 [0,88; 3,27]	
Hydrochlorothiazid	Sehr gut	très bien	0,01 bis (0,02)	1,23 [0,61; 2,06]	
Carbamazepin	Sehr gut	très bien	0,01	0,2 [0,07; 0,48]	Teilweise nicht ausreichend
Metoprolol	Sehr gut	très bien	(0,005) bis 0,01	0,47 [0,16; 1,04]	
Venlafaxin	Sehr gut	très bien	(0,005) bis 0,01	0,25 [0,12; 0,45]	
Amisulprid	Sehr gut	très bien	0,005 bis 0,01	0,22 [0,04; 0,76]	Häufiger nicht ausreichend
Citalopram	Sehr gut	très bien	(0,005) bis 0,01	0,15 [0,07; 0,28]	
Clarithromycin	Sehr gut	très bien	(0,005) bis 0,01	0,20 [0,04;0,53]	

- > 80% pour les substances principales « très bien » éliminées.
- Différences principales :
  - Elimination du diclofénac (99% avec l'ozone et 87% avec le charbon actif)
  - Elimination du metoprolol (84% avec ozone et 96% avec le charbon actif)

- Différences pour les substances principales « bien » éliminables.
  - Ozone : dans la plage attendue (50-80%).
  - Charbon actif : benzotrialzol, irbesartan, méthylbenzotriazole nettement mieux qu'avec l'ozone.



FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

ADSORPTION SUR CHARBON ACTIF

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Les différents types de charbons actifs

- Les différents types de charbons actifs :
  - Charbon Actif en Poudre (CAP)
  - Charbon Actif en micro-Grain (CAμG)
  - Charbon Actif en Grain (CAG)



	CAP (0,01 – 0,025 mm)	CAµG (0,5 – 0,8 mm)	CAG (0,8 – 1,2 mm)
Adsorption pesticides	++ à +++	++ à +++	+ à +++
Adaptation à la pollution/dosage	Oui	Oui	Non
Réactifs chimiques	Oui	Non	Non
Production de boues de charbon	Oui	Non	Non
Charbon régénérable	Non	Oui	Oui

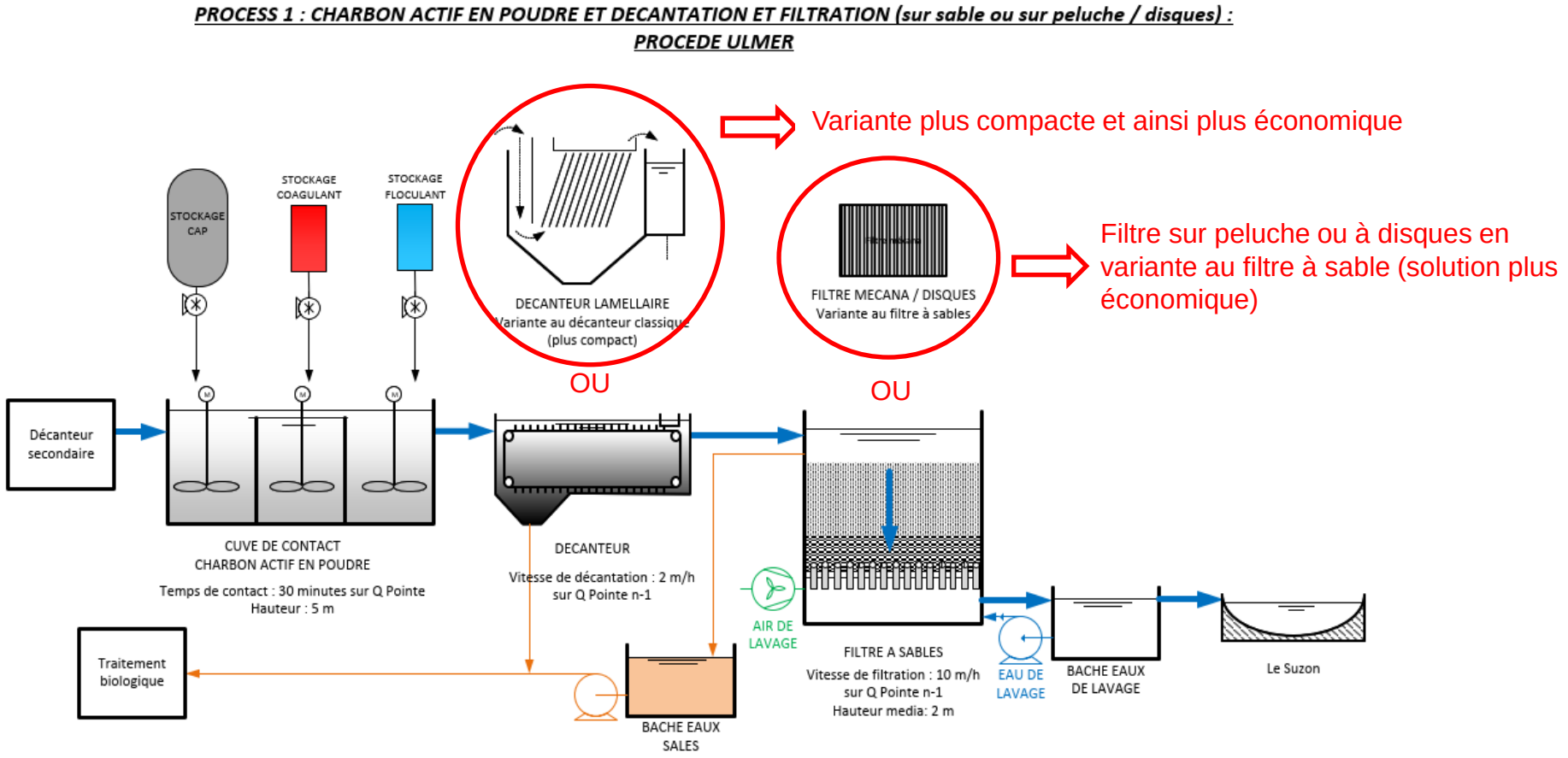
FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

ADSORPTION SUR CHARBON ACTIF EN POUDRE (CAP)

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 1 : Procédé Ulmer = CAP + DÉCANTATION + FILTRATION (sur sable ou sur peluche)

Schéma de principe



FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 1 : Procédé Ulmer = CAP + DÉCANTATION + FILTRATION (sur sable)

Dimensionnement sommaire :

PROCESS 1 : CHARBON ACTIF EN POUDRE + DECANTATION + FILTRATION SUR SABLES	Unité	V1	V2
Données d'entrée			
Débit de pointe	m^3/h	5'200	3'000
Cuve de contact CAP			
Temps de contact sur Q pointe	min	30	30
Hauteur cuve	m	5	5
Volume de cuve	m^3	2'600	1'500
Surface de cuve	m^2	520	300
Cuve de Coagulation			
Temps de contact sur Q pointe	min	3	3
Hauteur cuve	m	5	5
Volume de cuve	m^3	260	150
Surface de cuve	m^2	52	30
Cuve de Floculation			
Temps de contact sur Q pointe	min	5	5
Hauteur cuve	m	5	5
Volume de cuve	m^3	433	250
Surface de cuve	m^2	87	50

Surface totale des installations :
2’100 m^2 V1 et 1’200 m^2 V2

PROCESS 1 : CHARBON ACTIF EN POUDRE + DECANTATION + FILTRATION SUR SABLES	Unité	V1	V2	
Décantation				
Décanteur standard				
Vitesse au miroir sur Q pointe N-1	m/h	2	2	*Décanteur standard 2 m/h*
Surface de décantation	m^2	2'600	1'500	
Nombre décanteur	u	*7*	*5*	
Largeur décanteur	m	*8*	*8*	
Longueur décanteur	m	*46*	*38*	
Ratio longueur / largeur		6	5	*Entre 3 et 6 (Memento Technique Degremont)*
Décanteur lamellaire				
Vitesse au miroir sur Q pointe N-1	m/h	25	25	*Décanteur lamellaire (Densadeg) : 20 m/h sans réactif à 30 m/h selon Memento Technique Degremont*
Surface de décantation	m^2	208	120	
Nombre décanteur	u	*2*	*2*	
Largeur décanteur	m	*14*	*11*	
Longueur décanteur	m	*14*	*11*	
Ratio longueur / largeur		1	1	
Filtre sur sables				
Vitesse de filtration à N-1 filtre	m/h	10	10	
Hauteur média	m	2	2	
Surface totale de filtration à N-1 filtre	m^2	520	300	
Volume total de filtration	m^3	1'040	600	
Surface des ouvrages hydrauliques	m^2	1'387	800	
Coefficient d'emprise au sol		1.5	1.5	
Emprise au sol totale des installations	**m^2**	**2'080**	**1'200**	

Solution avec décanteur lamellaire à privilégier

Bleu : données de dimensionnement issues de la littérature

Italique : proposition de dimensionnement, à affiner par la suite si la filière est retenue

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 1 : Procédé Ulmer = CAP + DÉCANTATION + FILTRATION (sur sable ou sur peluche)

- **Critère 1 – Robustesse du procédé et simplicité d'exploitation** :
  - Procédé robuste et profite d'un grand retour d'expérience notamment en Allemagne et en Suisse.
- **Critère 2 – Retour du CAP dans les boues biologiques** :
  - Production un peu plus importante de boues avec CAP. Inconvénient avec filière de compostage.
- **Critère 3 – Adéquation du procédé avec l'effluent** :
  - Procédé adéquat avec les effluents de la STEP d'ODIVEA
- **Critères 4 et 5 : Couts (CAPEX et OPEX) :**
  - Procédé très extensif et peu économique au niveau de l'investissement et de l'exploitation.
- **Critère 6 : Appel d'offres attractif et ouverture fournisseurs :**
  - Procédé non breveté. Dimensionnement dans le domaine public.
  - Un grand nombre de fournisseurs est capable de répondre : Degrémont, OTV, Sources, Stéreau, Techfina, Sogea, Wabag

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 1 : Procédé Ulmer = CAP + DÉCANTATION + FILTRATION (sur sable ou sur peluche)

- Références :
  - **STEP de Bachwis, Herisau – Mise en service 2016, Capacité MP 612 m³/h**





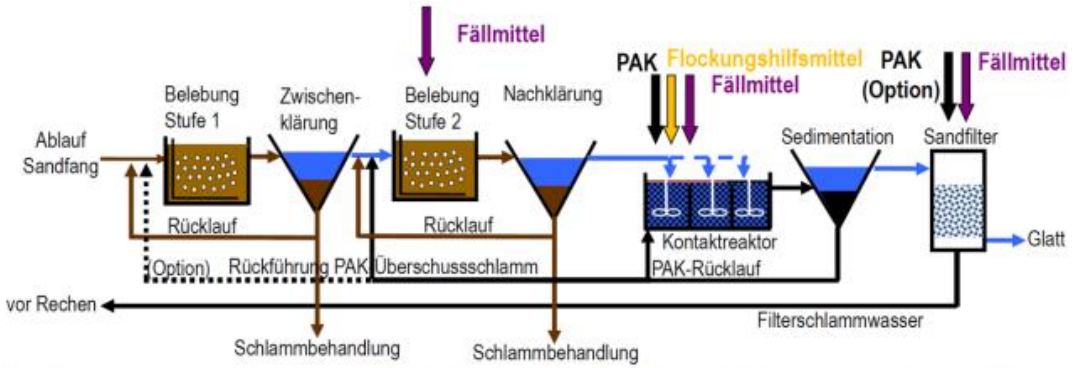


Abbildung 1: Fliessschema PAK-Dosierung mit PAK-Rezirkulation und Rückführung PAK-Überschussschlamm in Biologie 2. Stufe

Dimensionierungsgrundlagen und Technologien

Parameter	Einheit	Wert
max. Zulauf PAK-Anlage	l/s	170
min. Kontaktzeit PAK-Reaktor	min	30
min. Aufenthaltszeit PAK-Sedimentation	h	2
max. Oberflächenbeschickung PAK-Sedi.	m/h	2
Max. Filtergeschwindigkeit	m/h	15.5 (bei 310l/s)
Verweilzeit Abwasser in Filter	min	4
Dosierung PAK	mgPAK/l	10-17
Dosierung $FeCl(SO_4)$	mgFe/l	3
Rückführung PAK-Überschussschlamm		Biologie 2. Stufe (optional Biologie 1. Stufe)
PAK-Typ		Carbopal AP (Donau Carbon)
Max. Zulauf Filter	l/s	310

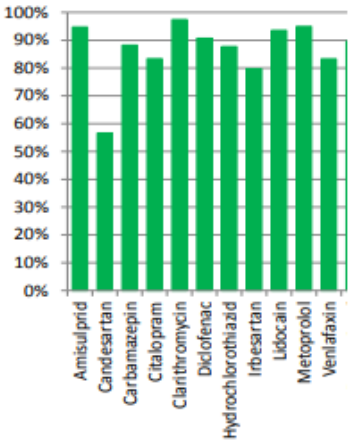


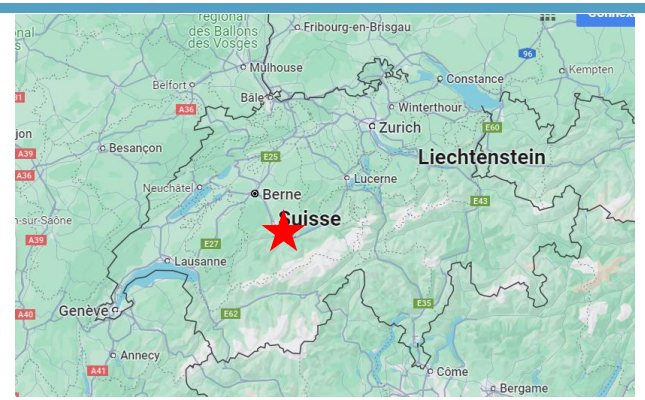
Abb. 3: Abbauleistung Rohabwasser – Ablauf ARA, eine 72h-Probe Spurenstoffmessung August 2015

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 1 : Procédé Ulmer = CAP + DÉCANTATION + FILTRATION (sur sable ou sur peluche)

- Références :
  - **STEP de Thunersee – Mise en service 2018 – Capacité MP 2'880 m³/h**





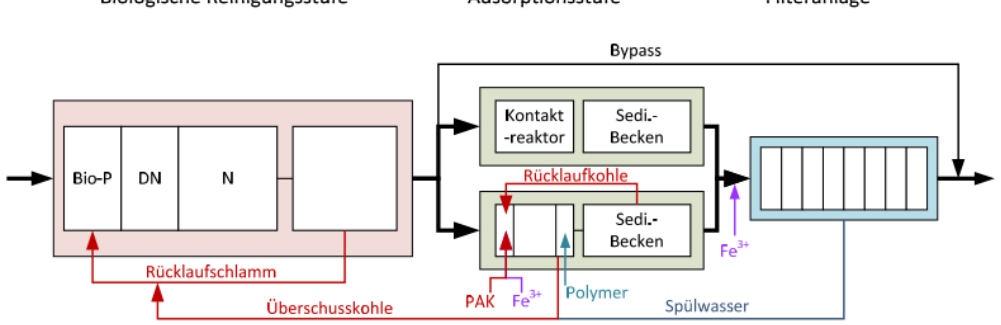


Abbildung 1: Fliessschema PAK-Dosierung mit PAK-Rezirkulation und Rückführung PAK-Überschussschlamm in den Rücklauf-schlamm der Biologie.

Dimensionierungsgrundlagen und Technologien

Parameter	Einheit	Wert
max. Zulauf PAK-Anlage	l/s	800
min. Kontaktzeit PAK-Reaktor	min	46
min. Aufenthaltszeit PAK-Sedimentation	h	2.7
max. Oberflächenbeschickung PAK-Sedimentation	m/h	1.8
Max. Filtergeschwindigkeit	m/h	9.8
Rückführung PAK-Überschussschlamm		in die Biologie
Max. Zulauf Filter	l/s	800

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 1 : Procédé Ulmer = CAP + DÉCANTATION + FILTRATION (sur sable ou sur peluche)

- Références :
  - STEP d'Oberglatt – Mise en service 2021
  - STEP de Fehraltorf – Mise en service 2023



FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 1 : Procédé Ulmer = CAP + DÉCANTATION + FILTRATION (sur sable ou sur peluche)

- Mutualisation possible pour abattement des autres familles de polluants :
  - Procédé pouvant s'avérer intéressant pour l'élimination des métaux lourds (en parallèle)
  - Procédé efficace pour l'élimination des microplastiques (filtre à sables)

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

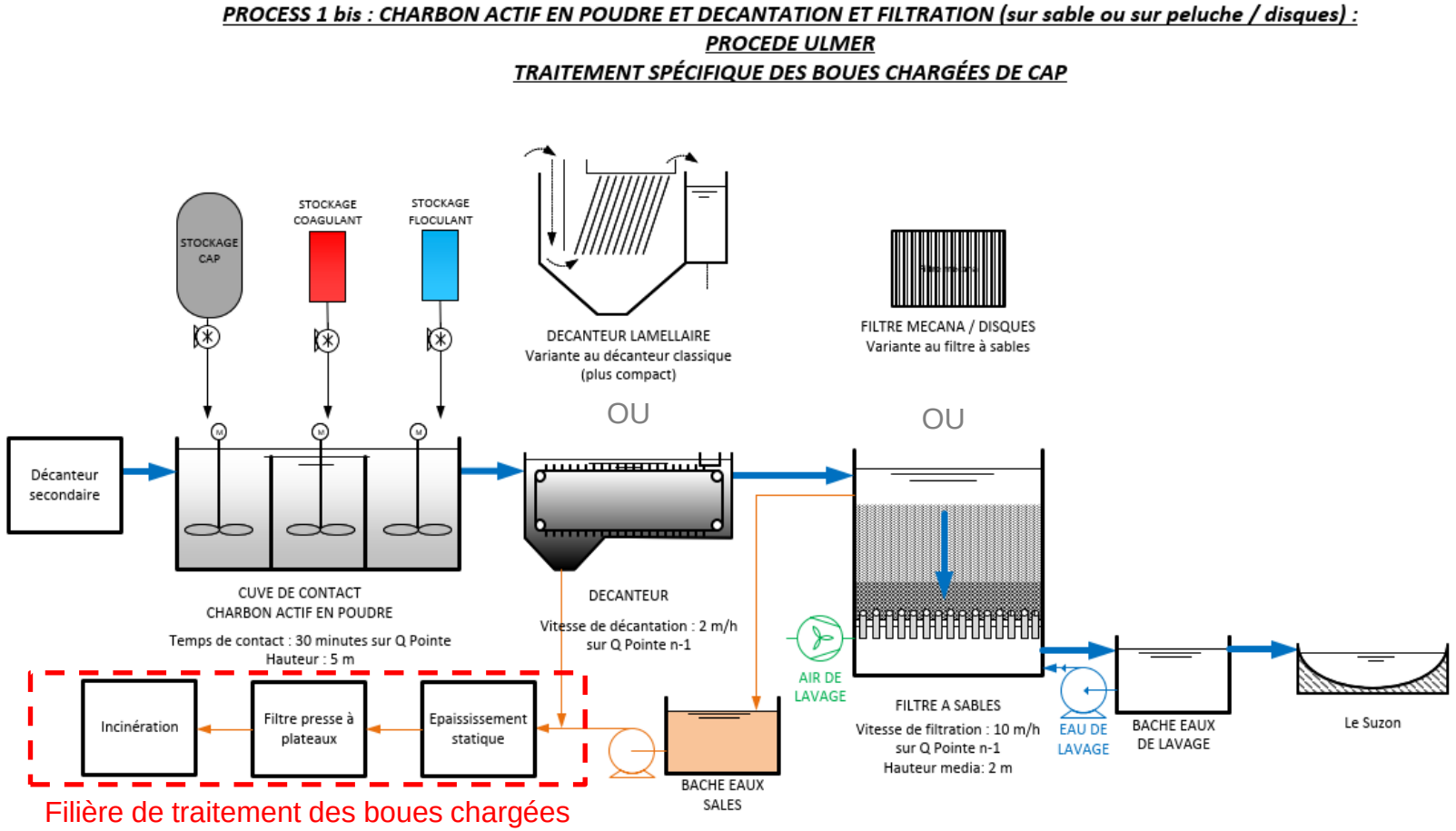
Process 1 : Procédé Ulmer = CAP + DÉCANTATION + FILTRATION (sur sable ou sur peluche)

- **Conclusion** :
  - **Ce procédé n'est pas envisageable pour la STEP de Dijon ODIVEA du fait de la production de boues avec CAP retournées en filière biologique → Solution non retenue**
  - **Un traitement spécifique des boues chargées de CAP devrait être mis en œuvre afin de ne pas transférer les micropolluants dans les boues biologiques (cf. Process 1 bis)**

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 1 bis : Procédé Ulmer (CAP + DÉCANTATION + FILTRATION) + Traitement des boues spécifique

Schéma de principe



Filière de traitement des boues chargées de CAP issues du traitement quaternaire.

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 1 bis : Procédé Ulmer (CAP + DÉCANTATION + FILTRATION) + Traitement des boues spécifique

- **Critère 1 – Robustesse du procédé et simplicité d'exploitation** :
  - Procédé robuste et profite d'un grand retour d'expérience notamment en Allemagne et en Suisse.
  - Ajout d'étapes de traitement supplémentaires à exploiter (étapes de traitement des boues chargées de CAP)
- **Critère 2 – Retour du CAP dans les boues biologiques** :
  - Traitement spécifique des boues chargées de CAP : les boues avec CAP ne retournent pas dans la biologie. Process compatible avec la filière de compostage.
- **Critère 3 – Adéquation du procédé avec l'effluent** :
  - Procédé adéquat avec les effluents de la STEP d'ODIVEA
- **Critères 4 et 5 : Couts (CAPEX et OPEX) :**
  - Procédé d'autant plus extensif et peu économique au niveau de l'investissement et de l'exploitation.
- **Critère 6 : Appel d'offres attractif et ouverture fournisseurs :**
  - Procédé non breveté. Dimensionnement dans le domaine public.
  - Un grand nombre de fournisseurs est capable de répondre : Degrémont, OTV, Sources, Stéreau, Techfina, Sogea, Wabag

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

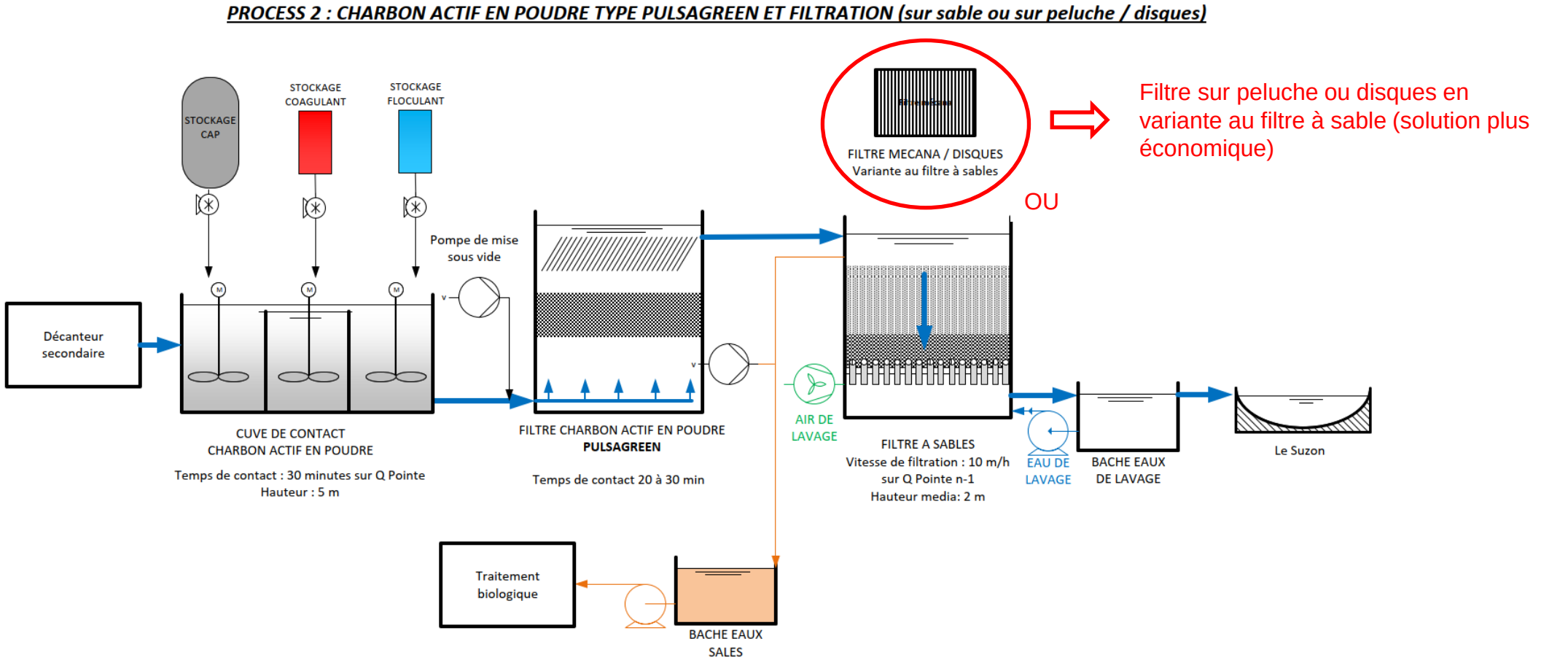
Process 1 bis : Procédé Ulmer (CAP + DÉCANTATION + FILTRATION) + Traitement des boues spécifique

- **Conclusion** :
  - **Procédé envisageable pour la STEP de Dijon ODIVEA**

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 2 : CAP PULSAGREEN + FILTRATION (sur sable ou peluche)

Schéma de principe



FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 2 : CAP PULSAGREEN + FILTRATION SUR SABLES

- Dimensionnement sommaire :

Surface totale des installations :
2’300 m² V1 et 1’300 m² V2

PROCESS 2 : CHARBON ACTIF EN POUDRE TYPE PULSAGREEN + FILTRATION SUR SABLES			
	Unité	V1	V2
Données d'entrée			
Débit de pointe	m^3/h	5'200	3'000
Cuve de contact CAP			
Temps de contact sur Q pointe	min	30	30
Hauteur cuve	m	5	5
Volume de cuve	m^3	2'600	1'500
Surface de cuve	m^2	520	300
Cuve de Coagulation			
Temps de contact sur Q pointe	min	3	3
Hauteur cuve	m	5	5
Volume de cuve	m^3	260	150
Surface de cuve	m^2	52	30
Cuve de Floculation			
Temps de contact sur Q pointe	min	5	5
Hauteur cuve	m	5	5
Volume de cuve	m^3	433	250
Surface de cuve	m^2	87	50
CAP PULSAGREEN			
Temps de contact sur Q pointe	min	20	20
Hauteur cuve	m	5	5
Volume de cuve	m^3	1'733	1'000
Surface de cuve	m^2	347	200
Filtre sur sables			
Vitesse de filtration à N-1 filtre	m/h	10	10
Hauteur média	m	2	2
Surface totale de filtration à N-1 filtre	m^2	520	300
Volume total de filtration	m^3	1'040	600
Surface des ouvrages hydrauliques	m^2	1'525	880
Coefficient d'emprise au sol		1.5	1.5
Emprise au sol totale des installations	**m^2**	**2'288**	**1'320**
Bleu : données de dimensionnement issues de la littérature			
Italique : proposition de dimensionnement, à affiner par la suite si la filière est retenue			

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 2 : CAP PULSAGREEN + FILTRATION (sur sable ou peluche)

- **Critère 1 – Robustesse du procédé et simplicité d'exploitation** :
  - Procédé robuste mais très peu répandu en traitement des eaux usées (généralement utilisé en eau potable : Pulsazur).
- **Critère 2 – Retour du CAP dans les boues biologiques** :
  - Production un peu plus importante de boues avec CAP. Inconvénient avec filière de compostage.
- **Critère 3 – Adéquation du procédé avec l'effluent** :
  - Procédé adéquat avec les effluents de la STEP d'ODIVEA
- **Critères 4 et 5 : Couts (CAPEX et OPEX) :**
  - Procédé peu économique au niveau de l'investissement et de l'exploitation.
- **Critère 6 : Appel d'offres attractif et ouverture fournisseurs :**
  - Procédé breveté (procédé Suez).

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 2 : CAP PULSAGREEN + FILTRATION (sur sable ou peluche)

- Mutualisation possible pour abattement des autres familles de polluants :
  - Procédé pouvant s'avérer intéressant pour l'élimination des métaux lourds (en parallèle)
  - Procédé efficace pour l'élimination des microplastiques (filtre à sables)

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 2 : CAP PULSAGREEN + FILTRATION (sur sable ou peluche)

Conclusion :

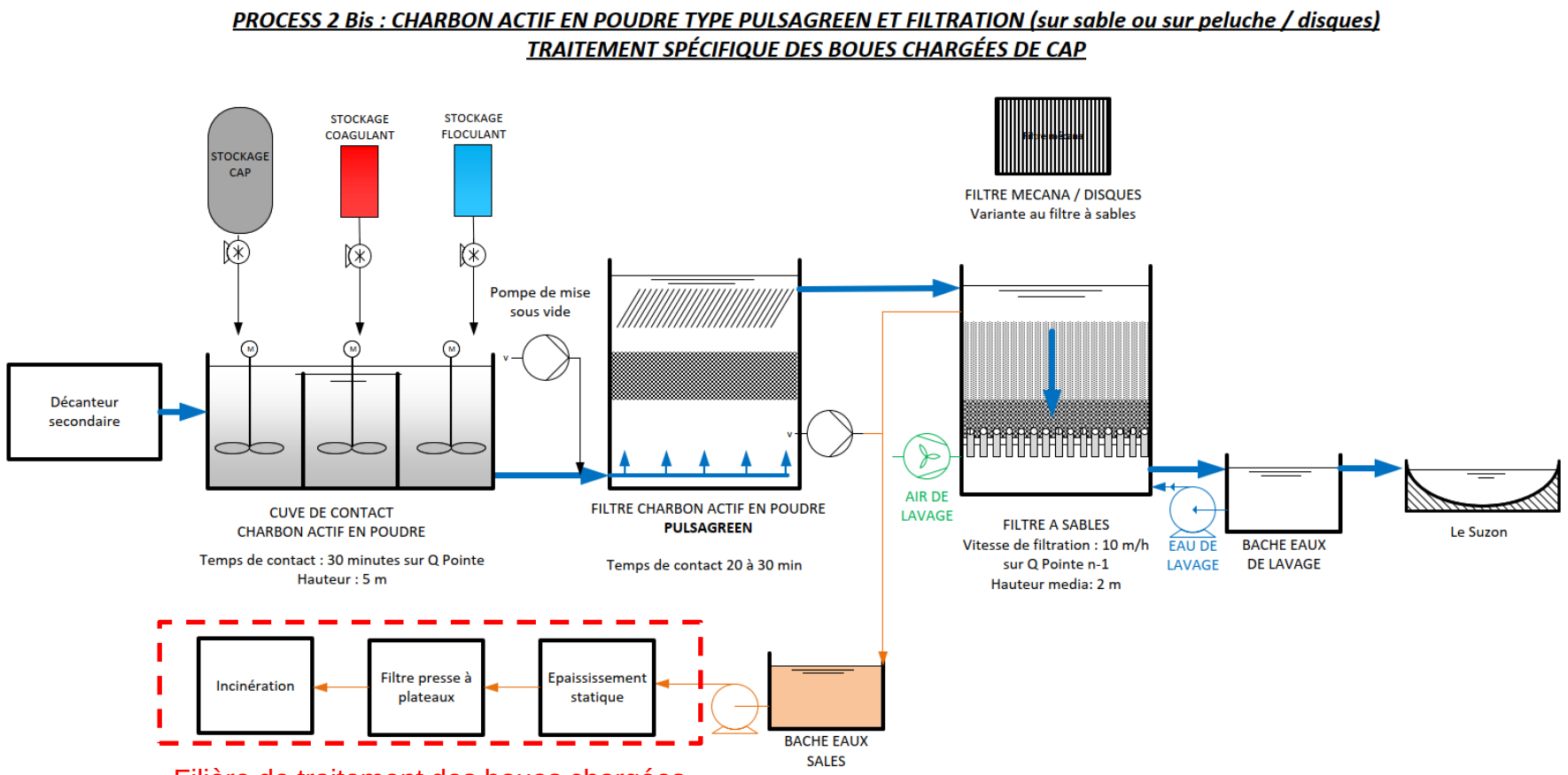
- **Le procédé n'est pas envisageable pour la STEP de Dijon ODIVEA du fait de la production de boues avec CAP retournée en filière biologique → Solution non retenue**

- **Un traitement spécifique des boues chargées de CAP devrait être mis en œuvre afin de ne pas transférer les micropolluants dans les boues biologiques (cf. Process 2 bis)**

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 2 bis : Procédé Pulsagreen + Traitement des boues quaternaires spécifique

Schéma de principe



FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 2 bis : Procédé Pulsagreen + Traitement des boues quaternaires spécifique

- **Critère 1 – Robustesse du procédé et simplicité d'exploitation** :
  - Procédé robuste mais très peu répandu en traitement des eaux usées (généralement utilisé en eau potable : Pulsazur).
  - Ajout d'étapes de traitement supplémentaires à exploiter (étapes de traitement des boues chargées de CAP)
- **Critère 2 – Retour du CAP dans les boues biologiques** :
  - Traitement spécifique des boues chargées de CAP : les boues avec CAP ne retournent pas dans la biologie. Process compatible avec la filière de compostage.
- **Critère 3 – Adéquation du procédé avec l'effluent** :
  - Procédé adéquat avec les effluents de la STEP d'ODIVEA
- **Critères 4 et 5 : Couts (CAPEX et OPEX) :**
  - Procédé peu économique au niveau de l'investissement et de l'exploitation.
- **Critère 6 : Appel d'offres attractif et ouverture fournisseurs :**
  - Procédé breveté (procédé Suez).

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

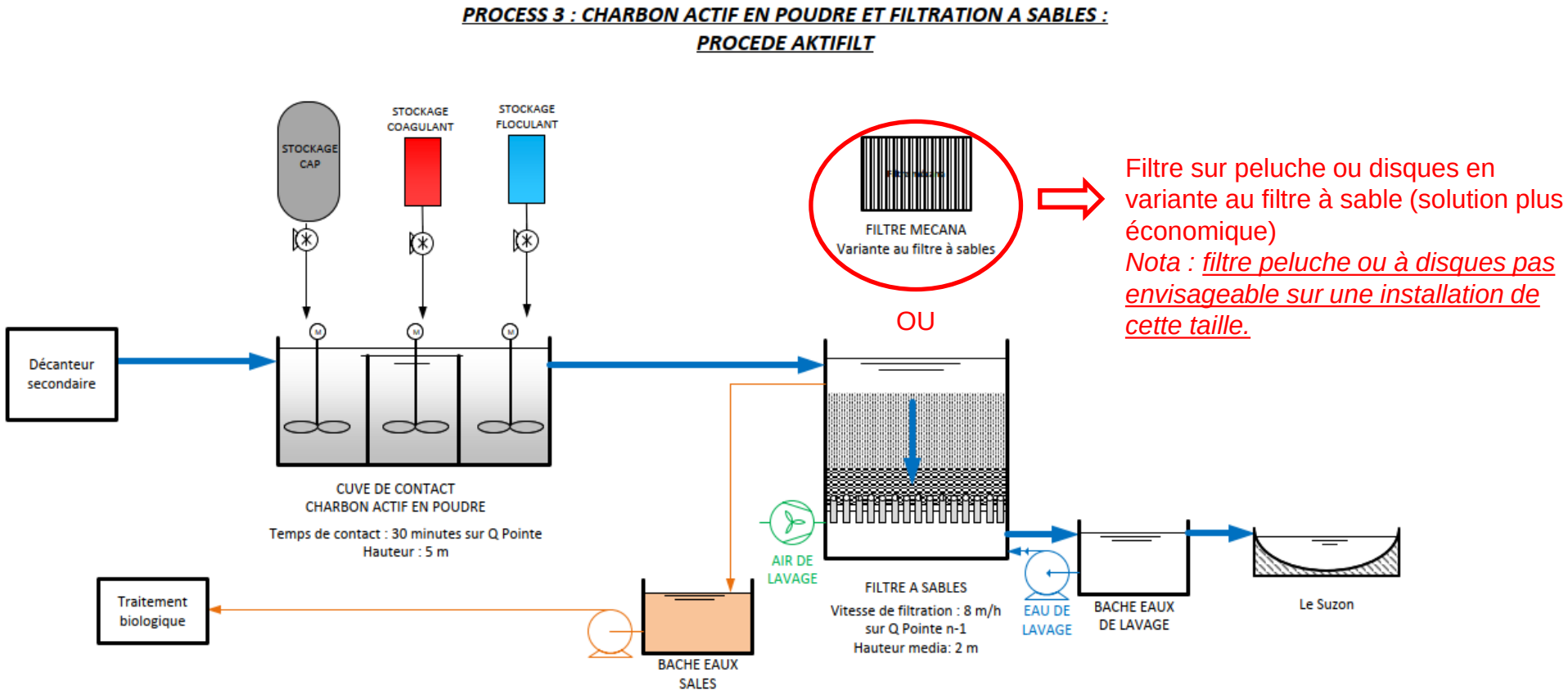
Process 2 bis : Procédé Pulsagreen + Traitement des boues quaternaires spécifique

- **Conclusion** :
  - **Procédé envisageable pour la STEP de Dijon ODIVEA**

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 3 : Procédé AKTIFILT = CAP + FILTRATION (sur sable ou peluche)

Schéma de principe



FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 3 : Procédé AKTIFILT = CAP + FILTRATION (sur sable)

- Dimensionnement sommaire :

Surface totale des installations :
2’000 m² V1 et 1’100 m² V2
→ Pas beaucoup plus compact que le process 1 du fait d’une vitesse un peu plus réduite sur le filtre à sable

PROCESS 3 : CHARBON ACTIF EN POUDRE + FILTRATION SUR SABLES = PROCEDE AKTIFILT			
	Unité	**V1**	**V2**
Données d'entrée			
Débit de pointe	m^3/h	5'200	3'000
Cuve de contact CAP			
Temps de contact sur Q pointe	min	30	30
Hauteur cuve	m	5	5
Volume de cuve	m^3	2'600	1'500
Surface de cuve	m^2	520	300
Cuve de Coagulation			
Temps de contact sur Q pointe	min	3	3
Hauteur cuve	m	5	5
Volume de cuve	m^3	260	150
Surface de cuve	m^2	52	30
Cuve de Floculation			
Temps de contact sur Q pointe	min	5	5
Hauteur cuve	m	5	5
Volume de cuve	m^3	433	250
Surface de cuve	m^2	87	50
Filtre sur sables			
Vitesse de filtration à N-1 filtre	m/h	8	8
Hauteur média	m	2	2
Surface totale de filtration à N-1 filtre	m^2	650	375
Volume total de filtration	m^3	1'300	750
Surface des ouvrages hydrauliques	m^2	1'309	755
Coefficient d'emprise au sol		1.5	1.5
Emprise au sol totale des installations	**m^2**	**1'963**	**1'133**
Bleu : données de dimensionnement issues de la littérature			
Italique : proposition de dimensionnement, à affiner par la suite si la filière est retenue			

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 3 : Procédé AKTIFILT = CAP + FILTRATION (sur sable ou peluche)

- **Critère 1 – Robustesse du procédé et simplicité d'exploitation** :
  - Procédé robuste et profite d'un grand retour d'expérience.
- **Critère 2 – Retour du CAP dans les boues biologiques** :
  - Production un peu plus importante de boues avec CAP. Inconvénient avec filière de compostage.
- **Critère 3 – Adéquation du procédé avec l'effluent** :
  - Procédé adéquat avec les effluents de la STEP d'ODIVEA
- **Critères 4 et 5 : Couts (CAPEX et OPEX) :**
  - Procédé compact et intéressant économiquement du point de vue des investissements.
  - Par contre, procédé peu intéressant du point de vue de l'exploitation, avec risque de colmatage du filtre à sable en cas de charge importante à traiter.
- **Critère 6 : Appel d'offres attractif et ouverture fournisseurs :**
  - Procédé non breveté. Dimensionnement dans le domaine public.
  - Un grand nombre de fournisseurs est capable de répondre : Degrémont, OTV, Sources, Stéreau, Techfina, Sogea, Wabag

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 3 : Procédé AKTIFILT = CAP + FILTRATION (sur sable ou peluche)



- Références :
  - **STEP de Schönau, Mise en service 2018, Capacité MP 5'760 m³/h**



Verfahrensschema

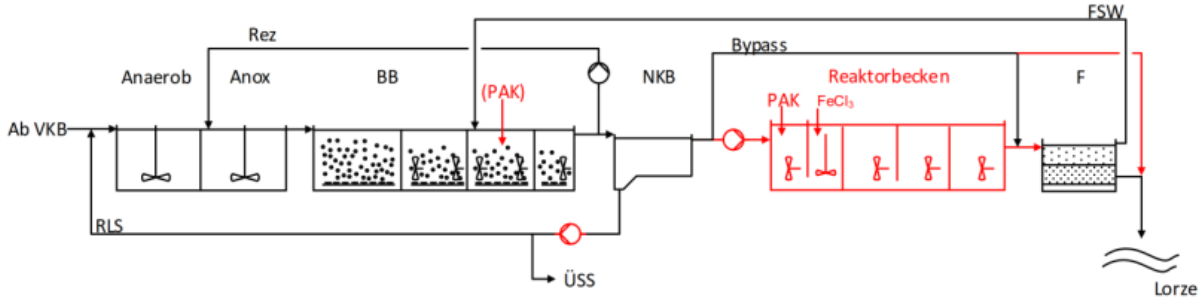


Abbildung 1: Verfahrensfliessschema ab VKB mit Erweiterung der ARA Schönau um EMV-Stufe

Dimensionierungsgrundlagen

Parameter	Einheit	Wert
max. Zulauf PAK-Anlage	l/s	1600
min. Kontaktzeit in Misch- / Kontaktbecken	min	15
Max. Filtergeschwindigkeit	m/h	16
min. Verweilzeit Abwasser in Filter (mit mittlerem Überstau)	min	10
Rückführung PAK-Überschussschlamm	Belebungsbecken mit Filterschlammwasser	
max. Zulauf Filter	l/s	1600

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 3 : Procédé AKTIFILT = CAP + FILTRATION (sur sable ou peluche)

- Références :
  - **STEP Esslingen, Egg-Oettwil, Mise en service 2020, Capacité MP 756 m³/h**





Dimensionierungsgrundlagen und Technologien

Parameter	Einheit	Wert
max. Zulauf PAK-Flockungsreaktor und Filter	l/s	210
min. Kontaktzeit im Flockungsreaktor	min	19
Max. Filtergeschwindigkeit bei n = 4 Zellen / bei n-1 = 3 Zellen	m/h	12.4 / 16.6
Dosierung PAK	mgPAK/l	ca. 10 (Bereich von 5 bis 20 möglich)
Dosierung $FeCl_3$ (Nachfällung)	mgFe/l	ca. 1.0
Rückführung PAK-Überschussschlamm	In die Biologie (Normalfall) oder in den Sandfang	
PAK-Typ		Donau Carbon, Carbopal AP (bei IBS), ab Februar 2021 CSC, PharmA Clean

Verfahrensschema

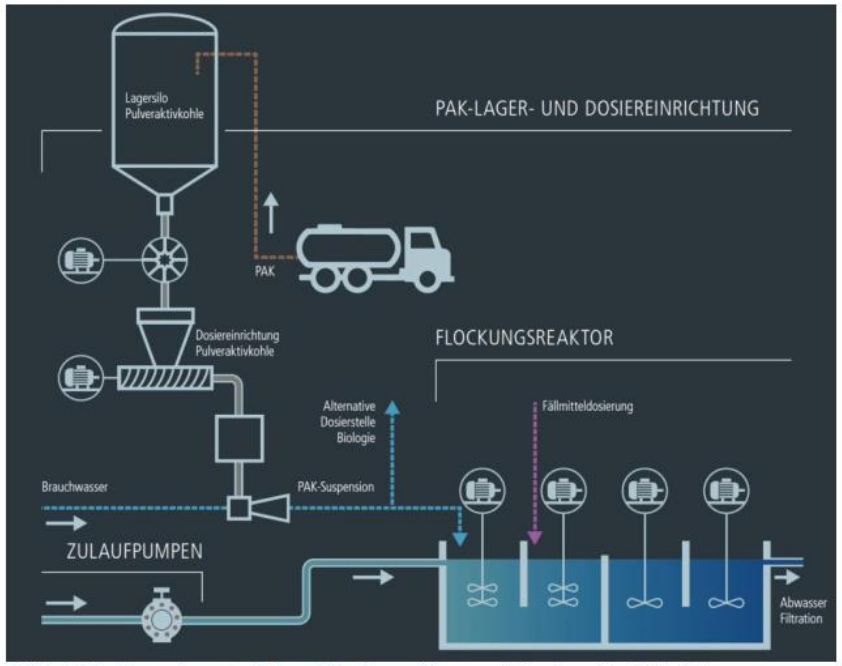


Abbildung 1: Verfahrensschema der Stufe zur Elimination von Mikroverunreinigungen auf der ARA Esslingen

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 3 : Procédé AKTIFILT = CAP + FILTRATION (sur sable ou peluche)

- Références :
  - **STEP de Gossau-Grüningen, Mise en service 2021, Capacité MP 594 m³/h**

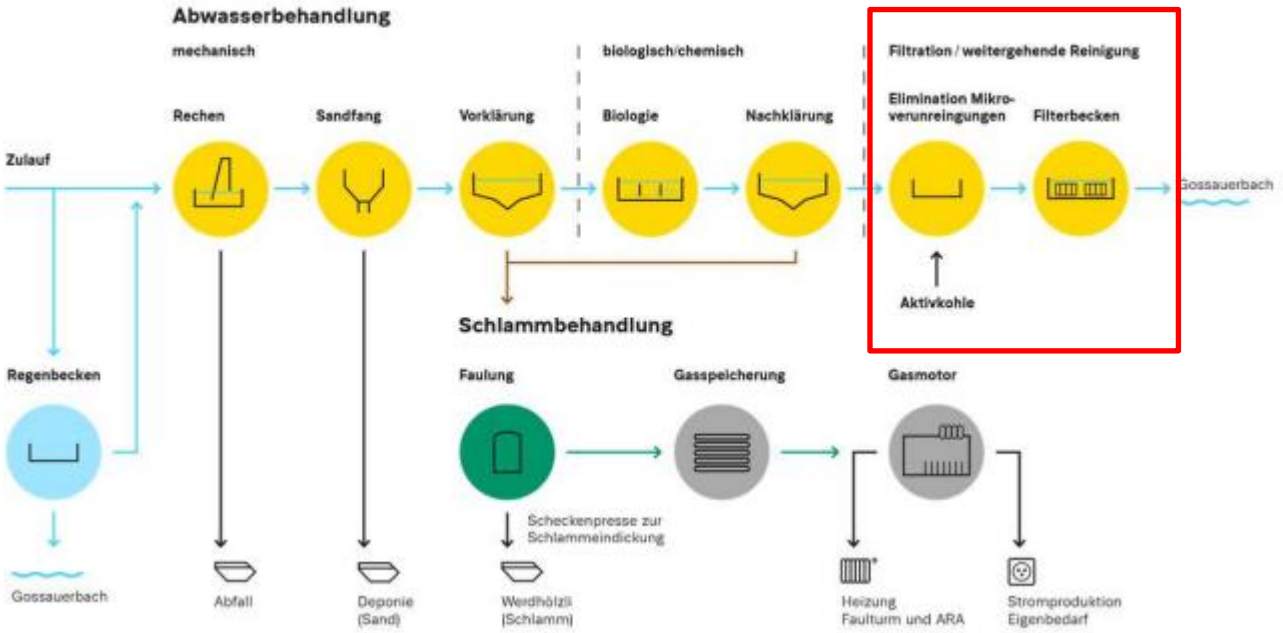




Dimensionierungsgrundlagen und Technologien

Parameter	Einheit	Wert
max. Zulauf PAK-Flockungsreaktor und Filter	l/s	165
min. Kontaktzeit im Flockungsreaktor	min	16
Max. Filtergeschwindigkeit bei n = 4 Zellen / bei n-1 = 3 Zellen	m/h	11.5 / 15.4
Dosierung PAK	mg_{PAK}/l	ca. 8-12 (einstellbar)
Dosierung $FeCl_3$ (Nachfällung)	mg_{Fe}/l	ca. 1-3
Rückführung PAK-Überschussschlamm	In die Biologie (Normalfall) oder in den Sandfang	
PAK-Typ	pharmA-Clean von CSC (kann gewechselt werden)	

Verfahrensschema



FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 3 : Procédé AKTIFILT = CAP + FILTRATION (sur sable ou peluche)

- Références :
  - STEP d'Ecublens, Mise en service 2023
  - STEP de Bioggio, en planification / travaux
  - STEP de Ergloz 1, en planification / travaux
  - STEP de la Chaux-de-Fonds, en planification / travaux
  - STEP de Lachen-Untermarch, en planification / travaux
  - STEP de Lucens, en planification / travaux

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 3 : Procédé AKTIFILT = CAP + FILTRATION (sur sable ou peluche)

- Mutualisation possible pour abattement des autres familles de polluants :
  - Procédé pouvant s'avérer intéressant pour l'élimination des métaux lourds (en parallèle)
  - Procédé efficace pour l'élimination des microplastiques (filtre à sables)

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 3 : Procédé AKTIFILT = CAP + FILTRATION (sur sable ou peluche)

Conclusion :

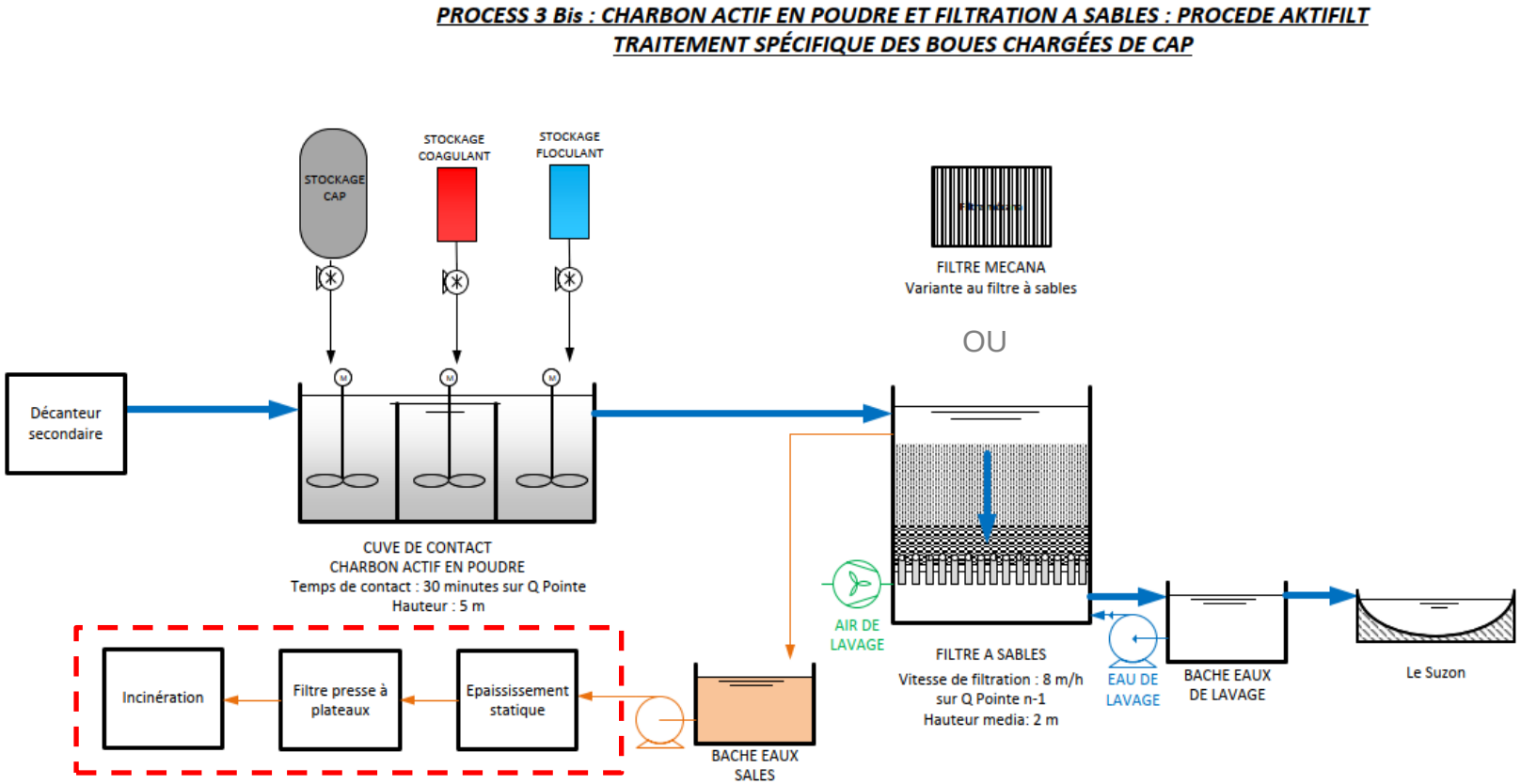
- **Le procédé n'est pas envisageable pour la STEP de Dijon ODIVEA du fait de la production de boues avec CAP retournées en filière biologique → Solution non retenue**

- **Un traitement spécifique des boues chargées de CAP devrait être mis en œuvre afin de ne pas transférer les micropolluants dans les boues biologiques (cf. Process 3 bis)**

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 3 bis : Procédé AKTIFILT + Traitement des boues quaternaires spécifique

Schéma de principe



Filière de traitement des boues chargées de CAP issues du traitement quaternaire.

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 3 bis : Procédé AKTIFILT + Traitement des boues quaternaires spécifique

- **Critère 1 – Robustesse du procédé et simplicité d'exploitation** :
  - Procédé robuste et profite d'un grand retour d'expérience.
  - Ajout d'étapes de traitement supplémentaires à exploiter (étapes de traitement des boues chargées de CAP)
- **Critère 2 – Retour du CAP dans les boues biologiques** :
  - Traitement spécifique des boues chargées de CAP : les boues avec CAP ne retournent pas dans la biologie. Process compatible avec la filière de compostage.
- **Critère 3 – Adéquation du procédé avec l'effluent** :
  - Procédé adéquat avec les effluents de la STEP d'ODIVEA
- **Critères 4 et 5 : Couts (CAPEX et OPEX) :**
  - Procédé moins intéressant économiquement du point de vue des investissements et des coûts d'exploitation.
- **Critère 6 : Appel d'offres attractif et ouverture fournisseurs :**
  - Procédé non breveté. Dimensionnement dans le domaine public.
  - Un grand nombre de fournisseurs est capable de répondre : Degrémont, OTV, Sources, Stéreau, Techfina, Sogea, Wabag

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

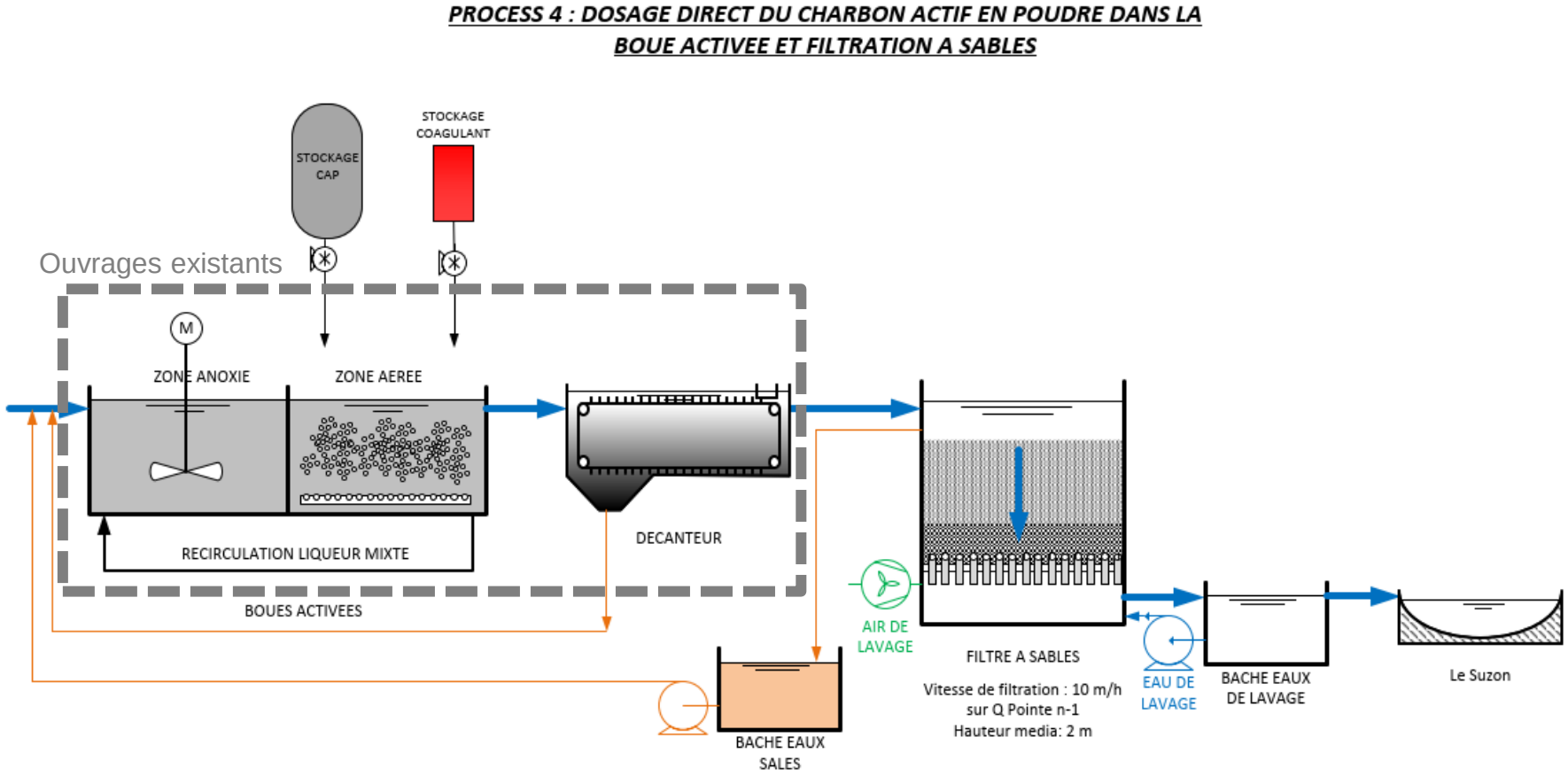
Process 3 bis : Procédé AKTIFILT + Traitement des boues quaternaires spécifique

- **Conclusion** :
  - **Procédé envisageable pour la STEP de Dijon ODIVEA**

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 4 : DOSAGE CAP DANS BIOLOGIE + FILTRATION SUR SABLES

Schéma de principe



FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 4 : DOSAGE CAP DANS BIOLOGIE + FILTRATION SUR SABLES

Dimensionnement sommaire :

Surface totale des installations :
800 m² V1 et 450 m² V2

PROCESS 4 : DOSAGE CHARBON ACTIF EN POUDRE DANS BIOLOGIE + FILTRATION SUR SABLE			
	Unité	V1	V2
Données d'entrée			
Débit de pointe	m³/h	5'200	3'000
Boues activée		Ouvrage existant	
Augmentation de concentration avec dosage CAP	g/gMS	1g / g MS	1g / g MS
Clarificateur		Ouvrage existant	
Filtre sur sables			
Vitesse de filtration à N-1 filtre	m/h	10	10
Hauteur média	m	2	2
Surface totale de filtration à N-1 filtre	m²	520	300
Volume total de filtration	m³	1'040	600
Surface des ouvrages hydrauliques	m²	520	300
Coefficient d'emprise au sol		1.5	1.5
Emprise au sol totale des installations	**m²**	**780**	**450**
Bleu : données de dimensionnement issues de la littérature			
Italique : proposition de dimensionnement, à affiner par la suite si la filière est retenue			

↳ Procédé très compact

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 4 : DOSAGE CAP DANS BIOLOGIE + FILTRATION SUR SABLES

- **Critère 1 – Robustesse du procédé et simplicité d'exploitation** :
  - Procédé robuste et profite d'un grand retour d'expérience.
- **Critère 2 – Retour du CAP dans les boues biologiques** :
  - Production plus importante de boues avec CAP. Inconvénient avec filière de compostage.
- **Critère 3 – Adéquation du procédé avec l'effluent / STEP ODIVEA** :
  - Procédé adéquat avec les effluents de la STEP d'ODIVEA
  - Procédé intéressant dans une STEP existante **dont les bassins biologiques boues activées sont largement dimensionnés**. → **Confirmation par ODIVEA d'une réserve de capacité de la biologie**
  - Impact sur le Indense non connu → risque
- **Critères 4 et 5 : Couts (CAPEX et OPEX) :**
  - Procédé très compact et permet un investissement réduit.
  - Procédé qui demande des coûts d'exploitation élevé (dose de CAP nécessaire plus élevée).

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 4 : DOSAGE CAP DANS BIOLOGIE + FILTRATION SUR SABLES

- **Critère 6 : Appel d'offres attractif et ouverture fournisseurs :**
  - Procédé non breveté. Dimensionnement dans le domaine public.
  - Un grand nombre de fournisseurs est capable de répondre : Degrémont, OTV, Sources, Stéreau, Techfina, Sogea, Wabag

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 4 : DOSAGE CAP DANS BIOLOGIE + FILTRATION SUR SABLES

- Mutualisation possible pour abattement des autres familles de polluants :
  - Procédé seul peu intéressant pour l'élimination des métaux lourds. Possibilité d'ajouter une coagulation - floculation + filtration en sortie de traitement des micropolluants pour l'abattement des métaux lourds.
  - Procédé efficace pour l'élimination des microplastiques (filtre à sables)

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 4 : DOSAGE CAP DANS BIOLOGIE + FILTRATION SUR SABLES



- Références :
  - **STEP de Flos, Mise en service 2019, Capacité MP 1’620 m³/h**



Dimensionierung und Technologien

Parameter	Einheit	Wert
max. Zulauf PAK-Anlage	l/s	450 (Bestand, vor Ausbau ARA)
min. Kontaktzeit PAK in der Nachbelüftungszone	min	30
Volumen Belebungsbecken gesamt inkl. NB	m3	2 x 1‘035 + 2 x 2070 (Bestand, vor Ausbau ARA)
min. Aufenthaltszeit Sedimentation	h	2.3
max. Oberflächenbeschickung PAK-Sedimentation	m/h	1.6 (Bestand, vor Ausbau ARA)
Max. Zulauf Filter	l/s	450 (Bestand, vor Ausbau ARA)
Schichtdicke Filter	m	1.5

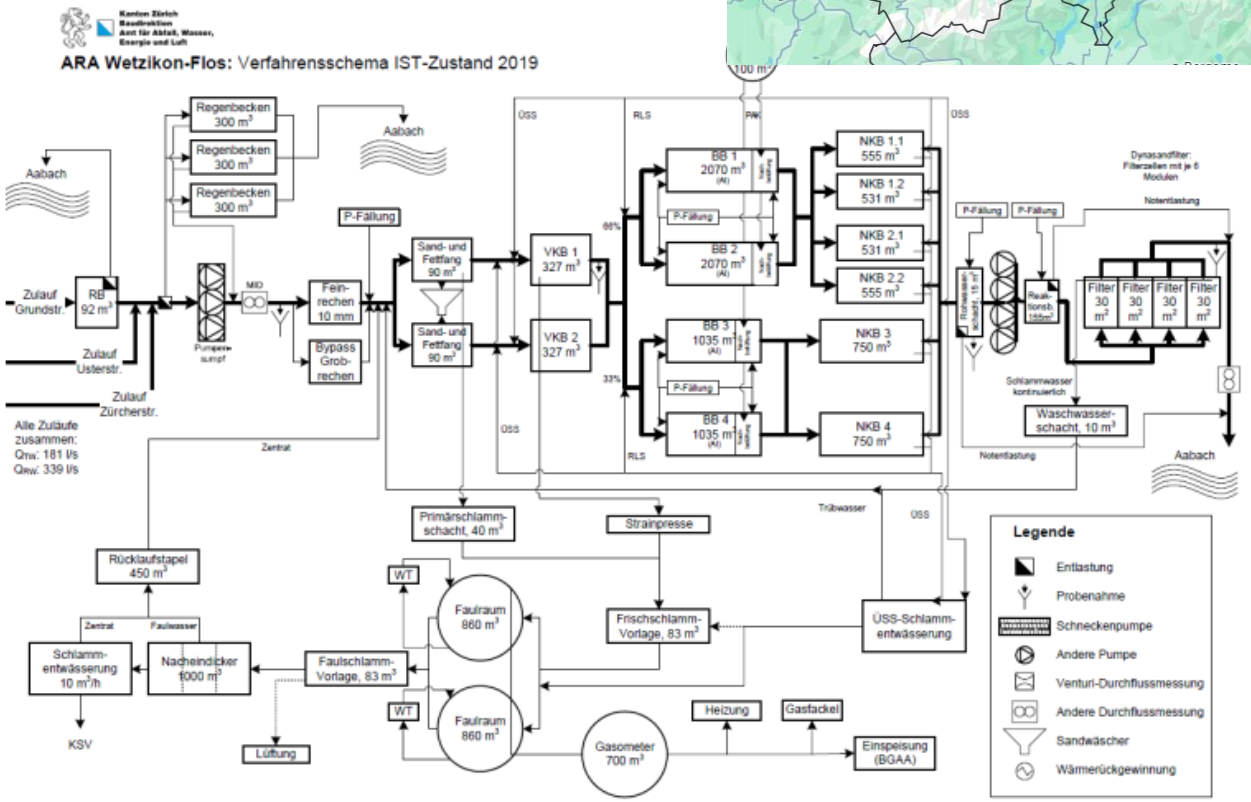


Abbildung 1: Verfahrensschema PAK-Dosierung

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 4 : DOSAGE CAP DANS BIOLOGIE + FILTRATION SUR SABLES

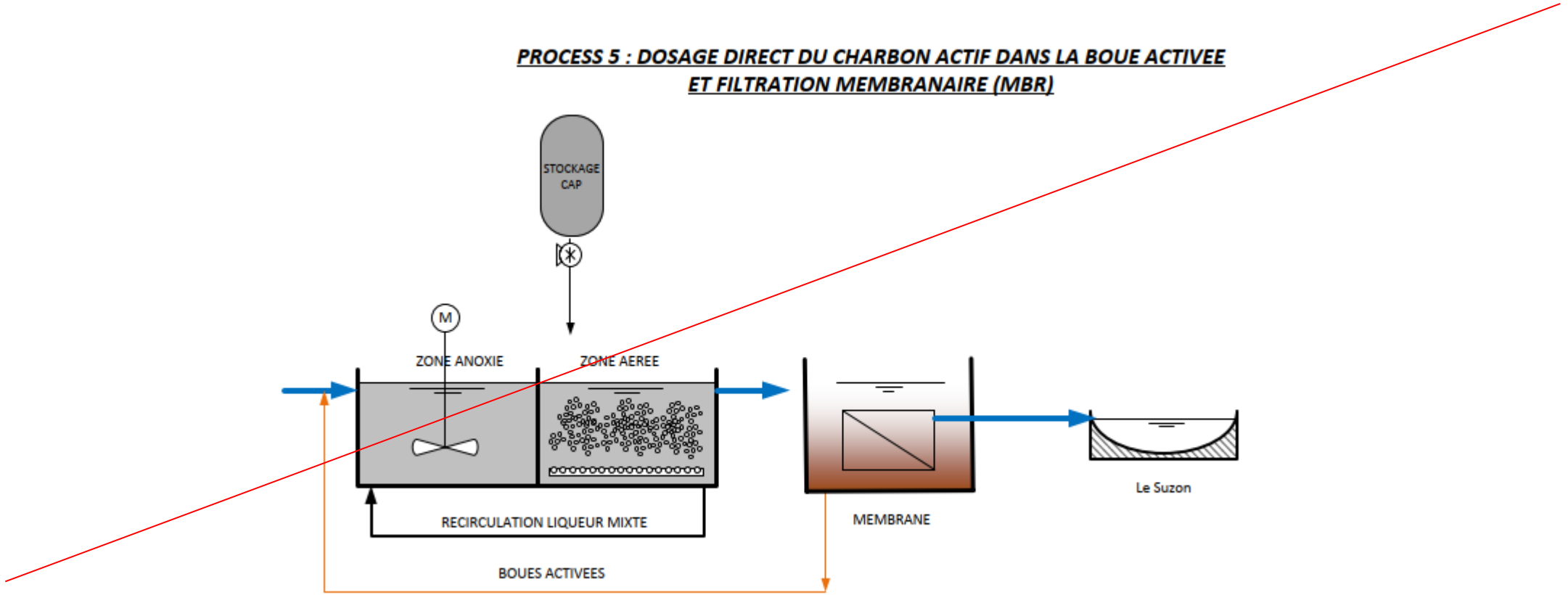
- **Conclusion** :
  - **Le procédé n'est pas envisageable pour la STEP de Dijon ODIVEA du fait de la production de boues avec CAP retournée en filière biologique → Solution non retenue**

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 5 : DOSAGE CAP DANS BIOLOGIE + FILTRATION MEMBRANAIRE

- Schéma de principe

Pour information, solution incompatible



FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 5 : DOSAGE CAP DANS BIOLOGIE + FILTRATION MEMBRANAIRE

- Avantages et inconvénients :
  - Procédé très compact, garantissant une rétention du CAP.
  - Procédé intéressant dans le cas d'un **bioréacteur à membrane (MBR) existant**, ce qui n'est pas le cas sur la STEP de Dijon ODIVEA.

- Application sur la STEP de Dijon ODIVEA :
  - **Procédé non applicable sur la STEP de Dijon ODIVEA**.

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 5 : DOSAGE CAP DANS BIOLOGIE + FILTRATION MEMBRANAIRE

- Références :
  - STEP de Zimmerberg, en planification / travaux
  - STEP de Falkenstein, en planification / travaux

- Essais pilote :
  - STEP de Châteauneuf, terminé en 2020
  - STEP du Locle, terminé en 2014
  - STEP du Birsfelden, terminé en 2014
  - STEP de Lausanne, terminé en 2011

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 5 : DOSAGE CAP DANS BIOLOGIE + FILTRATION MEMBRANAIRE

- **Conclusion** :
  - **Procédé non compatible avec les étapes de traitement de la STEP de Dijon ODIVEA (car solution intéressante dans le cas où un bioréacteur à membrane est existant) → Solution non retenue**

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

ADSORPTION SUR CHARBON ACTIF EN GRANULÉS

(MICRO–CAG ET CAG)



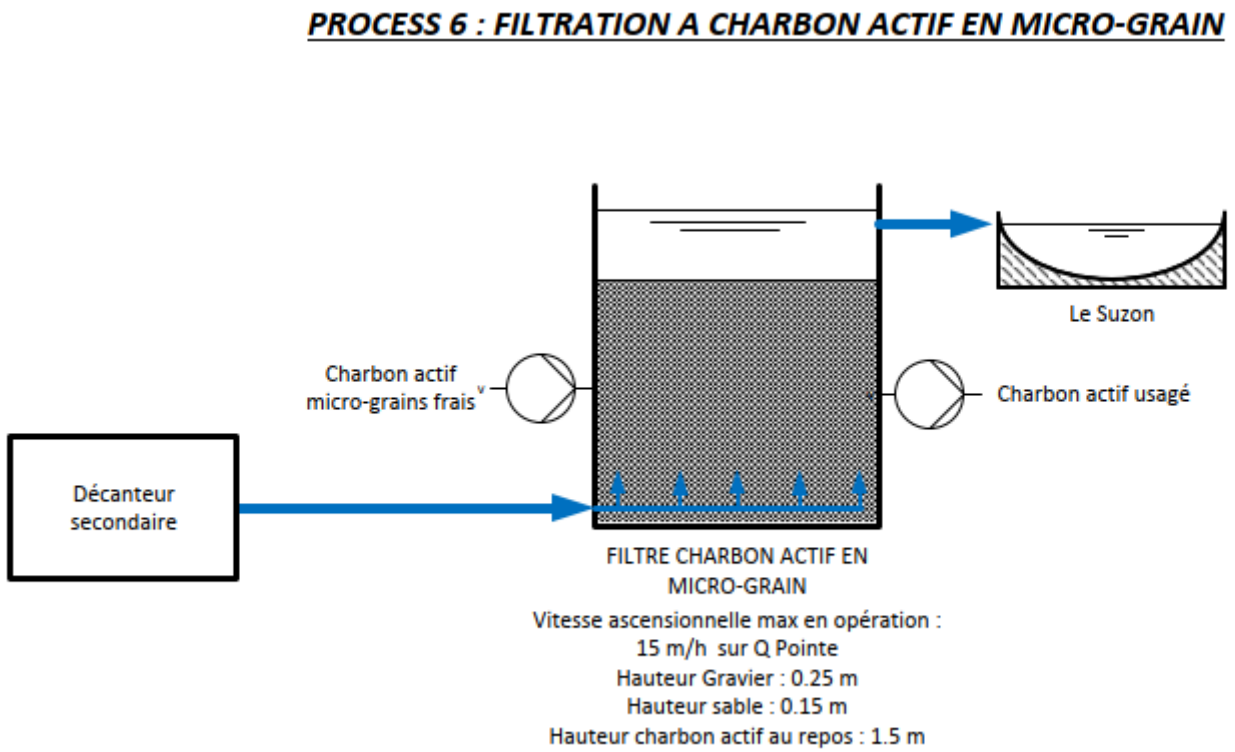


	CAP (0,01 – 0,025 mm)	CAµG (0,5 – 0,8 mm)	CAG (0,8 – 1,2 mm)
Adsorption pesticides	++ à +++	++ à +++	+ à +++
Adaptation à la pollution/dosage	Oui	Oui	Non
Réactifs chimiques	Oui	Non	Non
Production de boues de charbon	Oui	Non	Non
Charbon régénérable	Non	Oui	Oui

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 6 : CHARBON ACTIF MICROGRAIN

Schéma de principe



FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 6 : CHARBON ACTIF MICROGRAIN

- Dimensionnement sommaire :

Surface totale des installations :
700 m² V1 et 400 m² V2

PROCESS 6 : CHARBON ACTIF EN MICRO-GRAIN				
	Unité	V1	V2	
Données d'entrée				
Débit de pointe	m^3/h	5'200	3'000	
Filtre sur charbon actif micro-grain				
Vitesse ascensionnelle maximale en opération	m/h	15	15	Domaine de fonctionnement standard : 6.7 - 15.1 m/h
Surface totale de filtration	m^2	347	200	
Largeur cellule	m	5.20	5.20	
Longueur cellule	m	5.20	5.20	
Ration Longueur / Largeur		1	1	
Surface unitaire de cellule	m^2	27	27	Exemple STEP Colombier
Nombre de cellule en fonctionnement	u	13	7	
Hauteur de cellule	m	6.0	6.0	
Hauteur de la couche de gravier	m	0.25	0.25	
Hauteur de la couche de sable	m	0.15	0.15	
Hauteur du lit de charbon actif au repos	m	1.5	1.5	
Hauteur maximale du lit de charbon actif (expansion 60% pour une vitesse de 15.1 m/h et eau à 9.2°C)	m	2.4	2.4	
Garde hydraulique minimale (niveau sortie - lit charbon)	m	3.6	3.6	
Surface des ouvrages hydrauliques	m^2	347	200	
Coefficient d'emprise au sol		2	2	
Emprise au sol totale des installations	**m^2**	**693**	**400**	
Bleu : données de dimensionnement issues de la littérature				
Italique : proposition de dimensionnement, à affiner par la suite si la filière est retenue				

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 6 : CHARBON ACTIF MICROGRAIN

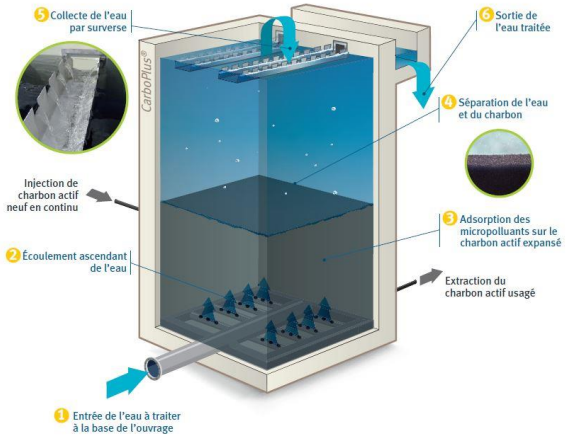
- **Critère 1 – Robustesse du procédé et simplicité d'exploitation** :
  - Procédé robuste, simple d'exploitation et bénéficiant d'un grand nombre de références.
- **Critère 2 – Retour du charbon actif dans les boues biologiques** :
  - Le procédé ne produit pas de boues à renvoyer dans la biologie. Le procédé produit des eaux sales, qui ne sont pas chargées en charbon actif. Ces eaux sales sont renvoyées en tête de station.
  - Le procédé est compatible avec la filière de compostage des boues.
- **Critère 3 – Adéquation du procédé avec l'effluent** :
  - Procédé adéquat avec les effluents de la STEP d'ODIVEA
- **Critères 4 et 5 : Couts (CAPEX et OPEX) :**
  - Procédé peu économique au niveau de l'investissement.
  - Procédé intéressant au niveau des coûts d'exploitation.

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

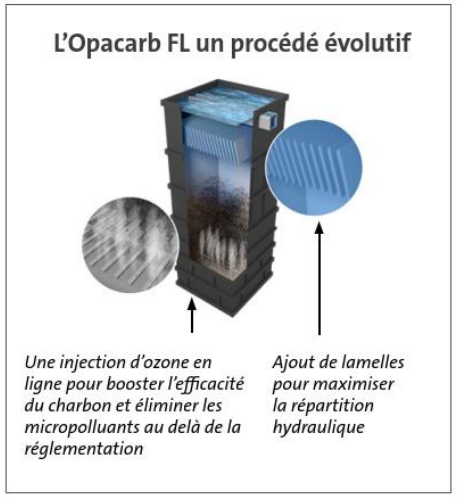
Process 6 : CHARBON ACTIF MICROGRAIN

- **Critère 6 : Appel d'offres attractif et ouverture fournisseurs :**
  - Procédé breveté

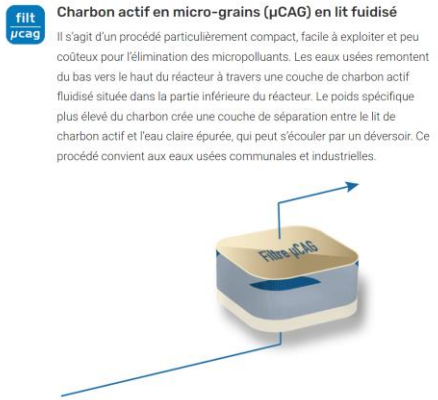
Stereau : Carboplus



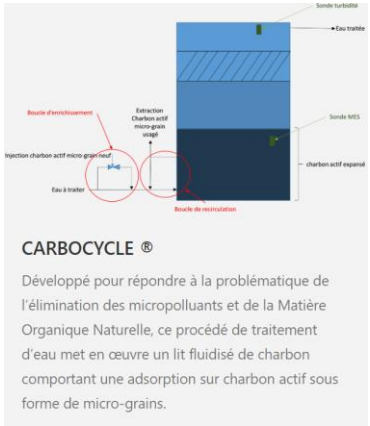
OTV : Opacarb FL



Techfina : Filt Micro CAG



Sources : Carbocycle



FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 6 : CHARBON ACTIF MICROGRAIN

- Références :
  - STEP de Penthaz, mise en service 2018, Procédé CarboPlus, Capacité MP 324 m³/h

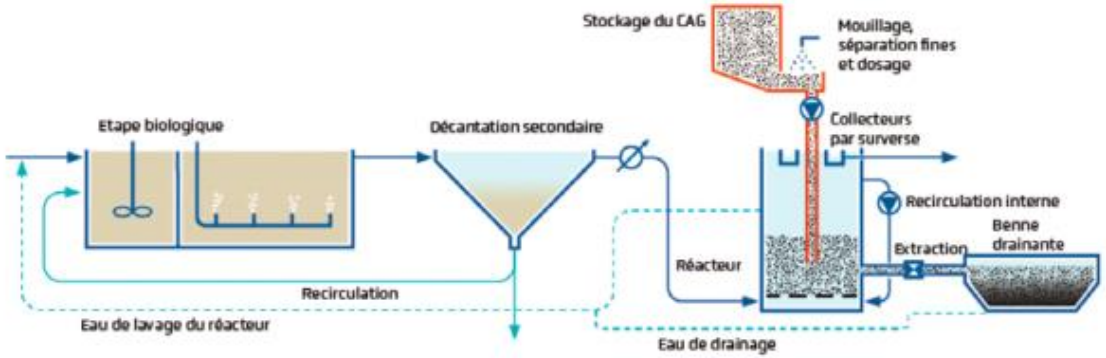
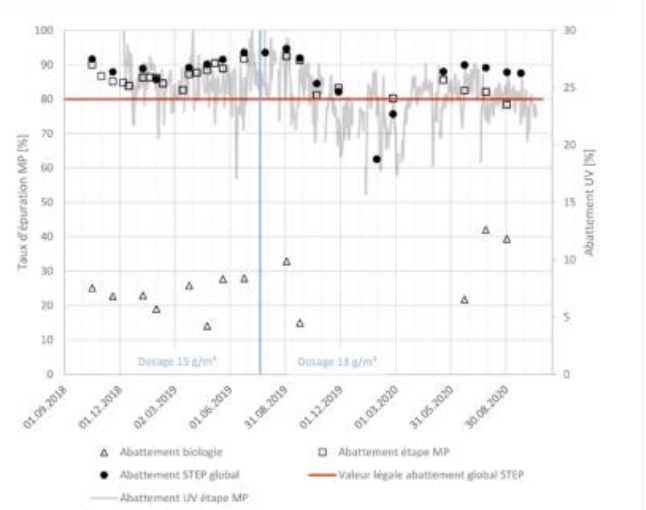


Fig. 2 Schéma de principe des différents éléments du traitement des micropolluants par CAG en lit fluidisé. Dans le cas de la STEP de Penthaz, une filtration sur disques suit la décantation secondaire.

Paramètres de dimensionnement	Unité	Réalisation STEP de Penthaz
Nombre de réacteurs	[u]	2
Surface par réacteur	[m²]	12,25 (3,5 × 3,5)
Vitesse ascensionnelle	[m/h]	7 à 15 (max 20)
Hauteur du lit au repos	[m]	1,5
Hauteur du lit en expansion (15 m/h)	[m]	2,2
Volume du silo	[m³]	25

Tab. 1 Dimensionnement du procédé à la STEP de Penthaz.



ig. 4 Taux d'épuration des micropolluants de la biologie, de l'étape MP et de la STEP globale et abattement UV de l'étape MP en fonction du dosage de charbon actif. La ligne rouge marque la valeur légale requise pour l'ensemble de la STEP.

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 6 : CHARBON ACTIF MICROGRAIN

- Références :
  - STEP de Delémont, mise en service 2022, CarboPlus
  - STEP de Villette, mise en service 2024, CarboPlus
  - STEP de Luzern, en planification
  - STEP de Niederglatt, en planification
  - STEP de Rosenbergsau, en planification
  - STEP de Yverdon, mise en service 2024, CarboPlus
  - STEP de la Saunerie à Colombier, en planification, CarboPlus
  - STEP de la Region de Bern AG, Travaux en cours, CarboPlus
  - STEP de Regensdorf, en planification
  - STEP de Frauenfeld, en planification

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 6 : CHARBON ACTIF MICROGRAIN

- Mutualisation possible pour abattement des autres familles de polluants :
  - Procédé moins intéressant pour l'élimination des métaux lourds
  - Procédé moins intéressant pour l'élimination des microplastiques (pouvoir filtrant moindre)

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

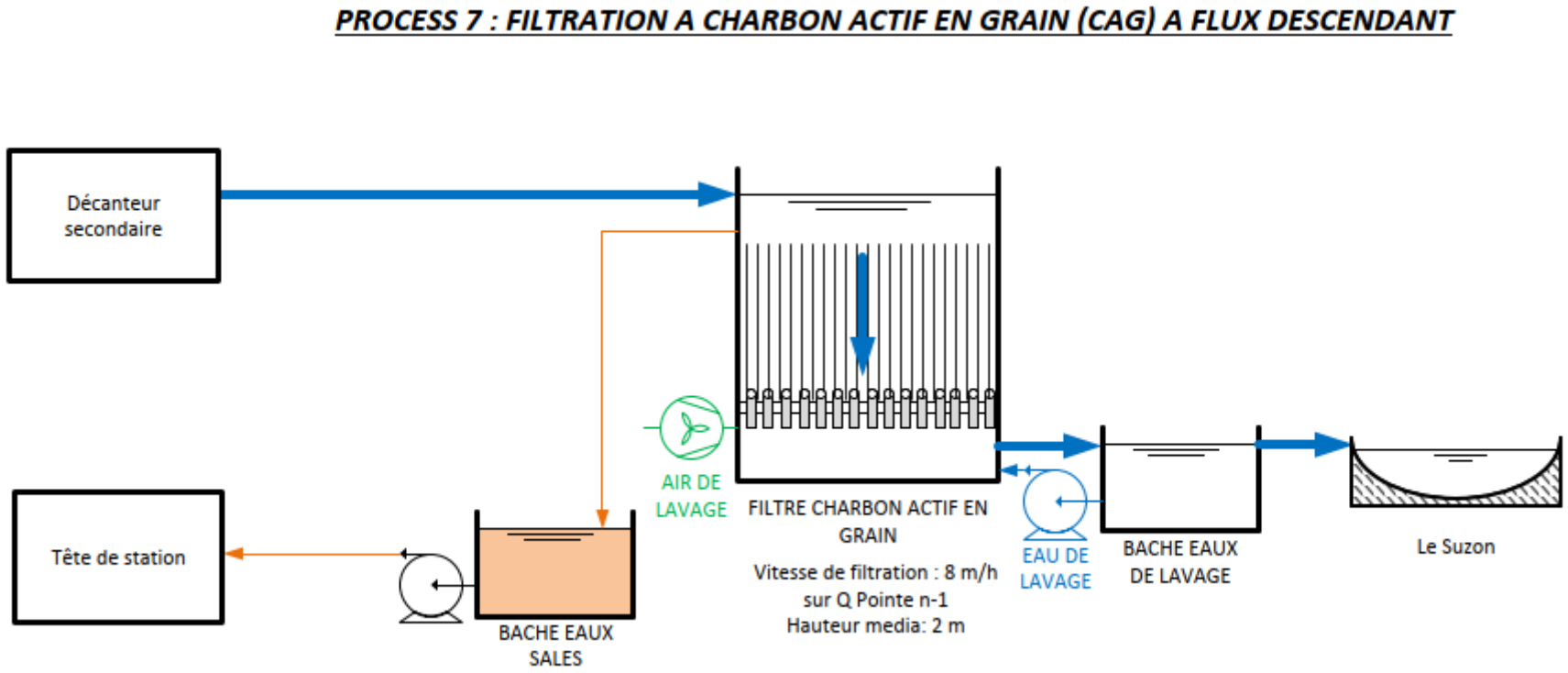
Process 6 : CHARBON ACTIF MICROGRAIN

- **Conclusion** :
  - **Procédé envisageable sur la STEP de Dijon ODIVEA pour l'abattement des micropolluants mais besoin de cumuler d'autres procédés pour traiter les autres familles de polluants.**

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 7 : CHARBON ACTIF EN GRAIN (CAG) À FLUX DESCENDANT

- Schéma de principe



FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 7 : CHARBON ACTIF EN GRAIN (CAG) À FLUX DESCENDANT

- Dimensionnement sommaire :

Surface totale des installations :
1’300 m^2 V1 et 800 m^2 V2

PROCESS 7 : CHARBON ACTIF EN GRAIN (CAG) A FLUX DESCENDANT			
	Unité	V1	V2
Données d'entrée			
Débit de pointe	m^3/h	5'200	3'000
Charbon actif en grain			
Temps de contact hydraulique à N-1 filtres	min	20	20
Volume CAG requis	m^3	1'733	1'000
Vitesse de filtration max sur débit de pointe à N-1 filtre	m/h	8	8
Surface totale de filtration à N-1 filtre	m^2	650	375
Longueur d'une cellule	m	*10*	*10*
Largeur d'une cellule	m	*5.5*	*5.5*
Ratio longueur / largeur		*1.8*	*1.8*
Surface d'une cellule	m^2	*55*	*55*
Nombre N de cellule	u	*12*	*7*
Hauteur média	m	2	2
Volume de média par cellule	m^3	*109*	*109*
Volume de média total	m^3	1'300	750
Temps de contact sur Q pointe	min	15	15
Surface des ouvrages hydrauliques	m^2	650	375
Coefficient d'emprise au sol		2	2
Emprise au sol totale des installations	**m^2**	**1'300**	**750**
Bleu : données de dimensionnement issues de la littérature			
Italique : proposition de dimensionnement, à affiner par la suite si la filière est retenue			

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 7 : CHARBON ACTIF EN GRAIN (CAG) À FLUX DESCENDANT

- **Critère 1 – Robustesse du procédé et simplicité d'exploitation** :
  - Procédé robuste, simple d'exploitation et bénéficiant d'un grand nombre de références.
- **Critère 2 – Retour du charbon actif dans les boues biologiques** :
  - Le procédé ne produit pas de boues à renvoyer dans la biologie. Le procédé produit des eaux sales, qui ne sont pas chargées en charbon actif. Ces eaux sales sont renvoyées en tête de station.
  - Le procédé est compatible avec la filière de compostage des boues.
  - Le charbon actif est conservé intégralement dans les cellules. Lorsque saturé, le charbon actif en grain est extrait en totalité de la cellule et est remplacé pour un nouveau charbon. Le charbon usagé est évacué et peut être régénéré à l'extérieur du site.
- **Critère 3 – Adéquation du procédé avec l'effluent** :
  - Procédé adéquat avec les effluents de la STEP d'ODIVEA
- **Critères 4 et 5 : Couts (CAPEX et OPEX) :**
  - Procédé peu économique au niveau de l'investissement.
  - Procédé intéressant au niveau des coûts d'exploitation. → Test pilote à réaliser pour évaluer le BV du charbon.

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 7 : CHARBON ACTIF EN GRAIN (CAG) À FLUX DESCENDANT

- **<u>Critère 6 : Appel d'offres attractif et ouverture fournisseurs :</u>**
  - Procédé non breveté. Dimensionnement dans le domaine public.
  - Un grand nombre de fournisseurs est capable de répondre : Degrémont, OTV, Sources, Stéreau, Techfina, Sogea, Wabag

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 7 : CHARBON ACTIF EN GRAIN (CAG) À FLUX DESCENDANT

- Mutualisation possible pour abattement des autres familles de polluants :
  - Procédé intéressant pour l'élimination des métaux lourds avec l'ajout d'une coagulation-floculation à l'amont. Le CAG sert alors de filtration.
  - Procédé intéressant pour l'élimination des microplastiques (pouvoir de filtration important)

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 7 : CHARBON ACTIF EN GRAIN (CAG) À FLUX DESCENDANT

Références Suisse :

- STEP de Moos, Amriswil, mise en service 2021 (Dynasand Carbon)
- STEP de Muri, en travaux
- STEP de Winterthur, en planification
- STEP de Val-de-Ruz, mise en service 2024
- STEP de Brig, en planification
- STEP de Sensetal, mise en service 2024
- STEP de Sarneraatal, Alpnach, en planification
- STEP Vacallo, Chiasso, en planification
- STEP d'Orbe, en planification

Références France :

- STEP de Saint-Pourçain-sur-Sioule (Ozonation + CAG), débit 90 m^3/h

Essais pilotes Suisse :

- STEP de Muri, terminé en 2020
- STEP de Glarnerland, terminé en 2020
- STEP de Bülach, terminé en 2020
- STEP de Neugut, terminé en 2012

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 7 : CHARBON ACTIF EN GRAIN (CAG) À FLUX DESCENDANT

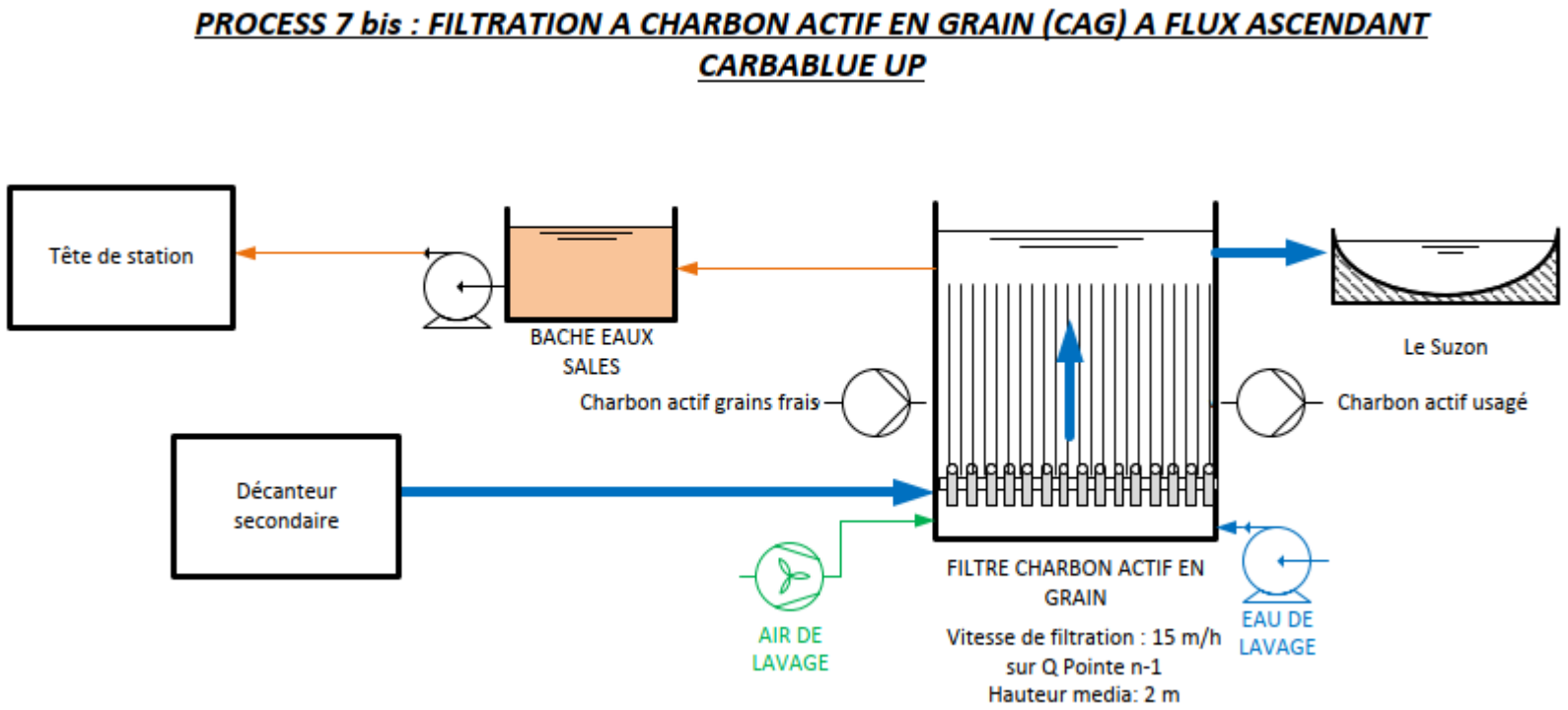
Conclusion :

- **Procédé envisageable sur la STEP de Dijon ODIVEA,** avec la mise en œuvre d'une coagulation floculation à l'amont pour traiter les métaux lourds.

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 7 bis : CHARBON ACTIF EN GRAIN (CAG) À FLUX ASCENDANT

- Schéma de principe



FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 7 bis : CHARBON ACTIF EN GRAIN (CAG) À FLUX ASCENDANT

- Dimensionnement sommaire :

Surface totale des installations :
900 m² V1 et 500 m² V2

Nota : Les données de dimensionnement seront à affiner par la suite avec le constructeur

PROCESS 7 bis : CHARBON ACTIF EN GRAIN (CAG) A FLUX ASCENDANT			
	Unité	V1	V2
Données d'entrée			
Débit de pointe	m³/h	5'200	3'000
Charbon actif en grain			
Temps de contact hydraulique à N-1 filtres	min	15	15
Volume CAG requis	m³	1'300	750
Vitesse de filtration max sur débit de pointe à N-1 filtre	m/h	12	12
Surface totale min de filtration à N-1 filtre	m²	433	250
Longueur d'une cellule	m	*10*	*10*
Largeur d'une cellule	m	*5.5*	*5.5*
Ratio longueur / largeur		*1.8*	*1.8*
Surface d'une cellule	m²	*55*	*55*
Nombre N de cellule	u	*8*	*5*
Hauteur média	m	3	3
Volume de média par cellule	m³	*164*	*164*
Volume de média total	m³	1'300	750
Temps de contact sur Q pointe	min	15	15
Surface des ouvrages hydrauliques	m²	433	250
Coefficient d'emprise au sol		2	2
Emprise au sol totale des installations	**m²**	**867**	**500**
Bleu : données de dimensionnement issues de la littérature			
Italique : proposition de dimensionnement, à affiner par la suite si la filière est retenue			

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 7 bis : CHARBON ACTIF EN GRAIN (CAG) À FLUX ASCENDANT

- **Critère 1 – Robustesse du procédé et simplicité d'exploitation** :
  - Procédé robuste et simple d'exploitation. Toutefois aucune référence de ce procédé en France et Suisse en traitement des eaux usées.

- **Critère 2 – Retour du charbon actif dans les boues biologiques** :
  - Le procédé ne produit pas de boues à renvoyer dans la biologie. Le procédé produit des eaux sales, qui ne sont pas chargées en charbon actif. Ces eaux sales sont renvoyées en tête de station.
  - Le procédé est compatible avec la filière de compostage des boues.
  - Le charbon actif est conservé intégralement dans les cellules. Lorsque saturé, le charbon actif en grain est extrait en totalité de la cellule et est remplacé pour un nouveau charbon. Le charbon usagé est évacué et peut être régénéré à l'extérieur du site.

- **Critère 3 – Adéquation du procédé avec l'effluent** :
  - Procédé adéquat avec les effluents de la STEP d'ODIVEA

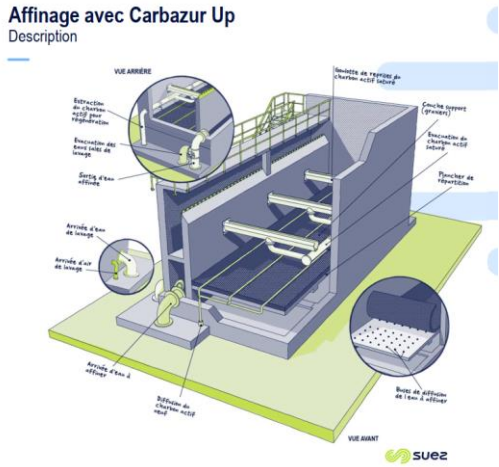
- **Critères 4 et 5 : Couts (CAPEX et OPEX) :**
  - Procédé peu économique au niveau de l'investissement.
  - Procédé intéressant au niveau des coûts d'exploitation. Nécessite de changer l'entier des filtres tous les 3 – 4 ans. Test pilote pour connaitre le BV.

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 7 bis : CHARBON ACTIF EN GRAIN (CAG) À FLUX ASCENDANT

- **<u>Critère 6 : Appel d'offres attractif et ouverture fournisseurs :</u>**
  - Procédé breveté
  - Fournisseurs possibles :
    - **Degrémont**

Degrémont :
Carbablue Up



- Références : aucune en France et en Suisse en traitement de l'eau usée. Essai pilote à venir sur la STEP de Chandoline (Sion VS).

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 7 bis : CHARBON ACTIF EN GRAIN (CAG) À FLUX ASCENDANT

- Mutualisation possible pour abattement des autres familles de polluants : Similaire au CAG à flux descendant
  - Procédé moins intéressant que le CAG pour l'élimination des métaux lourds (filtration un peu moins intéressante que le CAG descendant).
  - Procédé moins intéressant que le CAG pour l'élimination des microplastiques (pouvoir de filtration moins important)

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 7 bis : CHARBON ACTIF EN GRAIN (CAG) À FLUX ASCENDANT

- **Conclusion** :
  - **Procédé envisageable sur la STEP de Dijon ODIVEA,** avec la mise en œuvre d'une coagulation floculation à l'amont et d'une filtration à l'aval pour traiter les métaux lourds.

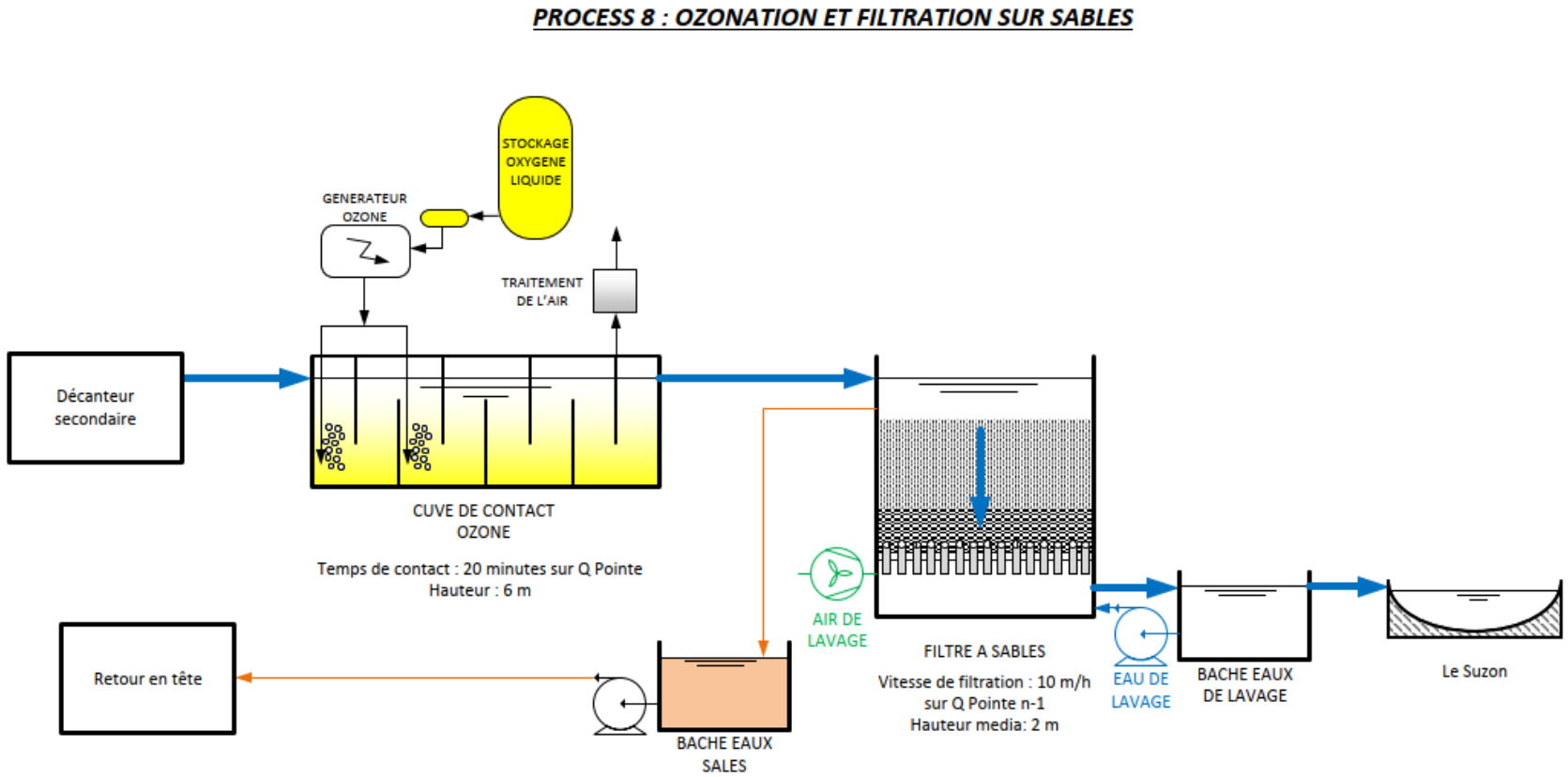
FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

FILIÈRE D'OXYDATION À L'OZONE

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 8 : OZONATION + FILTRATION A SABLES

- Schéma de principe



FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 8 : OZONATION + FILTRATION A SABLES

- Dimensionnement sommaire :

Surface totale des installations :
1’200 m² V1 et 700 m² V2

PROCESS 8 : OZONATION + FILTRATION SUR SABLES			
	Unité	V1	V2
Données d'entrée			
Débit de pointe	m^3/h	5'200	3'000
Cuve de contact ozone			
Temps de contact sur Q pointe	min	20	20
Hauteur cuve	m	6	6
Nombre de file	u	*1*	*1*
Volume de cuve par file	m^3	1'733	1'000
Surface de cuve par file	m^2	289	167
Filtre sur sables			
Vitesse de filtration à N-1 filtre	m/h	10	10
Hauteur média	m	2	2
Surface totale de filtration à N-1 filtre	m^2	520	300
Volume total de filtration	m^3	1'040	600
Surface des ouvrages hydrauliques	m^2	809	467
Coefficient d'emprise au sol		1.5	1.5
Emprise au sol totale des installations	**m^2**	**1'213**	**700**
Bleu : données de dimensionnement issues de la littérature			
Italique : proposition de dimensionnement, à affiner par la suite si la filière est retenue			

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 8 : OZONATION + FILTRATION A SABLES

- **Critère 1 – Robustesse du procédé et simplicité d'exploitation** :
  - Procédé robuste, simple d'exploitation et bénéficiant d'un grand nombre de références.
- **Critère 2 – Retour du charbon actif dans les boues biologiques** :
  - Procédé n'utilisant pas de charbon actif. Le procédé est compatible avec la filière de compostage des boues.
- **Critère 3 – Adéquation du procédé avec l'effluent** :
  - Procédé non adéquat avec l'effluent de la STEP d'ODIVEA (possibilité de création de sous-produits indésirables).
- **Critères 4 et 5 : Couts (CAPEX et OPEX) :**
  - Procédé peu économique au niveau de l'investissement.
  - Procédé intéressant au niveau des coûts d'exploitation.
- **Critère 6 : Appel d'offres attractif et ouverture fournisseurs :**
  - Procédé non breveté. Dimensionnement dans le domaine public.
  - Un grand nombre de fournisseurs est capable de répondre : Degrémont, OTV, Sources, Stéreau, Techfina, Sogea, Wabag

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 8 : OZONATION + FILTRATION A SABLES

- Références Suisse :
  - **STEP de Neugut, Mise en service 2014, capacité max 2’376 m³/h**



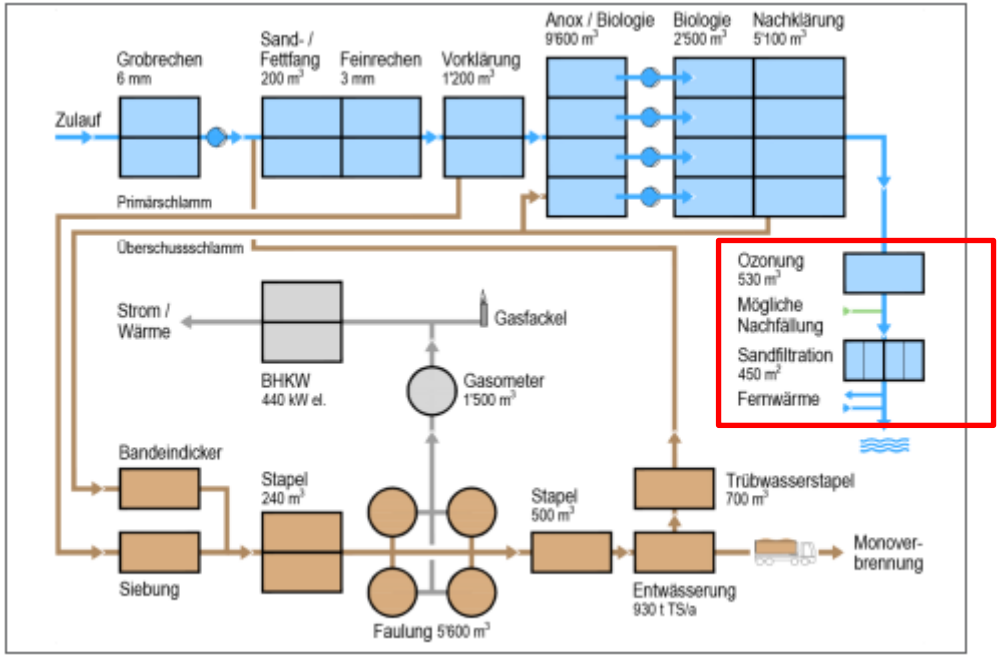


Abbildung 1: Verfahrensschema Abwasserreinigungsanlage Neugut.

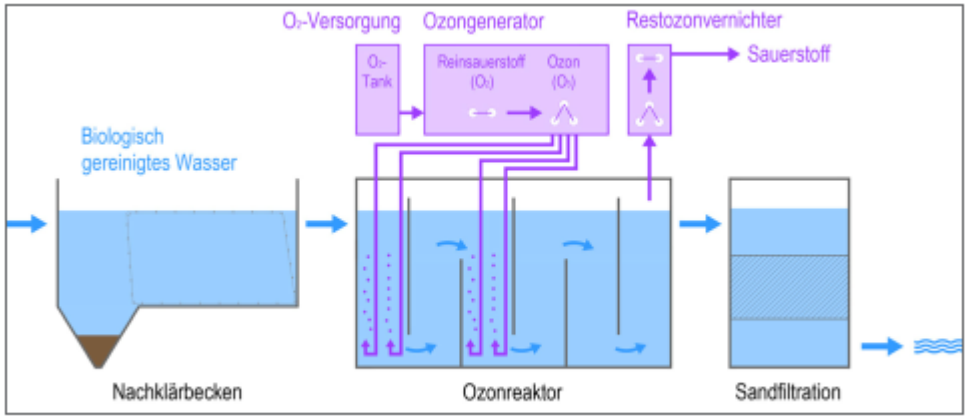


Abbildung 2: Schema der Ozonung.

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 8 : OZONATION + FILTRATION A SABLES

- Références Suisse :
  - STEP de Reinach, Mise en service 2016
  - STEP de Werdhölzli, Mise en service 2018
  - STEP de Bassersdorf, Mise en service 2018
  - STEP de Porrentruy, Mise en service 2020
  - STEP de Morgental (+Hofen), Mise en service 2021
  - STEP de Furthof (Buchs ZH), Mise en service 2021
  - STEP de Lützelmurgtal (Aadorf), Mise en service 2021

- Références France :
  - STEP de Sophia Antipolis, Mise en service 2012, Ozonation (1 file) sans filtration sur sables



FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 8 : OZONNATION + FILTRATION A SABLES

- Mutualisation possible pour abattement des autres familles de polluants :
  - Elimination métaux lourds : procédé avec très peu d'effet sur les métaux lourds.
  - Elimination microplastiques : bon (via filtre à sables)

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 8 : OZONNATION + FILTRATION A SABLES

Conclusion :

- **Ce procédé n'est pas envisageable pour la STEP de Dijon ODIVEA (car formation de sous-produits dangereux) → <u>Solution non retenue</u>**

La présence de bromure, Chrome (et NDMA dans une moindre mesure) en entrée du traitement quaternaire entrainerait la formation de sous-produit d'oxydation présentant une toxicité élevée (Bromates, Chromates).

Les concentrations en bromure retrouvées dans l'eau en entrée du futur traitement quaternaire sont au-dessus des valeurs limites de compatibilité avec un procédé d'oxydation recommandées en Suisse (VSA) :

- Bromure : 0.4 mg/l en moyenne et **0.6 mg/l** en maximum en entrée du futur quaternaire. Valeur limite de comptabilité avec procédé d'ozonation à **0.1 mg/l**.

Ces fortes concentrations en bromure rendent incompatible la mise en œuvre d'un procédé ozonation.

De plus, la station ne présente pas de de filtration sur sable déjà installée. La mise en œuvre de cette étape impliquerait un cout d'investissement élevé.

Pour information : en cas de mise en œuvre d'un procédé avec oxydation, une campagne de bio-essai (référence ENVILAB) serait nécessaire au préalable.

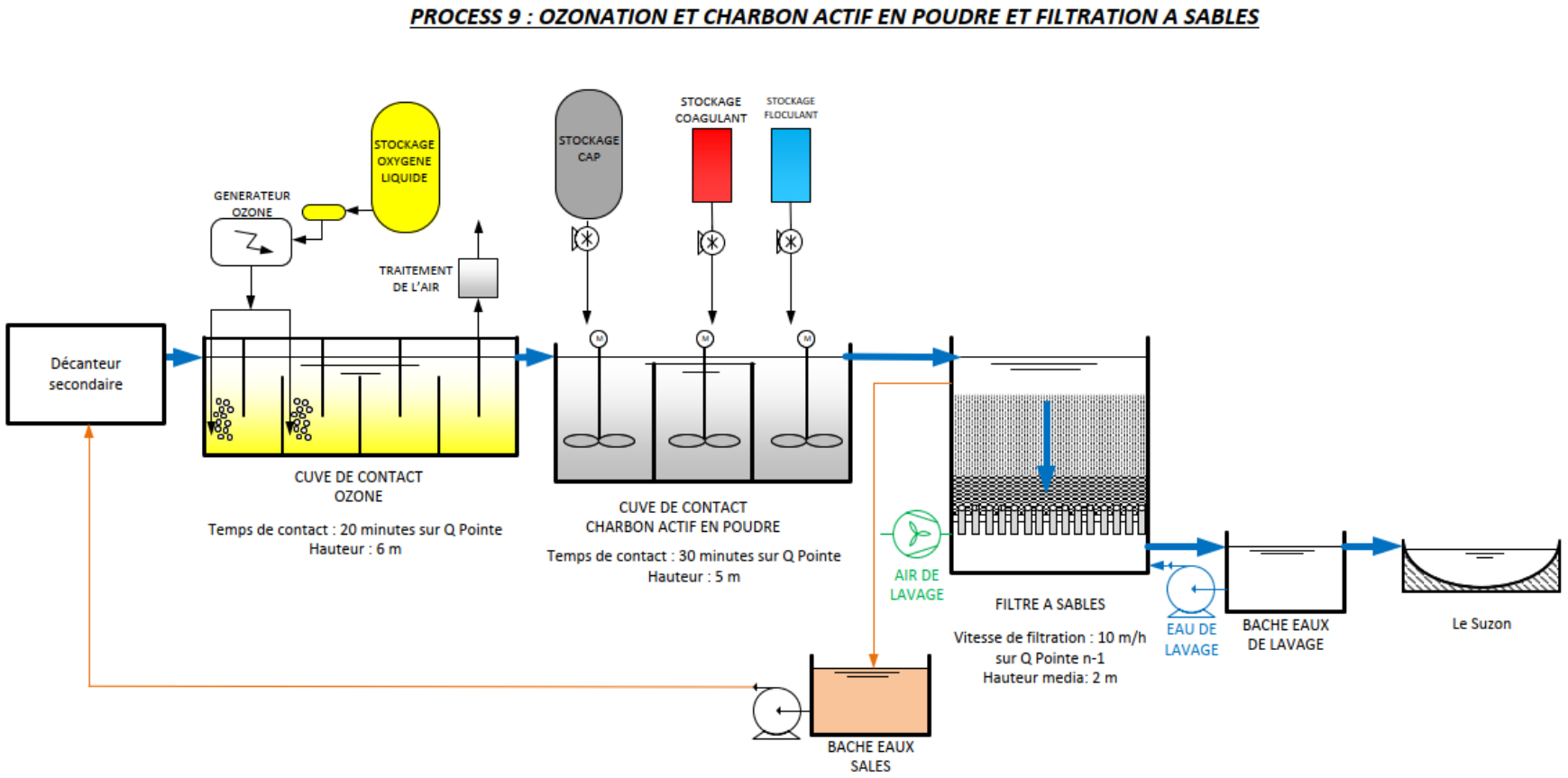
FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

COMBINAISON DE PROCÉDÉS : OXYDATION ET ADSORPTION

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 9 : OZONATION + CAP + FILTRATION À SABLES

Schéma de principe



FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 9 : OZONATION + CAP + FILTRATION À SABLES

- Dimensionnement sommaire :

Surface totale des installations :
2’200 m² V1 et 1’300 m² V2

PROCESS 9 : OZONNATION + CHARBON ACTIF EN POUDRE + FILTRATION SUR SABLES			
	Unité	V1	V2
Données d'entrée			
Débit de pointe	m³/h	5'200	3'000
Cuve de contact ozone			
Temps de contact sur Q pointe	min	20	20
Hauteur cuve	m	6	6
Nombre de file	u	*1*	*1*
Volume de cuve par file	m³	1'733	1'000
Surface de cuve par file	m²	289	167
Cuve de contact CAP			
Temps de contact sur Q pointe	min	30	30
Hauteur cuve	m	5	5
Volume total de cuve	m³	2'600	1'500
Surface totale de cuve	m²	520	300
Cuve de Coagulation			
Temps de contact sur Q pointe	min	3	3
Hauteur cuve	m	5	5
Volume total de cuve	m³	260	150
Surface totale de cuve	m²	52	30
Cuve de Floculation			
Temps de contact sur Q pointe	min	5	5
Hauteur cuve	m	5	5
Volume total de cuve	m³	433	250
Surface totale de cuve	m²	87	50
Filtre sur sables			
Vitesse de filtration à N-1 filtre	m/h	10	10
Hauteur média	m	2	2
Surface totale de filtration à N-1 filtre	m²	520	300
Volume total de filtration	m³	1'040	600
Surface des ouvrages hydrauliques	m²	1'468	847
Coefficient d'emprise au sol		1.5	1.5
Emprise au sol totale des installations	**m²**	**2'201**	**1'270**
Bleu : données de dimensionnement issues de la littérature			
Italique : proposition de dimensionnement, à affiner par la suite si la filière est retenue			

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 9 : OZONATION + CAP + FILTRATION À SABLES

- **Critère 1 – Robustesse du procédé et simplicité d'exploitation** :
  - Procédés combinés permettant une grande flexibilité d'exploitation et une meilleure garantie de traitement.
  - Procédé complexe en gestion d'exploitation du fait de la présence de deux procédés différents.
- **Critère 2 – Retour du charbon actif dans les boues biologiques** :
  - Production produisant des boues avec CAP renvoyées dans la biologie. Inconvénient avec filière de compostage.
- **Critère 3 – Adéquation du procédé avec l'effluent** :
  - Le procédé étant un combiné, le dosage d'ozone est réduit. Le risque de formation de sous-produits indésirables est réduit mais n'est toutefois pas supprimé.
- **Critères 4 et 5 : Couts (CAPEX et OPEX) :**
  - Procédé volumineux, avec des coûts d'investissement élevés et exploitation contraignante (double système).
- **Critère 6 : Appel d'offres attractif et ouverture fournisseurs :**
  - Procédé non breveté. Dimensionnement dans le domaine public.
  - Un grand nombre de fournisseurs est capable de répondre : Degrémont, OTV, Sources, Stéreau, Techfina, Sogea, Wabag

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

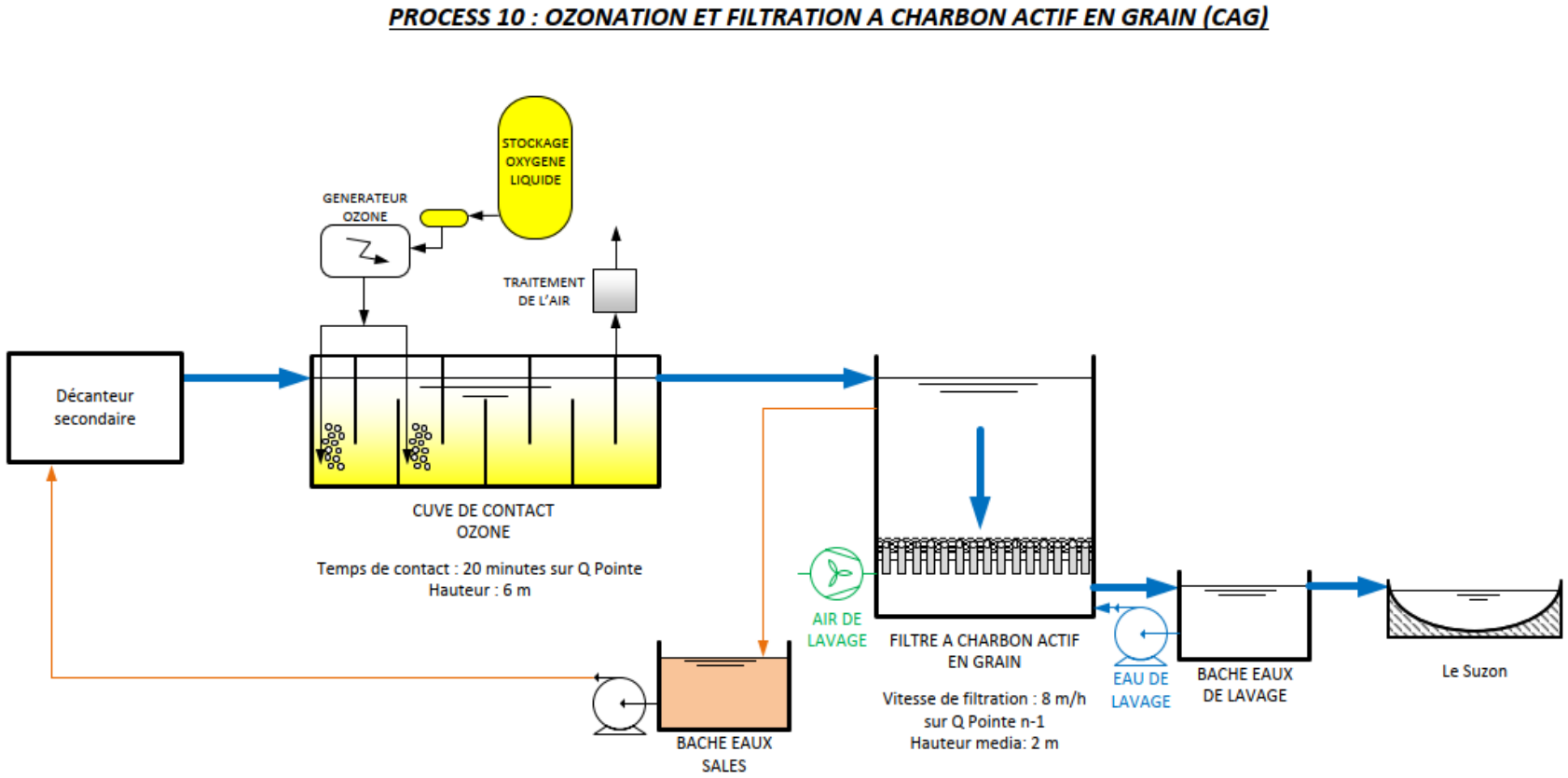
Process 9 : OZONATION + CAP + FILTRATION À SABLES

- Mutualisation possible pour abattement des autres familles de polluants :
  - Elimination métaux lourds : procédé pouvant s'avérer intéressant pour l'élimination des métaux lourds
  - Elimination microplastiques : bon (via filtre à sables)

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 10 : OZONATION + CHARBON ACTIF EN GRAIN (CAG)

Schéma de principe



FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 10 : OZONATION + CHARBON ACTIF EN GRAIN (CAG)

- Dimensionnement sommaire :

Surface totale des installations :
1’900 m² V1 et 1’100 m² V2

PROCESS 10 : OZONNATION + CHARBON ACTIF EN GRAIN			
	Unité	V1	V2
Données d'entrée			
Débit de pointe	m³/h	5'200	3'000
Cuve de contact ozone			
Temps de contact sur Q pointe	min	20	20
Hauteur cuve	m	6	6
Nombre de file	u	*1*	*1*
Volume de cuve par file	m³	1'733	1'000
Surface de cuve par file	m²	289	167
Charbon actif en grain			
Temps de contact hydraulique à N-1 filtres	min	20	20
Volume CAG requis	m³	1'733	1'000
Vitesse de filtration min sur débit de pointe à N-1 filtre	m/h	4	4
Surface totale max de filtration à N-1 filtre	m²	1'300	750
Vitesse de filtration max sur débit de pointe à N-1 filtre	m/h	8	8
Surface totale min de filtration à N-1 filtre	m²	650	375
Surface totale choisie	m²	*975*	*563*
Longueur d'une cellule	m	*10*	*10*
Largeur d'une cellule	m	*5.5*	*5.5*
Ratio longueur / largeur		*1.8*	*1.8*
Surface d'une cellule	m²	*55*	*55*
Nombre N de cellule	u	*18*	*10*
Hauteur média	m	2	2
Volume de média par cellule	m³	*109*	*109*
Volume de média total	m³	*1'950*	*1'125*
Surface des ouvrages hydrauliques	m²	1'264	729
Coefficient d'emprise au sol		1.5	1.5
Emprise au sol totale des installations	**m²**	**1'896**	**1'094**

Bleu : données de dimensionnement issues de la littérature

Italique : proposition de dimensionnement, à affiner par la suite si la filière est retenue

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 10 : OZONATION + CHARBON ACTIF EN GRAIN (CAG)

- **Critère 1 – Robustesse du procédé et simplicité d'exploitation** :
  - Procédés combinés permettant une grande flexibilité d'exploitation et une meilleure garantie de traitement.
  - Procédé complexe en gestion d'exploitation du fait de la présence de deux procédés différents.
- **Critère 2 – Retour du charbon actif dans les boues biologiques** :
  - Procédé ne produisant pas de boues chargées de charbon actif. Le procédé est compatible avec la filière de compostage des boues.
- **Critère 3 – Adéquation du procédé avec l'effluent** :
  - Le procédé étant un combiné, le dosage d'ozone est réduit. Le risque de formation de sous-produits indésirables est réduit mais n'est toutefois pas supprimé.
- **Critères 4 et 5 : Couts (CAPEX et OPEX) :**
  - Procédé volumineux, avec des coûts d'investissement élevés et exploitation contraignante (double système).
- **Critère 6 : Appel d'offres attractif et ouverture fournisseurs :**
  - Procédé non breveté. Dimensionnement dans le domaine public.
  - Un grand nombre de fournisseurs est capable de répondre : Degrémont, OTV, Sources, Stéreau, Techfina, Sogea, Wabag

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 10 : OZONATION + CAP + FILTRATION À SABLES

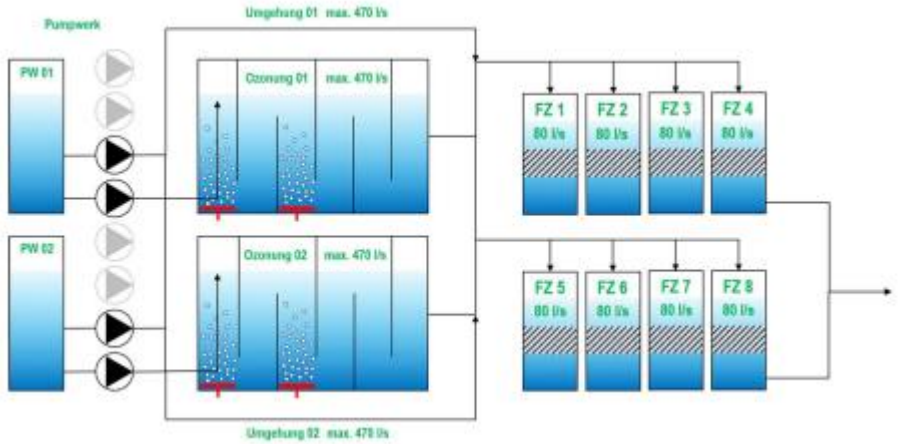
- Mutualisation possible pour abattement des autres familles de polluants :
  - Procédé moins intéressant pour l'élimination des métaux lourds
  - Elimination microplastiques : bon (via filtre à sables)

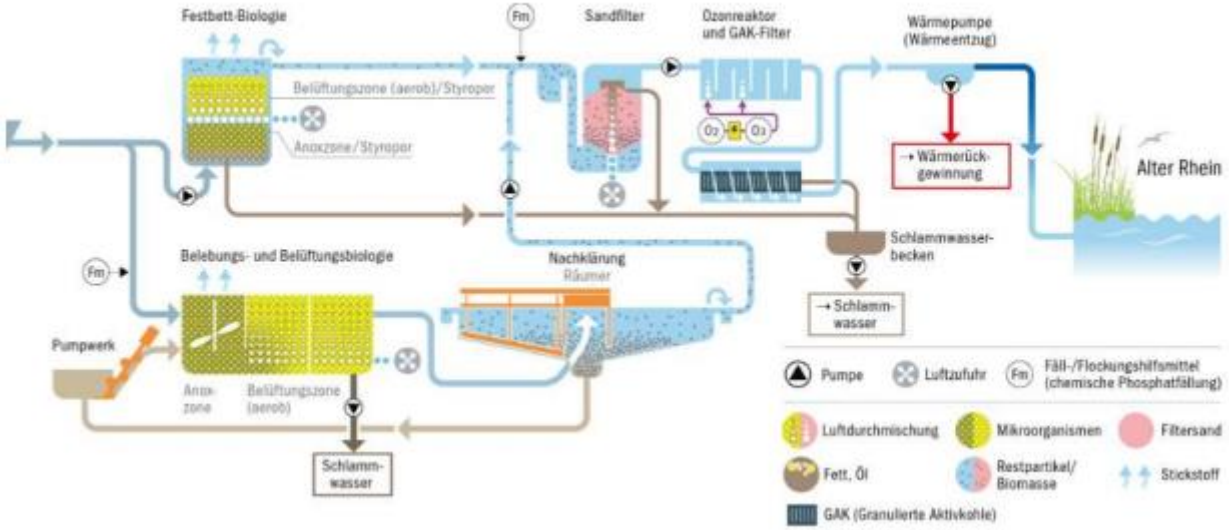
FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 9 et 10 : Process combinés

- Références :
  - STEP d'Altenrhein, mise en service 2019, O3 + filtres à CAG
    - Capacité de l'ozonation : 3'384 m^3/h (2 files de 1'692 m^3/h unitaire)
    - Capacité du filtre : 1'638 m^3/h (7 x 234 m3/h, plus 1 en réserve)







FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 9 et 10 : Process combinés

- Références :
  - STEP de Glarnerland, mise en service 2023, CAP + CAG
  - STEP de ProRheno, en planification, O3 + CAP avant filtration
- Essais pilotes :
  - STEP de Bülach, terminé en 2018, O3 + CAG
  - STEP de Glarnerland, terminé en 2020, O3 + CAG, CAP + CAG

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Process 9 et 10 : Procédés combinés

Conclusion :

- **Procédé non envisageable pour la STEP de Dijon ODIVEA du fait du coût d'investissement élevé (en dehors de l'enveloppe CAPEX), risque de formation de sous-produits indésirables, et production de boues chargées de CAP renvoyées dans la biologie (process 9) → Solution non retenue**

La présence de bromure, Chrome (et NDMA dans une moindre mesure) en entrée du traitement quaternaire entrainerait la formation de sous-produit d'oxydation présentant une toxicité élevée (Bromates, Chromates).

Les concentrations en bromure retrouvées dans l'eau en entrée du futur traitement quaternaire sont en dessus des valeurs limites de compatibilité avec un procédé d'oxydation recommandées en Suisse (VSA) :

- Bromure : 0.4 mg/l en moyenne et **0.6 mg/l** en maximum en entrée du futur quaternaire. Valeur limite de comptabilité avec procédé d'ozonation à **0.1 mg/l**.

Ces fortes concentrations en bromure rendent incompatible la mise en œuvre d'un procédé ozonation.

De plus, la station ne présente pas de de filtration sur sable déjà installée. La mise en œuvre de cette étape impliquerait un cout d'investissement élevé.

Pour information : en cas de mise en œuvre d'un procédé avec oxydation, une campagne de bio-essai (référence ENVILAB) serait nécessaire au préalable.

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Analyse comparative des filières

	Charbon actif en poudre				Charbon actif en grain et micro-grain		Ozonation
	Process 1 bis	Process 2 bis	Process 3 bis	Process 4	Process 6	Process 7	Process 8
	Procédé ULMER (Charbon actif en poudre - Décantation - Filtration) **+ Filière boues**	**Procédé PULSAGREEN** (Charbon actif en poudre - Décantation intégrée - Filtration) **+ Filière boues**	**Procédé AKTIFILT** (Charbon actif en poudre + Filtration) **+ Filière boues**	**Dosage CAP dans biologie + filtration sur sable**	**Charbon actif micro-grain (Micro CAG)**	**Charbon actif en grain CAG**	**Ozonation + filtre à sable**
Critère 1 : Robustesse du procédé (référence, retour d'expérience) et simplicité d'exploitation	Procédé robuste. Filière constituée d'un plus grand nombre d'étapes de traitement, ce qui complexifie son exploitation.	Procédé robuste mais peu répandu en traitement de l'eau usée. Filière constituée d'un plus grand nombre d'étapes de traitement, ce qui complexifie son exploitation.	Procédé robuste. Filière constituée d'un plus grand nombre d'étapes de traitement, ce qui complexifie son exploitation.	Procédé robuste	Procédé robuste	Procédé robuste	Procédé robuste
Critère 2 : Retour du charbon actif dans les boues biologiques	Filière spécifique de traitement des boues quaternaires pour éviter les retours de charbon actif dans les boues biologiques. Procédé compatible avec filière compostage	Filière spécifique de traitement des boues quaternaires pour éviter les retours de charbon actif dans les boues biologiques. Procédé compatible avec filière compostage	Filière spécifique de traitement des boues quaternaires pour éviter les retours de charbon actif dans les boues biologiques. Procédé compatible avec filière compostage	Production de boues biologiques chargées en CAP. Procédé non compatible avec filière de compostage. **--> Solution non retenue**	Compatible avec filière compostage	Compatible avec filière compostage	Compatible avec filière compostage
Critère 3 : Adéquation du procédé avec l'effluent	Procédé adéquat avec l'effluent de la STEP d'ODIVEA	Procédé adéquat avec l'effluent de la STEP d'ODIVEA	Procédé adéquat avec l'effluent de la STEP d'ODIVEA	Procédé adéquat avec l'effluent de la STEP d'ODIVEA	Procédé adéquat avec l'effluent de la STEP d'ODIVEA	Procédé adéquat avec l'effluent de la STEP d'ODIVEA	Procédé non adéquat avec l'effluent de la STEP d'ODIVEA (risque de production de sous-produits indésirables) **--> Solution non retenue**
Critère 4 : Couts d'investissement - CAPEX	+ + +	+ +	+ + +	- -	+	+	+
Critère 5 : Coûts d'exploitation - OPEX	+ +	+ +	+ + +	+ +	-	-	- -
Critère 6 : Appel d'offre attractif et ouverture aux fournisseurs	Procédé non breveté, un grand nombre de fournisseur est capable de répondre à l'AO	Procédé breveté. Limitation de la concurrence	Procédé non breveté, un grand nombre de fournisseur est capable de répondre à l'AO	Procédé non breveté, un grand nombre de fournisseur est capable de répondre à l'AO	Procédé breveté. Limitation de la concurrence	Procédé non breveté, un grand nombre de fournisseur est capable de répondre à l'AO	Procédé non breveté, un grand nombre de fournisseur est capable de répondre à l'AO
Critère 7 : Régénération du CAG (Spécificité charbon actif)	Charbon actif non régénérable	Charbon actif non régénérable	Charbon actif non régénérable	Charbon actif non régénérable	Possible (en fonction des charbons)	Charbon actif régénérable	S.O.
Critère 8 : Mutualisation pour l'abattement des autres polluants :							
Mutualisation pour l'abattement des métaux lourds	Mutualisation possible (coag-floc + filtration)	Mutualisation possible (coag-floc + filtration)	Mutualisation possible (coag-floc + filtration)	Procédé seul peu intéressant pour l'élimination des métaux lourds. Nécessité d'ajouter une coag-floc + filtration en sortie de traitement	Peu intéressant pour l'élimination des métaux lourds	Mutualisation possible en ajouter une coag-floc en amont. Le CAG sert de filtration	Peu intéressant pour l'élimination des métaux lourds
Mutualisation pour l'abattement des microplastiques	Mutualisation possible grâce au filtre en dernière étape de traitement	Mutualisation possible grâce au filtre en dernière étape de traitement	Mutualisation possible grâce au filtre en dernière étape de traitement	Mutualisation possible grâce au filtre en dernière étape de traitement	Peu intéressant pour l'élimination des microplastiques (faible pouvoir filtrant)	Mutualisation possible (bon pouvoir filtrant du CAG)	Mutualisation possible grâce au filtre en dernière étape de traitement
Critère 9 : Emprise des installations	Procédé extensif (1'200 - 2'100 m2)	Procédé compact (900 - 1'500 m2)	Procédé extensif (1'100 - 2'000 m2)	Procédé très compact (450 - 800 m2)	Procédé très compact (400 - 700 m2)	Procédé assez compact (1'100 - 2'000 m2)	Procédé compact (700 - 1'200 m2)

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

CONCLUSION

- Les deux filières de traitement des micropolluants qui semblent les plus pertinentes sont :
  - **Process 2bis : CAP PULSAGREEN avec filière de traitement des boues quaternaires**
    - Procédé plus économique en investissement que les autres procédés mettant en œuvre du CAP
    - Procédé rendu compatible avec le compostage des boues grâce à la mise œuvre d'un traitement des boues spécifique.
    - Procédé facilement mutualisable pour l'élimination des métaux lourds et des microplastiques grâce à la présence des étapes de coagulation – floculation et décantation intégrées au procédé.
    - Solution du procédé Pulsagreen proposée par SUEZ dans le contrat ODIVEA de 2019 (sans filière de traitement des boues ni filtration à cette époque) avec prise en compte des retours d'expérience acquis depuis cette période.
  - **Process 7 : CAG à flux descendant**
    - Procédé compact et économique en investissement et en couts d'exploitation.
    - Procédé qui ne produit pas de boues chargées en CAP retournée en filière biologique. Filière donc compatible avec le compostage des boues.
    - Procédé non breveté. Plusieurs fournisseurs seraient en capacité de répondre à l'appel d'offre.
    - Procédé mutualisable pour l'élimination des métaux lourds et des microplastiques grâce au bon pouvoir filtrant des filtres.

Nous proposons de retenir ces deux procédés pour l'étude de la <u>filière globale</u> de traitement des micropolluants, métaux lourds et microplastiques.

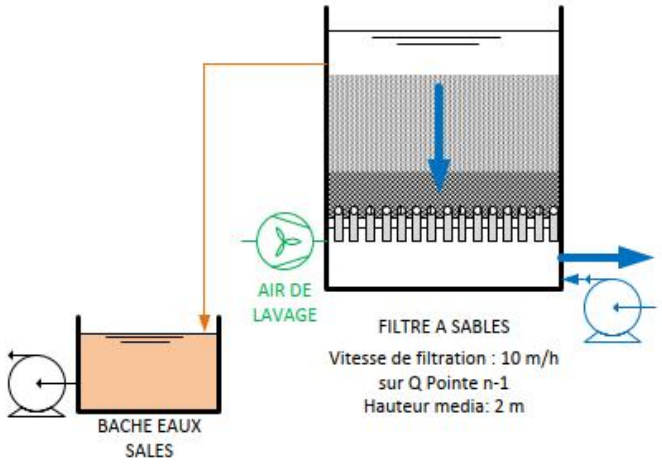
FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPLASTIQUES

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPLASTIQUES

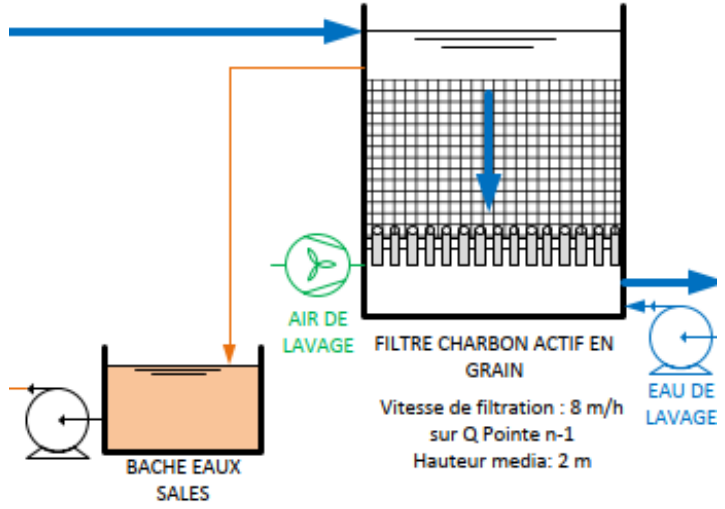
FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPLASTIQUES

Filières de traitement des microplastiques :

– Filtration sur sables

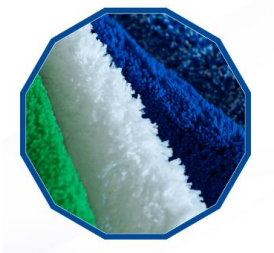


ou sur CAG à flux descendant

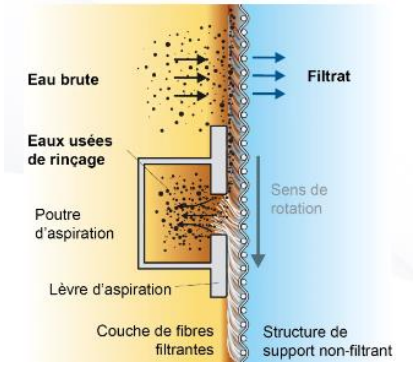


FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPLASTIQUES

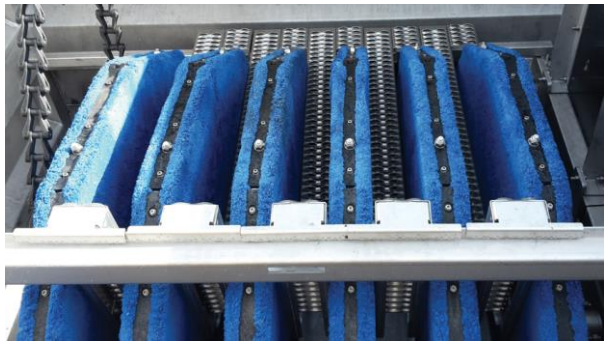
- Filières de traitement des microplastiques :
  - Filtration sur peluche (filtre MECANA) Filtre à disques (mecana.ch)



Photographie média filtrant
Source MECANA



Fonctionnement filtration sur peluche
Source MECANA



Photographie filtre sur peluche MECANA – *South West Water*

  - Filtration à disque (exemple : filtre à disque Nordic Water)

DynaCloth - Nordic Water



FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MICROPLASTIQUES

Conclusion

- Comparaison filtre sur sable / filtre CAG / filtre sur peluche :

	Filtre à sables	Filtre CAG	Filtre sur peluche ou à disques
Critère : Robustesse du procédé et simplicité d'exploitation	+ +	+ +	+
Critère : Coût d'investissement	-	-	+
Critère : Performance	+ +	+ +	+
Critère : Emprise au sol	+	+	+ +

- **Conclusion** :

La STEP actuelle élimine déjà une grande partie des microplastiques (entre 87% et 99.8%). Il ne devrait pas y avoir besoin d'une étape de filtration très performante pour abattre la part de microplastiques restante, un filtre sur peluche ou à disque devrait être suffisant.

Une filtration CAG permettrait de mutualiser traitement des micropolluants et traitement des microplastiques, et ainsi être une solution économe.

Conclusion : il est préconisé la mise en œuvre d'un filtre sur peluche ou à disques ou d'un filtre CAG qui servirait également au traitement des micropolluants

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MÉTAUX LOURDS

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MÉTAUX LOURDS

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MÉTAUX LOURDS

- Filières de traitement des métaux lourds :
  - **Process 1 :** Traitement physicochimique par coagulation (floculation optionnelle) avec injection de $FeCl_3$ (Polymère optionnel) + filtration (à pH élevé : 9 - 10)
    - Procédé avec mutualisation possible pour l'élimination des autres polluants → **Recommandé pour la STEP d'ODIVEA**
  - **Process 2 :** Décarbonatation à la chaux + filtration (à pH élevé : 9 - 10)
    - Procédé retrouvée en eau potable → Donné pour mémoire, procédé non recommandé pour la STEP d'ODIVEA
  - **Process 3 :** Système de traitement membranaire : nano filtration
    - Procédé performant mais couts très élevés → Procédé non recommandé pour la STEP d'ODIVEA
  - **Process 4 :** Résine échangeuse d'ions
    - Procédé performant mais couts très élevés → Procédé non recommandé pour la STEP d'ODIVEA
  - **Process 5 :** Électrocoagulation
    - Procédé performant mais couts très élevés → Procédé non recommandé pour la STEP d'ODIVEA
  - **Process 6 :** CAG
    - Contact avec Dolder (fournisseur de charbon actif) → Le CAG ne permet pas, à lui seul, d'abattre de manière significative les métaux lourds. → Procédé non recommandé pour la STEP d'ODIVEA

FILIÈRES DE TRAITEMENT DES MÉTAUX LOURDS

- Conclusion sur la filière de traitement des métaux lourds recommandée :
  - **Process 1 :** Traitement physicochimique par coagulation (floculation optionnelle) avec injection de $FeCl_3$ (et polymère en option) + filtration (à pH élevé : 9 - 10). Process recommandé en attente des résultats d'analyse des Jars Tests.

CONCLUSION - FILIÈRE GLOBALE DE TRAITEMENT

CONCLUSION : FILIÈRES GLOBALES DE TRAITEMENT

CONCLUSION - FILIÈRE GLOBALE DE TRAITEMENT

Solution 1 : Coagulation (Floculation optionnelle) + Process 7 Filtre CAG

Relevage des effluents sur le traitement tertiaire / quaternaire → PROTECTION DU TRAITEMENT **Dégrillage fin** → **Coagulation – Floculation optionnelle Correction de pH** → **Charbon actif en grain (CAG)**

Solution 2 : Process 2bis Pulsagreen + Filtre peluche/à disques + Filière boues quaternaires

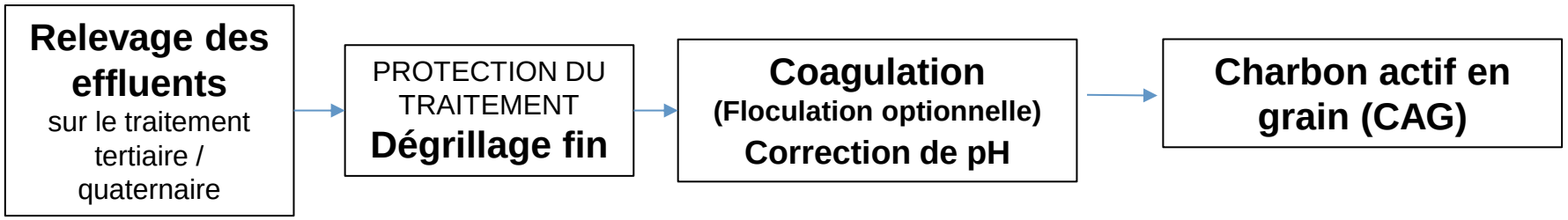
Relevage des effluents sur le traitement tertiaire / quaternaire → PROTECTION DU TRAITEMENT **Dégrillage fin** → **Cuve de contact CAP Coagulation – Floculation Correction de pH** → **Décantation lamellaire** → **Filtre peluche / à disque**

Cuve de contact CAP Coagulation – Floculation Correction de pH → **Epaississement statique des boues quaternaires** → **Filtre presse à plateaux** → **Incinération des boues quaternaires**

CONCLUSION - FILIÈRE GLOBALE DE TRAITEMENT

Solution 1 : Coagulation (Floculation optionnelle) + Process 7 CAG

Schéma de principe – process :



Etapes de traitement :

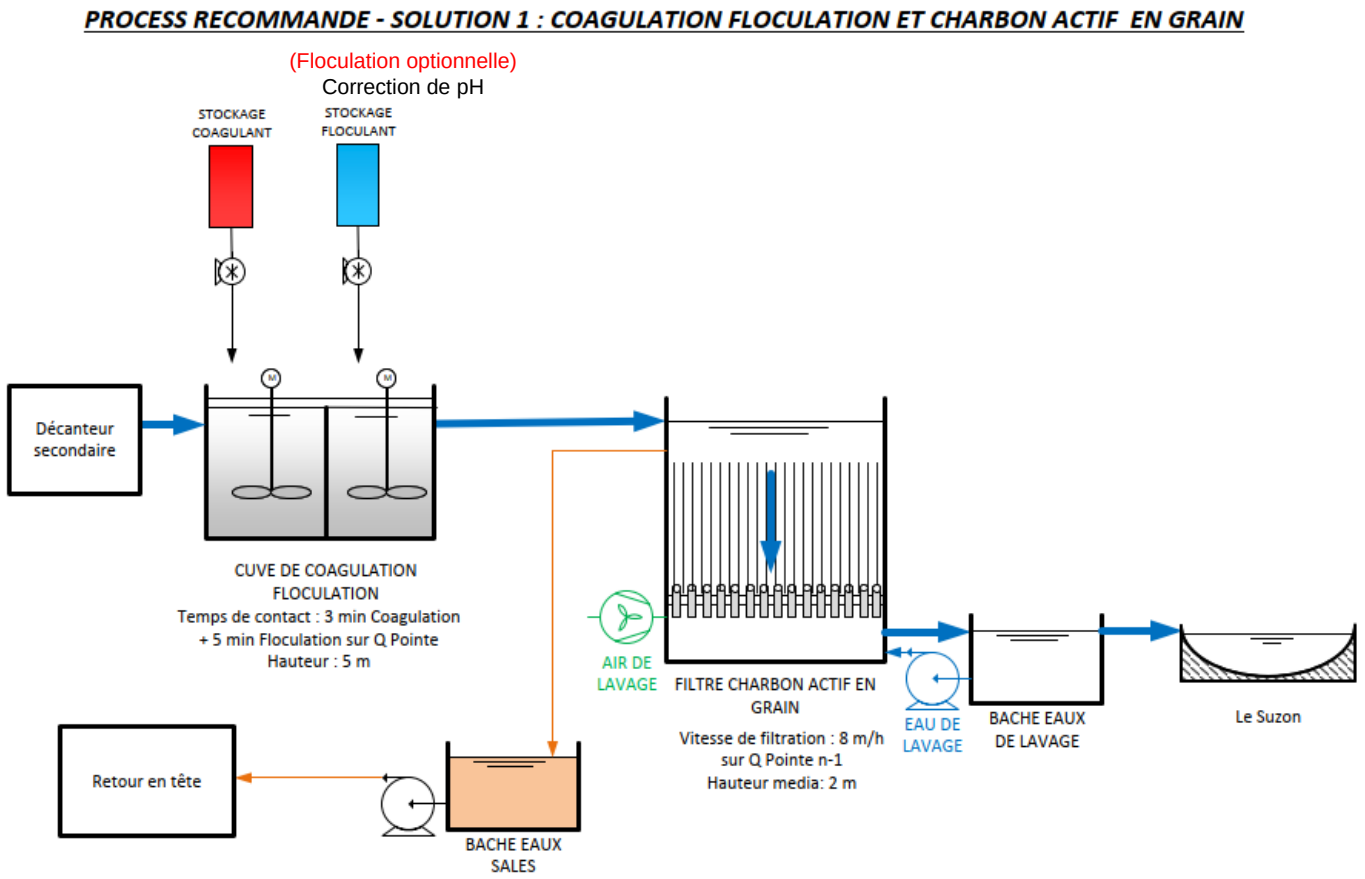
- Traitement des micropolluants : CAG
- Traitement métaux lourds : Coagulation – floculation + CAG
- Traitement des microplastiques : pouvoir filtrant du CAG
- Correction du pH en sortie pour le rabaisser autour de 7

Nota : la floculation est optionnelle car, bien qu'elle permettrait d'améliorer l'abattement des métaux lourds, elle risque d'encrasser de manière importante les filtres CAG à l'aval.

CONCLUSION - FILIÈRE GLOBALE DE TRAITEMENT

Solution 1 : Coagulation (Floculation optionnelle) + Process 7 CAG

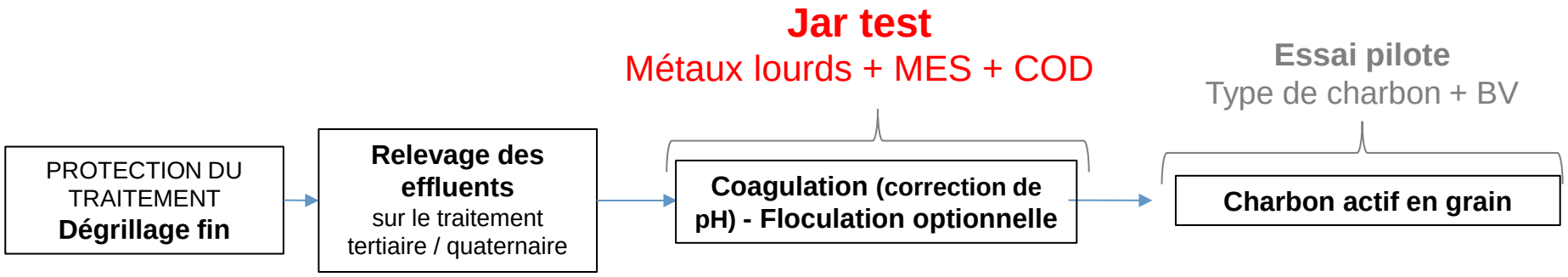
- Schéma de principe :



CONCLUSION - FILIÈRE GLOBALE DE TRAITEMENT

Solution 1 : Coagulation (Floculation optionnelle) + Process 7 CAG

- Questions ouvertes – Jar Tests :
  - Réalisation de **Jar tests** pour évaluer l'abattement de la filière de coagulation (floculation optionnelle) sur les métaux lourds, MES et COD

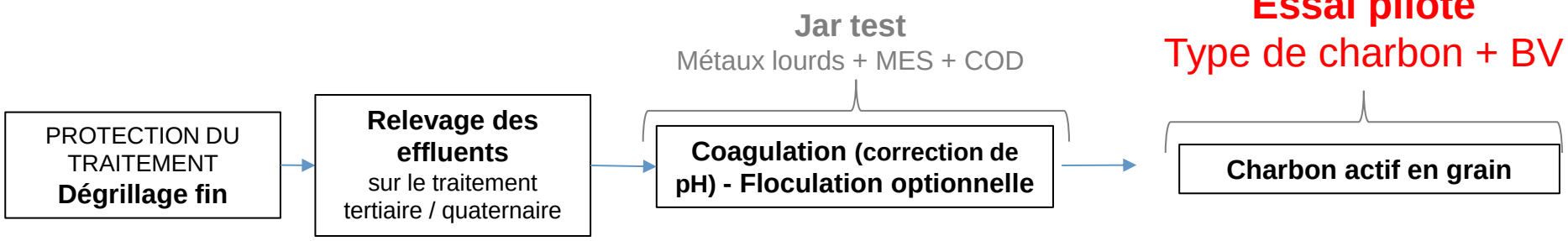


CONCLUSION - FILIÈRE GLOBALE DE TRAITEMENT

Solution 1 : Coagulation (Floculation optionnelle) + Process 7 CAG

Questions ouvertes - Essais pilote CAG :

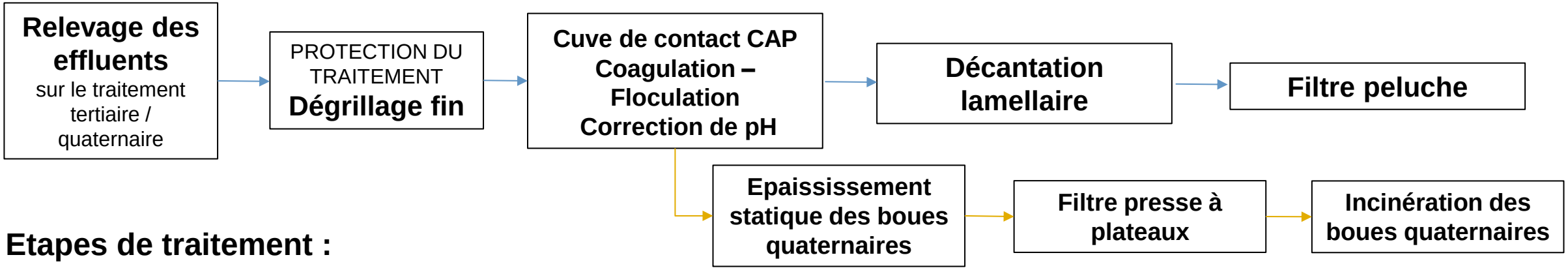
- Réalisation **d'essais pilote sur colonne de charbon** pour :
  - Déterminer le type de charbon adéquat et régénérable :
    - Charbon actif issu du procédé d'eau potable de la Métropole de Dijon
    - Fournisseurs de CAG : Jacobi Group, Donau Carbon GmbH, Chemviron, Dolder SA (revendeur Suisse de charbon actif NORIT)
  - Evaluer le BV (Bed Volume) du charbon et ainsi estimer sa durée de vie
    - Durée d'essai qui doit être suffisante pour évaluer le BV



CONCLUSION - FILIÈRE GLOBALE DE TRAITEMENT

Solution 2 : Process 2bis Pulsagreen + Filtre + Filière boues quaternaires

Schéma de principe – process standard:



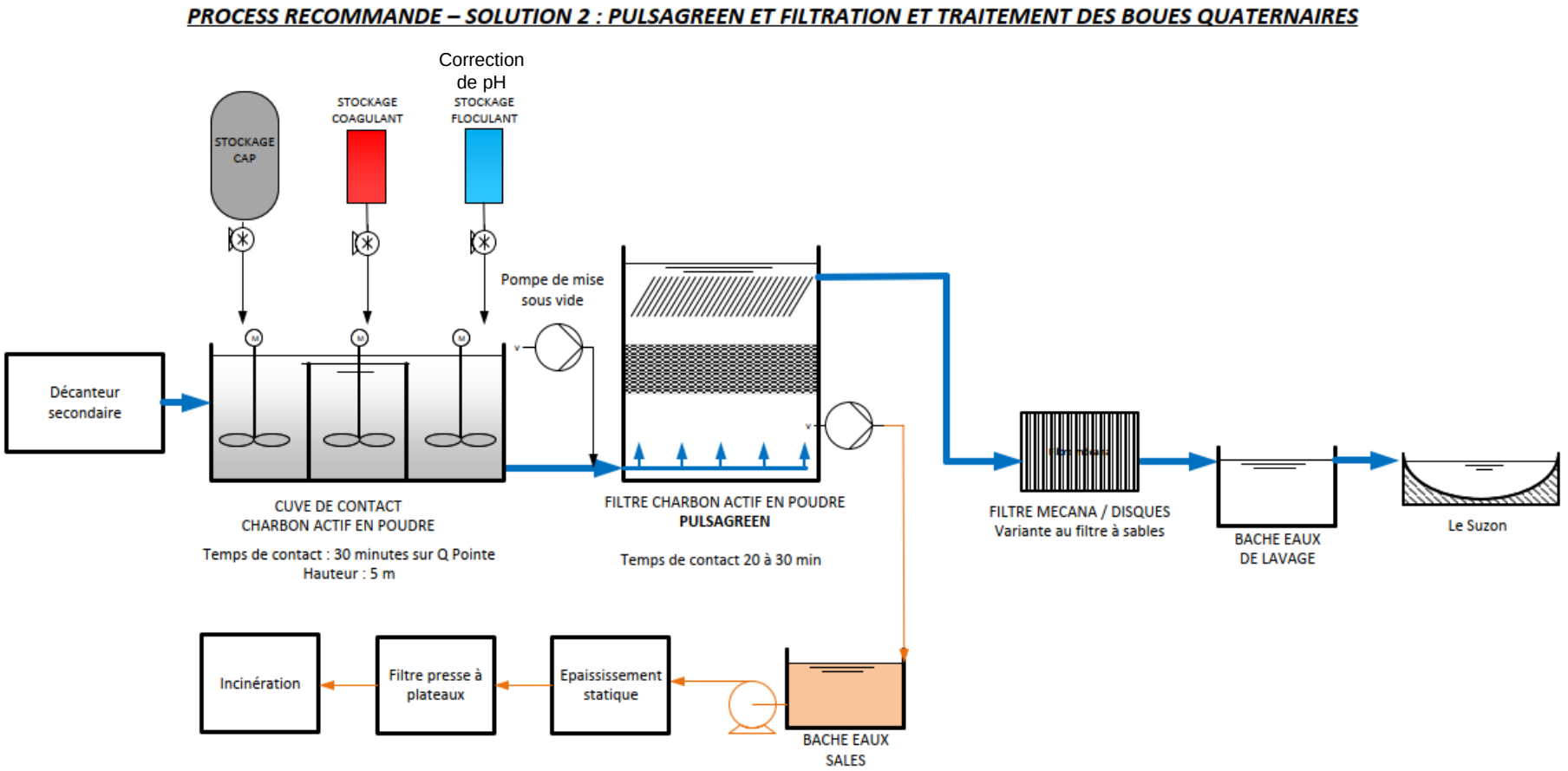
Etapes de traitement :

- Traitement des micropolluants : CAP + coag/floc + filtre
- Traitement des boues quaternaires : épaississement statique + filtre presse
- Traitement métaux lourds : Coagulation – floculation + filtre
- Traitement des microplastiques : filtre
- La coagulation – floculation suivi de la décantation lamellaire permet de protéger le filtre et d'améliorer ainsi les performances et limiter les couts d'exploitation
- Correction du pH en sortie pour le rabaisser autour de 7

CONCLUSION - FILIÈRE GLOBALE DE TRAITEMENT

Solution 2 : Process 2bis Pulsagreen + Filtre + Filière boues quaternaires

- Schéma de principe :



CONCLUSION - FILIÈRE GLOBALE DE TRAITEMENT

Analyse comparative de prix - CAPEX

- Coûts d'investissement CAPEX :

Solution 1 : CAG
Coagulation (floculation optionnelle) – Filtres CAG

Solution 2 : CAP
Pulsagreen – Filtre tambour – Filière boues

	CAPEX à +/- 20 %			
	CAG (Coagulation - Floculation - Filtres CAG)		CAP (Pulsazur - Filtre tambour - Filière boue)	
	V1	V2	V1	V2
Estimation	**14 600 000 €**	**8 500 000 €**	**16 200 000 €**	**9 400 000 €**
Fourchette basse	11 680 000 €	6 800 000 €	12 960 000 €	7 520 000 €
Fourchette hausse	17 520 000 €	10 200 000 €	19 440 000 €	11 280 000 €

La filière CAG, incluant la première charge, se révèle moins onéreuse qu'une filière CAP comprenant une étape finale de filtration et une filière spécifique de gestion des boues.

Seule la filière CAG, dans la configuration V2, rentrerait dans le budget.

CONCLUSION - FILIÈRE GLOBALE DE TRAITEMENT

Analyse comparative de prix - OPEX

Hypothèses considérées :

- V1 - Tout temps confondus en moyenne journalière : 50 269 m³/j
- V2 - Temps sec (0 mm/j) en moyenne journalière : 39 746 m³/j

Nota : les débits considérés sont issus de l'analyse statistique de Suez Consulting sur les 5 dernières années. Il a été pris en considération des débits journaliers moyens plutôt que des débits de pointe qui auraient entrainés une surévaluation.

Solution 1 : CAG

Coagulation (floculation optionnelle) – Filtres CAG

	OPEX CAG - 3000 euros / T	
	V1 - TTC	**V2** - TS
Volume CAG (m3)	1'925	1'125
Volume journalier moye	50'269	39'746
Bed Volume 27000		
Durée de vie (an)	2.8	2.1
Couts annuel	**815'475 €**	**644'768 €**
Bed Volume 22000		
Durée de vie (an)	2.3	1.7
Couts annuel	**1'000'810 €**	**791'307 €**
Bed Volume 13500		
Durée de vie (an)	1.4	1.0
Couts annuel	**1'630'950 €**	**1'289'537 €**

Solution 2 : CAP

Pulsagreen – Filtre tambour – Filière boues

	OPEX CAP - 2500 euros / T	
	V1 - TTC	**V2** - TS
Volume journalier moye	50'269	39'746
Dosage à 20 ppm		
Quantité moyenne (T/j)	1.0	0.8
Couts annuel	**917'409 €**	**725'365 €**
Dosage à 17,5 ppm		
Quantité moyenne (T/j)	0.9	0.7
Couts annuel	**802'733 €**	**634'694 €**
Dosage à 15 ppm		
Quantité moyenne (T/j)	0.8	0.6
Couts annuel	**688'057 €**	**544'023 €**

CONCLUSION - FILIÈRE GLOBALE DE TRAITEMENT

Projection des OPEX à long termes

- Hypothèses prises en considération pour la projection des OPEX à court et long termes:
  - Pour la solution 1 (Coagulation – Floculation optionnelle – CAG) :
    - Un Bed Volum de 22’000, correspondant à une BV intermédiaire en l’absence de décantation à l’amont de la filtration CAG
    - Un coût de CAG à 3’000 euros / Tonne
  - Pour la solution 2 (Pulsagreen – Filtre – Filière boues quaternaires) :
    - Une consommation en CAP à 17.5 ppm
    - Un coût de CAP à 2’500 euros / Tonne

CONCLUSION - FILIÈRE GLOBALE DE TRAITEMENT

Projection des OPEX à long termes

- Projection des OPEX à court et long termes:

V1 : TTC à 50 269 m³/j

	V1					
	CAG			CAP		
	CAPEX	OPEX CA	TOTAL	CAPEX	OPEX CA	TOTAL
2028	14'600'000 €	- €	14'600'000 €	16'200'000 €	- €	16'200'000 €
2029	- €	1'001'000 €	15'601'000 €	- €	803'000 €	17'003'000 €
2030	- €	1'001'000 €	16'602'000 €	- €	803'000 €	17'806'000 €
2031	- €	1'001'000 €	17'603'000 €	- €	803'000 €	18'609'000 €
2032	- €	1'001'000 €	18'604'000 €	- €	803'000 €	19'412'000 €
2033	- €	1'001'000 €	19'605'000 €	- €	803'000 €	20'215'000 €
2034	- €	1'001'000 €	20'606'000 €	- €	803'000 €	21'018'000 €
2035	- €	1'001'000 €	21'607'000 €	- €	803'000 €	21'821'000 €
2036	- €	1'001'000 €	22'608'000 €	- €	803'000 €	22'624'000 €
2037	- €	1'001'000 €	23'609'000 €	- €	803'000 €	23'427'000 €
2038	- €	1'001'000 €	24'610'000 €	- €	803'000 €	24'230'000 €
2039	- €	1'001'000 €	25'611'000 €	- €	803'000 €	25'033'000 €
2040	- €	1'001'000 €	26'612'000 €	- €	803'000 €	25'836'000 €

V2 : TS à 39 746 m³/j

	V2					
	CAG			CAP		
	CAPEX	OPEX CA	TOTAL	CAPEX	OPEX CA	TOTAL
2028	8'500'000 €	- €	8'500'000 €	9'400'000 €	- €	9'400'000 €
2029	- €	792'000 €	9'292'000 €	- €	635'000 €	10'035'000 €
2030	- €	792'000 €	10'084'000 €	- €	635'000 €	10'670'000 €
2031	- €	792'000 €	10'876'000 €	- €	635'000 €	11'305'000 €
2032	- €	792'000 €	11'668'000 €	- €	635'000 €	11'940'000 €
2033	- €	792'000 €	12'460'000 €	- €	635'000 €	12'575'000 €
2034	- €	792'000 €	13'252'000 €	- €	635'000 €	13'210'000 €
2035	- €	792'000 €	14'044'000 €	- €	635'000 €	13'845'000 €
2036	- €	792'000 €	14'836'000 €	- €	635'000 €	14'480'000 €
2037	- €	792'000 €	15'628'000 €	- €	635'000 €	15'115'000 €
2038	- €	792'000 €	16'420'000 €	- €	635'000 €	15'750'000 €
2039	- €	792'000 €	17'212'000 €	- €	635'000 €	16'385'000 €
2040	- €	792'000 €	18'004'000 €	- €	635'000 €	17'020'000 €

Conclusion : la filière CAG se révèle économiquement la plus intéressante à l'échéance du contrat de DSP.

CONCLUSION - FILIÈRE GLOBALE DE TRAITEMENT

Analyse comparative et conclusion

	Solution 1		Solution 2	
	CAG **Coagulation - (Floculation optionnelle) - Filtre CAG**		**CAP** **Pulsagreen - Filtre peluche - Filière boues**	
Critère 1 : Robustesse du procédé et simplicité d'exploitation	Filière constituée de procédés robustes, permettant de mutualiser les traitements (filtre CAG servant à l'abbatement des micropolluant, rétention des métaux lourds et des microplastiques). Cette mutualisation des traitement permet de diminuer les étapes de traitement.		Filière constituée d'un plus grand nombre d'étapes de traitement, ce qui complexifie son exploitation.	
Critère 2 : Retour du charbon actif dans les boues biologiques	Non concerné		Filière spécifique de traitement des boues quaternaires.	
Critère 3 : Adéquation du procédé avec l'effluent	Procédés en adéquation avec l'effluent de la STEP d'ODIVEA		Procédés en adéquation avec l'effluent de la STEP d'ODIVEA	
Critère 4 : Couts d'investissement - CAPEX	**Respect de l'enveloppe CAPEX :** 8'500'000 € estimation pour la variante V2, donnée à +/- 20%		**Non respect de l'enveloppe CAPEX :** 9'400'000 € estimation pour la variante V2, donnée à +/- 20%	
Critère 5 : Coûts d'exploitation - OPEX	791'307 € # 792'000 € par an estimation pour la variante V2, BV à 22'000		634'694 € # 635'000 € par an estimation pour la variante V2, dosage à 17.5 ppm	
Critère 6 : Appel d'offre attractif et ouverture aux fournisseurs	Procédés non brevetés. Un grand nombre de fournisseurs seraient en capacité de répondre à l'AO		Procédé Pulsagreen breveté (procédé Suez), limitant la concurrence.	

Nous préconisons de retenir la <u>solution 1</u> : Coagulation – (Floculation optionnelle) – Filtres CAG