

XPO TANK Cleaning

Site de DAMPARIS

Etude de réduction des
consommations et des rejets
d'eau

Rapport d'étude



26, rue Jean Mermoz
31 140 FONBEAUZARD
Tél : 05.34.66.61.10

Fax : 05.61.46.71.48
www.spec-environnement.fr

Date : 31/03/2016
Réf : R16XPO01V0

FICHE DE CORRESPONDANCE

Coordonnées client

Société : XPO
ZI les pièces du milieu RN 73
39500 DAMPARIS

Interlocuteur : Michel COTTIN / Chris MOUSSAVOU
Responsable de site / Responsable QHSE
michel.cottin@xpo.com , chris.moussavou@xpo.com
tél : 06.71.28.59.11

Détail de l'offre

Référence : R16XPO01V0

Révision : 0

Rédacteur : Philippe BOISSON
Dirigeant / Chef de projet
philippe.boisson@spec-environnement.fr
Tél : 06.75.65.33.23

Date des mesures : Le 08/02/2016

Date d'envoi : 31/03/2016



Table des matières

1.	Préambule	3
a.	Contexte et objectifs	3
b.	Méthodologie employée	3
c.	Résumé des conclusions.....	3
2.	Phase 1 : Etat des lieux de l'existant	4
a.	Généralités	4
a-1.	Présentation du site de Damparis	4
a-2.	L'eau dans l'établissement	6
b.	Analyse des données d'autocontrôle	13
b-1.	Contexte réglementaire	13
b-2.	Analyse des données d'autocontrôle	14
3.	Phase 2 : Essais de traitabilité au laboratoire	16
a.	Conditions de prélèvement	16
b.	Caractéristiques de l'effluent brut	16
c.	Essais de traitement au charbon actif	17
c-1.	Détermination des conditions opératoires	17
c-2.	Caractéristiques des eaux traitées	20
d.	Essais de traitement par osmose inverse	21
d-1.	Mode opératoire	21
d-2.	Caractéristiques des eaux traitées	23
d-3.	Lavage de la membrane d'osmose inverse	25
e.	Essais de traitement par évapoconcentration	25
e-1.	Mode opératoire	25
e-2.	Caractéristiques des eaux traitées	26
f.	Conclusion des essais de traitabilité	28
4.	Phase 3 : Définition des solutions envisageables	29
a.	Préambule	29
b.	Définition des bases de dimensionnement et des objectifs à atteindre.....	29
c.	Contraintes du site	31
d.	Définition des solutions de traitement envisageables.....	32
d-1.	Schéma de principe du traitement et du recyclage des eaux	32
d-2.	Coûts d'investissement	34
d-3.	Coûts d'exploitation	34
e.	Synthèse de l'étude	35

1. Préambule

a. Contexte et objectifs

La société XPO Tank Cleaning exploite, sur son site de Damparis, une activité de lavages de camions citernes transportant majoritairement des produits chimiques et/ou plastiques. Le site est une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement soumise à autorisation. L'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter fixe les volumes journaliers maximaux en termes de consommation et de rejet à 60 m³/j, ce qui n'est actuellement pas respecté puisque le site utilise en moyenne 60 m³/j mais jusqu'à 164 m³/j en pointe (données des deux dernières années). La DREAL a donc demandé à la Direction du site de proposer un plan d'action pour se mettre en conformité. La Direction du site, ayant déjà travaillé sur l'optimisation de l'utilisation de l'eau pour les lavages, souhaite désormais envisager un recyclage des eaux actuellement épurées par un traitement physicochimique.

L'objectif de l'étude réalisée ici est de définir le meilleur compromis technico-économique pour le traitement des eaux recyclées.

b. Méthodologie employée

L'étude proposée se découpe en 3 étapes :

- Etat des lieux de l'existant,
- Essais de traitabilité au laboratoire pour définir les modalités techniques pouvant être mises en place,
- Définition des solutions de traitement envisageables.

c. Résumé des conclusions

La filière de traitement et de recyclage des eaux usées du site XPO de Damparis a été définie en se basant sur l'analyse des relevés des volumes d'eau prélevée et rejetée et sur les essais de traitabilité réalisés au laboratoire (effectués à partir d'un échantillon prélevé sur site).

L'analyse des données et des mesures a permis de montrer la nécessité de traiter un volume d'eau de 20 m³/j en moyenne pour se conformer aux normes de rejet et de prélèvement.

La filière la plus pertinente est composée d'une unité d'évapoconcentration permettant de recycler au maximum 30 m³/j directement dans le process. Les concentrats sont quant à eux recyclés sur l'unité de traitement physicochimique, ce qui impactera les concentrations en sortie, mais dans le respect de la réglementation.

L'enveloppe budgétaire d'investissement est comprise entre 600 et 700 k€ HT et les coûts d'exploitation sont de l'ordre de 80 k€ HT/an hors amortissement.

2. Phase 1 : Etat des lieux de l'existant

a. Généralités

a-1. Présentation du site de Damparis

❖ Effectif

Le site compte une dizaine d'employés dont le responsable de centre.

❖ Rythme d'activité

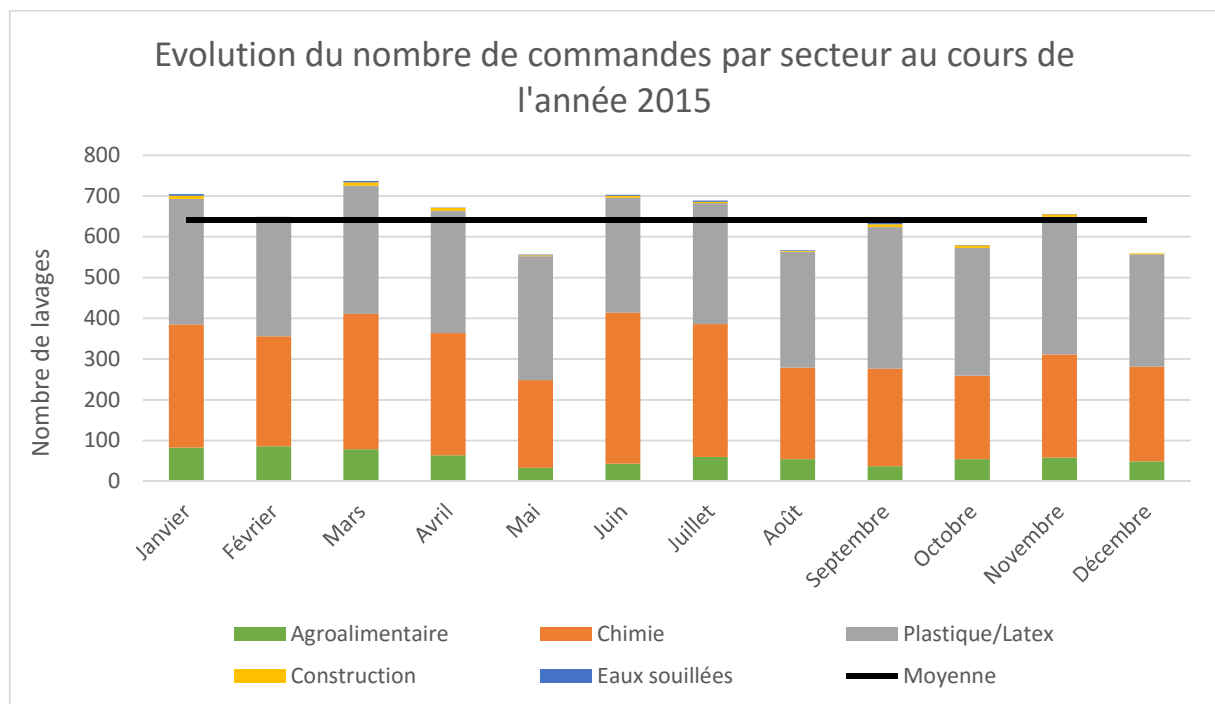
Le site fonctionne 5 jours par semaine de 7 h à 19h, excepté les jours fériés où l'usine est fermée ; soit environ 250 jours par an. Il n'y a pas de période d'arrêt dans l'année.

❖ Equipements de production

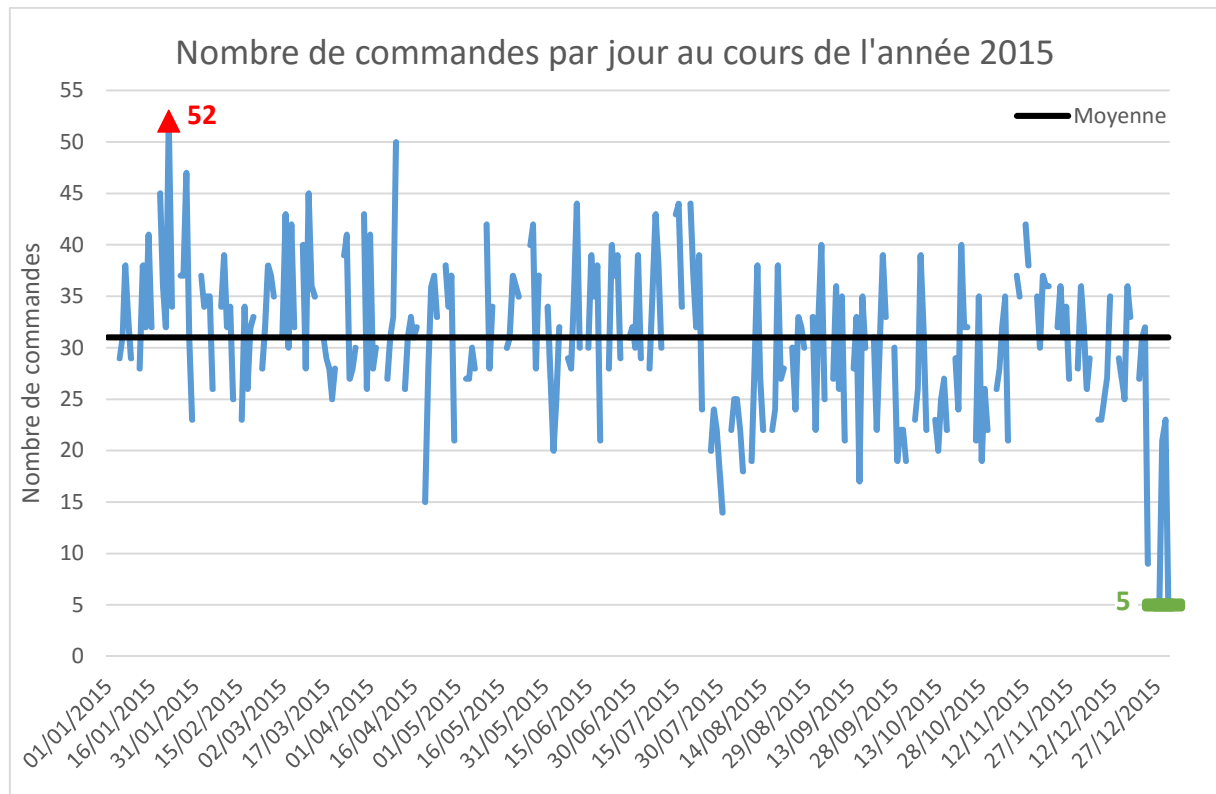
Le site est composé de deux pistes intérieures de lavage de citernes et d'une piste extérieure de lavage. La fréquence prévue de lavage est de 30 citernes par jour pour les pistes intérieures et de 10 citernes par jour pour la piste extérieure.

❖ Capacité de production

Le site réalise actuellement près de 8000 lavages internes par an. Les lavages externes sont négligeables en comparaison : 4 en 2015, 10 en 2014. Le graphe ci-dessous présente l'évolution du nombre de commandes au cours de l'année. En 2015, 7707 commandes ont été réalisées soit une moyenne de 642 commandes par mois et environ 31 par jour.



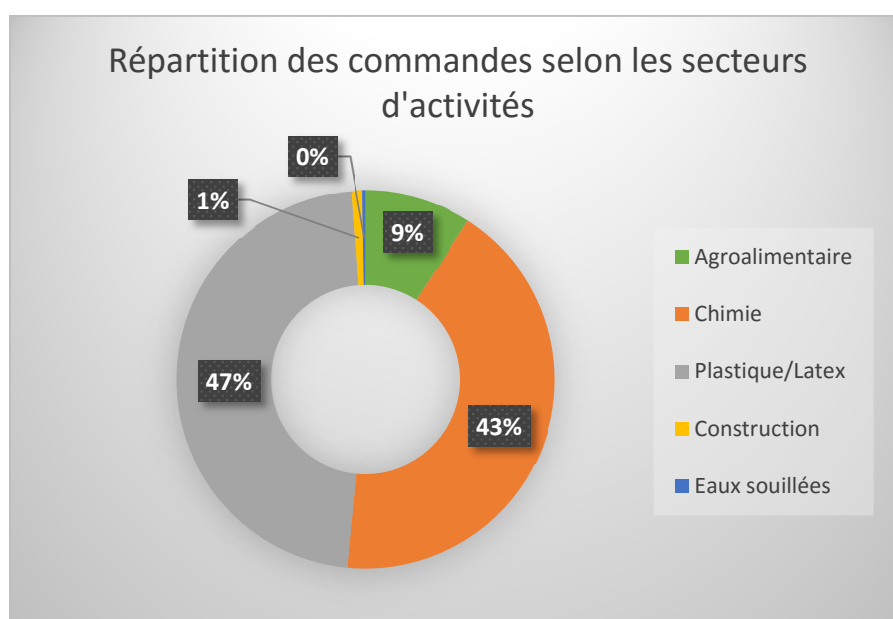
Il n'y a pas de saisonnalité dans la production, on note seulement une légère baisse des commandes en février, mai, août, octobre et décembre à relier au ralentissement des activités économiques durant les congés à ces dates. En revanche, d'importants écarts journaliers sont constatés comme l'illustre le graphe suivant :



Le premier semestre de l'année 2015 enregistre en moyenne 5 commandes de plus par jour que le second semestre. Par ailleurs, une grande variabilité est observée avec régulièrement une amplitude de 10 à 20 commandes d'un jour à l'autre. Sur 94 % des jours de l'année, on retiendra un nombre de commandes compris entre 20 et 45 commandes par jour. Le maximum est atteint le 22 janvier avec 52 commandes ; les minima les 28 et 31 décembre avec 5 commandes.

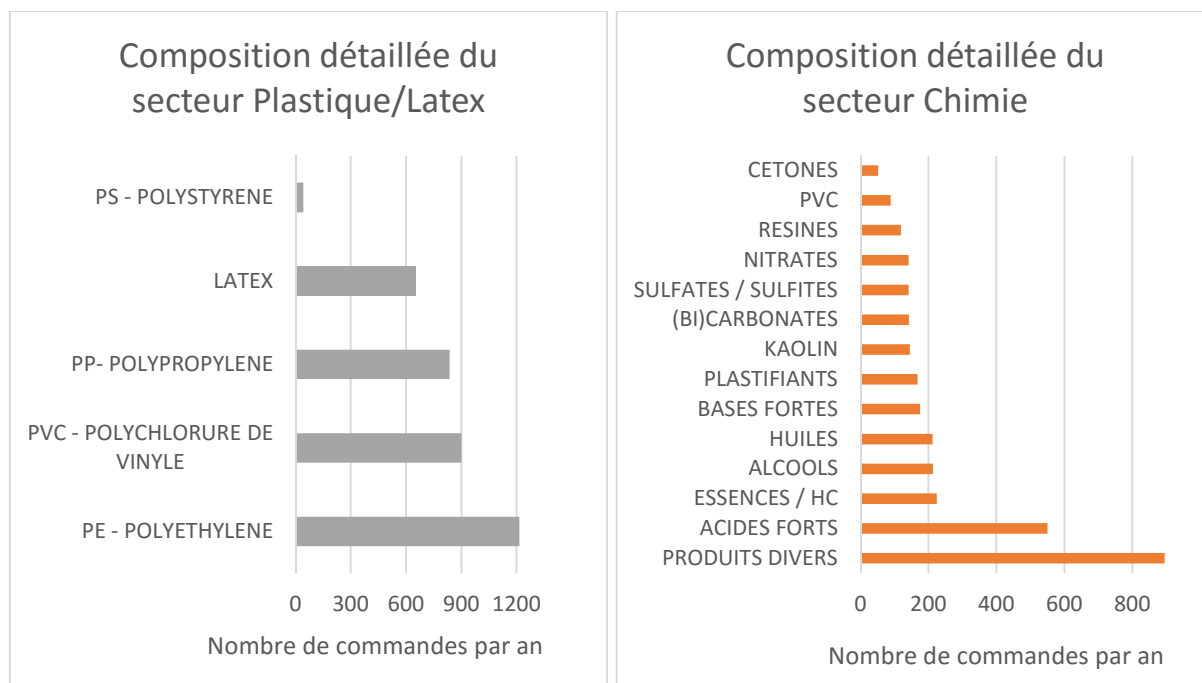
❖ Origine des citernes lavées

Le graphe ci-dessous présente la répartition des commandes sur le site de Damparis. Il a été construit grâce aux données communiquées correspondant à l'année 2015 entière. Quelques 500 produits ont été identifiés et regroupés dans six grands secteurs d'activités.



Commentaires :

- Les citernes contenant des produits chimiques et plastiques représentent 90 % de l'activité de la société (respectivement 47 % en gris et 43 % en orange). Ci-dessous sont données les compositions détaillées de ces deux secteurs en termes de nombre de commandes. Pour le secteur plastique, quatre grands types de plastiques ressortent (PVC, PS, PP, PE) auxquels s'ajoute le latex. Pour le secteur chimique, on observe une grande diversité de produits traités.



- La catégorie « agroalimentaire » représente 9 % des citernes lavées avec une très grande variété de produits ; une liste non exhaustive est donnée ci-après : éthanol, savon, sel, jus de fruits, vin, vinaigre, mélasse, huiles (tournesol/olives/soja/colza/ricin/palme/coco/lin), lait (liquide/poudre/sérum/crème), chocolat, sucres, amidon, glycérol, farine de blé, graines de moutarde, acide adipique, acide citrique.
- Le secteur « construction » pèse pour seulement 1 % et fait référence aux produits suivants : ciment, sable, craie, argile, plâtre, chamotte, anhydrite, poudre de marbre, bentonite.
- Le secteur « eaux souillées » représente quant à lui moins de 1 % d'activités et contient des eaux résiduaires, des eaux souillées par des hydrocarbures et des boues.
- A noter que la catégorie « produits divers » correspond à quelques 200 produits chimiques dont la fréquence d'apparition est inférieure à 35 commandes par an.

a-2. L'eau dans l'établissement

❖ Origine

Le site utilise de l'eau provenant de deux sources distinctes :

- L'eau de forage prélevée dans une nappe phréatique (12 mètres) utilisée pour le lavage.
- L'eau du réseau public d'adduction pour les usages sanitaires. Exceptionnellement, l'eau du réseau public peut être utilisée pour le lavage des citernes mais le débit disponible limite son utilisation à une seule piste de lavage.

❖ Utilisations

La principale utilisation de l'eau est liée au lavage des citernes et des camions. On distingue :

- Les lavages de citernes réalisés sur les deux pistes intérieures
- Les lavages de citernes réalisés sur la piste extérieure

Le schéma ci-dessous permet de visualiser les flux d'eau en amont des pistes de lavages :

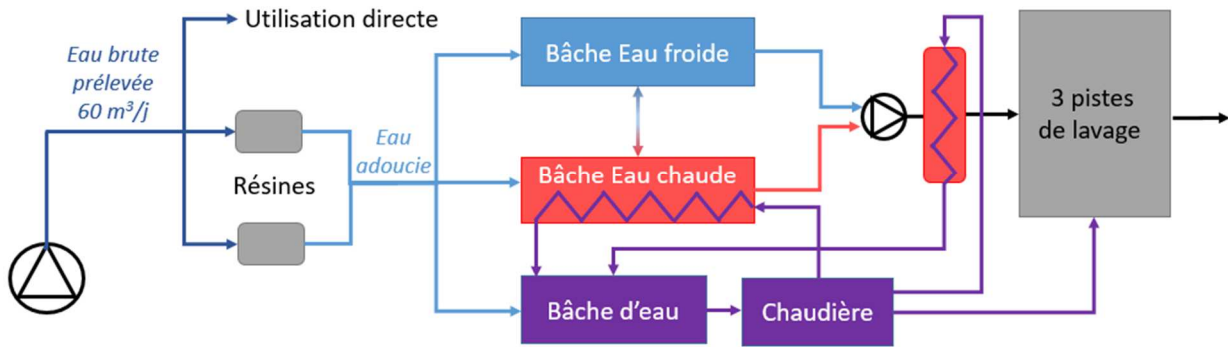


Figure 1 Représentation schématique de l'installation

L'eau prélevée par forage peut être directement utilisée en tant que telle pour des usages courants ne nécessitant pas de surpression. Sinon il est nécessaire de l'adoucir à l'aide de résines. Cette étape permet de retenir en particulier les composés minéraux (calcium, magnésium...) susceptibles d'entartrer le réseau de chaudière, les pompes haute pression et les buses de pulvérisation. Un Titre Hydrotimétrique (TH) de 1°f est recommandé pour l'eau selon les constructeurs.

Deux adoucisseurs de 700 L chacun (Figure 2) contenant une résine cationique de marque Purolite C100E sont placés en parallèle et fonctionnent de manière alternée ; lorsqu'une des résines est en fonctionnement, l'autre est régénérée par lavage à l'aide de saumure.



Figure 2 Un adoucisseur de 700 L / Pompes haute pression

L'eau adoucie est alors séparée en trois réseaux distincts et stockée dans des baches :

- eau froide directement utilisée pour les lavages,
- eau chaude chauffée à 55°C grâce à une chaudière,
- circuit vapeur relié à la chaudière. Cette dernière produit 3 t/h de vapeur à 9 bar. Les fumées sortent à une température de 150 à 240°C, actuellement cette énergie n'est pas valorisée.

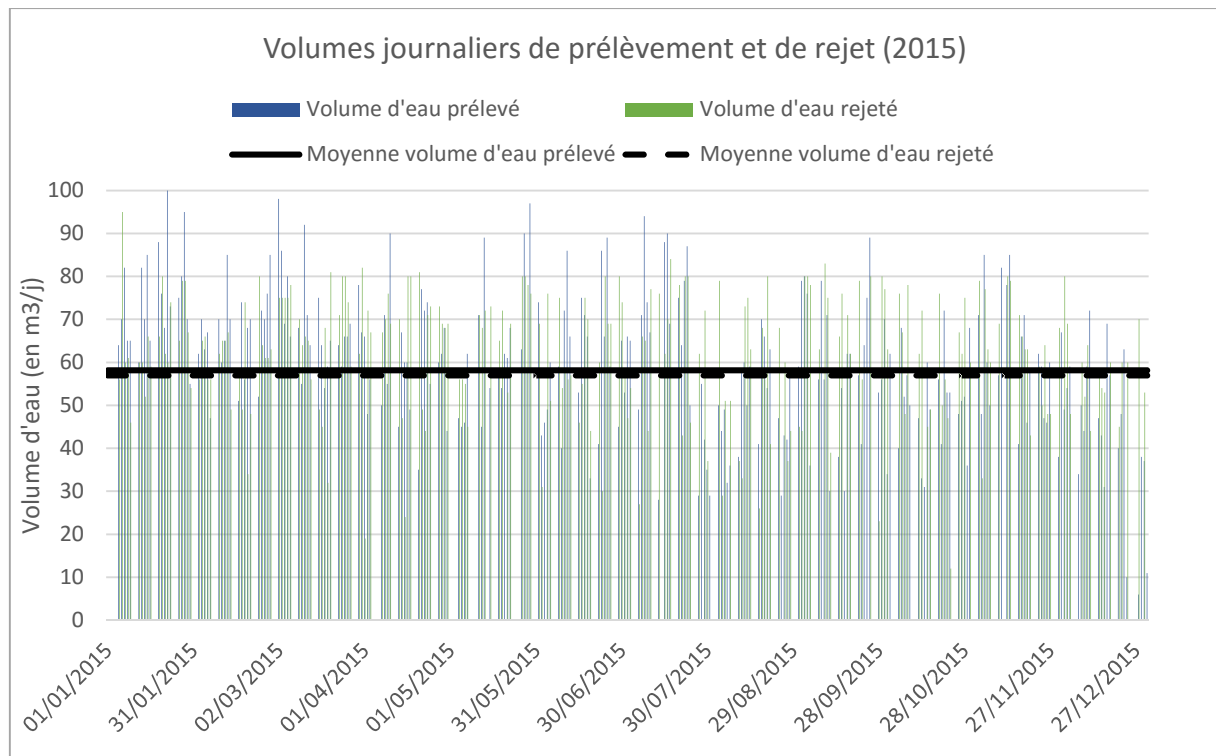
Sur les deux pistes intérieures, sont réalisés des lavages de citernes à l'eau chaude et à l'eau froide via des pompes (Figure 2) alimentant des buses de nettoyage plongées dans les citernes. Les pompes alimentant les buses ont un débit de 240 L/min, une pression de 150 bar. Des nettoyeurs haute pression sont également utilisés avec pour caractéristiques 60 L/min et 120 bar.

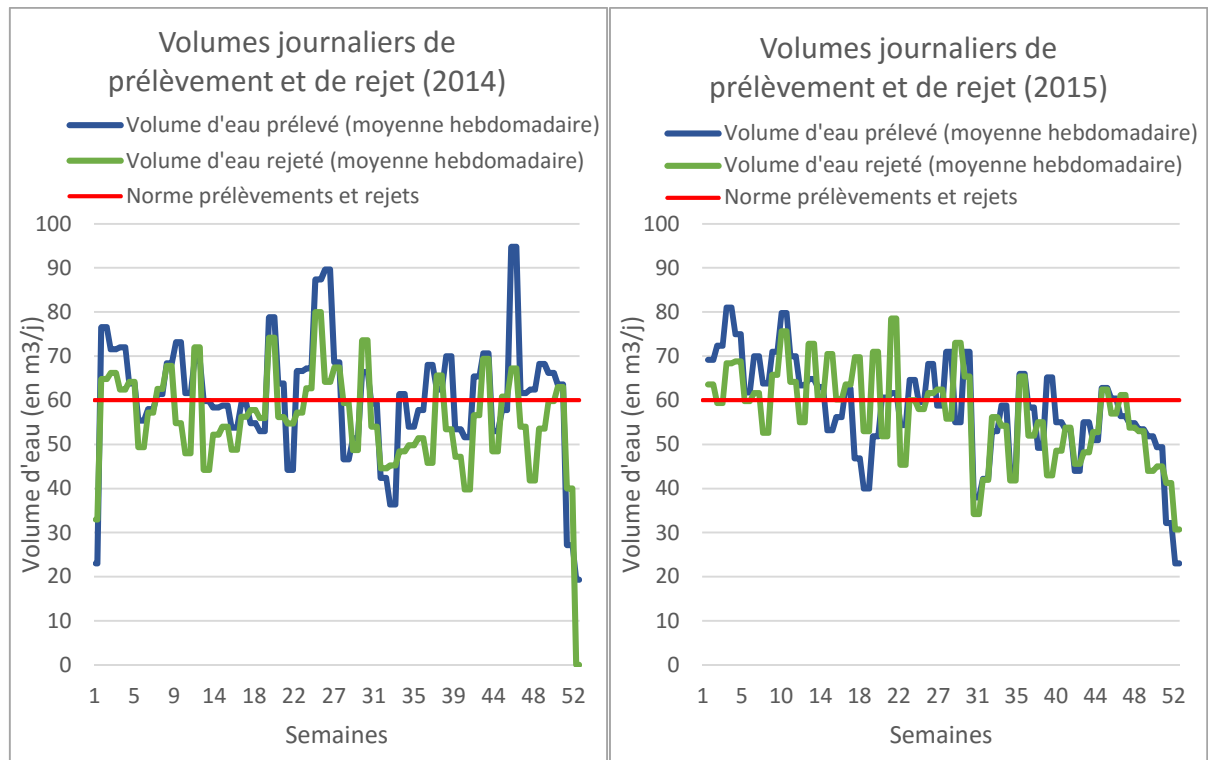
Les lavages suivent la procédure suivante : récupération des égouttures et balayures du produit transporté, pré-lavage par injection d'eau, lavage, rinçage. Des produits de nettoyage peuvent être ajoutés en fonction des produits contenus dans les citernes. Chaque lavage est adapté à la citerne et à son contenu, par exemple un inertage préalable à la vapeur est nécessaire pour les produits combustibles volatils. De la vapeur provenant du circuit de chaudière est aussi utilisée pour réchauffer les citernes ou encore pour réchauffer à 80°C l'eau disponible à 55°C. Les durées de lavages peuvent varier de 10 minutes à 40 minutes voire plus parfois.

Les lavages extérieurs (tracteurs, semis, citernes) sont réalisés au jet haute-pression, avec ajout de produits de nettoyage.

❖ Consommations

Le graphe ci-dessous présente l'évolution des volumes d'eau journaliers prélevés et rejetés à la station de traitement en 2015. Les deux graphes suivants présentent ces mêmes volumes moyennés hebdomadairement pour les années 2014 et 2015.

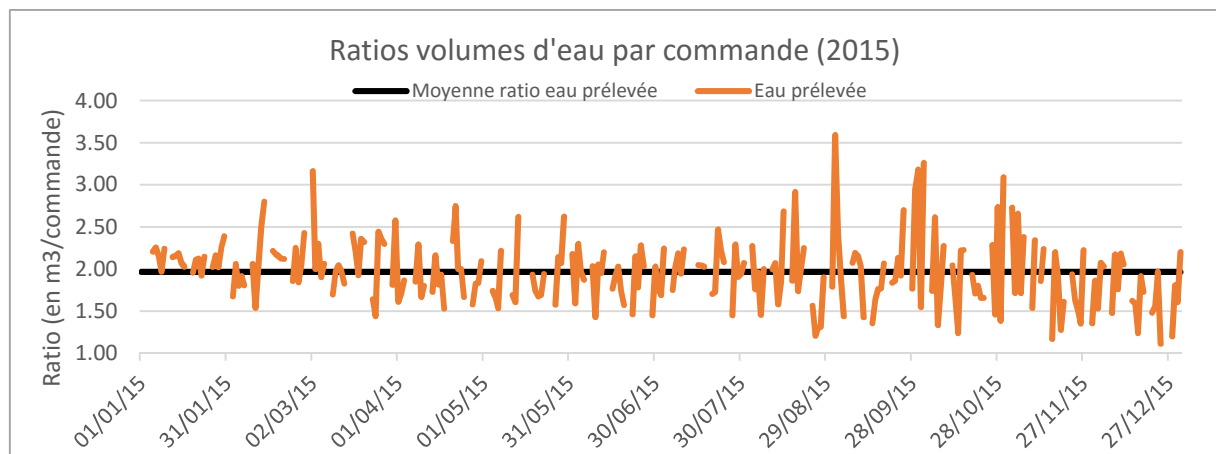




Commentaires :

- La quantité d'eau prélevée est en moyenne de 58 m³/j soit quasiment ce que prévoit l'arrêté préfectoral. Cependant, on remarque une variance importante sur ces volumes d'eau ; le minimum est de 6 m³/j et le maximum de 100 m³/j en janvier 2015. A noter qu'en 2014, deux pointes de consommation à 125 et 164 m³/j ont été relevées respectivement en juin et en novembre. Ainsi lors du dimensionnement de la filière de recyclage des eaux, il faudra tenir compte de cette demande en eau supérieure à la norme fixée.
- En ce qui concerne les volumes d'eau rejetée, la moyenne de rejet est de 57 m³/j. On note un certain lissage de ces volumes dû à la présence d'un bassin tampon. Le débit de rejet dépasse alors rarement les 80 m³/j et en moyenne on ne dépasse pas cette valeur ni en 2014 ni en 2015. L'arrêté fixant le rejet maximum à 60 m³/j, il faudra ainsi prévoir lors du dimensionnement un recyclage minimum de 20 m³/j.

Le graphe ci-dessous présente l'évolution des ratios volumes d'eau par commande.



Commentaires :

- Le ratio volume d'eau prélevée/commande est en moyenne de 2 m³/commande au cours de l'année 2015.
- Ce ratio volume d'eau/commande est vraisemblablement dépendant du type de produits contenus dans les citernes comme en témoigne la variabilité du ratio entre 1,1 à 3,6 m³/commande.

Remarque : On note ici que ces ratios sont calculés par rapport au nombre de commandes (= camions) et non par rapport au nombre de citernes ; un camion peut effectivement être lié à une remorque multiciternes.

❖ Réseau d'évacuation et traitement des effluents

Le réseau d'assainissement est de type séparatif. On distingue trois types de réseaux sur le site : le réseau des effluents industriels (EI), le réseau d'eaux pluviales (EP) et le réseau d'eaux vannes/eaux usées (EU) provenant des lavabos et sanitaires. Les rejets des EI sont autorisés de 22h à 6h selon la convention de déversement.

Ci-dessous est donnée une vue d'ensemble du site où figurent les pistes de lavage, les zones de prétraitement et traitement des eaux, et la conduite de rejet à la station d'épuration.

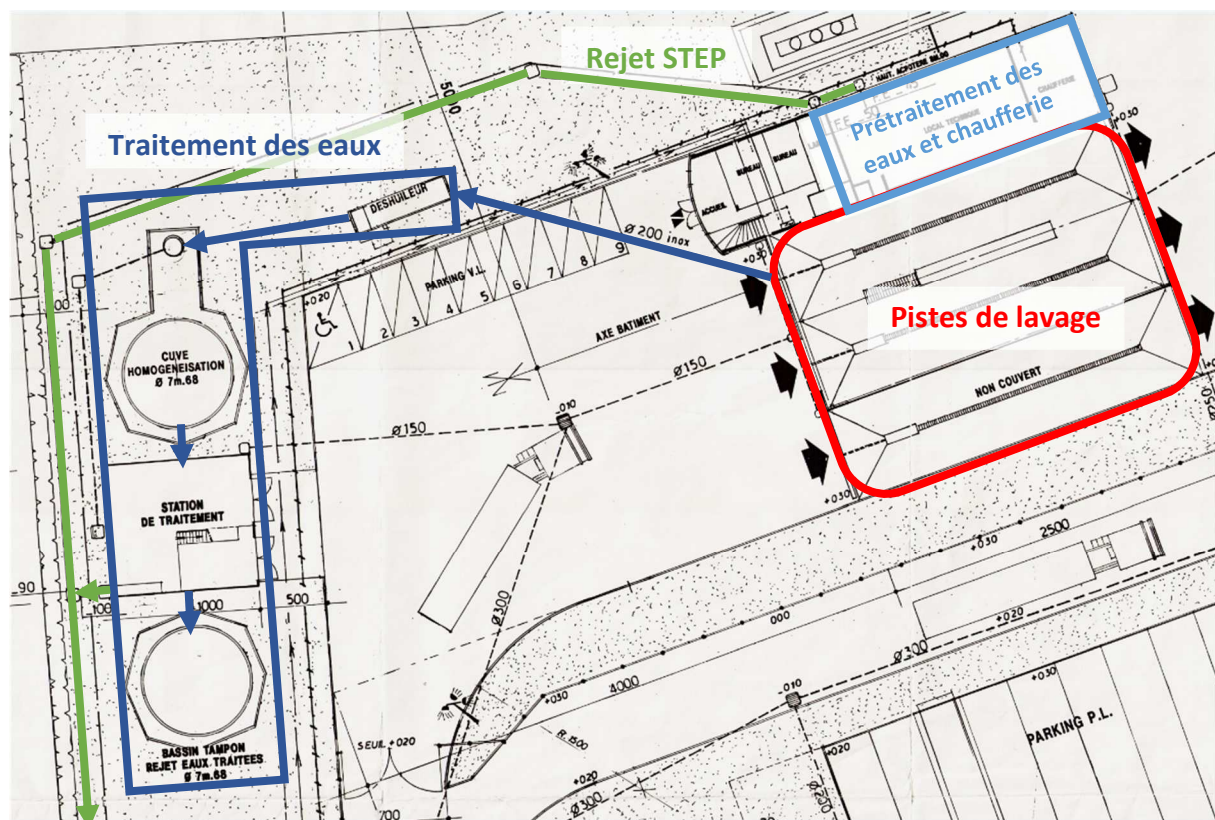


Figure 3 Plan d'ensemble du site XPO Tank Cleaning de Damparis

Le schéma suivant présente le principe d'évacuation et de traitement des effluents.

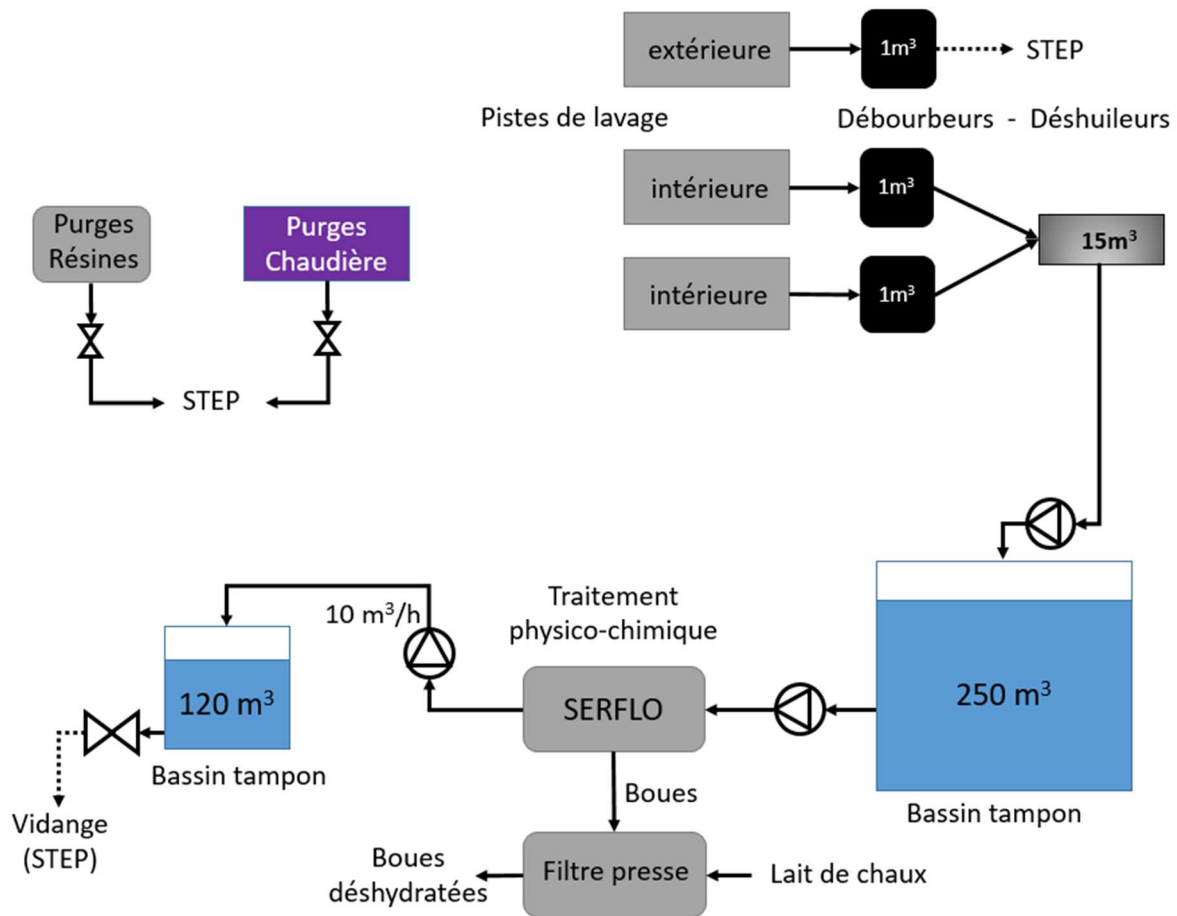


Figure 4 Représentation schématique du traitement des effluents

Commentaires :

- Les eaux usées sont dirigées vers le réseau communal (STEP de Tavaux).
- Les effluents industriels venant des trois pistes de lavages passent dans trois débourbeurs-déshuileurs de 1 m³ où les particules lourdes sont retenues et où sont récupérés les flottants (graisses). Il s'ensuit un séparateur d'hydrocarbures de 15 m³ commun aux pistes de lavages intérieures.
- Les eaux usées issues des lavages extérieurs sont directement envoyées vers le réseau communal (pour rappel, ces volumes sont négligeables au vu du nombre de lavages par an).
- Les eaux usées issues des lavages intérieurs transitent par un bassin tampon agité et aéré de 250 m³/j (Figure 6) avant de subir un traitement physico-chimique (coagulation, neutralisation, floculation, flottation). Le flottateur de 2 m² est de marque SERFLO (Figure 5). Les coagulants utilisés sont le Ferrolin 8664 (coagulant mixte) et le PAX XL74 ; le floculant anionique est le Ferrocril 8720.
- Les eaux de purge des adoucisseurs et de la chaudière sont également envoyées directement vers le réseau communal.



Figure 5 Flottateur SERFLO

- Les boues sont conditionnées avec du lait de chaux afin d'être déshydratées sur filtre presse. 54 tonnes de boues sont produites par an et envoyées vers un Centre d'Enfouissement Technique (Classe 1) ; le coût du traitement des boues a été en 2015 de 297 €/tonnes auquel s'ajoute 50 €/tonnes pour le transport des boues. Au total, le coût global de traitement des boues, de vidange des débourbeurs et autres nettoyages s'élève à 90 K€ par an.
- Les eaux traitées sont stockées dans un autre bassin tampon de 120 m³/j (Figure 6) avant d'être dirigées vers la STEP de Tavaux. La vidange de ce bassin tampon a lieu de nuit.



Figure 6 Bassins tampons (avant et après le traitement physico-chimique)

b. Analyse des données d'autocontrôle

b-1. Contexte réglementaire

La société XPO à Damparis est une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement soumise à autorisation par un arrêté préfectoral (AP n°1254 du 13 juillet 1999). Cet arrêté autorise un rejet de 60 m³/j (jours ouvrés).

De plus, une convention de déversement a été élaborée avec la commune de Tavaux prenant effet à partir du 1^{er} février 2016. Un rejet maximal de 80 m³/j y est fixé.

Les tableaux suivants synthétisent les autres valeurs réglementaires imposées par ces documents :

	Normes Arrêté préfectoral	Normes Convention de rejets
pH	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
Température	< 30 °C	< 30 °C
Débit journalier	60 m ³ /j	80 m ³ /j
Débit horaire	20 m ³ /h	10 m ³ /h

Paramètres	Concentration (mg/L)	Charge (kg/j)
DCO	2000	100
DBO ₅	800	42
DCO / DBO ₅	< 3	
MES	600	30
NGL	150	9
PT	50	3
Hydrocarbures totaux	20	0,6
AOX	20	/
CN T	0,2	/
F	10	/
Indice Phénol	0,2	/
Cd	0,05	/
Cr	0,2	/
Cr VI	0,2	/
Cu	1	/
Sn	4	/
Mn	2	/
Ni	1	/
Pb	1	/
Zn	4	/
Al + Fe	10	/

b-2. Analyse des données d'autocontrôle

Un bilan est réalisé chaque mois par un organisme extérieur sur les paramètres DCO, DBO₅, MES, NGL, PT et les hydrocarbures totaux (HCT). Chaque trimestre un bilan plus poussé est réalisé sur les métaux, les fluorures et les cyanures. Les résultats analytiques des bilans de 2015 sont présentés dans les tableaux ci-dessous :

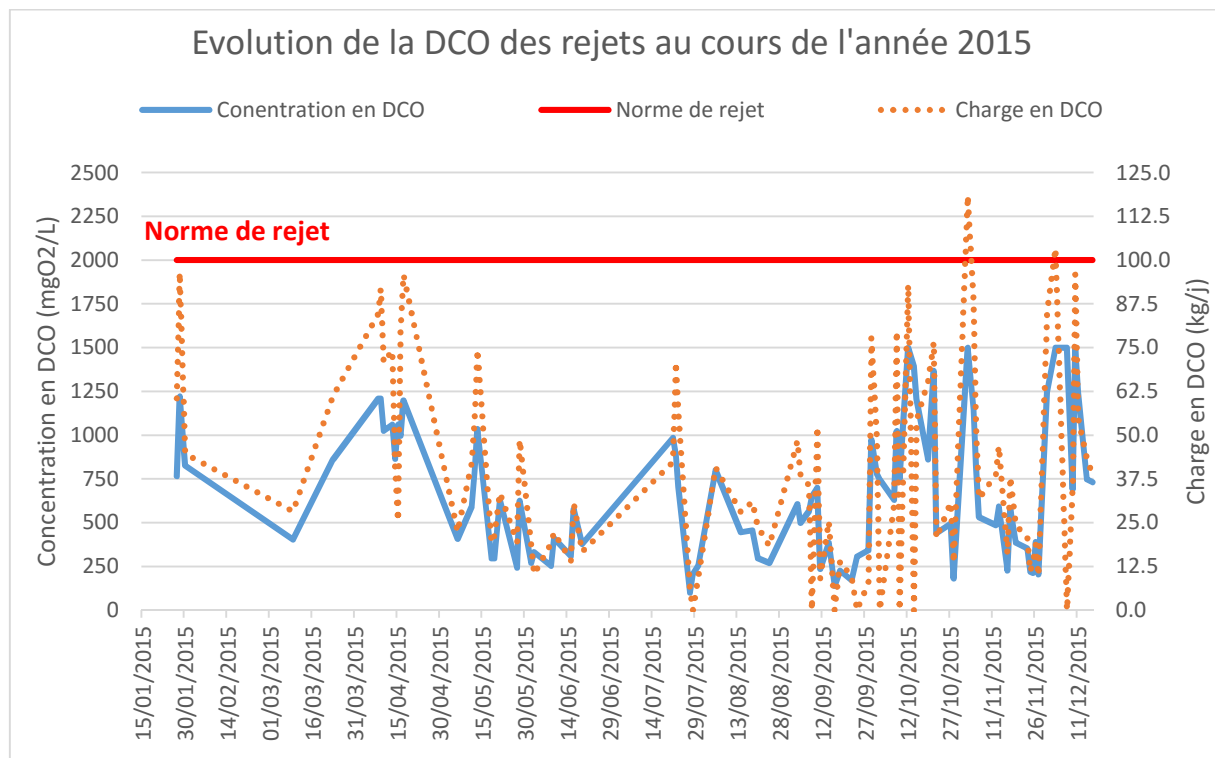
Mois	Normes	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Concentrations (mg/L)													
DCO	2000	315	842	337	523	482	360	286	171	243	551	243	403
DBO ₅	800	96	380	110	280	260	180	90	70	67	410	130	207
DCO / DBO ₅	< 3	3,3	2,2	3,1	1,9	1,9	2,0	3,2	2,4	3,6	1,3	1,9	1,9
MES	600	180	130	52	76	120	26	160	67	13	23	16	15
NGL	150	3,4	28,0	7,1	6,1	3,5	4,4	9,7	3,9	2,8	6,4	1,7	28,9
PT	50	0,73	2,39	1,49	1,31	2,98	0,37	0,33	5,77	0,15	< 0,12	0,17	0,24
HCT	20	0,31	2,10	0,87	4,50	1,20	0,12	0,77	0,90	0,09	0,23	3,30	< 0,05
CNT ⁻	0,2			<0,020			<0,020			<0,020			<0,020
F ⁻	10			0,85			1,70			0,27			<0,100
Al	/			21,6			2,21			16,4			0,873
As	/			<0,010			<0,010			<0,010			<0,010
Cd	0,05			<0,005			<0,005			<0,005			<0,005
Cr	0,2			<0,020			<0,020			<0,020			<0,020
Cr VI	0,2			<0,020			<0,020			<0,020			<0,020
Cu	1			0,015			<0,010			<0,010			0,054
Sn	4			<0,050			<0,050			<0,050			<0,050
Fe	/			0,679			0,097			<0,050			0,200
Mn	2			0,478			0,180			0,076			0,100
Ni	1			0,108			0,119			<0,010			0,026
Al + Fe	10			22,3			2,31			<16,5			1,073

Mois	Normes	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Charges													
Volume (m3/j)	60	52	65	66	69	72	58	76	73	83	45	63	53
DCO (kg/j)	100	16	55	22	36	35	21	22	12	20	25	15	21
DBO ₅ (kg/j)	42	5	25	7	19	19	10	7	5	6	18	8	11
MES (kg/j)	30	9,36	8,45	3,43	5,24	8,64	1,51	12,16	4,89	1,08	1,04	1,01	0,80
NGL (kg/j)	9	0,18	1,82	0,47	0,42	0,25	0,26	0,74	0,28	0,24	0,29	0,11	1,53
PT (kg/j)	3	0,04	0,16	0,10	0,09	0,21	0,02	0,03	0,42	0,01	< 0,01	0,01	0,01
HCT (kg/j)	0,6	0,02	0,14	0,06	0,31	0,09	0,01	0,06	0,07	0,01	0,01	0,21	<0,01

Commentaires :

- On observe une grande variabilité des concentrations d'un bilan à l'autre (que ce soit pour le carbone, l'azote ou le phosphore). Cependant, les normes de rejets sont respectées que ce soit en terme de concentrations ou en terme de charges.
- Le ratio DCO/DBO₅ compris entre 1,3 et 3,6 indique globalement une bonne biodégradabilité de l'effluent en revanche sur 4 mois ce rapport est sensiblement supérieur à la norme.
- Les concentrations en métaux, cyanures et fluorures sont conformes exceptée la somme des concentrations aluminium et fer qui dépasse largement la norme de rejet pour le 1^{er} et le 3^{ème} trimestre. Ceci est à corréliser avec l'utilisation de sels d'aluminium comme coagulants/floculants.

Le graphe ci-dessous présente les concentrations et charges en DCO des rejets mesurés tout au long de l'année par kit d'analyses. Ces données quasi-journalières permettent de se rendre compte de la variabilité des concentrations des effluents, à l'aval du traitement.

Commentaires :

- On observe que les concentrations en pollution varient de façon très importante d'une journée à l'autre avec une DCO variant de 100 mg/L à plus de 1 500 mg/L (ces valeurs sont des valeurs limites inférieures et supérieures de détectabilité des appareils de mesures utilisés). La moyenne se situe à 677 mgO₂/L.
- En ce qui concerne les charges en DCO, on remarque en 2015 deux dépassements occasionnels de la norme de rejet de 100 kg/j.

3. Phase 2 : Essais de traitabilité au laboratoire

a. Conditions de prélèvement

Un prélèvement d'effluent a été réalisé sur site. L'échantillon a été prélevé le 08 février 2016 dans le bassin tampon de 120 m³, alors quasiment rempli, situé après le traitement physico-chimique. Il est considéré représentatif des effluents produits par l'entreprise.

b. Caractéristiques de l'effluent brut

Le tableau ci-après présente les résultats d'analyses et les observations effectuées sur l'effluent brut. Les analyses ont été menées sur cet échantillon par le laboratoire ALCONTROL, accrédité COFRAC.

	Eau brute	Normes AP
pH	6,95	6,5 - 8,5
Température (°C)	17,6	/
Paramètres	Concentration (mg/L)	Concentration (mg/L)
DCO	710	2000
DBO ₅	251	800
DCO / DBO ₅	2,83	< 3
MES	40	600
NGL	4,7	150
PT	1,6	50
COT	240	/
Al	7	/
As	<0,010	/
Cd	<0,001	0,05
Cr	0,0049	0,2
Cr VI	<0,0025	0,2
Cu	<0,006	1
Sn	<0,010	4
Fe	0,053	/
Hg	<0,0005	/
Mn	0,021	2
Ni	0,0071	1
Pb	<0,008	1
Zn	0,032	4
Al + Fe	7,053	10

Paramètres	Concentration (mg/L)	Concentration (mg/L)
Ca ²⁺	31	/
K ⁺	15	/
Mg ²⁺	<1	/
Na ⁺	390	/
NH ₄ ⁺	0,2	/
F ⁻	<0,2	10
Cl ⁻	334,2	/
NO ₂ ⁻	0,02	/
NO ₃ ⁻	<0,2	/
PO ₄ ³⁻	1,7	/
SO ₄ ²⁻	85	/
CO ₃ ²⁻	<10	/
HCO ₃ ⁻	300	/

Commentaires :

- L'ensemble des normes est respecté pour notre échantillon, y compris la composition en aluminium et fer inférieure à 10 mg/L et le ratio DCO/DBO₅ inférieur à 3.
- La DCO mesurée de 710 mgO₂/L correspond à un échantillon moyen (cf. section 2.b-2).

c. Essais de traitement au charbon actif

Le traitement au charbon actif est un procédé visant à mettre en contact l'effluent avec un matériau très adsorbant, le charbon actif, pour en retirer la matière organique dissoute.

c-1. Détermination des conditions opératoires

Nous avons testé un traitement d'adsorption sur deux charbons actifs (NORIT SA SUPER et CABOT W35) afin d'éliminer la pollution organique. Les essais ont été réalisés en deux phases afin de déterminer tout d'abord le temps optimal de contact puis de trouver le dosage adéquat en charbon.

❖ Détermination du temps de contact optimal

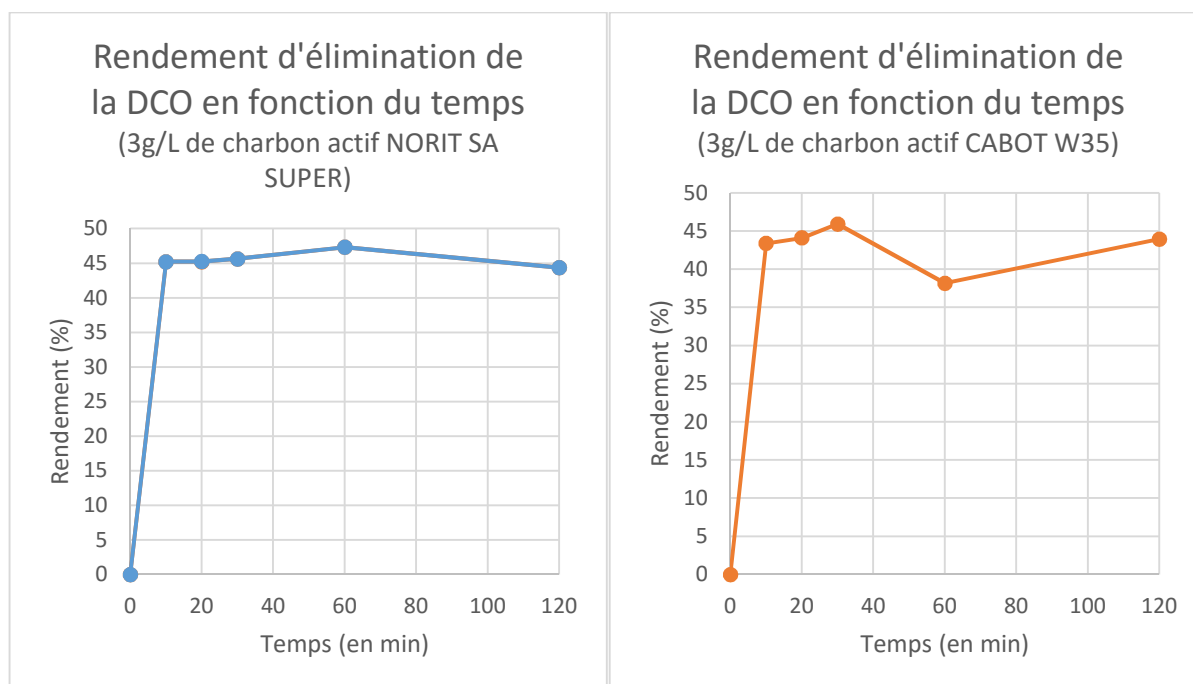
Le principe de détermination du temps de contact optimal est le suivant :

- Prise d'essais de l'effluent à traiter (bassin situé après le physico-chimique) de 500 mL,
- Injection d'une dose connue de charbon actif (3 g/L ici) à T0,
- Mise sous agitation rapide,
- Mesure de la DCO sur le liquide interstitiel à différents pas de temps sur une période de 2 heures.

Les résultats des différentes mesures de la DCO pour les deux charbons sont présentés dans les tableaux et sur les graphes ci-après :

NORIT SA SUPER						
Temps (min)	0	10	20	30	60	120
DCO (mgO ₂ /L)	710	389	389	386	374	395
Rendement (%)	0,0	45,2	45,2	45,6	47,3	44,4

CABOT W35						
Temps (min)	0	10	20	30	60	120
DCO (mgO ₂ /L)	710	402	397	384	439	398
Rendement (%)	0,0	43,4	44,1	45,9	38,2	43,9



Commentaires :

- Au vu des courbes, nous pouvons déduire que pour les deux charbons actifs, le temps de contact optimal est inférieur à 10 min ; la cinétique d'adsorption est ainsi très rapide. Les filtres à charbon actif étant typiquement dimensionnés pour un temps de contact de 20 minutes, nous choisirons cette valeur pour le temps optimal dans la suite des essais.
- Par ailleurs, les deux charbons actifs permettent d'éliminer sensiblement la même quantité de DCO. Nous choisirons arbitrairement pour la suite des essais le charbon actif NORIT SA SUPER.

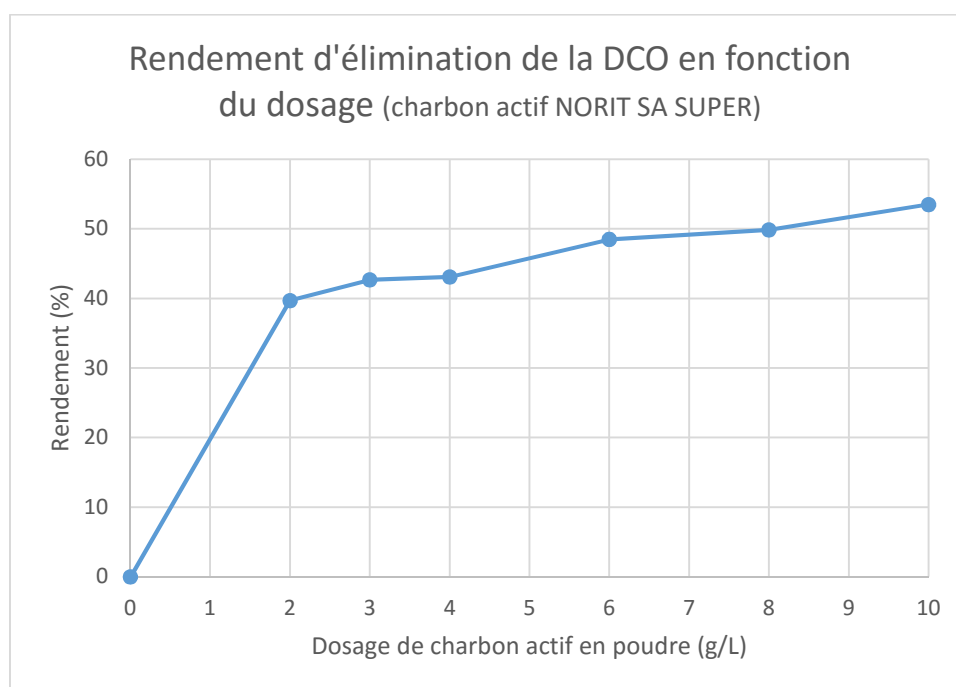
❖ Détermination de l'isotherme d'adsorption

Le principe de détermination de l'isotherme d'adsorption est le suivant :

- Prise d'essais de l'effluent à traiter (bassin situé après le physico-chimique) de 200 mL dans 7 réacteurs,
- Ajout d'une dose croissante de charbon actif (NORIT SA SUPER) dans les différents réacteurs (de 2 à 10 g/L),
- Mise sous agitation rapide,
- Mesure de la DCO sur le liquide interstitiel dans les différents réacteurs au bout du temps de contact optimal (20 minutes).

Les résultats des différentes mesures de la DCO sont présentés dans le tableau et sur le graphe ci-dessous :

NORIT SA SUPER							
Dosage de charbon actif en poudre (g/L)	0	2	3	4	6	8	10
DCO (mgO ₂ /L)	710	428	407	404	366	356	330
Rendement (%)	0,0	39,7	42,7	43,1	48,5	49,9	53,5



Commentaires :

- Sur le graphe présenté, la courbe s'infléchit autour de 6 g/L. Nous retiendrons cette valeur pour l'échantillon qui sera soumis à des analyses par le laboratoire COFRAC. A noter que les rendements vont de 40 % à 54 % (49 % à 6 g/L).

c-2. Caractéristiques des eaux traitées

Le tableau ci-dessous présente les résultats d'analyses sur l'eau traitée avec 6 g/L de charbon actif pendant 20 minutes. A cela s'ajoutent les résultats d'analyses sur l'eau brute et les abattements.

Paramètres	Eau brute	Eau traitée au charbon actif	Abattement (%)
	Concentration (mg/L)	Concentration (mg/L)	
DCO	710	295	58,5
DBO ₅	251	201	19,9
DCO / DBO ₅	2,83	1,47	
MES	40	<2	>95,0
NGL	4,7	<1	>78,7
PT	1,6	<0,10	>93,8
COT	240	110	54,2
Al	7	0,670	90,4
As	<0,010	<0,010	i.s.a.
Cd	<0,001	<0,001	i.s.a.
Cr	0,0049	<0,0025	>49,0
Cr VI	<0,0025	<0,0025	i.s.a.
Cu	<0,006	<0,006	i.s.a.
Sn	<0,010	<0,010	i.s.a.
Fe	0,053	<0,050	>5,7
Hg	<0,0005	<0,0005	i.s.a.
Mn	0,021	0,041	
Ni	0,0071	0,0032	54,9
Pb	<0,008	<0,008	i.s.a.
Zn	0,032	<0,020	>37,5
Al + Fe	7,053	<0,720	>89,8
Ca ²⁺	31	57	
K ⁺	15	16	
Mg ²⁺	<1	3,8	
Na ⁺	390	400	
NH ₄ ⁺	0,2	<0,2	i.s.a.
F ⁻	<0,2	<0,2	i.s.a.
Cl ⁻	334,2	332,5	0,5
NO ₂ ⁻	0,02	<0,01	>50,0
NO ₃ ⁻	<0,2	<0,2	i.s.a.
PO ₄ ³⁻	1,7	<0,15	>91,2
SO ₄ ²⁻	85	100	
CO ₃ ²⁻	<10	<10	i.s.a.
HCO ₃ ⁻	300	400	
TH (°f)	8	15,8	
TAC (°f)	<310	<410	

* i.s.a : inférieur au seuil analytique

Commentaires :

- L'abattement sur la DCO mesuré ici est de 58,5 % ; la DCO baissant de 710 à 295 mgO₂/L. Ce rendement est insuffisant pour envisager un recyclage des eaux traitées uniquement par charbon actif, effectivement des concentrations en matière organique trop élevées risquent de nuire au bon fonctionnement des adoucisseurs et des équipements situés à l'aval.
- Ce traitement ne permet pas d'enlever les ions Ca²⁺ et Mg²⁺ (alcalinoterreux) ; on constate même une hausse des concentrations. Il y aurait donc nécessité de déminéraliser l'eau c'est-à-dire de la faire passer au travers de résines échangeuses d'ions.

Remarque : Les résines placées en tête de l'installation permettent d'échanger les ions Ca²⁺, Mg²⁺ et K⁺ contre des ions Na⁺. Si la teneur en matière organique est trop importante en amont de l'adoucisseur, des dysfonctionnements apparaissent rapidement :

- Saturation des résines
- Augmentation des cycles de régénération
- Encrassement voire saturation irrémédiable des résines
- Biofouling (développement bactérien et colmatage).

d. Essais de traitement par osmose inverse

Le traitement membranaire consiste en une filtration qui permet de retenir l'ensemble des molécules dont la taille excède la porosité des membranes. L'objectif est de produire un perméat dont les caractéristiques seront compatibles pour un recyclage et une réutilisation dans le procédé. Cette alternative intéressante a l'avantage d'éliminer la quasi-totalité de la matière organique dissoute mais également de retenir les ions mono et divalents à l'origine d'un potentiel encrassement des équipements (dont Ca²⁺ et Mg²⁺ responsables de la dureté de l'eau).

d-1. Mode opératoire❖ *Préfiltration*

Dans le but d'éliminer les plus grosses particules colmatantes, l'effluent brut a été préfiltré avec un filtre à cartouche à 1 µm. Les paramètres DCO, conductivité, turbidité et pH sont alors contrôlés avant et après la préfiltration ; les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous :

	DCO (mgO ₂ /L)	Conductivité (µS/cm)	Turbidité (FNU)	pH
Effluent brut	787	1 667	46,9	7,2
Effluent préfiltré à 1 µm	776	1 586	33,3	7,2

A noter que ces quatre paramètres seront mesurés durant toute la durée des essais suivants.

❖ *Filtration sur membrane d'osmose inverse*

L'essai de traitement membranaire par osmose inverse est réalisé sur un pilote de laboratoire équipé d'un module recevant une membrane plane de 140 cm². Fabriquée par la société FilmTec, la membrane BW30 LE est en polyamide et à basse consommation énergétique. Le module quant à lui est une cellule SEPA CF II de chez GE Water alimenté par une pompe CAT de débit nominal 8 L/min.

L'essai est conduit en configuration production (évacuation du perméat produit) ce qui permet de travailler à différents Facteurs de Concentration Volumique (FCV). La représentation schématique du pilote est donnée ci-après :

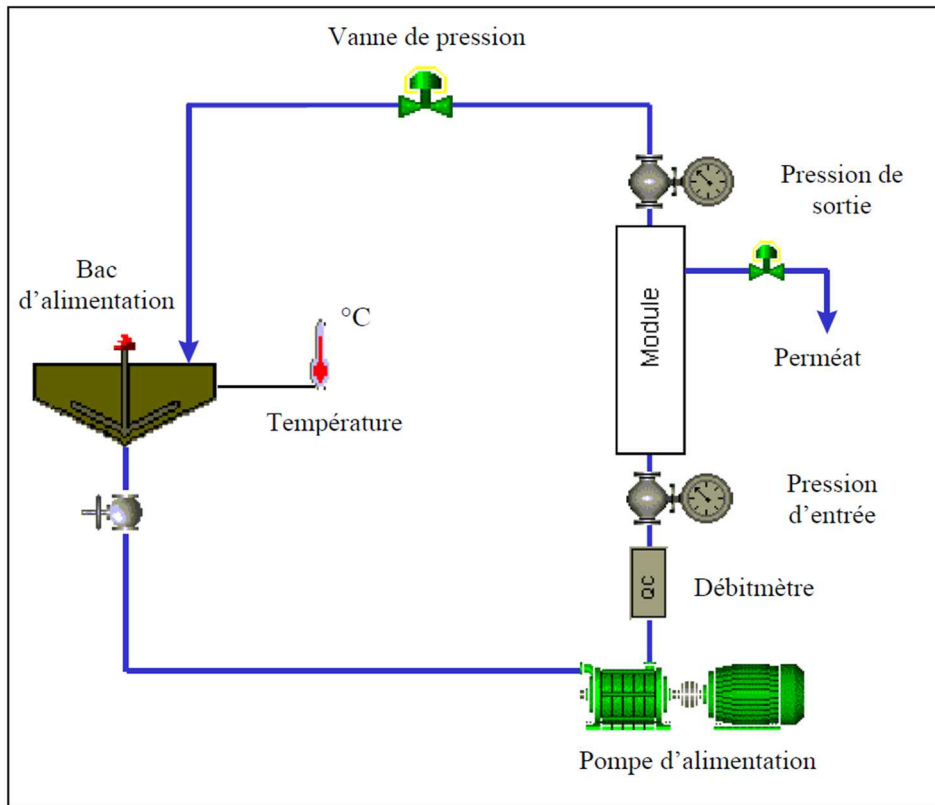


Figure 7 Pilote d'osmose inverse

Une quantité connue d'effluent est introduite dans le bac d'alimentation. Après la mise en route de la pompe, un premier prélèvement est réalisé dans ce bac correspondant au rétentat initial.

On fixe dans l'ordre le débit de circulation avec le débitmètre puis la pression transmembranaire par action sur la vanne de pression. Une fois les paramètres stables, le chronomètre est déclenché.

Les paramètres suivants sont suivis au cours du temps :

- la pression d'entrée et la pression de sortie du module
- la température
- le débit de rétentat (qui correspond au débit de recirculation)
- le débit de perméat
- le volume de perméat produit.

Il en découle le flux de perméation (J_p exprimé en $L/h/m^2$), le Facteur de Concentration Volumique (FCV) et le taux de rétention (T_r en %). Ils sont respectivement calculés avec les formules suivantes :

$$J_p = \frac{\text{Débit de perméat}}{\text{Surface de la membrane}}$$

$$FCV = \frac{\text{Volume d'effluent initial}}{\text{Volume d'effluent initial} - \text{Volume de perméat produit}}$$

$$T_r = \left(1 - \frac{\text{Concentration du perméat}}{\text{Concentration du rétentat}}\right) * 100$$

Les conditions opératoires de l'essai sont :

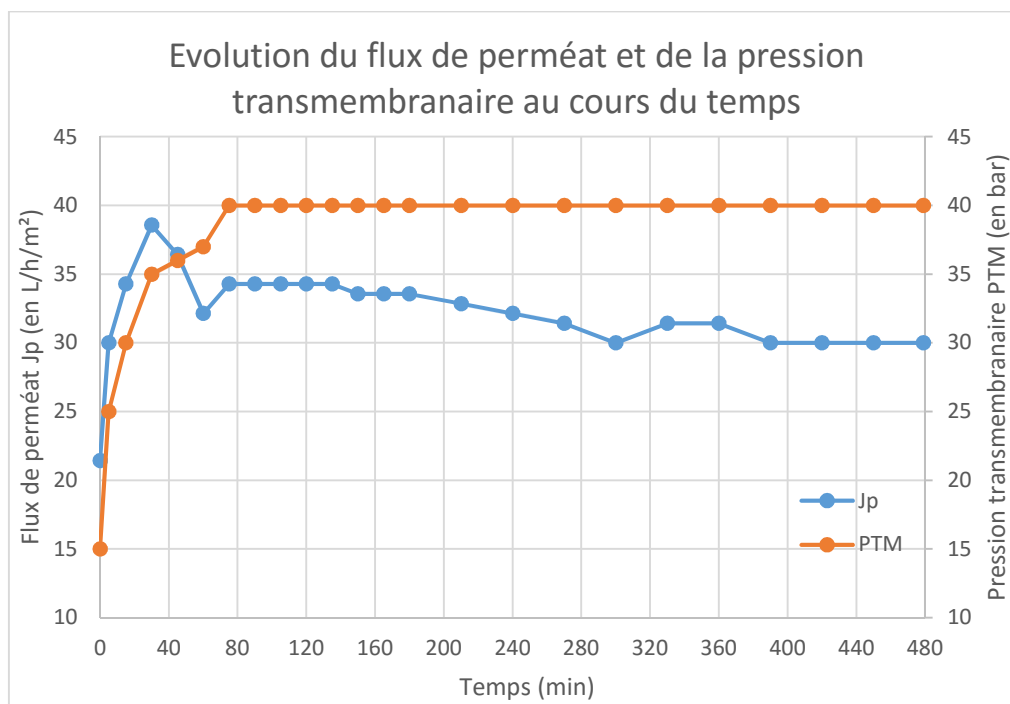
- Débit de circulation : 480 L/h
- Volume de produit mis en œuvre : 5 L d'effluent préfiltré
- Pression transmembranaire : 14 à 40 bars
- Température 18,3 à 26,3 °C
- Durée de l'essai : 479 minutes

d-2. Caractéristiques des eaux traitées

Sur le graphe ci-après, ont été tracés le flux de perméation et la pression transmembranaire au cours du temps. Le flux de perméation a été maintenu à environ 35 L/h/m² par augmentation progressive de la pression transmembranaire. Le flux moyen mesuré au cours de l'essai est égal à 31,3 L/h/m².

La pression est ainsi augmentée de 15 bar initialement à 40 bar. Elle est stabilisée à cette valeur à partir de 75 minutes pour ne pas dépasser la pression limite fournie par le constructeur de la membrane. Le Facteur de Concentration Volumique est à cet instant égal à 1,13.

Le volume de perméat en fin d'essai est de 3,5 L à comparer aux 5 L introduits dans le bac d'alimentation ce qui correspond à un Facteur de Concentration Volumique de 3.33.



Les différentes mesures des quatre paramètres (DCO, conductivité, turbidité et pH) sont présentées dans le tableau ci-dessous ; dans le tableau suivant sont données les analyses du laboratoire COFRAC :

	DCO (mgO ₂ /L)	Conductivité (μS/cm)	Turbidité (FNU)	pH
Effluent brut	787	1 667	46,9	7,2
Effluent préfiltré à 1 μm	776	1 586	33,3	7,2
Rétentat final	2 618	4 360	63,8	8,2
Perméat moyen final	76	28	0,3	8,1
Taux de rétention (%)	97,1	99,3	99,5	/
Abattement (%)	90,4	98,3	99,3	/

	Eau brute	Eau traitée par osmose inverse	
Paramètres	Concentration (mg/L)	Concentration (mg/L)	Abattement (%)
DCO	710	28	96,1
DBO ₅	251	17	93,2
DCO / DBO ₅	2,83	1,65	
MES	40	0	100,0
NGL	4,7	<1	>78,7
PT	1,6	<0,10	>93,8
COT	240	7,7	96,8
Al	7	<0,050	>99,2
As	<0,010	<0,010	i.s.a.
Cd	<0,001	<0,001	i.s.a.
Cr	0,0049	<0,0025	>49,0
Cr VI	<0,0025	<0,0025	i.s.a.
Cu	<0,006	<0,006	i.s.a.
Sn	<0,010	<0,010	i.s.a.
Fe	0,053	<0,050	>5,7
Hg	<0,0005	<0,0005	i.s.a.
Mn	0,021	<0,010	>52,4
Ni	0,0071	0,0027	>62,0
Pb	<0,008	<0,008	i.s.a.
Zn	0,032	<0,020	>37,5
Al + Fe	7,053	<0,100	>98,6
Ca ²⁺	31	<1	>96,8
K ⁺	15	<1	>93,3
Mg ²⁺	<1	<1	i.s.a.
Na ⁺	390	3,2	>99,2
NH ₄ ⁺	0,2	<0,2	i.s.a.
F ⁻	<0,2	<0,2	i.s.a.
Cl ⁻	334,2	2,4	>99,3
NO ₂ ⁻	0,02	<0,01	>50,0
NO ₃ ⁻	<0,2	<0,2	i.s.a.
PO ₄ ³⁻	1,7	<0,15	>91,2
SO ₄ ²⁻	85	0,51	99,4
CO ₃ ²⁻	<10	<10	i.s.a.
HCO ₃ ⁻	300	<20	>93,3
TH (°f)	8	<0,7	
TAC (°f)	<310	<30	

* i.s.a : inférieur au seuil analytique

Commentaires :

- La DCO du perméat produit est de 28 mgO₂/L selon le laboratoire COFRAC à comparer avec les 710 mgO₂/L de l'échantillon d'eau brute ; cela correspond à un taux d'abattement de la DCO élevé égal à 96 %.

- Les autres taux d'abattement sont aussi très élevés et rendent compte de la très bonne efficacité du traitement membranaire.
- De très faibles teneurs en ions alcalinoterreux ($TH < 0,7 \text{ °f}$) et en aluminium/fer sont observées ce qui est d'autant plus profitable pour les équipements de l'installation (pas de nécessité de passage sur les résines).

d-3. Lavage de la membrane d'osmose inverse

Avant l'essai, un test de débit à l'eau a été réalisé afin de vérifier les caractéristiques de la membrane. Les conditions de pression et de température étaient de 10 bar et 25°C. La membrane a été préalablement rincée avec de l'eau déminéralisée. Le débit à l'eau mesuré était égal à 56,8 L/h/m².

Après l'essai, le test de débit à l'eau a été de nouveau effectué. On a noté un débit égal à 11,3 L/h/m² synonyme d'un colmatage important.

Des lavages adaptés ont donc été réalisés et validés par un nouveau test de débit à l'eau :

- Lavage en utilisant une solution de soude à 4 g/L pendant 20 minutes en circulation, 20 minutes en statique, 20 minutes en circulation. Le débit à l'eau mesuré était égal à 12,6 L/h/m².
- Lavage en utilisant une solution d'acide chlorhydrique à 2 g/L pendant 20 minutes en circulation, 20 minutes en statique, 20 minutes en circulation. Le débit à l'eau mesuré était égal à 10,5 L/h/m².
- Lavage en utilisant une solution d'Adiclean 101 D de Adiquimica à 10 % pendant 20 minutes. Le débit à l'eau mesuré alors était égal à 11,8 L/h/m².

Les différents lavages chimiques n'ont pas permis de retrouver les caractéristiques initiales de la membrane ; on retiendra une perte de 80 % en termes de débit en rappelant que seulement 5 L d'effluent préfiltré ont été traités avec cette membrane.

Dans ces conditions de colmatage irréversible, la technologie membranaire est à écarter pour effectuer un traitement et recyclage des eaux sur le site de Damparis.

e. Essais de traitement par évapoconcentration

L'évapoconcentration consiste à distiller l'effluent à traiter par chauffage dans un réacteur puis à refroidir les condensats d'évaporation. L'eau récupérée est alors débarrassée des matières en suspension, des sels minéraux, des métaux et autres impuretés (les composés volatils exceptés). Parallèlement, la pollution se concentre dans une phase de déchets qui nécessitera d'être traitée ou éliminée en centre extérieur.

Pour le traitement de débits journaliers allant de 10 à 120 m³/j, la technologie d'évaporation à Compression Mécanique de Vapeur (CMV) est particulièrement adaptée.

e-1. Mode opératoire

L'essai d'évaporation est réalisé sur un évaporateur rotatif de paillasse de type « ROTAVAP » basé sur la Compression Mécanique de Vapeur. Les caractéristiques du pilote sont un fonctionnement sous vide partiel ($P = 550 \text{ mbar}$), un effluent chauffé à 90°C et des vapeurs compressées dont la température est de 130°C.

Le volume d'effluent brut à traiter était de 20 L. A noter qu'une neutralisation à la soude de cet effluent a été réalisée préalablement à l'essai d'évapoconcentration.

Les paramètres DCO, conductivité, pH, et Matière Sèche (MS) ont été suivis au cours du temps ainsi que les volumes de distillat et de concentrat produits qui permettent de calculer le Facteur de Concentration Volumique (FCV).

La figure ci-après schématise l'installation industrielle d'évapoconcentration :

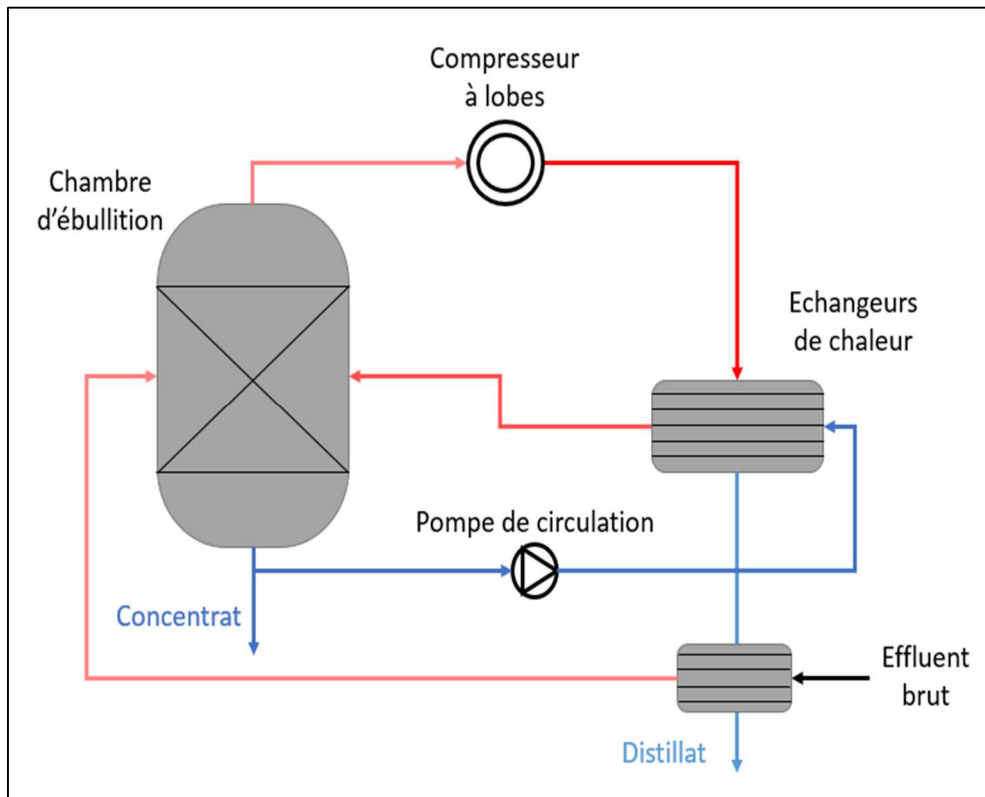


Figure 8 Evapoconcentration par Compression Mécanique de Vapeur

L'évaporateur concentrateur fonctionne en continu : l'alimentation en effluent brut, l'évacuation du distillat et l'évacuation du concentrat sont réalisées à l'aide de pompes (non représentées sur le schéma).

Afin d'optimiser les consommations énergétiques, l'effluent brut est préchauffé en utilisant la chaleur latente du distillat. Il est ensuite introduit dans la chambre de d'ébullition où règne une température de 90°C et une pression de 0,65 bar. Des buées (vapeur d'eau) se forment, sont filtrées par un garnissage et sont comprimées par un compresseur à lobes ; la température des vapeurs atteint alors 135°C.

Ces vapeurs sont dirigées vers un échangeur à faisceau tubulaire où une partie de leur chaleur est cédée à la solution à traiter via le circuit de recirculation. Le distillat refroidi est stocké dans une cuve de récupération.

e-2. Caractéristiques des eaux traitées

Sur les 20 L d'effluent brut initial, on a obtenu après traitement par évapoconcentration un volume de distillat de 19,5 L et un volume de concentrat de 100 mL.

Le tableau ci-dessous présente les résultats d'analyses sur l'eau traitée par évapoconcentration. A cela s'ajoutent les résultats d'analyses sur l'eau brute et les pourcentages d'abattement de la pollution.

Paramètres	Eau brute	Eau traitée par évaporation	Abattement (%)
	Concentration (mg/L)	Concentration (mg/L)	
DCO	710	69	90,3
DBO ₅	251	35	86,1
DCO / DBO ₅	2,83	1,97	
MES	40	<3	100
NGL	4,7	<1	>78,7
PT	1,6	<0,10	>93,8
COT	240	18	92,5
Al	7	<0,050	>99,2
As	<0,010	<0,010	i.s.a.
Cd	<0,001	<0,001	i.s.a.
Cr	0,0049	<0,0025	>49,0
Cr VI	<0,0025	<0,0025	i.s.a.
Cu	<0,006	<0,006	i.s.a.
Sn	<0,010	<0,010	i.s.a.
Fe	0,053	<0,050	>5,7
Hg	<0,0005	<0,0005	i.s.a.
Mn	0,021	<0,010	>52,4
Ni	0,0071	<0,002	>71,8
Pb	<0,008	<0,008	i.s.a.
Zn	0,032	<0,020	>37,5
Al + Fe	7,053	<0,100	>98,6
Ca ²⁺	31	2,9	90,6
K ⁺	15	1,8	88,0
Mg ²⁺	<1	<1	i.s.a.
Na ⁺	390	<1	>99,8
NH ₄ ⁺	0,2	1,2	
F ⁻	<0,2	<0,2	i.s.a.
Cl ⁻	334,2	<0,5	>99,9
NO ₂ ⁻	0,02	<0,3	i.s.a.
NO ₃ ⁻	<0,2	<0,1	i.s.a.
PO ₄ ³⁻	1,7	<0,15	>91,2
SO ₄ ²⁻	85	<0,15	>99,8
CO ₃ ²⁻	<10	<10	i.s.a.
HCO ₃ ⁻	300	<20	>93,3
TH (°f)	8	1,1	
TAC (°f)	<310	<30	

* i.s.a : inférieur au seuil analytique

Le tableau ci-après résume les paramètres suivis avant et après l'essai :

	DCO (mgO ₂ /L)	Conductivité (μS/cm)	MS (g/L d'effluent)	pH
Effluent brut	710	1 694	1,3	6,65
Effluent neutralisé	710	/	1,3	8,00
Distillat final	69	18	/	7,35
Concentrat	/	/	287,6	10,45
Abattement (%)	90,3	99,3	/	/

Commentaires :

- La DCO du distillat est de 69 mgO₂/L selon le laboratoire COFRAC ce qui donne un taux d'abattement de la DCO correct et égal à 90 %. Sur la DBO₅ et le COT, on note également des abattements élevés, respectivement 86 % et 92 %. Par ailleurs, il n'y a plus de matières en suspension dans le distillat.
- Si on s'intéresse aux ions aluminium et fer ceux-ci restent majoritairement dans le concentrat. Il en est de même avec les ions alcalinoterreux, il reste dans le distillat 2,9 mg/L d'ions calcium et moins de 1 mg/L d'ions magnésium, ce qui correspond à un titre hydrométrique de 1,1 °f. Par ailleurs, on observe une très faible conductivité pour le distillat.
- Le concentrat reste liquide à la fin des essais et sédimente au repos. Pour un Facteur de Concentration Volumique (FCV) d'environ 200, la matière sèche finale du concentrat atteint quasiment les 300 g/L. On observe que le concentrat encrasse le ballon en rotation, la matière sèche du concentrat devra donc être contrôlée au niveau industriel.
- L'évapoconcentration est au final un traitement qui paraît convenir dans le cadre du recyclage des eaux usées du site.

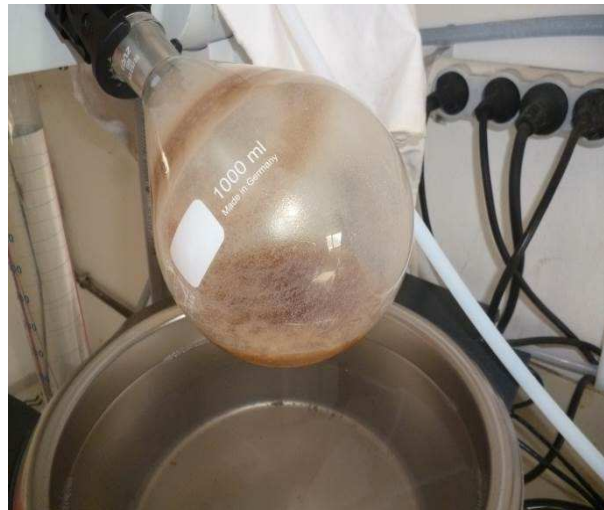


Figure 9 Encrassement du ballon

f. Conclusion des essais de traitabilité

L'essai de traitabilité au charbon actif aboutit à un faible abattement de 58,5 % sur la DCO qui sera incompatible pour un recyclage des eaux sur le site de Damparis. Des concentrations en matière organique trop élevées risquent en effet de nuire au processus d'adoucissement et acheminement des eaux.

L'essai d'osmose inverse permet d'obtenir un perméat avec 96 % d'abattement de la DCO. Néanmoins le colmatage est important et les différents lavages réalisés n'ont pas permis de retrouver les caractéristiques initiales de la membrane, on ne peut donc pas envisager un développement industriel.

L'essai d'évapoconcentration conduit à l'obtention d'un distillat de bonne qualité (DCO et ions alcalinoterreux en faibles concentrations) ; l'abattement sur la DCO est de l'ordre de 90 %. Un traitement par évapoconcentration de type CMV semble ainsi parfaitement adapté pour traiter et recycler les effluents du site de Damparis.

4. Phase 3 : Définition des solutions envisageables

a. Préambule

L'objectif de cette phase est de définir les moyens à mettre en œuvre pour une mise en conformité des volumes d'eau prélevée et des volumes d'eau rejetée, selon la réglementation en vigueur.

L'analyse des données de consommations d'eau et de débits de rejets a permis de mettre en relief une grande variabilité des besoins en eau selon les commandes à traiter. Il ressort de l'analyse que pour se conformer à l'arrêté préfectoral : à minima 20 m³ d'eau par jour devront être recyclés afin que les normes soient respectées.

Afin de pouvoir être recyclés dans l'installation, les effluents de sortie vont nécessiter des abattements importants, de l'ordre de 100 % pour les MES et de 90% pour la pollution organique (DCO et DBO₅), afin de ne pas colmater les différents équipements du procédé. Par ailleurs, une attention particulière est à accorder aux ions calcium et magnésium qui, à des concentrations élevées, rendent l'eau entartrante. A cela s'ajoutent les ions aluminium et fer qui peuvent faciliter les dépôts.

Les essais de traitabilité réalisés au stade laboratoire sur l'échantillon d'eau brute ont montré que :

- La technique d'adsorption sur charbon actif et le procédé de séparation membranaire par osmose inverse étaient inadaptés pour traiter l'effluent.
- L'évapoconcentration par Compression Mécanique de Vapeur donne des rendements élevés d'élimination de la DCO et satisfait les contraintes en termes d'entartrage des équipements.

Le procédé d'évapoconcentration est donc retenu comme solution de traitement des eaux.

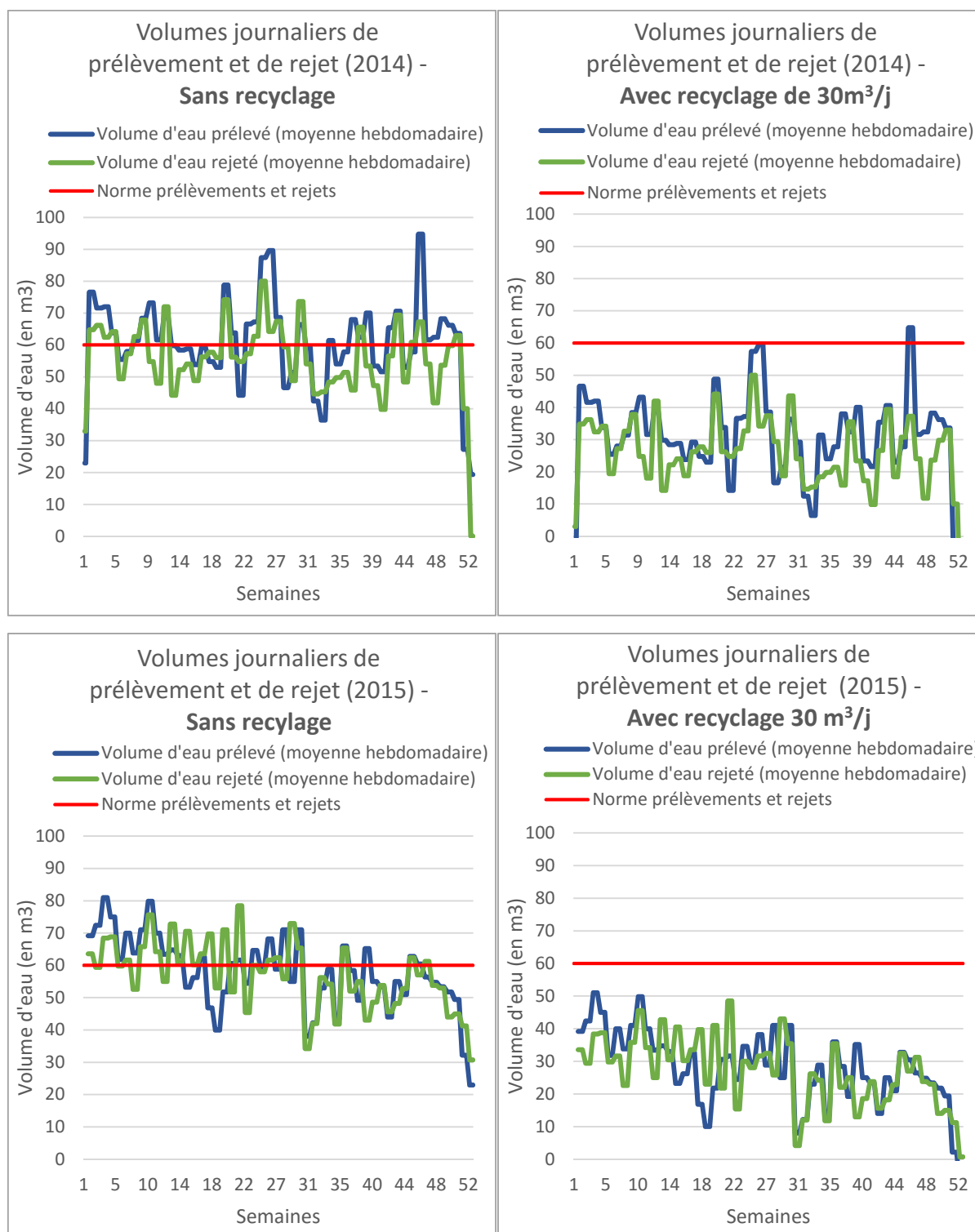
b. Définition des bases de dimensionnement et des objectifs à atteindre

Les bases de dimensionnement retenues sont présentées ci-après. Elles sont calculées en prenant en considération :

- Les volumes journaliers prélevés et rejetés au cours des années 2014 et 2015 représentatifs de la production,
- Ces mêmes volumes lissés sur une semaine de production,
- Les analyses d'eau réalisées par le laboratoire certifié COFRAC.

Les graphes suivants présentent les volumes d'eau prélevée et rejetée par jour en 2014 et 2015 (après lissage sur une semaine) ainsi que la norme de prélèvement/rejet de 60 m³/j stipulée dans l'arrêté préfectoral.

A cela s'ajoutent deux graphes reprenant ces mêmes volumes diminués d'un recyclage hypothétique sur les années 2014 et 2015. Le choix du volume d'eau à recycler a été déterminé par itérations en augmentant progressivement la valeur minimale de 20 m³/j jusqu'à atteindre la satisfaction complète des besoins en eau. Les graphes sont présentés pour un volume d'eau recyclée de 30 m³/j.



Commentaires :

- Nous avons vu précédemment qu'il convenait de recycler à minima 20 m³ d'eau par jour. Par ailleurs, pour satisfaire la totalité des besoins en eau, en particulier lors des pics ponctuels de consommation d'eau, 30 m³ d'eau à recycler par jour seront nécessaires portant à 90 m³/j les disponibilités en eau du site. Les normes auraient ainsi été respectées en 2014/2015 excepté un dépassement en novembre 2014 correspondant à une charge hydraulique très élevée.
- Ce volume recyclé de 30 m³/j constitue également une marge de sécurité dans le cadre d'une éventuelle évolution à la hausse de la production.

Le tableau ci-dessous résume maintenant les analyses effectuées sur l'eau brute, l'eau traitée par évapoconcentration ainsi qu'une analyse menée sur l'eau actuellement en sortie des adoucisseurs.

	Eau brute	Eau traitée par évaporation	Eau adoucie
Paramètres	Concentration (mg/L)	Concentration (mg/L)	Concentration (mg/L)
DCO	710	69	
DBO ₅	251	35	
DCO / DBO ₅	2,83	1,97	
NGL	4,7	1,2	
PT	1,6	<0,10	
COT	240	18	0,71
Al + Fe	7,053	<0,100	
Ca ²⁺	31	2,9	<1
K ⁺	15	1,8	<1
Mg ²⁺	<1	<1	<1
Na ⁺	390	<1	160
TH (°f)	8,2	1,1	<0,7

Commentaires :

- Les concentrations en pollution carbonée étant significativement diminuées par le traitement, il n'y aura pas besoin à priori de prévoir d'équipements supplémentaires pour abattre le carbone résiduel.
- Les concentrations en ions alcalins (Na⁺ et K⁺) et alcalinoterreux (Ca²⁺ et Mg²⁺) étant très faibles, il ne sera pas nécessaire de faire passer les eaux recyclées sur les résines en tête de procédé. Le Titre Hydrométrique de l'eau est ici de 1,1 °f, ce qui est compatible avec les recommandations d'utilisation des pompes haute pression et des buses de pulvérisation.
- Les ions fer et aluminium sont en concentrations suffisamment faibles pour ne pas provoquer de dépôts sur les parois des équipements.

L'objectif de recyclage et de traitement est donc défini à 30 m³ d'eau par jour. La solution de traitement retenue est un module d'évapoconcentration par Compression Mécanique de Vapeur ayant pour caractéristique un FCV de 150 soit des proportions volumiques de 98,6% de distillat, 0,9% de concentrat en supposant 0,5% de pertes sous forme de buées.

c. Contraintes du site

La principale contrainte du site est l'emprise au sol limitée pour l'implantation de la future installation de recyclage des eaux. Le schéma ci-après rappelle la vue d'ensemble du site où figurent les différentes installations et réseaux. Deux zones d'environ 150 m² sont à priori disponibles (au Nord et au Nord-Est du site) pour l'implantation du module d'évapoconcentration (cf. Figure 10).

A noter que des canalisations seront nécessaires pour le raccordement avec le bassin tampon de 250 m³ stockant l'eau polluée, avec le bassin tampon de 120 m³ stockant l'eau traitée ainsi qu'avec les bâches d'eaux chaude et froide situées dans le local de prétraitement des eaux.

On précise ici que l'électricité arrive au niveau du bâtiment où a lieu le prétraitement des eaux.

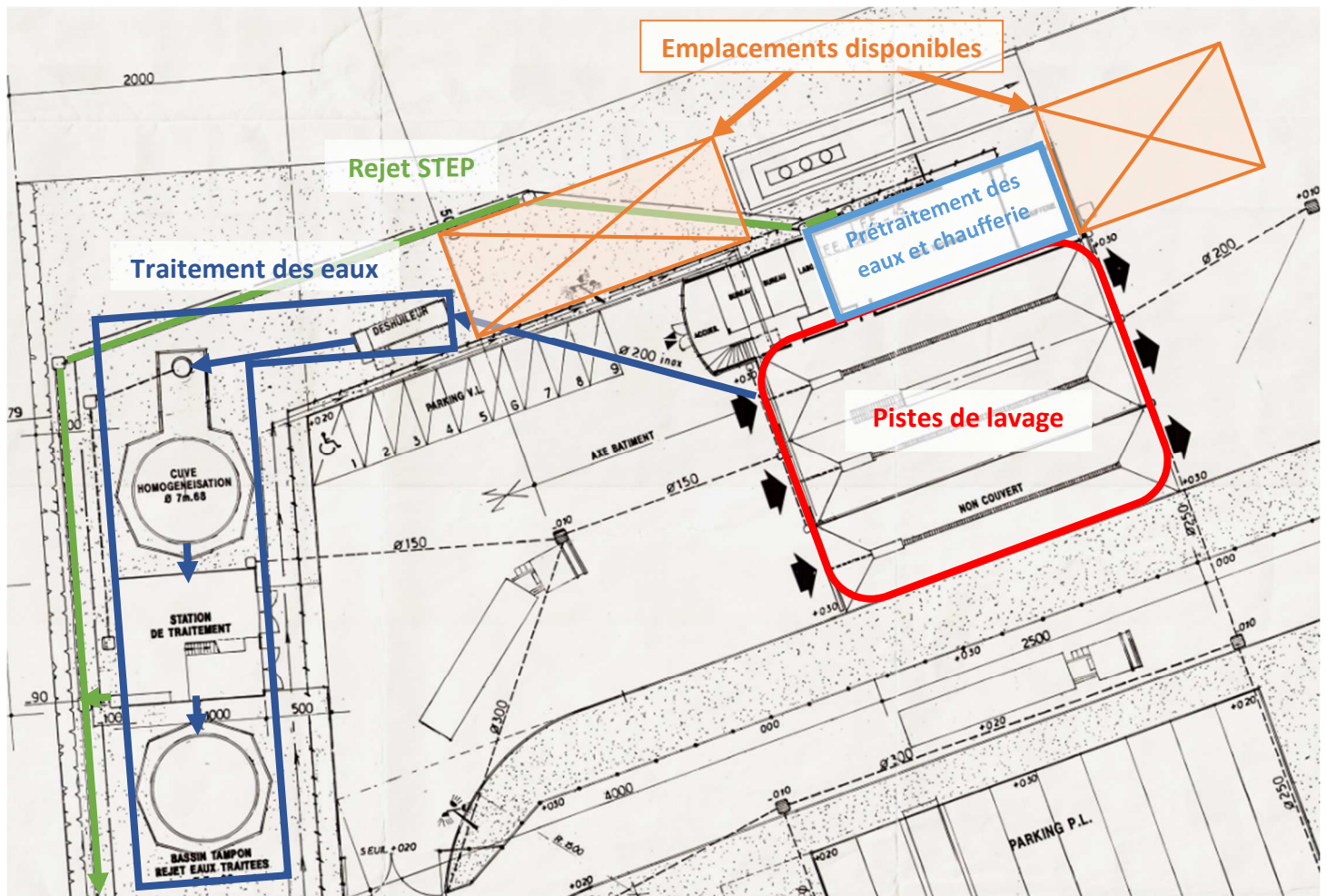


Figure 10 Plan d'ensemble du site XPO Tank Cleaning de Damparis

d. Définition des solutions de traitement envisageables

d-1. Schéma de principe du traitement et du recyclage des eaux

Le schéma ci-après présente la filière complète de traitement et de recyclage des eaux sur le site XPO Tank Cleaning de Damparis. Les nouveaux aménagements (évapoconcentrateur, bassin tampon, pompes, réseau, ...) mis en place apparaissent en vert.

Commentaires :

- L'emprise au sol de la totalité de l'installation est estimée à 90 m².
- L'évapoconcentrateur, raccordé au bassin tampon de 120 m³, aura une capacité nominale de traitement de 30 m³/j, autrement dit de 1,25 m³/h. Son fonctionnement sera continu sur 5 jours. L'évapoconcentrateur pourra fonctionner à une capacité réduite (e.g. 20 m³) s'il y a une baisse de fréquence des lavages réalisés.
- Le distillat produit, c'est-à-dire l'eau traitée, est recyclé dans le procédé au niveau des bâches d'eau chaude et froide. Etant donné que cette eau traitée contient encore des traces d'ions calcium et magnésium et de carbone organique, il s'avère préférable d'éviter son utilisation pour le circuit d'eau de chaudière. Cette dernière nécessite effectivement une eau de qualité très stricte.

d-2. Coûts d'investissement

L'enveloppe budgétaire d'investissement est estimée à 20 % près. Elle comprend :

- Les équipements,
- L'installation de chantier, le transport, le montage, l'électricité et l'automatisme,
- Les canalisations d'effluents (amenée et évacuation),
- Les études du constructeur, la supervision des travaux et la mise en service,
- Les formations aux futurs opérateurs.

Elle ne comprend pas :

- Les études de sols,
- Le génie civil,
- L'assistance à maîtrise d'ouvrage (rédaction du cahier des charges, consultation des entreprises de travaux, suivi de chantier, assistance aux opérations de réception, essais de garantie...),
- Les missions de contrôleur technique et de coordonnateur sécurité,

L'enveloppe d'investissement est estimée entre 600 et 700 k€ HT.

La variation de cette enveloppe est en partie due à la nature des matériaux utilisés. Dans le cadre de la consultation d'entreprises de travaux spécialisés, il sera nécessaire de réaliser des essais complémentaires, en particulier en raison de la variabilité de qualité des effluents prétraités. La nature des matériaux, et donc l'enveloppe budgétaire pourra alors être affinée. Pour un montant de l'ordre de 600 k€ HT, l'aide de l'Agence de l'Eau RMC devrait, à priori, être de 50 % (à confirmer par les services compétents), ce qui laisserait un investissement nécessaire de 300 k€ HT.

d-3. Coûts d'exploitation

Les coûts d'exploitation ci-dessous sont présentés en prenant en compte les hypothèses suivantes :

- Le volume moyen traité est de 20 m³/j,
- Le temps consacré par le personnel (interne) au suivi des équipements est estimé à 10h par semaine (52 semaines par an) et le coût horaire du personnel est de 30€ HT/h,
- Le coût du kWh est de 0,07 € HT,
- Le coût des réactifs (acide nitrique, soude, antimousse),
- Le coût d'amortissement est basé sur le coût d'investissement (hypothèse de 600 k€) auquel est appliqué une subvention de 50 % (à confirmer par l'AERMC), et amorti sur 15 ans.

Coûts d'exploitation	En € HT/an
Personnel	16 000
Energie	19 000
Réactifs	7 000
Entretien/renouvellement	36 000
Coûts d'exploitation en €	78 000
Amortissement sur 15 ans	20 000
TOTAL avec amortissement	98 000

e. Synthèse de l'étude

La filière de traitement et de recyclage des eaux usées du site XPO Tank Cleaning de Damparis a été définie en se basant sur l'analyse des relevés des volumes d'eau prélevée et rejetée et sur les essais de traitabilité réalisés au laboratoire (effectués à partir d'un échantillon prélevé sur site).

L'analyse des données et des mesures a permis de montrer la nécessité de traiter un volume d'eau moyen de 20 m³/j pour se conformer aux normes de rejet et de prélèvement. La filière de traitement la plus pertinente qui a été retenue est présentée ci-après :

- Un évapoconcentrateur, d'une capacité nominale de 30 m³/j fonctionnant en continu, permettant d'éliminer la quasi-totalité de la pollution soluble et insoluble de l'eau en sortie du prétraitement physicochimique actuel,
- Une cuve de stockage de l'eau traitée (distillat) de 90 m³, avec une capacité tampon égale à 3 jours de production,
- Une injection de l'eau traitée couplée à l'eau de forage prélevée, en direction des baches d'eaux chaude et froide du site,
- Un recyclage des concentrats de l'évapoconcentration vers la filière existante de prétraitement physicochimique.

Il y aura ainsi à disposition 60 m³ d'eau de forage et 30 m³ d'eau recyclée, soit un total maximal de 90 m³ d'eau journalier pour les activités du site. Les rejets d'eau vers la station communale seront alors de 60 m³/j.

Cette filière peut être intégrée dans l'espace disponible mis à disposition. L'investissement nécessaire est compris entre 600 et 700 k€ HT et le coût d'exploitation annuel est estimé à 78 k€ HT/an hors amortissement.

