



ETUDE D'AVANT-PROJET DETAILLE POUR LA MISE EN PLACE D'UNE STATION D'EPURATION PAR FILTRES PLANTES A ROSEAUX POUR LA COMMUNE D'ANCE-FEAS, FRANCE

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE MASTER
SPECIALITE : EAU ET ASSAINISSEMENT

Présenté et soutenu publiquement le 25 Janvier 2021 par

Cendrine Sandra Myriam TAPSOBA (2013 1348)

Directeur de mémoire : Monsieur Harinaivo Anderson ANDRIANISA, Maitre de Conférences, Enseignant-chercheur en Eau et Assainissement Urbain 2iE

Encadrant INSA : Professeur Etienne PAUL, Enseignant-chercheur en Génie de procédés et Environnement INSA Toulouse

Maître de stage : Laurent D'EYSSAUTIER, Chargé d'affaires au Cabinet ARRAGON dans le département Traitement des Eaux Usées

Structure d'accueil du stage : Cabinet ARRAGON

Jury d'évaluation du stage :

Président : Pr .Yacouba KONATE
Membres et correcteurs : Pr. Hariniavo A .ANDRIANISA
Dr. Seyram SOSSOU

Promotion [2020/2021]

DEDICACES

A ma mère Feu Nathalie TAPSOBA,

A mon père Théophile Lincoln TAPSOBA,

A ma sœur Sarah TAPSOBA,

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet,

Merci pour tout.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je remercie le Seigneur Dieu tout-puissant pour toutes ses grâces.

Mes remerciements vont à l'endroit de :

- L'Institut International de l'Eau et de l'Environnement (2iE) ;
- L'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse (INSA Toulouse) ;
- Dr Harinaivo A. ANDRIANISA, Maître de Conférences, Chef du Département Génie de l'Eau de l'Assainissement et de l'Aménagement Hydro-Agricole (GEAAH), mon encadreur qui malgré son emploi du temps chargé ma soutenue et aidé tout au long de cette étude. Un grand merci pour ses conseils précieux et pour son soutien indéfectible ;
- Pr Etienne PAUL, Enseignant-Chercheur en Génie des Procédés et de l'Environnement; pour sa disponibilité malgré ses nombreuses occupations (INSA Toulouse) ;
- M. Xavier LEQUEUX, Directeur régional sud-ouest méditerranée du Groupe Merlin ;
- Laurent D'EYSSAUTIER, chargé d'études du pôle traitement des eaux usées au cabinet Arragon, mon maître de stage pour l'encadrement dont j'ai bénéficié pour l'attention, la disponibilité dont il a fait preuve ainsi que le suivi pendant la période de stage ;
- Amandine REGUENA, Ingénieur chargé d'études au Cabinet Arragon dans le pôle traitement des eaux usées ;
- Tout le personnel enseignant de la fondation 2iE pour la qualité de la formation reçue au cours de ces années et également merci pour la formation effectuée à l'INSA Toulouse ;
- Le président du jury et tous les membres du jury, pour avoir accepté de participer à l'évaluation de travail ;

Je remercie mes chers amis Lucie ZAGRE, Aimé DOULKOM, Aurelio PILARTES pour la motivation et le soutien qu'ils m'ont apportés et particulièrement Derrick KADZA pour son soutien durant les moments difficiles.

Je remercie enfin tous mes collègues de la promotion S10A 2019-2020.

RESUME

Un diagnostic du système d'assainissement (réseau et station d'épuration) a été réalisé dans la commune d'Ance-Féas en 2016/2017. Ce dernier a révélé la présence d'eaux claires parasitaires notamment en temps de pluie, des dépassements au niveau de certains paramètres tels que la DCO et surtout la nécessité de remplacer les deux stations existantes.

C'est dans ce contexte que se situe cette étude qui a pour objectif général de réaliser une étude d'avant-projet détaillé de construction d'une seule station d'épuration par filtres plantés de roseaux pour les deux communes, qui ont été fusionnées le 1^{er} Janvier 2017. Au cours de cette étude la première phase a consisté à une revue documentaire sur le système filtres plantés de roseaux et pour finir nous avons dimensionné les ouvrages de la station d'épuration. Elle a été dimensionnée pour 500 équivalent-habitants, recevant un débit journalier de 140 m³/j. Le relevage des eaux dégrillées d'entrefer 40 mm se fera par un poste, suivi de l'alimentation des eaux au 1^{er} étage des filtres constitués de 6 casiers de 100m² (L=14,29 m ; l=7m) puis dans le 2^{ème} étage constitués de 4 casiers de 100 m² (L=14,29m ; l=7m) chacun. Cependant, les sous-produits obtenus permettront une valorisation agricole. Après évaluation financière le coût d'investissement reviendrait à **389 386,67 euros** hors taxe ainsi qu'un coût d'exploitation de **2 318 euros/an**.

La réhabilitation du réseau ainsi que la construction d'une station contribueront à la préservation du milieu récepteur « le VERT », des ressources en eau souterraine, de la faune et de la flore.

Mots Clés :

-
- 1-Ance-Féas (France)**
 - 2-Collectivités**
 - 3-Eaux usées domestiques**
 - 4- Filtres**
 - 5 –Roseaux**

ABSTRACT

A diagnosis of the sanitation system (network and treatment plant) was carried out in the town of Ance-Féas in 2016/2017. This evaluation revealed the presence of clear parasitic water, particularly in rainy weather, overruns in certain parameters such as COD and above all the need to replace the two existing stations.

It is in this context that this study is situated, the general objective of which is to carry out a detailed preliminary design study for the construction of a single purification plant by filters planted with reeds for the two communes, which was merged on January 1, 2017. During this study, the first phase consisted of a documentary review on the filter system planted with reeds and finally we dimensioned the works of the treatment plant. It was designed for 500 population equivalents, receiving a daily flow of 140 m³/d. The water will be lifted by a previously screened station with an air gap of 40 mm, followed by the water supply on the 1st floor of the filters made up of 6 100 m² racks (L=14.29m; W=7m) then on the 2nd floor made up of 4 100 m² racks (L=14.29m; W=7m) each. The by-products obtained will allow an agricultural valorization. After financial evaluation, the investment cost would be 389,386.67 euros as well as an operating cost of 2,318 euros/year.

The rehabilitation of the network as well as the construction of a station will contribute to the preservation of the environment « le VERT », groundwater resources, fauna and flora.

Key words:

1 – Ance-Féas

2 - Communities

3 – Domestic waste water

4 - Filters

5 –Reeds

LISTE DES ABREVIATIONS

Cp	: Coefficient de pointe
DBO ₅	: Demande biochimique en oxygène
DCO	: Demande chimique en oxygène
Dint	: Diamètre intérieur
Dth	: Diamètre théorique
DN	: Diamètre nominal
EH	: Equivalent-habitant
EUS	: Eaux usées strictes
ECPP	: Eaux claires parasites permanentes
ECPM	: Eaux claires parasites météoriques
FPR	: Filtres plantés de roseaux
Mg/l	: Milligrammes par litres
MES	: Matière en Suspension
m ²	: Mètre carré
m ³	: Mètre cube
m ³ /j	: Mètre cube par jour
m ³ /h	: Mètre cube par heure
NTK	: Azote Kjeldahl
Pt	: Phosphore total
SDA	: Schéma d'assainissement directeur
STEP	: Station d'épuration
U	: Unité

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES ABREVIATIONS	v
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES FIGURES	ix
I. INTRODUCTION	1
II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE	2
1. Présentation de la structure d'accueil.....	2
a) Le Groupe Merlin	2
b) L'organisme d'accueil : Le Cabinet Arragon	2
2. Présentation de la zone d'étude	2
III. PRESENTATION DU PROJET	4
1. Contexte	4
2. Justification du choix de la filière par filtres plantés de roseaux	5
3. Etat de l'art	5
4. Contexte réglementaire	9
5. Normes de rejet	9
6. Données de base	14
IV. METHODOLOGIE DE CONCEPTION	11
1. Recherche documentaire	11
2. Diagnostic de l'état du site d'installation de la station.....	11
3. Traitement des données	11
V. ETUDE TECHNIQUE	12

1. Introduction	12
2. Présentation de la filière	12
3. Dimensionnement des ouvrages de traitement.....	14
a) Dégrillage.....	17
b) Le premier poste de relevage (1 ^{er} étage des filtres)	18
c) Alimentation des filtres.....	23
d) Dimensionnement des filtres.....	24
4. Réseau d'alimentation	34
5. Collecte en fond de filtres	35
6. Etanchéité	35
7. Comptage des eaux traitées	35
8. Devenir des boues	36
9. Devenir des roseaux faucardés	36
VI. ETUDE FINANCIERE	40
1. Coût d'investissement	40
2. Coût d'exploitation.....	41
VII. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL.....	43
1. Introduction	43
2. Rappel du cadre législatif, réglementaire régissant le projet (notice d'impact ou étude d'impact)	43
3. Rappel des composantes et phases du projet.....	45
4. Identification et évaluation des impacts	45
5. Mesures d'atténuations du projet	49
VIII. PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL.....	50
IX. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	51
BIBLIOGRAPHIE.....	52
ANNEXES	53

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Normes de rejets de l'arrêté du 21 juillet 2015	10
Tableau II : Performances de rejet sur la filière filtres plantés de roseaux (Cahier des Clauses Techniques Particulières des filtres plantés de roseaux. CCTP, 2007)	10
Tableau III : Tableau récapitulatif des données de dimensionnement	17
Tableau IV : Production de déchets provenant du panier dégrilleur	18
Tableau V : Paramètres de dimensionnement du poste de relevage du 1 ^{er} étage	18
Tableau VI : Dimensions du poste de relevage	19
Tableau VII : Paramètres de dimensionnement	24
Tableau VIII : Dimensions des filtres du premier étage	26
Tableau IX : Composition du massif filtrant au premier étage	30
Tableau X : Dimensions des filtres au 2 ^{ème} étage	30
Tableau XI : Composition du massif filtrant du 2 ^{ème} étage	34
Tableau XII : Paramètres du canal de venturi	35
Tableau XIII : Devis estimatif et quantitatif	40
Tableau XIV : Estimation du Coût d'exploitation de la filière filtres plantés de roseaux	42

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte de la commune d'Ance-Féas	3
Figure 2 : Site d'implantation de la future station d'épuration	3
Figure 3 : Coupe transversale d'un FPR à écoulement vertical au 1 ^{er} étage	8
Figure 4 : Coupe transversale d'un FPR à écoulement vertical au 2 ^{ème} étage	8
Figure 5 : Synoptique de la filière filtres plantés de roseaux	13
Figure 6 : Coupe transversale du synoptique de la filière FPR	14
Figure 7 : Schéma du poste de relevage	18
Figure 8 : Point de fonctionnement de la pompe	23
Figure 9 : Plan d'aménagement de la station	39

I. INTRODUCTION

Selon l'agence de l'eau du Bassin Rhin-Meuse (2007), malgré les efforts réalisés ces dernières années, l'épuration des eaux usées, nécessité reconnue de tous, reste en France un enjeu majeur pour permettre la préservation ou la reconquête de la qualité des milieux naturels et le respect des échéances communautaires. Alors que pour les grandes collectivités, l'équipement en station d'épuration est désormais réalisé, ce n'est pas nécessairement le cas de nombreux villages. Selon Eau France (2019) en 2016, la France comptait 21 474 stations de traitement des eaux usées ayant une capacité épuratoire de 103 millions d'EH par jour. Près de 80% des usines d'épuration en service sont de faible capacité ($\leq 2\ 000$ EH) et ne traitent qu'une part très limitée (8%) de la capacité totale de traitement installée en France (Marquay J, 2015). C'est dans cette optique, que des schémas directeurs d'assainissement (SDA) sont mis en place dans le but de définir des actions destinées à améliorer la gestion et le fonctionnement du système d'assainissement collectif des eaux usées. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet intitulé « Etude d'avant-projet détaillé pour la mise en place d'une station d'épuration par filtres plantés de roseaux sur la commune d'Ance-Féas ». Un SDA a été réalisé en 2016-2017 sur les deux communes mettant en avant un apport d'eaux claires parasites notamment par temps de pluie et la vétusté des deux stations existantes sur chaque commune. La station est prévue afin de tenir compte de la fusion des deux anciennes communes d'Ance et Féas (le 1er janvier 2017). L'objectif de ce travail est de mettre en place une station d'épuration par filtres plantés de roseaux afin de contribuer aux objectifs d'amélioration de la qualité des milieux aquatiques. Pour ce faire nous évaluerons en premier lieu, l'étude technique de la mise en place d'une filière à filtres plantés de roseaux, ensuite une étude financière de la variante proposée et enfin évaluer l'impact environnemental et social qu'un tel système pourrait engendrer.

II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

1. Présentation de la structure d'accueil

Le Groupe Merlin

Le groupe Merlin a été créé en 1922 à Lyon par Marc Merlin dans le but de renforcer l'accès à l'eau pour tous. Ses missions principales étaient la production et la distribution d'eau potable sur le territoire. Viendront s'ajouter la dimension eaux usées en 1930, puis la collecte de déchets en 1950, les voiries et réseaux de distributions (VRD) en 1985, le traitement des déchets en 1990 et enfin les aménagements urbains et les transports dans les années 2000. C'est aujourd'hui Pierre et Patrick Merlin qui sont à la tête de cette entreprise familiale.

L'organisme d'accueil : Le Cabinet Arragon

Le Cabinet Arragon est un cabinet de maîtrise d'œuvre spécialisé dans l'ingénierie et le conseil en infrastructures. Installée depuis 1936 à Toulouse, filiale du groupe Merlin. Cette agence représente la direction régionale Sud-Ouest Méditerranée du groupe.

Aujourd'hui ses activités sont diversifiées et 80% de son chiffre d'affaires est acquis grâce aux missions réalisées dans les domaines de l'assainissement et de l'eau potable : traitement et réseaux.

2. Présentation de la zone d'étude

Ance-Féas est une commune française située dans le département des Pyrénées-Atlantiques en région Nouvelle Aquitaine. Elle appartient à un climat tempéré océanique. Les hivers restent plutôt doux (6,4°C) avec des gelées qui peuvent toutefois être sévères, les étés sont assez chauds (en août 20,7°C) et orageux. Quant aux précipitations elles sont régulières et conséquentes (au-dessus de 900 mm par an). La commune est notamment traversée par deux principaux cours d'eau : le Vert d'Arette et le Vert de Barlanès qui se rejoignent à Aramits pour former le VERT, affluent du Gave d'Oloron. L'évolution de la population du secteur a connu plusieurs périodes d'augmentation et de diminution. Aujourd'hui le nombre d'habitants est de 612. INSEE(2020)

La parcelle retenue pour la future station d'épuration (STEP) est de relief peu marqué relativement plane (244 mètres NGF).

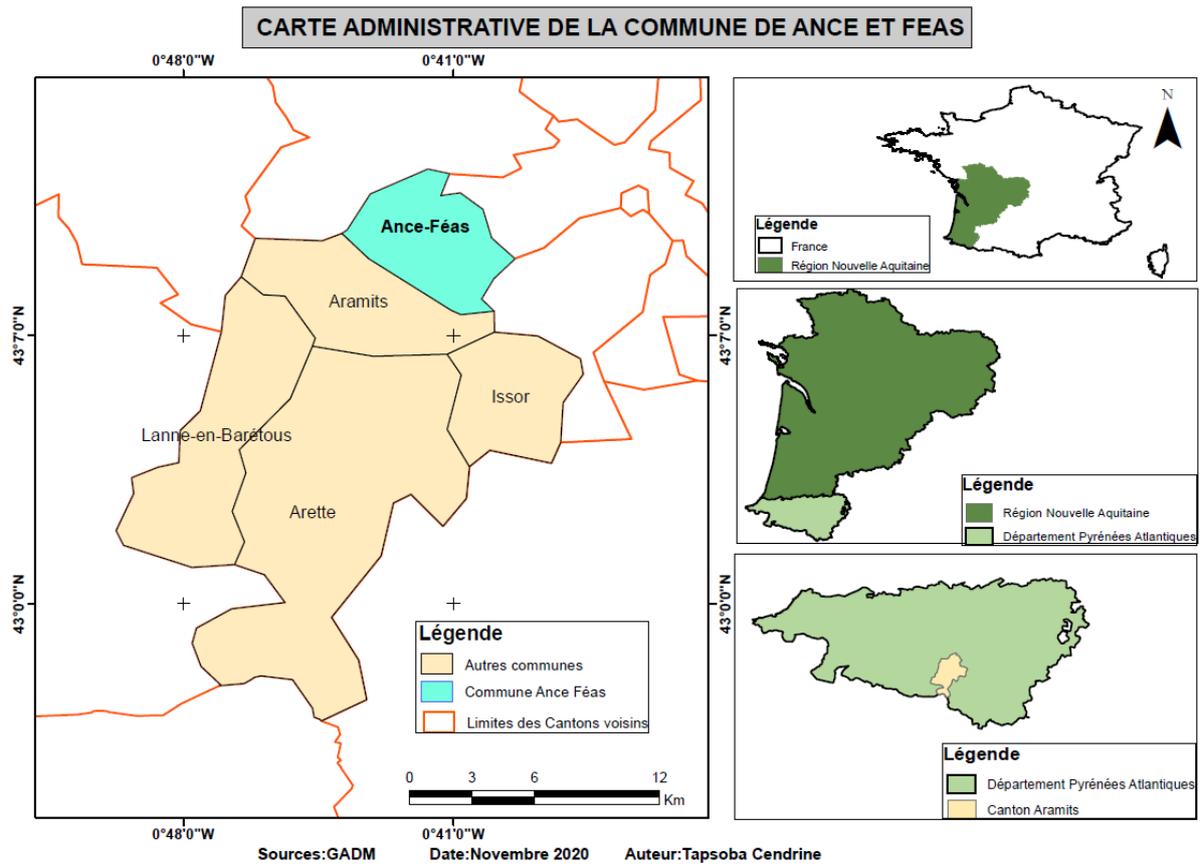


Figure 1: Carte de la commune d'Ance-Féas

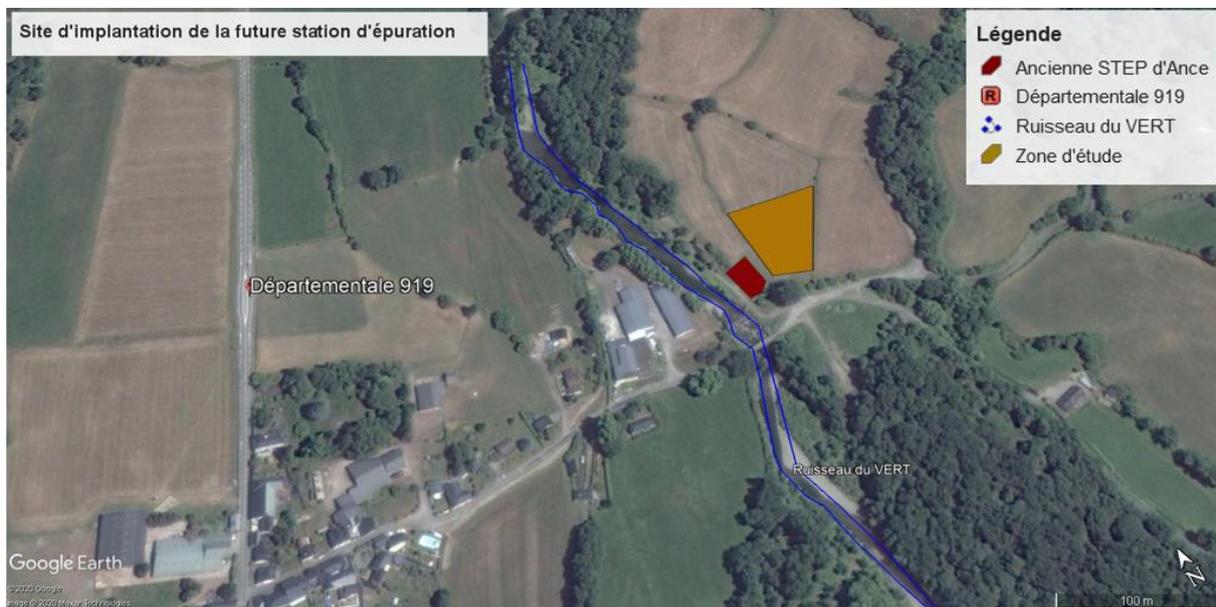


Figure 2 : Site d'implantation de la future station d'épuration

III. PRESENTATION DU PROJET

1. Contexte

Le traitement des eaux usées est un enjeu pour la qualité des ressources en eau et de l'environnement. Depuis la loi sur l'eau du 3 janvier 1992, tout immeuble d'habitation doit être raccordé à un réseau d'assainissement collectif ou d'être doté d'un système d'assainissement autonome. La réglementation imposant aux agglomérations de moins de 2 000 équivalents-habitants (EH) d'assurer un traitement approprié de leurs eaux usées dès lors qu'elles disposent d'un réseau d'assainissement, ces communes devront être rapidement équipées.

Afin de contribuer aux objectifs d'amélioration de la qualité des milieux aquatiques, les installations de traitement des eaux usées sont soumises à des obligations de conformité quant au niveau de traitement. Les cadres réglementaires qui fixent les niveaux de traitement concernent l'ensemble du système d'assainissement, à savoir les réseaux de collecte et les stations d'épuration.

C'est dans ce cadre qu'un diagnostic complet de chacun des systèmes d'assainissement a été réalisé en 2016/2017 (réseau et station) à l'échelle des deux communes d'Ance et Féas. Les 2 schémas directeurs d'assainissement d'Ance et Féas ont mis en évidence un taux important d'eaux claires parasites, notamment par temps de pluie ainsi que la nécessité de remplacer les stations d'épuration obsolètes (équipements et gestion des boues) et également vulnérable au risque d'inondation (station de Féas). Un programme de travaux a donc été établi :

- Opération n°1 : Réhabilitation d'une partie des réseaux d'assainissement et mise en conformité de branchements
- **Opération n°2 : Construction d'une nouvelle station d'épuration mutualisée d'une capacité de 500 EH et déconstruction des deux stations d'épuration existantes.**
- Opération n°3 : Création du réseau de transfert des eaux usées vers la nouvelle station d'épuration.

Le présent rapport concerne l'opération n°2.

Sur la base des contraintes parcellaires, il est envisagé de créer une seule station d'épuration à filtres plantés de roseaux.

2. Justification du choix de la filière par filtres plantés de roseaux

Concernant le choix de la filière il faut dire que lors du diagnostic le schéma directeur d'assainissement (SDA) à proposer plusieurs filières parmi lesquels figurait les filtres plantés de roseaux (FPR). Le choix du mode de traitement revenait au maître d'œuvre qui devait justifier la filière choisie. Le cabinet Arragon à préconiser cette filière car elle a déjà eu à la mettre en pratique pour de petites collectivités.

Le traitement des effluents par des filières extensives s'avère donc particulièrement judicieux pour les collectivités rurales. Ce choix se justifie principalement par la **rusticité** des systèmes extensifs, c'est à dire leur simplicité de fonctionnement ainsi que les faibles coûts et contraintes inhérents à leur exploitation.

La filière FPR est particulièrement en vue sur le marché depuis quelques années. A cela plusieurs raisons :

Par exemple, les systèmes à macrophytes nécessitent moins de surface que le lagunage, et le niveau de traitement est plus élevé. Le développement des roseaux réduit le processus de colmatage et permet de traiter des effluents bruts (absence de décantation primaire). Un autre facteur est l'aspect esthétique, voire « écologique », trouvant un écho particulier auprès des collectivités rurales. Aussi la gestion des boues est simplifiée et très réduite

C'est donc dans ce cadre qu'il a été proposé, en conclusion du schéma directeur, la création d'une seule station d'épuration par filtres plantés de roseaux d'une capacité de 500 EH traitant les effluents collectés par les réseaux des deux bourgs.

3. Etat de l'art

Mis au point dans les années 80 (Molle P, 2012) par l'institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (IRSTEA), les FPR représentent la solution de traitement des eaux usées la plus adaptée aux petites collectivités en France. Avec plus de 4000 installations, les FPR constituent aujourd'hui, la filière phare du traitement des eaux usées domestiques (Eau France, 2018). Dans le document technique Fonds National du Développement des Adductions d'Eau potable (FNDAE) relatif aux filières d'épuration adaptées aux petites collectivités (Alexandre O, 1998) recommande une application du système pour des **capacités** allant de **200 à 1000 EH**. Il peut être cependant préconisé pour un domaine

d'application plus large, compris entre **50 et 2000 EH**. Au-delà de **2000 EH**, la filière n'est pas compétitive par rapport aux filières intensives, il s'agit d'une limite à la fois **technique** et **économique**. Selon l'office international de l'eau (OIE, 2011), les FPR sont des procédés d'épuration utilisant les cultures fixées sur support fin. Ils combinent deux mécanismes : **filtration** et **dégradation biologique** de la matière organique. Pour notre étude nous présenterons les filtres à écoulement vertical pour plusieurs raisons. Selon le centre d'étude du machinisme agricole et du génie rural des eaux et forêts (CEMAGREF, 2007) les stations d'épuration à flux vertical sont souvent constituées au minimum de deux étages en série eux – mêmes constitués de deux ou trois filtres en parallèle. L'Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse (2005) signifie que la mise en place d'un FPR sur une station nécessite une surface de terrain importante. Nous avons ainsi identifié **l'emprise au sol** comme le premier facteur limitant, car si la surface disponible du site d'implantation est inférieure à **4m²/EH**, il n'est aucunement envisageable de mettre en œuvre un FPR. Puis vient la dénivelée non comme un critère de choix sur le système de traitement à adopter, mais comme le paramètre déterminant le mode de fonctionnement de la station. Un filtre vertical à 2 étages nécessite une dénivelée de 4 m. Le filtre vertical est dimensionné à **2 m²/EH**. Ces ratios, déterminés de manière empirique, correspondent à la pratique actuelle et aux recommandations faites par le CEMAGREF. Les matériaux composant le massif filtrant sont constitués de graviers ou de sables. Au 1^{er} étage les filtres verticaux sont constitués de trois couches de graviers selon la granulométrie suivante : gravier de 2 à 8 mm ; gravier de 3 à 20 mm et de 20 à 60 mm. Le 2^{ème} est constitué d'une couche de sable de 0,25 à 0,40 mm et de deux couches de graviers de 5 à 10 mm et de 20 à 40mm (Cooper P, 1998). La composition du matériau peut également influencer le traitement par sa capacité à adsorber le phosphore ou encore les métaux lourds. Les FPR n'ont pas pour objectif de traiter ces types de pollution et ne sont pas conçus pour y parvenir. Néanmoins, des travaux menés actuellement par le CEMAGREF visent à rechercher des types de matériaux capables **d'adsorber efficacement le phosphore**. Les stations à filtres plantés permettent d'atteindre le **niveau D4 de la circulaire du 17 février 1997**, soit une concentration moyenne en sortie sur 24 heures \leq à **25 mg/L de DBO₅**, \leq **125 mg/L de DCO**, \leq **35 mg/L de MES**. On note que les performances réelles sont souvent meilleures. Pour un lit à écoulement vertical (Molle et al., 2004) on peut obtenir en sortie des performances \leq à **15 mg/L en MES**, \leq **15 mg/L en DBO₅**, et \leq à **8mg/L en NTK**. L'abattement des germes témoins de contamination fécale est limité dans les filtres verticaux en raison du transit rapide. Un abattement **d'une à deux unités logarithmiques** est toutefois réaliste. D'après André (2010) ,la conception tiendra

compte également des périodes de froids. Le 1^{er} étage continue de traiter normalement les MES et la matière organique jusqu'à -15°C. Il n'y a en revanche aucune contrainte pour les climats chauds en France Métropolitaine. Cooper P et al (1996) affirmaient que plusieurs variétés de macrophytes tels que les roseaux, les massettes, les joncs, les iris peuvent être potentiellement utilisées pour les FPR. Cependant, **les roseaux sont les végétaux qui présentent les propriétés biologiques et physiques les mieux adaptées à ces systèmes** (Molle, 2003). Ce sont les plus répandus et les plus utilisés de tous les végétaux aquatiques. L'espèce utilisée est *Phragmites australis*, ses propriétés physiologiques et ses rôles dans le système des filtres plantés sont multiples. Les phragmites se développent idéalement à des **températures** comprises entre **12** et **33°C**, et à un pH optimum compris entre **2** et **8**. Les roseaux sont **adaptés à des climats très variés**, les racines et les rhizomes résistent assez bien au froid et peuvent survivre dans des sols temporairement gelés. Néanmoins, les roseaux sont inadaptés à des climats de haute montagne. La **vitesse de croissance élevée** des roseaux permet d'obtenir assez rapidement un développement dense et uniforme sur la surface. Par exemple, selon l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse (2000) à partir d'une densité de plantation de 4 plants/m², il est possible d'obtenir au bout de 2 ou 3 ans une densité de **200 à 300 plantes/m²**. La production de biomasse peut atteindre **40 tonnes** de matières sèches par hectare et par an. Les roseaux présentent naturellement une bonne résistance aux conditions de saturation du sol. **L'été**, les quantités d'eau absorbées et évapotranspirées sont importantes et peuvent atteindre 17 à 18 mm/j. Plusieurs rôles bénéfiques sont attribués aux phragmites dans les filtres plantés. La première utilité est que grâce au développement des rhizomes, des racines et des jeunes tiges, les roseaux garantissent la perméabilité et une bonne aération du massif de filtration. Deuxièmement, les roseaux garantissent indirectement une bonne minéralisation des boues. Le troisième bénéfice des roseaux est l'intérêt esthétique qu'ils présentent, puisqu'ils permettent une bonne intégration paysagère de la station. Le premier faucardage a lieu à partir de la 2^{ème} voire de la 3^{ème} année de mise en service. Ensuite, le faucardage doit être exécuté annuellement, à chaque début d'hiver. Quant aux **rôles majeurs des micro-organismes** sont **la dégradation et la minéralisation de la matière organique**.

L'accumulation de la couche de **boues** sur le filtre varie **de 1 à 1,5 cm/an**. Il est nécessaire de procéder à l'enlèvement des boues lorsque la couche atteint 150 cm d'épaisseur, le curage a donc lieu avec une fréquence moyenne d'un curage tous les dix ans. Ces boues présenteraient une **siccité** d'environ **25 %**.

Les figures 2 et 3 illustrent le processus d'épuration de l'eau travers le massif filtrant au 1^{er} et

2^{ème} étage.

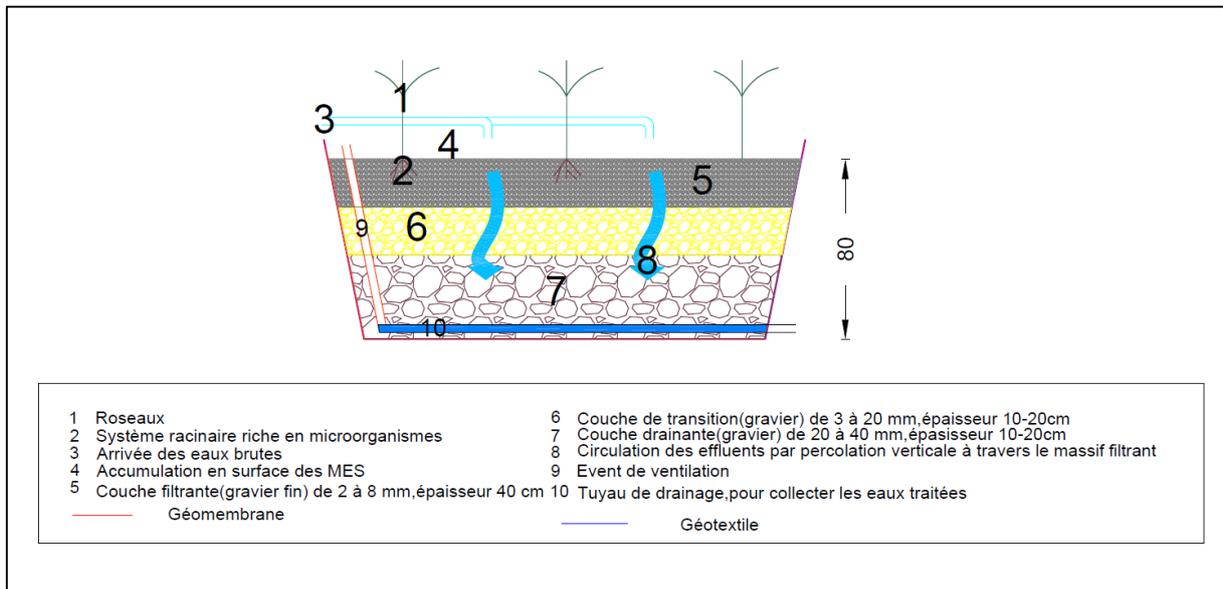


Figure 3 : Coupe transversale d'un FPR à écoulement vertical au 1^{er} étage

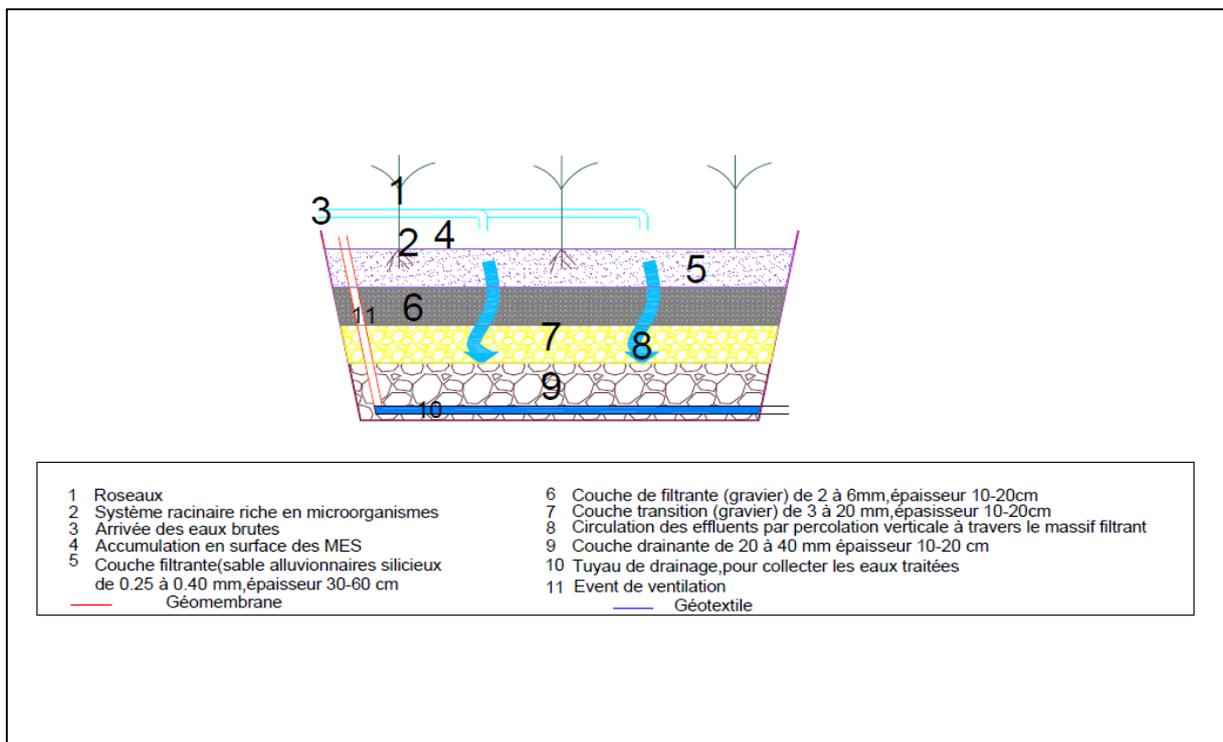


Figure 4 : Coupe transversale d'un FPR à écoulement vertical au 2^{ème} étage

4. Contexte réglementaire

La loi sur l'eau de 1992 réglemente actuellement l'assainissement en France.

L'arrêté du 21 juin 1996 fixe les **prescriptions techniques minimales** relatives aux ouvrages de collecte et de traitement des eaux pour les ouvrages de capacités inférieures ou égales à 2000 EH.

La circulaire n° 97-31 du 17 février 1997 définit **quatre niveaux d'exigences de rejets** pour les ouvrages soumis à déclaration (capacités comprises entre 12 et 120 kg DBO₅/j).

	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
DBO	Rdt ≥ 30%	≤ 35 mg/L		≤ 25 mg/L
DCO			Rdt ≥ 60%	≤ 125 mg/L
MES	Rdt ≥ 50%			
NTK	Rdt ≥ 60%			

D₁ : Traitement primaire sans ajout de réactif (ex : décanteur-digesteur)

D₂ : Lits bactérien, disques biologiques

D₃ : lagunage

D₄ : Lits d'infiltration-percolation, filtres plantés de roseaux, boues activées

5. Normes de rejet

Les performances de la station d'épuration (STEP) devront à minima respecter l'**arrêté du 21 juillet 2015** relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à **120 kg/j de DBO₅**. Ce niveau de rejet minimal est le suivant :

Tableau I : Normes de rejets de l'arrêté du 21 juillet 2015

Paramètres	Concentration maximale en moyenne journalière	Rendement minimum en moyenne journalière	Concentration rédhibitoire en moyenne journalière
DBO ₅	35mg/l	60%	70mg/l
DCO	200mg/l	70%	400mg/l
MES	-	50%	85mg/l

Aucune concentration maximale en moyenne journalière n'est précisée pour les MES dans l'arrêté, il indique uniquement une concentration rédhibitoire en moyenne journalière de 85mg/l et un rendement minimum de 50 %.

Concernant les paramètres NTK et Pt, la valeur des paramètres du rejet seront respectivement de 20 mg/l et 35mg/l. Ces données de concentration des paramètres Azote et Phosphore sont données à titre indicatif, la station n'étant pas située en zone sensible à l'eutrophisation.

NB : La filière FPR permet d'atteindre un niveau d'épuration conforme au niveau **D4 de la circulaire du 17 février 1997**, soit une concentration en moyenne en sortie inférieures ou égales à :

- 25 mg/l de DBO₅
- 125 mg/l de DCO
- 35 mg/l de MES

Mais on note que les performances réelles sont souvent meilleures.

Tableau II : Performances de rejet sur la filière filtres plantés de roseaux (Cahier des Clauses Techniques Particulières des filtres plantés de roseaux. CCTP, 2007)

Filière FPR		
Paramètres	Concentration mg/l	Rendement (%)
DCO	≤ 80	> 88
MES	≤ 20	> 93
NTK	≤ 18	>80

IV. METHODOLOGIE DE CONCEPTION

1. Recherche documentaire

La première phase qui est la recherche documentaire à consister à la collecte d'articles et d'ouvrages issus des revues scientifiques, des organismes (CEMAGREF, Agences de l'Eau,) pendant laquelle l'étape de l'art est réalisée. Au cours de cette recherche nous avons pu identifier la description, le fonctionnement, la conception, les performances d'un tel système ainsi que la réglementation européenne relatives aux ouvrages d'assainissement des petites collectivités.

2. Diagnostic de l'état du site d'installation de la station

Il n'y a pas eu de visite de terrain. La collecte de données sur les études topographiques a été réalisée par Topo-Pyrénées révélant que le site d'implantation de la future STEP est de relief peu marqué.

Les études géotechniques ont été réalisé par GEOTEC (Bureau des sols et fondations) ont révélés la présence d'argile marron et une grave limoneuse.

3. Traitement des données

L'ensemble des données recueillies nous a permis de proposer un système de gestion des effluents qui s'adapte aux conditions du milieu, et qui garantit la durabilité des infrastructures d'assainissement On procède ainsi à une étude détaillée à savoir le dimensionnement de la STEP et des ouvrages annexes. Ce dimensionnement nous a permis de donner les caractéristiques des ouvrages tels que leur surface, longueur, largeur, hauteur. Dans la réalisation de cette étape les logiciels EXCEL, AUTOCAD, ARCHICAD nous ont été utiles.

V. ETUDE TECHNIQUE

1. Introduction

Cette partie de l'étude consiste à dimensionner les ouvrages de la station d'épuration. Elle décrira le fonctionnement de chaque ouvrage ainsi que les dimensions des ouvrages. Pour proposer un procédé de traitement des eaux usées, il faut préalablement disposer de certaines données de base requises pour le dimensionnement telles que :

- Le débit des eaux usées strictes journalier (m^3/j)
- Le Débit moyen des eaux usées journalier (m^3/j)
- Le Débit de pointe des eaux usées strictes (m^3/h)
- Le débit des eaux claires parasites météoriques
- Le débit des eaux claires parasites permanentes
- Charges polluantes (DBO₅, DCO MES, NTK et Pt) (kg/j).

Ensuite nous calculerons les différents ouvrages de la station d'épuration qui comprendront :

- Un prétraitement (Dégrillage)
- Un poste de relevage
- Un traitement biologique (les filtres du 1^{er} et du 2^{ème} étage)

2. Présentation de la filière

Pour le traitement des effluents de la commune d'Ance-Féas, la filière adoptée est le traitement par FPR. Les FPR sont des procédés d'épuration utilisant les cultures fixées sur support fin. Ils combinent deux mécanismes : **filtration** et **dégradation biologique** de la matière organique grâce à la biomasse bactérienne aérobie fixée sur le support non saturé. Pour ce projet nous utiliserons les FPR à écoulement vertical qui sont constitués de deux étages en série eux-mêmes constitués de deux ou trois filtres en parallèle fonctionnant en alternance. L'effluent percole au niveau du 1^{er} étage de traitement essentiellement constitué de graviers à un rôle prépondérant sur l'abattement de la matière carbonée (DBO₅, DCO) et de MES. Il permet également d'effectuer une nitrification partielle (transformation de l'ammonium N-NH₄ en nitrates N-

NO₃). Le 2^{ème} étage constitué de sable et de gravier assure la finition de la qualité du rejet en terme de DCO, MES et complète également la nitrification (Molle, 2011). L'évacuation des eaux s'effectue par un drain placé à l'extrémité opposée du lit au fond et enterré dans une tranchée remplie de pierres drainantes.

Au vu de ce qui précède, la Figure 4 présente le système de traitement d'une station à FPR montrant les différentes phases de traitement. Au niveau du 1^{er} étage nous avons deux files de traitement subdivisées en 3 casiers chacune et aux 2^{èmes} deux files subdivisées en 2 casiers chacun.

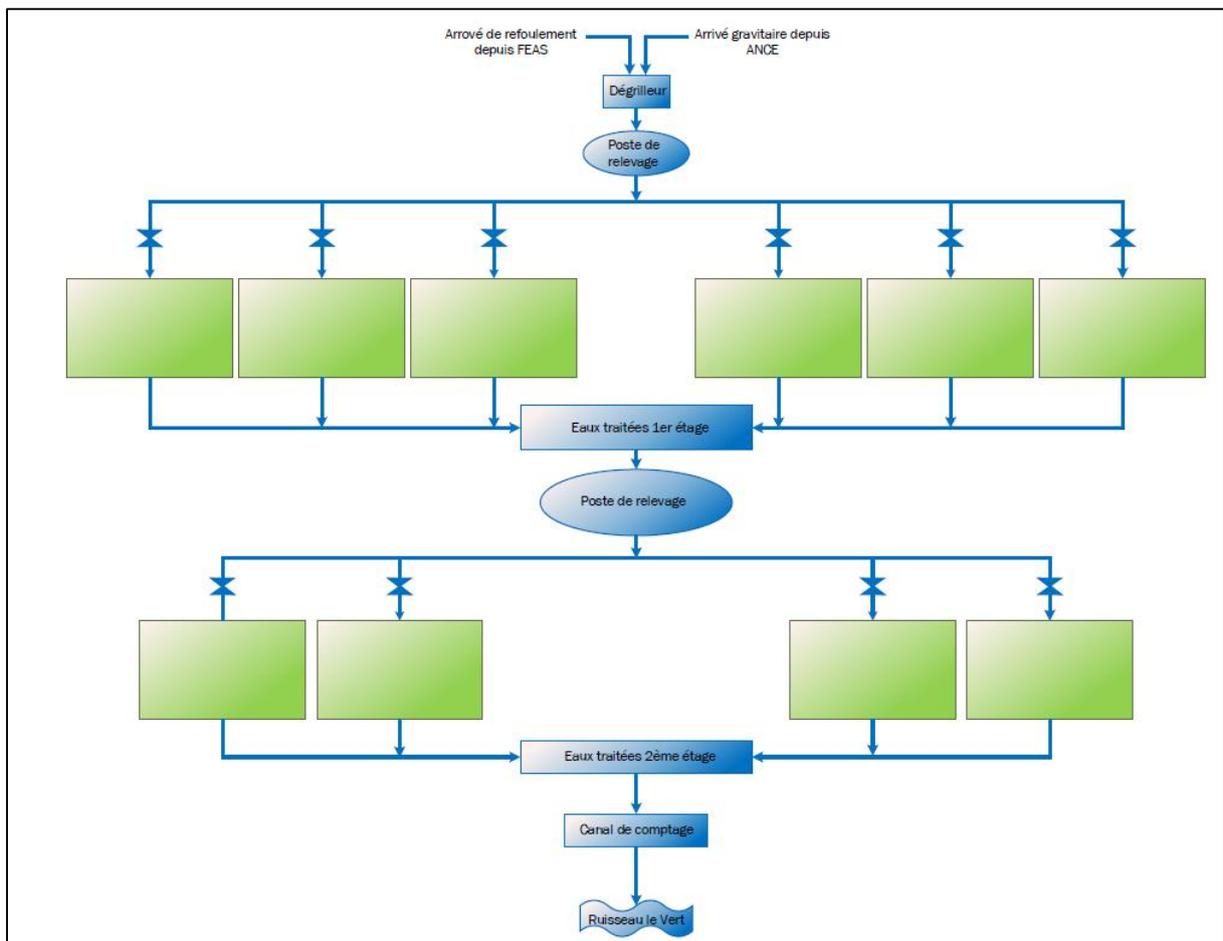


Figure 5 : Synoptique de la filière filtres plantés de roseaux

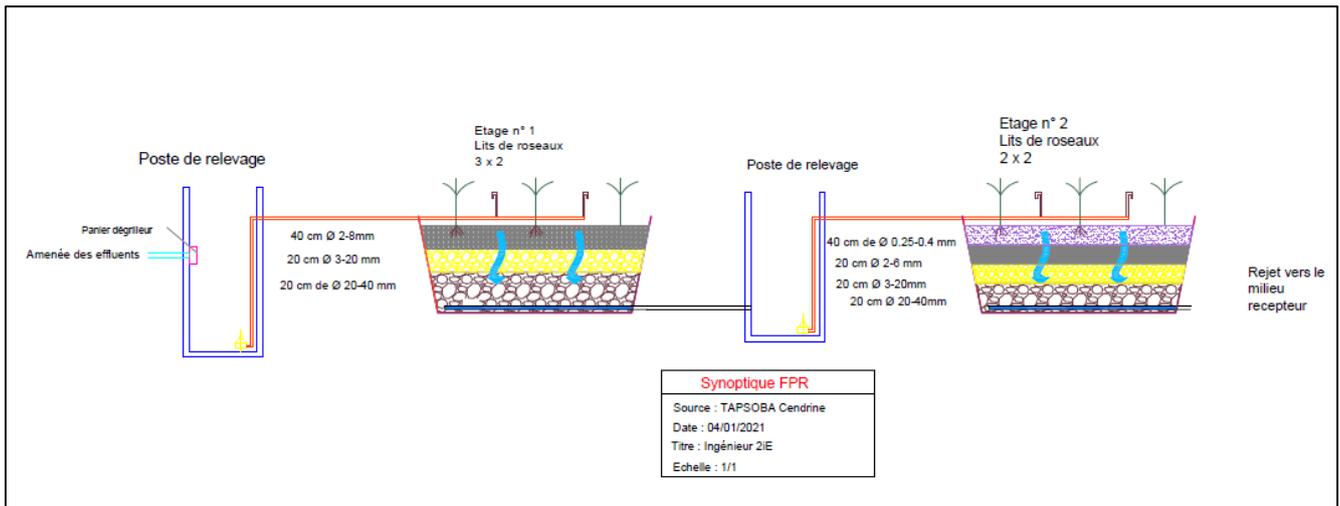


Figure 6 : Coupe transversale du synoptique de la filière FPR

3. Données de base pour le dimensionnement

Les données de base retenues pour cette étude sont les suivantes :

- Le nombre d'équivalents habitant est de 500EH
- La consommation journalière par habitant est de 150l/hab/j

Les charges de pollution à traiter pour une eau usée domestique donnée par la directive européenne du 21 mai 1991 sont les suivantes :

- DBO₅ : 60 g/j/hab.
- DCO : 120 g /j/hab.
- MES : 90 g /j/hab.
- NTK : 15 g/j/hab.
- P_t : 4g/j/hab.

4. Dimensionnement des ouvrages de traitement

Pour ce faire nous présenterons les flux hydrauliques et massiques qui nous permettront de dimensionner chaque ouvrage de la filière de traitement.

Afin de rester sur un dimensionnement sécuritaire les efforts de réduction des ECPP et de réduction de surfaces actives qui seront réalisés dans le cadre de l'opération n°1 de réhabilitation des réseaux actuels ne sont pas prises en compte dans le dimensionnement : une

réduction de 80% des ECPP et ECPM actuelles a donc été prise comme hypothèse selon les retours d'expériences du cabinet Arragon, maître d'œuvre de l'opération.

❖ Estimations des Eaux Usées Strictes (EUS)

➤ Débit des eaux usées strictes journalier (Q_{eusj})

Le débit des eaux usées strictes est la quantité d'eau usée rejetée par jour par les habitants, il se calcule selon la formule suivante

$$Q_{eusj} = N * C_j$$

Où :

N : Nombre d'habitants est de 500 EH

C_j : Consommation d'eau journalière est de 150 L/j/EH

$$Q_{eusj} = 500 * 0,15 \text{ (m}^3\text{/j)}$$

Le débit des eaux usées strictes est **75 m³/j**

➤ Débit moyen horaire des eaux usées strictes (Q_{eusm})

Le débit moyen horaire eaux usées strictes est le débit d'eau usée que reçoit la STEP par heure.

$$Q_{eusm} = \frac{Q_{eusj}}{24} \text{ (m}^3\text{/h)}$$

$$Q_{EUSm} = \frac{75}{24} = 3,13 \text{ m}^3\text{/h}$$

Le débit moyen horaire des eaux usées strictes est **3,13 m³/h** qui est égale à **0,87 l/s**

➤ Débit de pointe horaire temps sec eaux usées strictes (Q_{peus})

Le débit de pointe horaire est défini par la relation suivante :

$$Q_{peus} = C_p * \text{débit moyen horaire (} Q_{peus} \text{)}$$

Déterminons le coefficient de pointe :

$$C_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{meus}(\frac{l}{s})}} \quad C_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{0,87}} \quad C_p = 4$$

$$Q_{pmeus} = 4 * 3,13 \text{ (m}^3\text{/h)} = 12,52 \text{ m}^3\text{/h}$$

Le débit de pointe horaire eaux usées strictes est de **12,52 m³/h**.

❖ Estimations des eaux claires parasites météoriques (ECPM)

Les ECPM sont les intrusions d'eaux pluviales dans un réseau d'assainissement « eaux usées » qui peuvent avoir plusieurs origines telles que les branchements incorrects de gouttières ou autre ouvrages (raccordement incorrect d'avaloir).

Pour calculer le **débit journalier** et le **débit horaire des ECPM** nous avons besoin des données ci-dessous :

}	Pluie mensuelle 24 h : 22,8 mm
	Pluie mensuelle 1h : 6,5 mm
	Surface active actuelle des deux communes (1,67ha) réduite de 80% : 3 300m ² (0,33ha)

➤ **Le débit journalier des eaux claires parasites météoriques (Q_{ecpm24h})**

Le débit journalier des ECPM est donné par la formule suivante :

$$Q_{ecpm24h} = S_a * P_{24h} \text{ (m}^3\text{/j)}$$

$$Q_{ecpm24h} = 0,33 * 10\ 000 * 22,8 * 10^{-3} = 75 \text{ m}^3\text{/j}$$

Le débit journalier des ECPM est égal à **75 m³/h**

➤ **Débit horaire eaux claires parasites météoriques (Q_{ecpm1h})**

Le débit horaire des ECPM est déterminé par la formule suivante :

$$Q_{ecpm1h} = S_a * P_{1h} \text{ (m}^3\text{/h)}$$

$$Q_{ecpm1h} = 0,33 * 10\ 000 * 6,5 * 10^{-3} = 21 \text{ m}^3\text{/h}$$

Le débit horaire des ECPM est égal à **21 m³/h**.

❖ **Estimations des eaux claires parasites permanentes (ECPP)**

Les ECPP sont les eaux parasites d'infiltration diffuses de la nappe qui peuvent s'introduire au niveau des anomalies des réseaux (cassures, fissures, etc.).

➤ **Le débit des eaux claires parasites permanentes (Q_{ecpp})**

Le débit des ECPP est déterminé par la formule suivante :

L'apport journalier d'ECPP actuel est de 19,4m³/j réduit de 80%.

Le débit des ECPP est égal à **4 m³/h**.

➤ **Débit des eaux claires parasites permanentes (Q_{ecpp})**

Le débit moyen horaire des ECPP est déterminé par la formule suivante :

$$Q_{ecpp} = \frac{Q_{ecpp}}{24} (\text{m}^3/\text{h})$$

$$Q_{ecpp} = \frac{4}{24} = 0,17 \text{ m}^3/\text{h}$$

Le débit des ECPP est égal à **0,17 m³/h**

Le récapitulatif des résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau III : Tableau récapitulatif des données de dimensionnement

Capacité	EH	500
Charges hydrauliques		
Débit journalier temps sec	m ³ /j	79
Débit de pointe horaire temps sec	m ³ /h	12,7
Débit journalier temps pluie	m ³ /j	154
Débit de pointe horaire temps pluie	m ³ /h	34
Charges organiques		
Ratio en DBO ₅	60	g/j/hab
Charge journalière en DBO₅	kg/j	30
Ratio en DCO	120	g/j/hab
Charge journalière en DCO	kg/j	60
Ratio en MES	90	g/j/hab
Charge journalière en MES	kg/j	45
Ratio en NTK	15	g/j/hab
Charge journalière en NTK	kg/j	7,5
Ratio en P _t	4	g/j/hab
Charge journalière en P_t	kg/j	1,5

NB : Nous observons un débit journalier temps de pluie très élevé de 154 m³/h du aux intrusions d'eaux pluviales dans le réseau.

Dégrillage

Le comité de pilotage a fait le choix de ne pas disposer de dégrilleur sur la station. Les effluents seront grossièrement prétraités un panier de dégrillage d'entrefer 40-50 mm (Cemagref, 2010).

Il sera en acier inoxydable de marque **FLYGT Xylem** disposé dans le poste de relèvement.

Le dégrillage a pour but l'élimination des éléments grossiers drainés par l'effluent et la

protection et le bon fonctionnement des équipements. Voir le détail en annexe I.

La production de déchets peut être estimée comme suit :

Tableau IV : Production de déchets provenant du panier dégrilleur

Paramètres	Unités	Valeurs
Ratio de quantité de refus récupéré	Kg/MS/EH/an	0,38
Quantité journalière de refus	Kg/MS/j	0,52
Siccité des déchets compactés	%	30
Quantité journalière de refus compactés	Kg/j	1,73
Quantité annuelle de refus compactés	T/an	0,63

Le premier poste de relevage (1^{er} étage des filtres)

L'ancienne STEP de Ance disposant d'un poste de relevage sera réhabilité pour recevoir un volume de 6 m³ pour l'alimentation des filtres par bâchée. . Le débit d'alimentation total des filtres au niveau du premier étage est de 100 m³/h. Le poste sera équipé de 2 pompes de 100 m³/h. Ce débit d'alimentation total des filtres a été calculé en fonction de la hauteur de lame d'eau, du volume bâchée unitaire et du nombre de bassins. Voir annexe II pour le détail des calculs.

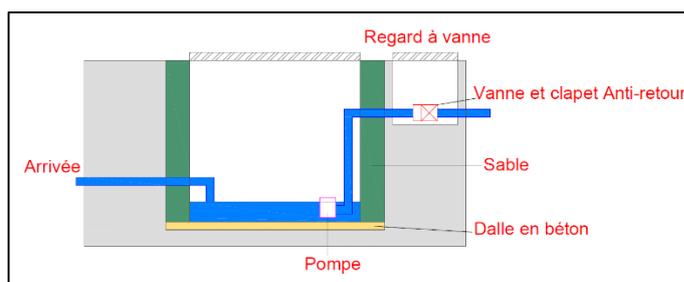


Figure 7 : Schéma du poste de relevage

Tableau V : Paramètres de dimensionnement du poste de relevage du 1^{er} étage

Paramètres	Valeurs
Débit d'alimentation des filtres	100 m ³ /h
Côte arrivée des effluents	244m
Côte niveau bas d'aspiration	242,15m

Côte de refoulement	244,65m
Côte radié	242,10 mm

❖ Détermination du débit de vidange (Q_{vidange})

Le débit de vidange est le débit total d'alimentation des filtres contenu dans la bache de stockage. Il est déterminé par la formule suivante :

$$Q_{\text{vidange}} = \text{Débit unitaire} * \text{nombre de file}$$

avec nombre de files de traitement égal au nombre de bassin = 2, un bassin est divisé en trois casiers.

- Détermination du débit unitaire (Q_{unitaire}) :

Le débit unitaire est le débit qu'il faut pour alimenter un seul casier (filtre). Ce débit est déterminé par la formule suivante :

$$Q_{\text{unitaire}} = \text{Débit bachee} * \text{surface d'un casier}, \text{ avec Débit bachee} = 0,5 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{h}$$

$$Q_{\text{unitaire}} (\text{m}^3/\text{h}) = 0,5 * 100 \text{ m}^2$$

Le débit unitaire est égal à **50 m³/h**.

$$Q_{\text{vidange}} = 50 * 2$$

Le débit de vidange est égal à **100 m³/h**.

❖ Détermination du volume total de la bache (V_{bachee})

Le volume de marnage est déterminé en fonction de la hauteur de lame d'eau, de la surface des casiers et du nombre de files de traitement.

- Détermination du volume bachee unitaire (V_{unitaire})

$$V_{\text{unitaire}} = \text{hauteur de lame d'eau} * \text{surface d'un casier}, \text{ avec hauteur égal à 3cm}$$

$$V_{\text{unitaire}} (\text{m}^3) = 0,03 * 100 = 3 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{total}} (\text{m}^3) = V_{\text{unitaire}} * \text{nombre de bassin}$$

$$V_{\text{total}} (\text{m}^3) = 3 * 2 = 6 \text{ m}^3$$

Le volume bachee total est de **6 m³**

Le poste de relevage sera de forme cylindrique avec les dimensions suivantes :

NB : Voir annexe III sur le dimensionnement des filtres.

Tableau VI : Dimensions du poste de relevage

Paramètres	Unité	Valeur
Volume	m ³	6
Surface	m ²	3
Hauteur	m	2
Diamètre	m	2,1

NB : Le poste de relevage du 2^{ème} étage a également les mêmes caractéristiques que le premier poste. (Voir annexe II pour le détail des calculs)

◆ **Génie civil**

- Volume bâchée : 6m³
- Le poste sera réalisé en béton avec revêtement de protection des bétons (peinture) en protection de l'H₂S ou en composite.

◆ **Instrumentation**

- 1 sonde US ;
- 3 contacteurs de niveau en secours.

◆ **Manutention**

- 1 Potence amovible commune aux deux postes.

◆ **Dimensionnement**

- Débit de la bâchée : 0,5 m³/m².h (ratio conseillé) ;
- Débit total d'alimentation : 100 m³/h (0,5 *200 m²) ;
- Nombre de bâchée par temps sec : 14 (Vol bâchée/Qts) ;
- Nombre de bâchée par temps de pluie : 26 (Vol bâchée/Qtp).

Conduite de refoulement des eaux usées vers les filtres du 1^{er} étage

Le poste refoulera les eaux usées sur une longueur de 85m.

Les diamètres théoriques des conduites de refoulements sont déterminés à l'aide des variantes ci-dessous :

La méthode de Bresse : $(m)=1,5x Q^{0,5}$ (m³/s)

La méthode de Bresse modifié $(m)=0,8x Q^{1/3}$ (m³/s)

La formule simplifiée de Munier (1961) : $(m)=(1+0,02xn) xQ^{0,5}$ (m³/s)

Avec :

- **Q** : Le débit en (m³/s)
- **D_{th}** : Le diamètre théorique de la conduite en m
- **n** : Le nombre maximal d'heures de pompage par jour (n=2 heures)

Toutes les valeurs obtenues par les différentes formules vérifient la condition de la vitesse

Formule	D _{th} (mm)	D _{int} (mm)	DN (mm)	V (m/s)	V (m/s)
Bresse	250	288	315	0,43	Vérifiée
Bresse	242	288	315	0,43	Vérifiée
Munier	200	228	250	0,68	Vérifiée

d'écoulement. Nous choisirons la formule de Munier avec pour diamètre commercial DN 250/PVC.

Caractéristique des pompes

- Le débit de pompage (Q_P)

Les pompes sont dimensionnées sur la base du débit d'alimentation des filtres qui est de 100 m³/h.

- Calcul de la hauteur manométrique totale (HMT)

La HMT des pompes est la somme de la hauteur géométrique (H_g) de refoulement et des pertes de charges linéaires (J_L) et singulières (J_S).

$$HMT = H_g + J_L + J_S$$

Avec :

H_g : La hauteur géométrique (m)

J_L : Les pertes de charges linéaires(m)

J_S : Les pertes de charges singulières

- Calcul de la hauteur géométrique

La hauteur géométrique correspond à la hauteur entre le point haut de refoulement et le niveau d'aspiration dans la bache. Les côtes altimétriques sont les suivantes :

- Niveau bas d'aspiration : 242,15m
- Point haut de refoulement : 244,65m

$$H_g = 244,65 - 242,15 = 2,5 \text{ m}$$

- Calcul des pertes de charges

Les pertes de charges sont la somme des pertes de charges linéaires et des pertes de charges singulières.

Les pertes de charges linéaires sont calculées par la formule de **Hazens-williams**

$$J_L = 10,674 * \left(\frac{Q}{C_{HW}}\right)^{1,8518} * \frac{L}{D^{4,7}}$$

Avec :

Q : Débit d'alimentation en (m³/s)

C_{HW} : Constante liée au type de conduite. Pour une conduite en plastique, C_{HW}=130 à 150

D : Diamètre de la conduite(m)

L : Longueur de la conduite en (m)

$$J_L = 10,674 * \left(\frac{100/3600}{130}\right)^{1,8518} * \frac{85}{0,250^{4,7}} = 0,09 \text{ m}$$

- Les pertes de charges singulières

$$J_S = 10\% J_L \rightarrow J_S = (10/100 * 0,09) = 0,009 \text{ m}$$

$$D'où \text{ la HMT} = 2,5 + 0,09 + 0,009 = \mathbf{2,6 \text{ m}}$$

Calcul de la puissance absorbée (Pa)

La puissance de la pompe se calcule par la formule suivante :

$$Pa = \frac{\rho * g * Q * HMT}{\eta G}$$

En eaux usées, les rendements hydrauliques varient généralement entre 0,6 et 0,7. Nous retiendrons un rendement hydraulique de 0,65. Le rendement électrique (Re) est d'environ 0,85.

Avec :

ρ : Masse volumique de l'eau 1000 kg/m³

g : Accélération de pesanteur 9,81 m/s

HMT : Hauteur manométrique total (m)

Q : Débit d'alimentation (m³/s)

ηG : Rendement global ($\eta G = R_h + R_e$)

$$\rightarrow Pa = (1000 * 9,81 * (100/3600) * 2,6) / (0,6 * 0,85) = 1\,389,21 \text{ Watt} = \mathbf{1,386 \text{ KW}}$$

Caractéristique des pompes

Les critères principaux pour faire le choix des pompes sont la HMT et le débit de pompage.

Dans notre cas on a une HMT=2,6 m et Q=100 m³/h. Le débit de la station prend en compte les eaux claires parasites permanentes. On adopte des pompes immergées.

On choisit deux pompes (une utilisée comme pompe de secours). Le type de pompe est **Amarex**

N F 80-220 car étant un des leaders sur le marché et principalement adaptée à la gestion des eaux usées. Elle permet également une élimination du risque de bouchage par la technologie de déviation brevetée.

Avec cette pompe nous avons un point de fonctionnement qui correspond à un débit de 100 m³/h et une HMT de 2,5 m.

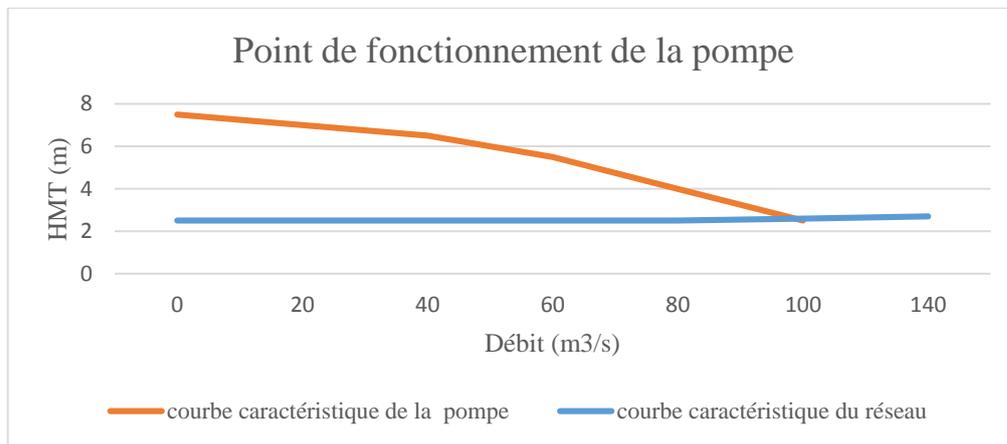


Figure 8 : Point de fonctionnement de la pompe

Alimentation des filtres

En raison de la topographie du site, l'injection des eaux usées sur les différents filtres sera assurée par l'intermédiaire d'une **bâche de pompage** permettant d'envoyer les eaux à la surface de chaque lit.

La valeur du **débit d'injection** est déterminée par la **surface des casiers**. Les débits d'injection sont importants et délivrés sur un temps très court pour permettre une alimentation uniforme à la surface des lits.

Les filtres sont alimentés par **bâchées**, c'est à dire par à-coups : après stockage temporaire dans le poste, les eaux sont déversées rapidement sur le filtre, de manière à submerger la totalité de la surface d'un lit sur trois (de l'ordre de **1 à 3 cm d'eau**). Chaque bâchée délivrera un débit minimal de **0,5 m³/m²/h** et permettra de vider complètement la cuve de stockage.

Une rotation de l'alimentation des plages filtrantes permet d'instaurer des **périodes d'alimentation** (3 à 4 jours) et de repos. Les **périodes de repos** sont en général **deux fois plus longues** que celles de l'alimentation au 1^{er} étage et au 2^{ème} les temps de d'alimentation et de repos sont les mêmes (7 jours). Cette alternance est impérative pour plusieurs raisons :

- Permettre le ressuyage et la minéralisation des dépôts organiques sur les filtres du premier étage,
- Permettre au biofilm de dégrader les réserves de matière organique accumulée au cours des périodes d'alimentation,
- Concourir à maintenir les interstices du matériau libre pour éviter le colmatage.

L'alternance de l'alimentation des filtres se fera **manuellement**, par l'intermédiaire de vannes mécaniques disposées à l'entrée de chaque filtre.

NB : Les effluents en provenance d'Ance-Féas arriveront par refoulement à la station (opération 3).

Le poste de refoulement d'Ance existant situé de l'autre côté de la rive, sera donc réhabilité pour l'alimentation de la station.

Dimensionnement des filtres

❖ Filtres du 1^{er} étage et du 2^{ème} étage

Le filtre vertical est dimensionné à **2 m²/EH**. Ce ratio, déterminé de manière empirique, correspond à la pratique actuelle et aux recommandations faites dans la littérature scientifique (sources FNDAE, CEMAGREF, Agence de l'eau).

Le débit d'alimentation des bâchées est au minimum de **0,5 m³/m².h**. Un tel débit est nécessaire à la bonne répartition hydraulique de l'influent sur l'ensemble de la surface du filtre.

La surface du 1^{er} étage doit être égale aux **2/3** de la surface utile totale du filtre.

Le 1^{er} étage est divisé en **3** casiers de filtration pour permettre une alternance de l'alimentation.

La surface d'un **casier** ne doit pas excéder **500 m²**. Au-delà de cette surface, il est difficile de garantir le débit d'alimentation suffisant pour la bonne répartition des eaux usées sur le casier de filtration.

La largeur des casiers doit être compatible avec l'enlèvement des boues par tractopelle : celui-ci doit pouvoir atteindre la largeur du filtre, soit environ **7 m**.

Ci-dessous le tableau des paramètres de dimensionnement.

Tableau VII : Paramètres de dimensionnement

Paramètres	Unités	Valeurs
Surface totale des FPR	m ² /EH	2
1^{er} étage		

Surface	m ² /EH	1,2 à 1,5
Débit d'alimentation	m ³ /m ² .h	0,5
Densité de plantation	Plants/m ²	4
Densité de diffusion	-	1point d'alimentation→50m ²
2^{ème} étage		
Surface	m ² /EH	0,8 à 1,0
Densité de diffusion	-	1point d'alimentation→5m ²

NB : En dehors de la surface et de la densité de diffusion du 2^{ème} étage tous les autres paramètres sont les mêmes.

Surface du massif filtrant

$$S_{\text{totale}} (\text{m}^2) = \text{capacité} * \text{ratio R}$$

$$S_{\text{totale}} = 500(\text{EH}) * 2 \text{ m}^2/\text{EH}$$

$$S_{\text{totale}} = \mathbf{1000 \text{ m}^2}$$

- **Surface du 1^{er} étage**

$$S_1 (\text{m}^2) = \text{capacité} * \text{ratio R}_1 \text{ avec } R_1 = 1,2 \text{ m}^2/\text{EH}$$

$$S_1 = 500(\text{EH}) * 1,2 \text{ m}^2/\text{EH}$$

$$S_1 = \mathbf{600 \text{ m}^2}$$

- **Surface du 2^{ème} étage**

$$S_2 (\text{m}^2) = \text{capacité} * \text{ratio R}_2 \text{ avec } R_2 = 0,8 \text{ m}^2/\text{EH}$$

$$S_2 = 500 (\text{EH}) * 0,8 \text{ m}^2/\text{EH}$$

$$S_2 = \mathbf{400 \text{ m}^2}$$

Tableau VIII : Dimensions des filtres du premier étage

Paramètres	Unité	Valeurs
Capacité de la station	EH	500
Ratio pour la surface totale des FPR	m ² /EH	2
Surface totale des lits	m ²	1 000
1^{er} étage		
Surface étage	m ² /EH	1,2
	m ²	600
Nombre de files de traitement	U	2
Surface unitaire d'une file	m ²	300
Dimensions d'une file	m x m	7 x 42,86
Nombre de filtres par file	U	3
Surface unitaire d'un filtre	m ²	100
Dimension d'un filtre	m x m	7 x 14,29
Débit bâchée	m ³ /m ² .h	0,5
Débit d'alimentation total	m ³ /h	100
Volume de la bâchée	m ³	6
Nombre de bâchée tps sec	u	14
Nombre de bâchée tps pluie	u	26
Plantation roseaux	plants/m ²	4
Nombre de plants	U	2 400

NB : Une **file de traitement** représente un bassin reparti en plusieurs **casiers**. Les casiers sont les **filtres**.

Premier étage			
Ratio surface/EH (R_1) <i>Guide Macrophytes juin 2005</i>	m^2/EH		1,2
Surface du premier étage(S_1)	m^2	$Capacité * R_1$	600
Nombre de file de traitement(N_1)	U		2
Surface unitaire d'une file(S_{b1})	m^2	$\frac{S_1}{N_1}$	300
Largeur d'une file (l_1)	m		7
Longueur d'une file(L_1)	m	$\frac{S_1}{l_1}$	42,86
Nombre de casiers ($N_{casiers}$)	U		3
Surface unitaire d'un casier (S_{casier})	m^2	$\frac{S_{b1}}{N_{casiers}}$	100

Largeur d'un casier (l_{casier})	m		7
Longueur d'un casier (L_{casier})	m	$\frac{S_{\text{casier}}}{l_{\text{casier}}}$	14,29
Dispositif d'alimentation			
Débit bâchée (ratio conseillé 0,5)	$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$		0,5
Débit d'alimentation unitaire par casier	m^3/h	$\text{debit}_{\text{bachée}} * \text{surface unit}_{\text{casier}}$	50
Débit d'alimentation total	m^3/h	$\text{debit d'alim}_{\text{unit}} * \text{nombre}_{\text{bassins}}$	100
Hauteur lame d'eau dans le casier (ratio conseillé 3cm de lame d'eau)	m		0,03
Volume bâchée (l_{casier})	m^3	$H_{\text{lame d'eau}} * \text{surface unit}_{\text{casier}}$	3
Volume total bâchée total	m^3	$\text{vol}_{\text{bachée}}_{\text{unit}} * \text{nombre}_{\text{bassins}}$	6
Nombre de bâchée dans une journée temps sec	U	$\frac{\text{volume temps sec}}{\text{volume bachée total}}$	13
Nombre de bâchée dans une journée temps pluie	U	$\frac{\text{volume temps pluie}}{\text{volume bachée total}}$	26
Densité de diffusion			$\frac{1}{50}(\text{m}^2)$
Nombre de diffuseurs par bassin	U	$\text{surface}_{\text{bassin}}/50$	6

Densité de plantation	Plants/m ²		4
Nombre de plants		Surface*4	2400

- Composition des filtres du 1^{er} étage

Le 1^{er} étage de filtration étant particulièrement exposé aux risques de colmatage (les eaux brutes sont très chargées en matières en suspension), le sable n'est alors pas utilisé dans la composition du massif filtrant.

Les couches successives de matériaux qui garnissent les filtres sont les suivantes :

Tableau IX : Composition du massif filtrant au premier étage

1 ^{er} étage de traitement	
<u>Couche filtrante</u> (gravier fin) Gravier de 2 à 8 mm	40 cm
<u>Couche de transition</u> Granulométrie adaptée de 3 à 20 mm	10 à 20 cm
<u>Couche drainante</u> Granulométrie de 20 à 40 mm	10 à 20 cm

Tableau X : Dimensions des filtres au 2^{ème} étage

2 ^{ème} étage		
Surface étage	m ² /EH	0,8
	m ²	400
Nombre de file de traitement	U	2
Surface unitaire d'une file	m ²	200
Dimension d'une file	m x m	7 x 42,86
Nombre de filtres par file	U	2
Surface unitaire d'un filtre	m ²	100
Dimension d'un filtre		7 x 14,29
Débit bâchée	m ³ /m ² .h	0,5
Débit d'alimentation	m ³ /h	100
Volume de la bâchée	m ³	6
Nombre de bâchée tps sec	u	14
Nombre de bâchée tps pluie	u	26
Plantation roseaux	plants/m ²	4
Nombre de plants	U	1600

Deuxième étage			
Ratio surface/EH (R_2) <i>Guide Macrophytes juin 2006</i>	m^2/EH		0,8
Surface du premier étage (S_2)	m^2	Capacité* R_2	400
Nombre de bassin (N_2)	U		2
Surface unitaire d'une file (S_{b2})	m^2	$\frac{S_2}{N_2}$	200
Largeur d'une file (l_2)	m		7
Longueur d'une file (L_2)	m	$\frac{S_2}{l_2}$	28,57
Nombre de casiers ($N_{casiers}$)	U		2
Surface unitaire d'un casier (S_{casier})	m^2	$\frac{S_{b2}}{N_{casiers}}$	100
Largeur d'un casier (l_{casier})	m		7

Longueur d'un casier (L_{casier})	m	$\frac{S_{casier}}{l_{casier}}$	14,29
Dispositif d'alimentation			
Débit bâchée (ratio conseillé 0,5)	$m^3/m^2.h$		0,5
Débit d'alimentation unitaire (1 casier)	m^3/h	$debit_{bachée} * surface_{unit_{casier}}$	50
Débit d'alimentation total	m^3/h	$debit\ d'alim_{unit} * nombre_{bassins}$	100
Hauteur lame d'eau dans le casier (ratio conseillé 3cm de lame d'eau)	m		0,03
Volume bâchée (1casier)	m^3	$H_{lame\ d'eau} * surface_{unit_{casier}}$	3
Volume total bâchée total	m^3	$vol_{bachée}_{unit} * nombre_{bassins}$	6
Nombre de bâchée dans une journée temps sec	U	$\frac{volume\ temps\ sec}{volume\ bachée\ total}$	11
Nombre de bâchée dans une journée temps pluie	U	$\frac{volume\ temps\ pluie}{volume\ bachée\ total}$	23
Densité de diffusion			$\frac{1}{5} (m^2)$
Nombre de diffuseurs par bassin	U	$surface_{bassin}/5$	40
Densité de plantation	Plants/ m^2		4

Nombre de plants	U		1600
------------------	---	--	------

- Composition des filtres du 2^{ème} étage

Les eaux alimentant le 2^{ème} étage sont débarrassées de la majeure partie des MES. Le second étage est donc peu exposé au colmatage et c'est pour cette raison que des matériaux plus fins que ceux du 1^{er} peuvent être utilisés.

Les couches successives de matériaux sont les suivantes :

Tableau XI : Composition du massif filtrant du 2^{ème} étage

2 ^e étage de traitement	
<u>1^{ère} Couche filtrante</u> (sables alluvionnaires siliceux) 0,25<d<0,40 mm	30 cm
<u>2^{ème} Couche filtrante</u> (graviers) 2 à 6 mm	15 à 30 cm
<u>Couche de transition</u> (gravier) Granulométrie adaptée de 3 à 20 mm	10 à 20 cm
<u>Couche drainante</u> Granulométrie de 20 à 40 mm	10 à 20 cm

NB : Voir le détail des calculs du dimensionnement des filtres en annexe III.

5. Réseau d'alimentation

La répartition de l'effluent sur un lit filtrant est assurée par une répartition homogène des points d'alimentation sur chacun des filtres :

- Pour le 1^{er} étage, il sera prévu **1 point** d'alimentation tous les **50 m²** de filtres soit 6 points par bassins.
- Le 2^{ème} étage devra compter au minima **1 point** de répartition pour **5 m²** de surface soit 40 diffuseurs par bassins.

Les deux étages seront alimentés par un réseau de canalisations enterré en PVC pression, à la manière des puits artésiens. Le diamètre des conduites sera choisi de manière à assurer une vitesse d'auto curage entre 0,7 et 1,5 m/s.

La partie aérienne des canalisations sera en inox 316 L.

6. Collecte en fond de filtres

En fond de filtre, un système de drainage permet de récupérer l'eau filtrée, qui est finalement collectée dans un regard situé après chaque étage de traitement.

7. Etanchéité

Chaque étage est impérativement étanché par une géomembrane remontant sur les rebords des talus. La géomembrane est résistante aux rayons UV et doublée d'un géotextile anti-poinçonnement aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur. Un géotextile anti-racinaire sera également mis en place sur les talus.

8. Comptage des eaux traitées

Selon l'arrêté du 21 juillet 2015, les stations d'épuration traitant une charge brute de pollution organique comprise entre 30 et 120 kg/j de DBO₅ doivent être équipées d'un système de mesure des eaux en sortie. Il sera donc mis un dispositif de comptage de ces eaux.

Le comptage des eaux traitées sera assuré par un **canal ouvert de type Venturi**. C'est un ouvrage préfabriqué pour la mesure de débits d'écoulements à surface libre. Les parois lisses et le fond plat limitent l'accumulation de dépôts dans le canal. Nous utiliserons la marque venturi ISO415 présenté sur la figure. Il sera équipé d'une sonde US positionnée à l'aval du 2^{ème} étage.

Tableau XII : Paramètres du canal de venturi

Canal de Venturi ISO 415-450 (Type 415)		
Paramètres	Unité	Valeur
Débit minimum	m ³ /h	5,2
Débit maximum	m ³ /h	42,5
Longueur	mm	625
Largeur	mm	150
Hauteur	mm	250
Poids	Kg	3

Voir le détail de la figure et des paramètres en annexe V.

9. Devenir des boues

On estime la production de boues à 1,5cm/an, soit une hauteur de stockage préconisée de 15 cm pour une durée de 10 à 15 ans. Les boues sont évacuées par curage des lits.

Sur la base des données ci-dessus, la production de boues pour les filtres verticaux est estimée à **7,5kg MS/EH/an**.

La quantité de boues à curer au bout de 10 années d'exploitation sera donc de $7,5 \times 10 \text{ ans} \times 500\text{EH} = 37,5 \text{ tonnes MS}$.

Les boues déshydratées seront stockées en benne et pourront être évacuées vers un site de compostage ou être épandues.

10. Devenir des roseaux faucardés

Les roseaux seront donc évacués vers une déchetterie ou épandus et ne seront en aucun cas brûlés sur place.

Estimation de la masse de roseaux à enlever annuellement

La production annuelle de biomasse est d'environ 40 tonnes MS/ha. Après que le couvert végétal se soit bien développé sur la surface du filtre (c'est à dire après 2 à 3 années de mise en service de la station).

La masse de roseaux à évacuer annuellement pour la STEP de Ance-Féas sera de l'ordre de **4 tonnes de MS/an** (Surface de plantation = 0,1 ha).

Conclusion partielle

La filière FPR est la filière phare en France pour plusieurs raisons : elles acceptent les eaux brutes sans traitement préalable ; la gestion des boues est très réduite donc non fermentescible. Nous avons une production de boues de **7,5kg MS/EH/an**. Pour comparaison, une filière boue activée produit **16 kgMS/EH/an**. Ce qui nous amène à dire que les FPR sont une filière à préconiser.

PRESENTATION DU PLAN D'AMENAGEMENT DETAILLE DU SITE

Pour l'aménagement du site il est prévu :

- ❖ **Local d'exploitation** d'environ 12 m² comprenant :

- Un placard de rangement,
- D'un convecteur,
- D'un éclairage intérieur et extérieur,
- D'un évier,
- D'une armoire de commande.

❖ **Voirie et portail, Clôture**

Un portail vert en aluminium thermolaqué avec serrure, de 2 m de hauteur et une ouverture utile de 4 m, sera installé à l'entrée de la station.

Des voiries, d'une largeur de 4m minimum, seront réalisées autour des filtres et à l'entrée de la station.

Toute la zone d'emprise de la nouvelle station sera délimitée par une clôture en panneau soudé de 2 m de haut (275 ml).

Ci-joint la figure 9 montrant le plan d'aménagement proposé.

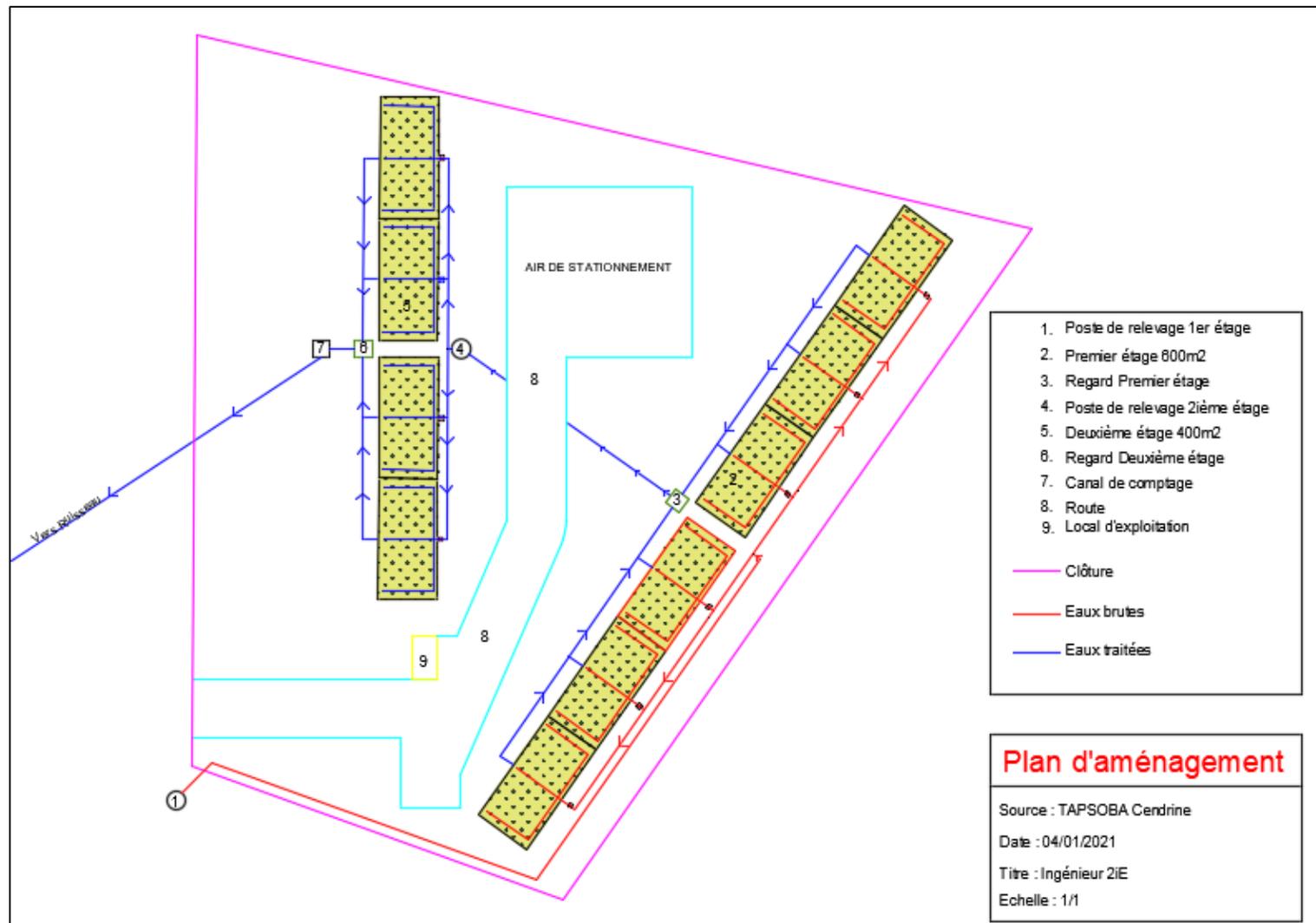


Figure 9 : Plan d'aménagement de la station



VI. ETUDE FINANCIERE

1. Coût d'investissement

Cette partie de l'étude nous présentera le devis estimatif et quantitatif ainsi que le coût d'exploitation au bout de 20 ans. Le coût global de la STEP s'élève à **389 386,67€ HT**.

Pour mémoire le budget établi au stade de consultation de la maîtrise d'œuvre est de **500 000€ HT**. A ce budget, il faut ajouter les coûts de déconstruction des deux stations existantes **30 000 €HT** évalués par (la maîtrise d'ouvrage).

Tableau XIII : Devis estimatif et quantitatif

Désignation des postes		Montant Total (euros)
1	Préparation de chantier	43 600
2	Travaux préparatoires	15 000
3	Canalisations	24 000
4	Installation de traitement	
4.1	Dégrillage	
	Sous total	581,46
4.2	Station de relevage 1	
	Sous-total Génie-civil et équipement	7 225,47
4.3	Alimentation des filtres du 1^{er} étage	
	Sous-total	57 072,14
4.4	Station de relevage 2	
	Sous-total Génie-civil et équipement	6 681
4.5	Alimentation des filtres du 2^{ème} étage	
	Sous -total	73 526,6
4.6	Canal de comptage	3 400
4.7	Divers	
	Sous-total	80 500
4.8	Electricité-Automatisme	40 000
4.9	Contrôles, essai, mise en route	7 800
4.10	Démolition des STEP existantes	30 000
MONTANT HORS TAXE		389 386 ,67
TVA (20%)		77 877,334
MONTANT TTC		4 672 64,004

En Annexe VI, le prix des ouvrages à réaliser détaillé.

2. Coût d'exploitation

Les tâches d'exploitation courantes sont :

- Un contrôle et un nettoyage du panier dégrilleur ;
- Le nettoyage des postes de relevage ;
- La manœuvre des vannes de répartition (deux fois par semaine).
- L'inspection générale des filtres ;
- Un contrôle et un nettoyage du canal de comptage ;

Ces interventions nécessitent un passage de l'exploitant deux fois par semaine. Au cours de ces visites, il sera noté dans le cahier d'exploitation les diverses opérations qui ont été effectuées. Plus ponctuellement, il faudra réaliser le faucardage des roseaux (1 fois par an au début de l'hiver), l'entretien des abords de la station, le désherbage manuel des lits et un curage des boues (après 10 ans de fonctionnement).

Ouvrage concerné	Principales tâches d'exploitation
Panier dégrilleur (dans poste de relevage en amont)	Visite régulière. Evacuation des déchets égouttés. Nettoyage du panier de dégrillage.
Postes de relevage	Entretien des équipements électromécaniques Vérification du bon fonctionnement et nettoyage si nécessaire
Filtres plantés de roseaux	Contrôle visuel de la bonne répartition des effluents sur le lit alimenté Si nécessaire enlever les mauvaises herbes Faucardage des roseaux 1 fois par an Curage des boues tous les 10 à 15 ans La manœuvre des vannes de répartition (2 fois par semaine).
Canal de comptage	Lavage à l'eau claire Vérification de la sonde US
Divers	Entretien des espaces verts Tenue du carnet de bord

Tableau XIV : Estimation du Coût d'exploitation de la filière filtres plantés de roseaux

Désignation des postes	Coût horaire €/h	Fréquence	Temps(h)	Coût annuel €/an	
Dégrillage	18	2fois/semaine	0,5	936	
Manœuvre des vannes	18	2fois/semaine	0,25	468	
Faucardage des roseaux	18	1fois/an	6	108	
Epanchage des boues	15	1fois/10an	6	90	
Electricité	Coût horaire €/Kw	Temps	Nombre de pompes	Consommation KWh/an	Coût annuel €/an
	0,065	1,5	2	7665	500
Entretien des abords,	18	4fois/an	3	216	
Total (sans coût personnel)	2 318				
Total fonctionnement/EH (€/an)	5,6				

Source : Agence de l'eau du Rhin-Meuse

Conclusion partielle :

Les FPR sont une filière ayant un coût d'investissement modéré **389 386,67 euros** contrairement aux autres filières d'épuration. A titre illustratif le coût d'exploitation des FPR est trois fois moins que celui des disques biologiques. Cette une filière qui ne consomme quasi pas d'énergie avec une facilité d'exploitation. Elle reste cependant une filière très intéressante à préconiser.

VII. ETUDE D'IMPACT

ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

1. Introduction

L'EIES est un processus qui consiste à définir, prévoir, évaluer et apporter des mesures d'accompagnement aux acteurs du projet sur les enjeux environnementaux liés à la mise en place de cette filière.

2. Rappel du cadre législatif, réglementaire régissant le projet (notice d'impact ou étude d'impact)

En conformité avec la directive européenne 91/271 du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires qui a été transposée en droit français par la loi sur l'eau 92-3 du 3 janvier 1992, réglemente actuellement l'assainissement en France. De cette loi s'en suivront les autres réglementations :

❖ **Règlementation de l'assainissement des petites collectivités**

Les principaux textes réglementaires régissant l'assainissement collectif des petites collectivités (inférieures à 2000 EH) sont :

- **L'article 2 de la loi du 3 janvier 1992** codifié à l'article L 211-1 du code de l'environnement qui vise à la préservation des écosystèmes aquatiques, la végétation quand elle existe est dominée par les plantes hydrophiles, de l'agriculture, des pêches et des cultures marines.
- **Le décret du 3 juin 1994** codifié par **décret n° 2000-318 du 7 avril 2000** dans le code général des collectivités territoriales précise que les communes implantées dans le périmètre d'une agglomération inférieure à 2000 EH, et dont les eaux sont collectées, doivent mettre en place un traitement respectant les objectifs de qualité des eaux réceptrices avant le 31 décembre 2005.
- **L'arrêté du 21 juin 1996** fixe les **prescriptions techniques minimales** relatives aux ouvrages de collecte et de traitement des eaux pour les ouvrages de capacités inférieures ou égales à 2000 EH. Il stipule que pour que la protection du milieu naturel, les eaux

usées ne peuvent rejoindre le milieu qu'après avoir subi un traitement approprié de manière à protéger les nappes d'eaux souterraines, estuariennes et marines.

- **L'article 17 de l'arrêté du 21 juin 1996** sur la préservation des habitations contre les odeurs et les bruits impose la prise en compte, lors de la conception et du choix d'implantation de la station, des nuisances auditives et olfactives.
- **La circulaire n°97-31 du 17 février 1997** définit **quatre niveaux d'exigences de rejets** pour les ouvrages soumis à déclaration (capacités comprises entre 12 et 120 kg DBO₅/j). Le tableau suivant décrit ces quatre niveaux de rejet en précisant pour chacun le groupe de procédés pouvant atteindre le niveau de performances correspondant.

	D₁	D₂	D₃	D₄
DBO	Rdt ≥ 30%	≤ 35 mg/L		≤ 25 mg/L
DCO			Rdt ≥ 60%	≤ 125 mg/L
MES	Rdt ≥ 50%			
NTK	Rdt ≥ 60%			

D₁ : Traitement primaire sans ajout de réactif (ex : décanteur-digesteur)

D₂ : Lits bactérien, disques biologiques

D₃ : lagunage

D₄ : Lits d'infiltration-percolation, filtres plantés de roseaux, boues activées

- Suivant le **décret n° 2006-503 du 02 mai 2006** relatif à la collecte et au traitement des eaux usées mentionnées aux articles L2224-8 et L2224-10 du code général des collectivités territoriales, le système d'assainissement dont la charge brute de pollution organique journalière est supérieure à 12 kg de DBO₅, mais inférieure ou égale à 600 kg/j de DBO₅ est **soumis à déclaration**.
- **L'article L.212-1 de l'arrêté du 25 janvier 2010** définit l'état d'une eau de surface respectivement sur son état écologique et sur son état chimique. L'état écologique, apprécié pour chaque catégorie de masses d'eau de surface, comprend cinq classes : Très bon ; bon ; moyen ; médiocre et mauvais.
- **L'arrêté du 21 juillet 2015** fixe les prescriptions techniques s'appliquant aux collectivités afin qu'elles mettent en œuvre une gestion rigoureuse et pragmatique du patrimoine de l'assainissement, conforme aux enjeux de la directive relative au

traitement des eaux résiduaires urbaines, de la directive cadre sur l'eau, de la directive cadre stratégie milieu marin.

3. Rappel des composantes et phases du projet

L'objectif global de cette étude est d'éviter les risques environnementaux et sanitaires du rejet des eaux usées brutes ou des sous-produits mal traités dans la nature en mettant en place une station d'épuration. Ce projet se divisera en trois (03) phases :

- La **phase de préparation et d'installation de chantier** comprendra l'installation des panneaux de signalisation afin de bien délimiter la STEP. On y trouvera également les aires de stockage.
- La **phase de construction** concernera les terrassements, la fourniture et la pose des ouvrages.
- La **phase d'exploitation** consistera à la mise en service de la station d'épuration.

4. Identification et évaluation des impacts

Le rejet en milieu naturel d'eaux non traitées ou mal traitées génère une pollution catastrophique pour la biodiversité et la qualité des ressources en eau. C'est pourquoi il est nécessaire de traiter les eaux usées, et de favoriser leur réutilisation, afin de préserver la santé publique et la ressource en eau. La construction d'une station d'épuration à FPR présente des **impacts** aussi bien **positifs** que **négatifs**.

❖ Les impacts positifs

Phase d'installation et de construction de chantier

Les impacts positifs de ce projet en phase de préparation permettront :

- Opportunités d'emplois ;
- Opportunités d'affaires pour les entreprises

Phase d'exploitation

Les impacts positifs liés à l'exploitation de la station portent essentiellement sur les composantes humaines, économiques et physiques.

- Opportunités d'emplois

- Préservation de la qualité des eaux superficielles et souterraines ;
- Diminution de maladies liées au manque de système d'assainissement.

Cependant, la mise en place d'une station d'épuration entraîne des **impacts négatifs**.

❖ **Impacts négatifs**

Lors des différentes phases du projet, des impacts pourront être identifiés. Il existe dans la littérature plusieurs outils permettant de faire l'identification des impacts sur un milieu. Nous utiliserons la matrice de Léopold qui est un outil se présentant sous forme de tableau.

Phase de préparation et d'installation de chantier de projet :

- Dégradation des sols
- Agression de l'écosystème en place.

Phase des travaux

- Impact de la circulation des engins : bruit et poussières ;
- Impact de terrassement : dégradation du sol, bruit ;
- Risque de déversement des éléments polluants sur le site.

Phase d'exploitation : Les impacts négatifs de cette phase sont :

- Impact de la station d'épuration (bruit, odeur, pollution)

Phase du projet	Activités	Composante du milieu	Nature de l'impact	Intensité	Etendu	Durée	Importance
INSTALLATION ET CONSTRUCTION	Installation de chantier	Sol	Modification de la nature du sol	faible	Ponctuelle	courte	négligeable
	Production de déchets	Eau	Pollution de la nappe souterraine	faible	local	courte	négligeable
	Débroussaillage	Faune/flore	Disparition d'espèce végétale, animale	faible	local	longue	négligeable
	Travaux de terrassement	Air/faune	Pollution de l'air, poussière, perte du couvert végétal	moyenne	local	moyenne	mineure
EXPLOITATION	Disfonctionnement de la station	Sol/Eau	Pollution de la nappe souterraine en cas d'intrusions d'eaux usées	forte	local	longue	majeure
	Devenir des boues	-	-	-	-	-	-
	Devenir des roseaux	-	-	-	-	-	-

Analyse des impacts

❖ Milieu biophysique

- Eau : Lors de la phase de construction, les eaux souterraines peuvent être touchées.
- Faune et flore : L'enjeu lié à la faune est moyen. En effet, l'emprise du projet s'inscrit au droit d'espaces agricoles (culture et élevage) ouvert connectés au réseau hydrographique et à des espaces boisés proches. La zone projet comporte ainsi des enjeux en termes de déplacement et alimentation de la faune locale.
- Sol : Les principaux impacts sur le sol seront liés aux travaux de construction de la STEP. Les différentes activités telles que le terrassement, pourraient entraîner la dégradation du sol.
- Odeurs : Les odeurs en provenance des STEP trouvent leurs origines dans les gaz ou les vapeurs émis par certains produits contenus dans les eaux brutes ou se formant au cours du traitement des effluents. Il s'agit d'effluents domestiques et il n'existe pas d'ouvrage susceptible de produire des odeurs.
- Bruits/Vibrations : les activités de construction et d'installation peuvent entraîner des nuisances sonores pour les habitations aux alentours. Mais ces bruits seront négligeables car les habitations aux alentours sont situées aux alentours de 100m. Lors de l'exploitation de la STEP en l'absence de dispositif mécanique, les nuisances sonores sont inexistantes.
- Poussière : Les risques d'émission de poussières sont grands durant la phase d'aménagement du site, risquant d'entraîner une dégradation de la qualité de l'air.
- Visuel et paysager : La présence des roseaux permet une bonne intégration paysagère et l'ensemble des surfaces non viabilisées seront engazonnées. L'impact visuel et paysager du projet est donc négligeable.

❖ Milieu humain

- Economie : le projet de mise en place de la station engendrerait d'une part la création d'emplois et l'autre les dépenses dues à son cout d'installation et de fonctionnement.

Toutefois, une station à FPR est très rentable car les sous-produits tels que les roseaux et les boues peuvent être valorisés.

- Santé : La construction d'une station d'épuration peut être source de pollution si la station ne fonctionne pas correctement. Car l'eau épurée peut affecter l'écosystème. Aussi le milieu récepteur n'est pas destiné à la baignade ou à la pêche afin de limiter les risques de maladies.

Sécurité : La construction et l'exploitation de la step pourrait occasionner des blessures et autres accidents de travail sur les employés.

5. Mesures d'atténuations du projet

Dans le but de limiter les impacts négatifs du projet sur l'environnement et sur le milieu humain, nous avons établi des actions à mener pour le bon déroulement des activités.

Milieu biophysique : Eau, Air, Sol

- ✓ Assurer une surveillance environnementale lors du projet de construction lors des travaux ;
- ✓ Reboisement du couvert végétal ;
- ✓ Absence de terrassement lourd ;
- ✓ Respecter les normes de rejet ;
- ✓ Réaménager des espaces pour les espèces faunistiques.

Milieu socio-économiques

- ✓ Délimiter la zone de projet et l'interdiction d'accès à toute personne étrangère ;
- ✓ Former les exploitants en matière de qualité, hygiène sécurité et environnement ;
- ✓ Informer les habitants sur la période d'installation et de construction de la station.

VIII. PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

Le PGES est conçu comme un cadre de gestion des activités pour une mise en œuvre efficace et efficiente des différentes mesures d'atténuations proposées. Il consiste à faire respecter les engagements environnementaux et sociaux du projet dans la conception, l'exécution et le suivi-évaluation de celui-ci. Ainsi le PGES sera appliqué comme suit :

- ❖ La **phase de préparation** et d'installation de chantier comprendra l'installation des panneaux de signalisation afin de bien délimiter la zone de projet. On y trouvera également les aires de stockage.
- ❖ La **phase de construction** concernera les terrassements, la fourniture et la pose des ouvrages. Il faudra veiller à ne pas percer des conduites des nappes, de fils électriques ou tout autre raccordement, éviter à tout prix une pollution des eaux.
- ❖ La **phase d'exploitation** consistera à la mise en service de la Station d'épuration. Il sera indispensable de mettre en place une équipe qualifiée pour la gestion de celle-ci. Enfin il faudra s'assurer de respect les normes de rejets des eaux usées traitées.

Lors de la réalisation de ces phases il faudra mettre en place les actions sur les domaines suivants :

- La préservation des richesses écologiques (zones humides, savanes arborées), floristiques et faunistiques ;
- La gestion des déchets du chantier (type de déchets prévus, mode de récolte, lieu de stockage et d'élimination)
- La gestion de l'eau (approvisionnement), le système prévu pour les eaux sanitaires des chantiers, les lieux de rejets, le mode et lieu d'élimination ;
- La gestion des ressources humaines (sécurité, santé).

IX. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Au terme de notre étude, nous avons fait le choix de préconiser préférentiellement l'utilisation des filtres verticaux. Ces systèmes, actuellement les plus répandus en France, permettent non seulement d'atteindre le niveau de rejet réglementaire, mais ils permettent aussi un traitement poussé de l'azote ammoniacal. De plus, la gestion des boues est réduite et simplifiée.

De plus ils séduisent de plus en plus les collectivités rurales par leur simplicité de fonctionnement, leurs faibles contraintes d'exploitation et leur bonne intégration paysagère.

Il est prévisible que de nombreuses améliorations vont être apportées à la filière FPR. D'une part grâce aux retours d'expériences des systèmes déjà mis en place et d'autre part grâce aux programmes de recherche menés dans ce sens.

Le projet de réalisation de la station à FPR dans la commune d'Ance-Féas s'évalue à un coût global d'environ **389 386,67 euros**.

Au niveau de l'évaluation environnementale, il en ressort des impacts négatifs et positifs. Ces impacts négatifs sont quasi nuls. Cependant, des mesures d'atténuation des impacts négatifs seront mises en œuvre afin de contribuer à l'amélioration du cadre de vie sanitaire des populations et rester dans un processus de développement durable.

BIBLIOGRAPHIE

- Agence de l'Eau Rhin-Meuse. 2000. "Épuration Des Eaux Usées Domestiques Par Filtres Plantés de Roseaux. Journée Technique," August, 61.
- Agence de l'Eau Rhin-Meuse. 2007. "Procédés D'épuration Des Petites Collectivités Du Bassin Rhin-Meuse," 173.
- Alexandre O. 1998. "Filières D'épuration Adaptées Aux Petites collectivités. Document Technique FNDAE n°22 ,1ère édition, Ministère de L'agriculture et de La pêche, Cemagref, CSTB," 96.
- André, P. 2010. "Les Filtres Plantés En Pays de Montagne," 8.
- Cemagref. 2007. "Filtres Plantés de Roseaux, le Lagunage Naturel et Leurs Associations: Comment? Pourquoi?," 6.
- Cooper, P, and B,Green. 1998. "Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Europe.Vyzamal et al,Backhuys Publishers,Leiden,the Netherlands," 20.
- Cooper, P, J Job, and B Green. 1996. "Reed Beds and Constructed Wetlands for Wastewater treatment.WRC Publications,Medmenham Marlow,UK."
- Eau France. 2018. "Filtres Plantés de Roseaux: la Filière Qui S'intensifie." <https://www.eaufrance.fr/actualites/filtres-plantés-de-roseaux-la-filière-qui-s'intensifie>.
- Eau France, le service public de l'information sur l'eau. 2019. "L'assainissement Des Eaux Usées Domestiques." [https:// www.eaufrance.fr/actualités/filtres-plantés-de-roseaux-la-filière-qui s'intensifie](https://www.eaufrance.fr/actualités/filtres-plantés-de-roseaux-la-filière-qui-s'intensifie).
- Groupe Macrophytes et Traitement des Eaux, and Agence de L'Eau Rhône Méditerranée et Corse. 2005. "Épuration Des Eaux Usées Domestiques Par Filtres Plantés de Macrophytes. Recommandations Techniques Pour La Conception et La Réalisation," 45.
- Insee. 2020. "Institut National de La Statistique et Des Études économiques, Les Résultats Des Recensements de La Population." <https://www.insee.fr/fr/information/2008354>.
- Marquay J, Ollagnon M, and Plat B. 2015. "Les Services Publics D'eau et D'assainissement En France : Données Économiques, Sociales et Environnementales, Sixième Édition," 108.
- Molle, P. 2003. "Filtres Plantés de Roseaux: Limites Hydrauliques et Rétention Du phosphore. Sciences de L'environnement. Doctorat Discipline Energétique Génie Des Procédés," 2003.
- Molle,P. 2012. "Les Filtres Plantés de Roseaux: évolution de La Recherche et Tendances Actuelles," no. 24-31.
- Molle, P. 2011. "Superposition de 2 Étages de Filtres Plantés de Roseaux À Écoulement Vertical," January, 2–6.
- Molle, P, A Liénard, and C Boutin. 2004. "How to Treat Raw Sewage with Constructed wetlands: An Overview of the French systems. In 9th International Conference on Wetlands Systems for Water Pollution Control," 200.
- Office Internationale de l'Eau. 2011. "Conception et Dimensionnement Des Filtres Plantés de Roseaux," 69.

ANNEXES

Annexe I : Panier dégrilleur

Annexe II : Poste de relevage

Annexe III : Plans des différents ouvrages

Annexe IV : Paramètres du canal de venturi

Annexe V : Devis quantitatif et estimatif

Annexe I : Panier dégrilleur

❖ Panier Dégrilleur

- La quantité journalière de refus

$$Q_{\text{refus}} \text{ (Kg/MS/EH/an)} = \frac{\text{nombre d'équivalent habitant} \cdot \text{ratio}}{365}$$

- Ratio de quantité de refus (Kg/MS/EH/an): 0,38

$$Q_{\text{refus}} = \frac{500 \cdot 0,38}{365} \quad \mathbf{Q_{\text{refus}} = 0,52 \text{ Kg/EH/an}}$$

- Quantité journalière de refus compactés

$$Q_{\text{journ de refus compactés}} = \frac{\text{Quantité journalière de refus}}{\text{Siccité}}, \text{ siccité } 30\%$$

$$Q_{\text{journ de refus compactés}} \text{ (kg/j)} = \frac{0,52}{30} \quad \mathbf{Q_{\text{journ de refus compactés}} = 1,73 \text{ Kg/j}}$$

- Quantité annuelle de refus compactés

$$Q_{\text{ann de refus compactés}} \text{ (T/an)} = \frac{\text{Quantité journalière de refus compactés}}{100} \cdot 365$$

$$\mathbf{Q_{\text{ann de refus compactés}} = 0,63 \text{ T/an}}$$

Modèle du panier dégrilleur en acier inoxydable FLYGT avec les caractéristiques suivantes :



Description

Le panier de dégrillage se monte au niveau de l'arrivée à l'intérieur de la station ou de tout type de regard d'eau usée. Panier prévu pour canalisations d'arrivées jusqu'à DN 400 mm

Composition du Kit :

- 1 panier en Inox A2 (304L)
- 1 berceau support de panier en polyester

Caractéristique du panier :

- Construction en barreaux ronds inox 304L
- Entrefer standard 40 mm (autres dimensions sur demande)
- Plaque pleine brise jet inox 304 en partie supérieure
- Traverse et anneau d'accroche pour chaîne
- Panier prévu pour canalisation d'arrivée maxi 400 mm

Dimensions du panier (hors tout) :

- Hauteur 672 mm
- Largeur 346 mm
- Profondeur 256 mm

Existe en version fond amovible sur simple demande.

Annexe II : Poste de relevage

❖ Poste de relevage du 1^{er} et 2^{ème} étage

✚ Dimensions du poste

Soit une hauteur de 2m

Volume du poste

$$V \text{ (m}^3\text{)} = \text{hauteur de lame d'eau} * \text{surface d'un casier} * \text{nombre de bassin}$$
$$V = 0,03 * 100 * 2 \quad \quad \quad \mathbf{V = 6 \text{ m}^3}$$

Surface du poste

$$V = S * h \quad \quad S \text{ (m}^2\text{)} = \frac{V}{h} \quad \quad \mathbf{S = \frac{6}{2}}$$

$$\mathbf{S = 3 \text{ m}^2}$$

Diamètre du poste

$$D \text{ (m)} = \sqrt{\frac{4 * \pi}{S}} \quad \quad D = \sqrt{\frac{4 * \pi}{3}} \quad \quad \mathbf{D = 2,1 \text{ m}}$$

Poste de relevage du 2^{ème} étage

❖ Conduite de refoulement des eaux usées vers les filtres du 1^{er} étage

Le poste refoulera les eaux usées sur une longueur de 85m.

Les diamètres théoriques des conduites de refoulements sont déterminés à l'aide des variantes ci-dessous :

La méthode de Bresse : $(m) = 1,5x Q^{0,5} \text{ (m}^3\text{/s)}$

La méthode de Bresse modifié $(m) = 0,8x Q^{1/3} \text{ (m}^3\text{/s)}$

La formule simplifiée de Munier (1961) : $(m) = (1 + 0,02xn) x Q^{0,5} \text{ (m}^3\text{/s)}$

Avec :

- **Q** : Le débit en (m³/s)
- **D_{th}** : Le diamètre théorique de la conduite en m
- **n** : Le nombre maximal d'heures de pompage par jour (n=2 heures)

Toutes les valeurs obtenues par les différentes formules vérifient la condition de la vitesse

Formule	Dth (mm)	Dint (mm)	DN (mm)	V (m/s)	V (m/s)
Bresse	250	288	315	0,43	Vérifiée
Bresse	242	288	315	0,43	Vérifiée
Munier	200	228	250	0,68	Vérifiée

d'écoulement. Nous choisirons la formule de Munier avec pour diamètre commercial DN 250/PVC.

Caractéristique des pompes

- Le débit de pompage (Q_P)

Les pompes sont dimensionnées sur la base du débit d'alimentation des filtres qui est de 100 m³/h.

- Calcul de la hauteur manométrique totale (HMT)

La HMT des pompes est la somme de la hauteur géométrique (H_g) de refoulement et des pertes de charges linéaires (J_L) et singulières (J_S).

$$HMT = H_g + J_L + J_S$$

Avec :

H_g : La hauteur géométrique (m)

J_L : Les pertes de charges linéaires (m)

J_S : Les pertes de charges singulières

- Calcul de la hauteur géométrique

La hauteur géométrique correspond à la hauteur entre le point haut de refoulement et le niveau d'aspiration dans la bache. Les côtes altimétriques sont les suivantes :

- Niveau bas d'aspiration : 242,65m
- Point haut de refoulement : 244,25m

$$H_g = 244,25 - 242,65 = 1,6 \text{ m}$$

- Calcul des pertes de charges

Les pertes de charges sont la somme des pertes de charges linéaires et des pertes de charges singulières.

Les pertes de charges linéaires sont calculées par la formule de **Hazens-williams**

$$J_L = 10,674 * \left(\frac{Q}{C_{HW}} \right)^{1,8518} * \frac{L}{D^{4,7}}$$

Avec :

Q : Débit d'alimentation en (m³/s)

C_{HW} : Constante liée au type de conduite. Pour une conduite en plastique, C_{HW}=130 à 150

D : Diamètre de la conduite(m)

L : Longueur de la conduite en (m)

$$J_L = 10,674 * \left(\frac{100/3600}{130}\right)^{1,8518} * \frac{0,5}{0,250^{4,7}} = 0,0005 \text{ m}$$

- Les pertes de charges singulières

$$J_S = 10\% J_L \rightarrow J_S = (10/100 * 0,09) = 0,00005 \text{ m}$$

$$D'où \text{ la HMT} = 1,6 + 0,0005 + 0,00005 = \mathbf{1,6 \text{ m}}$$

Calcul de la puissance absorbée (Pa)

La puissance de la pompe se calcule par la formule suivante :

$$Pa = \frac{\rho * g * Q * HMT}{\eta G}$$

En eaux usées, les rendements hydrauliques varient généralement entre 0,6 et 0,7. Nous retiendrons un rendement hydraulique de 0,65. Le rendement électrique (Re) est d'environ 0,85.

Avec :

ρ : Masse volumique de l'eau 1000 kg/m³

g : Accélération de pesanteur 9,81 m/s

HMT : Hauteur manométrique total (m)

Q : Débit d'alimentation (m³/s)

ηG : Rendement global ($\eta G = R_h + R_e$)

$$\rightarrow Pa = (1000 * 9,81 * (100/3600) * 1,6) / (0,6 * 0,85) = 89 \text{ Watt} = \mathbf{0,08 \text{ KW}}$$

Caractéristique des pompes

Les critères principaux pour faire le choix des pompes sont la HMT et le débit de pompage.

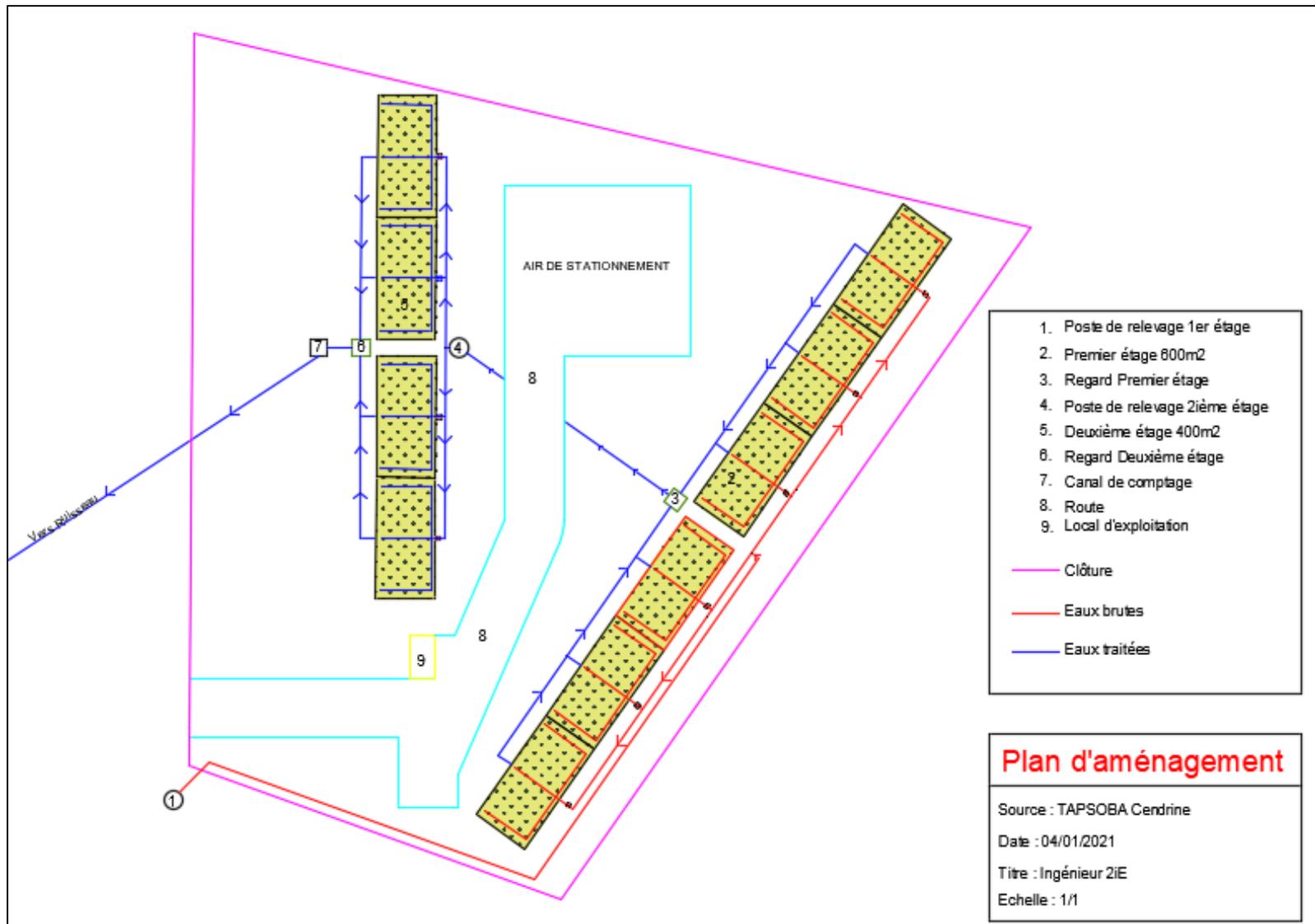
Dans notre cas on a une HMT=1,6 m et Q=100 m³/h. Le débit de la station prend en compte les eaux claires parasites permanentes. On adopte des pompes immergées.

On choisit deux pompes (une utilisée comme pompe de secours). Le type de pompe est **Amarex N F 80-220** car étant un des leaders sur le marché et principalement adaptée à la gestion des

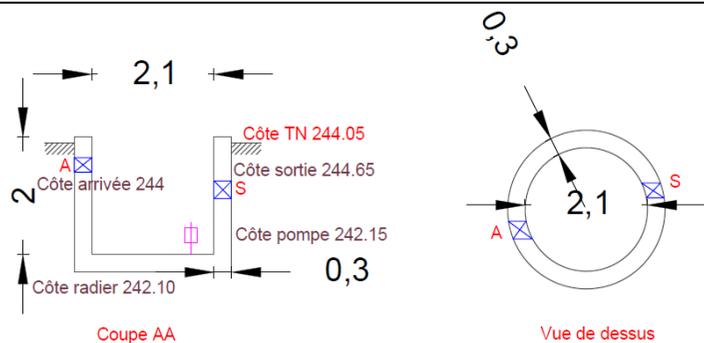
Etude d'avant-projet détaillé pour la mise en place d'une station d'épuration par filtres plantés de roseaux pour la commune d'Ance-Feas, France

eaux usées. Elle permet également une élimination du risque de bouchage par la technologie de déviation brevetée.

PLAN D'AMENAGEMENT DE LA STATION



COUPE AA DU POSTE DE RELEVAGE AU 1^{ER} ETAGE ET 2^{EME} ETAGE

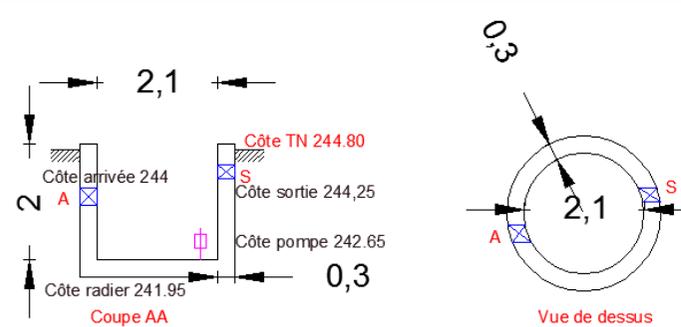


Coupe AA Poste de relevage 1

Source : TAPSOBA Cendrine
 Date : 04/01/2021
 Titre : Ingénieur 2iE
 Echelle : 1/1

Réservations

Repères	Désignation
A	Arrivée des effluents
S	Sortie des effluents



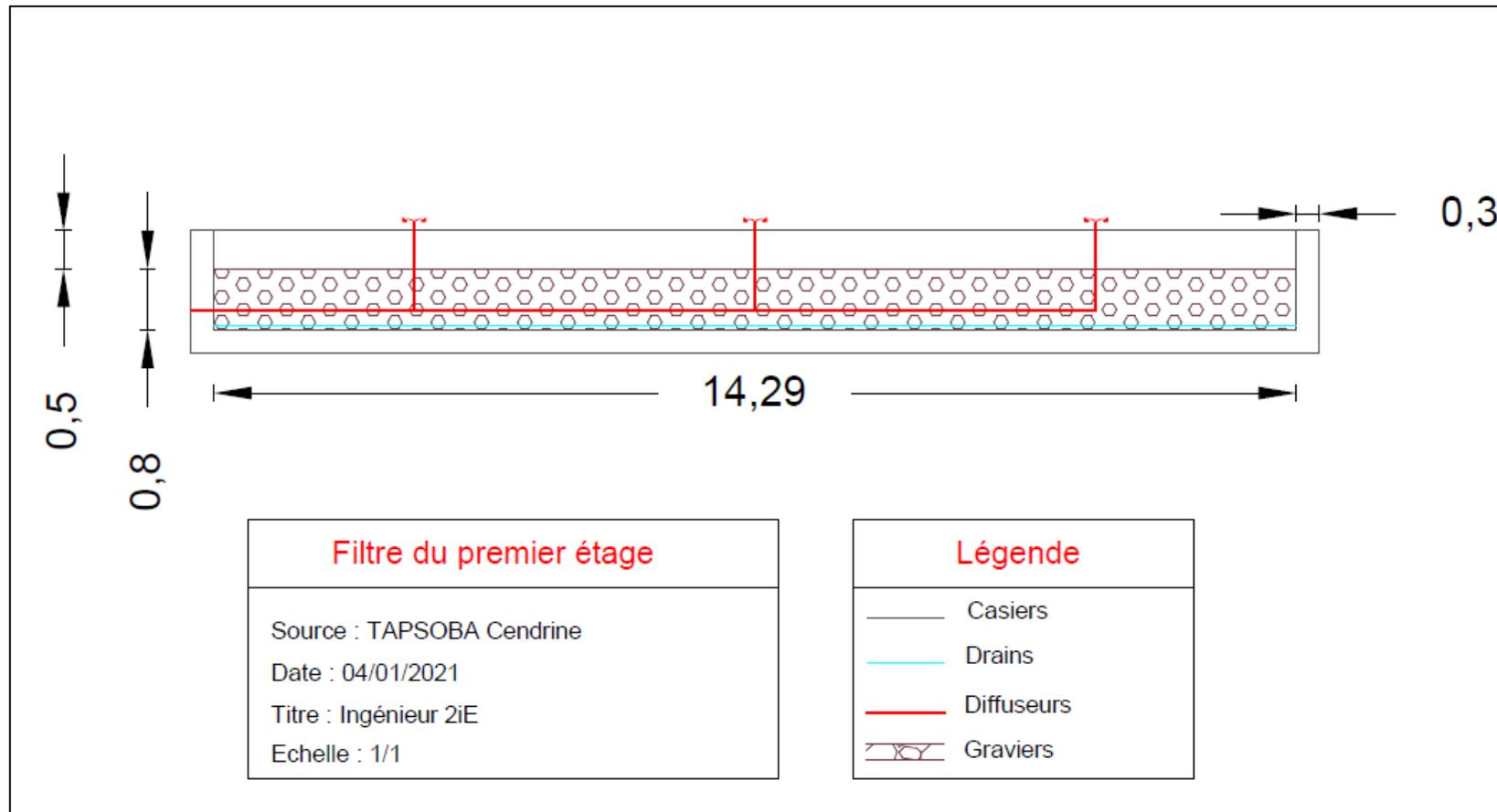
Coupe AA Poste de relevage 2

Source : TAPSOBA Cendrine
 Date : 04/01/2021
 Titre : Ingénieur 2iE
 Echelle : 1/1

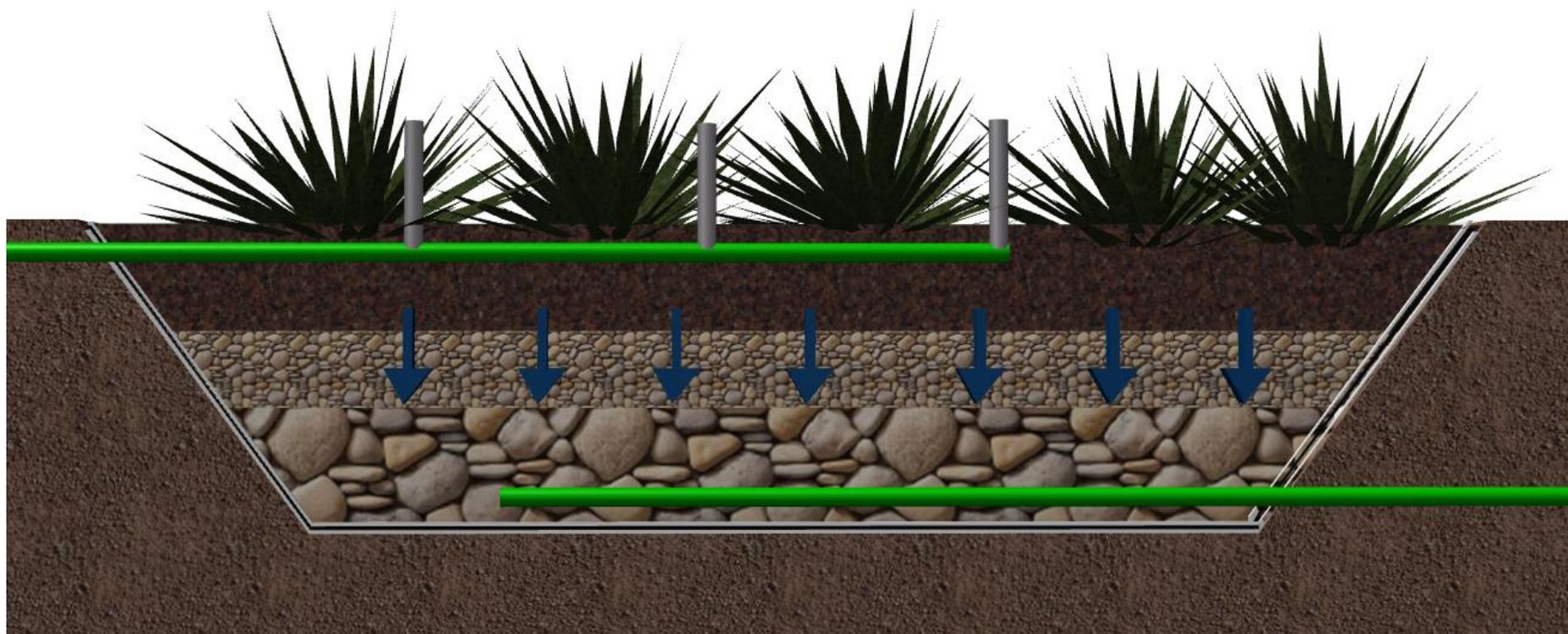
Réservations

Repères	Désignation
A	Arrivée des effluents
S	Sortie des effluents

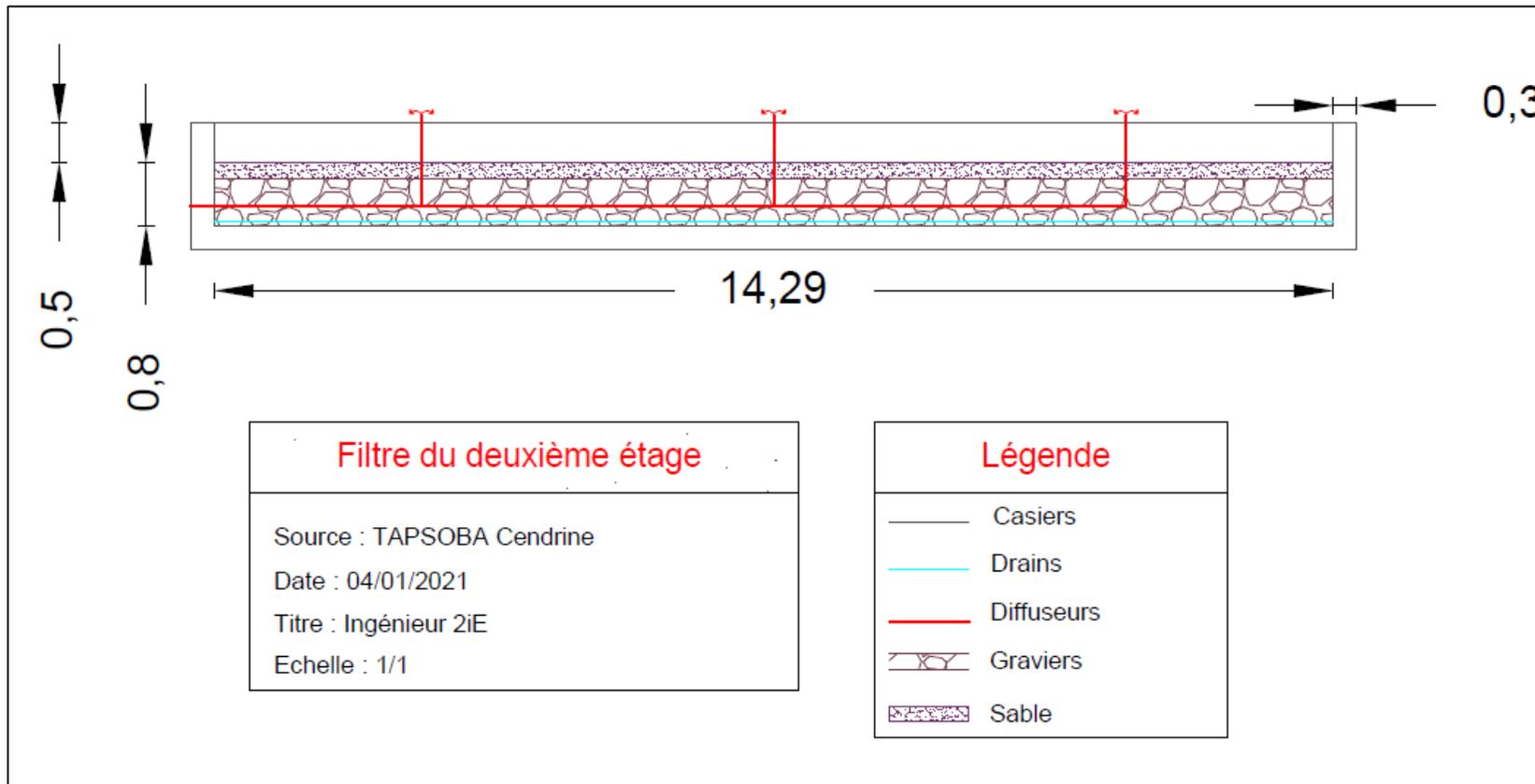
COUPE AA D'UN FILTRE PLANTE DE ROSEAUX DU 1^{ER} ETAGE



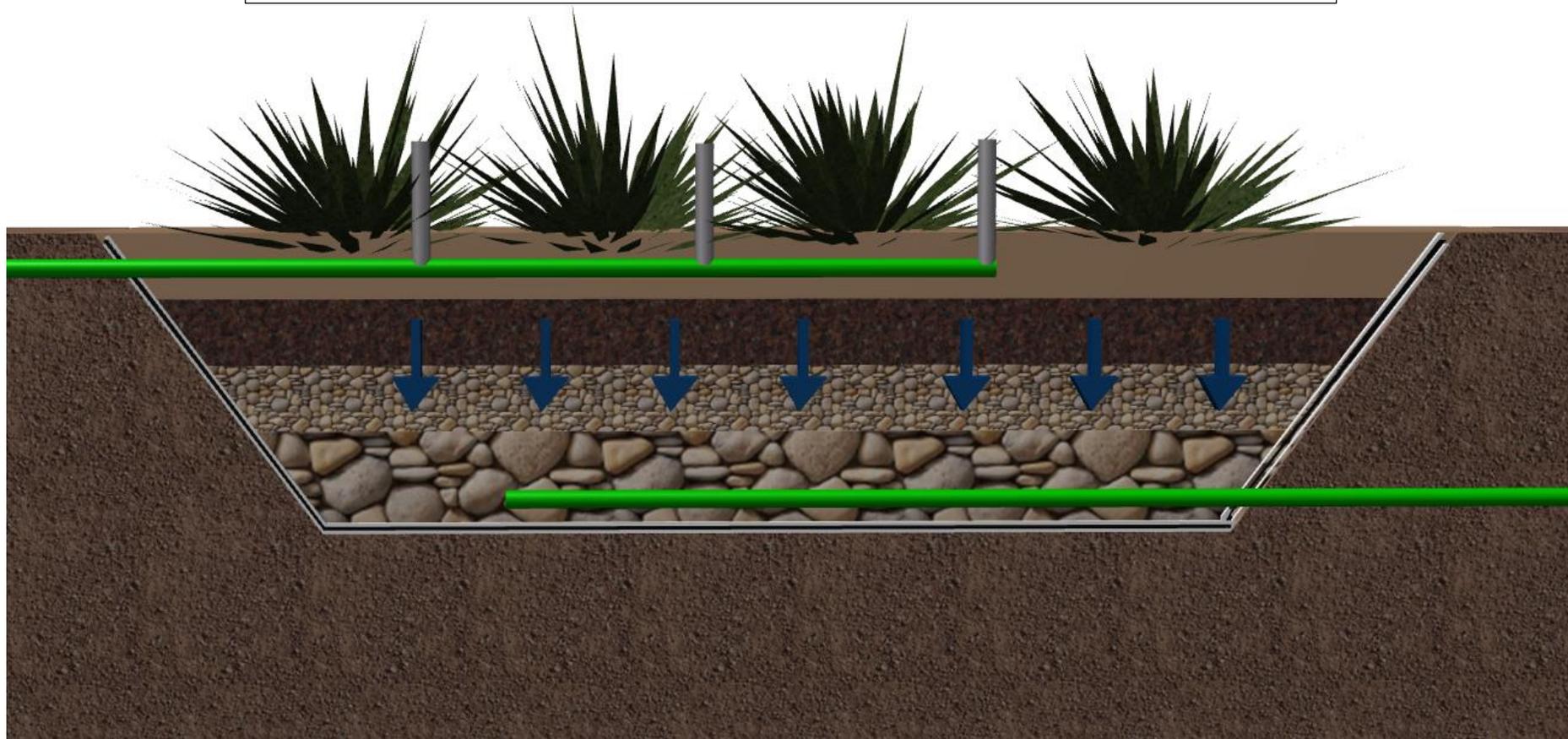
COUPE TRANSVERSALE D'UN FILTRE PLANTE DE ROSEAUX DU 1^{ER} ETAGE



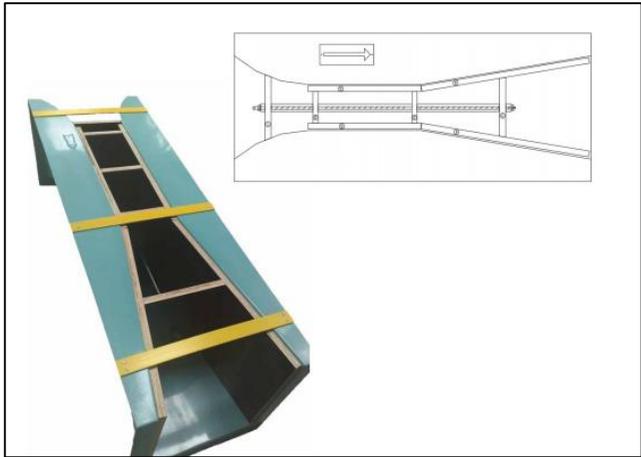
COUPE AA D'UN FILTRE PLANTE DE ROSEAUX DU 2^{EME} ETAGE



COUPE TRANSVERSALE D'UN FILTRE PLANTE DE ROSEAUX DU 2^{EME} ETAGE



Annexe IV : Paramètres du canal de venturi



Canal Venturi ISO 415...ISO 450

Plan d'encombrement

Type	Débit minimum (m³/h)	Débit nominal (m³/h)	Débit maximum (m³/h)	B (mm)	b (mm)	C (mm)	D (mm)	J (mm)	L (mm)	LT (mm)	LA (mm)	HT (mm)	Poids (mm)
415	5,2	30	42,5	150	75	200	225	100	300	625	250	250	3
425	8,6	90	130,3	250	125	300	375	165	450	990	350	350	6
430	13,6	180	322,2	400	200	400	600	265	600	1465	500	450	13
440	18,9	465	720	400	267	625	400	176	810	1386	500	675	16
450	23	1080	1318,9	500	333	700	500	221	1050	1771	600	750	32

Annexe V : Devis Quantitatif et Estimatif

Désignation des postes		Unité (euros)	Quantité	Prix unitaires (euros)	Total(euros hors taxe)
1	Préparation de chantier				
1.1	<p>Ce prix rémunère la prestation d'installation et de repliement du chantier ainsi que l'amortissement, et l'entretien des installations nécessaires à la réalisation des travaux. Il comprend notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'aménée et le repliement de tous les matériels nécessaires à l'exécution des travaux, 	ff	1	14 000	14 000

	<ul style="list-style-type: none"> - la préparation et l'installation de chantier, - la signalisation de chantier, y compris panneau de chantier, - la préparation et l'entretien des aires de stockage des matériels et matériaux, y compris balisage, barrières 				
1.2	Etudes d'exécution et pilotage	ff	1	28 000	28 000
1.3	Mission G3 (mission géotechnique qui étudie dans le détail des ouvrages géotechniques, permet de confirmer le modèle géotechnique retenu pour la conception des ouvrages)	ff	1	1 600	1 600

Sous-total					43 600
2	Travaux préparatoires				
2.1	- nettoyage du site - débroussaillage - aménagement de la voie d'accès si nécessaire - constat préalable huissier	ens		15 000	15 000
Sous-total					15 000
3	Canalisations				
3.1	Liaisons hydrauliques	ml	1	24 000	24 000
Sous-total					24 000
4	Installation de traitement				
4.1	Panier dégrilleur	u	1	490	490
4.1.1	Conteneur poubelle	u	1	91,46	91,46
Sous-total					581,46

4.2	Station de relevage 1				
4.2.1	Béton de propreté	m ³	0,9	250	225
4.2.2	Béton armé	m ³	3,95	500	1975
4.2.3	Pompes submersibles	u	2	1 899	3 798
4.2.4	Sonde US	u	1	515	515
4.2.4	Contacteurs de niveau	u	3	56	168
4.25	Potence amovible commune aux deux postes	u	1	544,47	544,47
Sous-total					7 225,47
4.3	Alimentation 1 ^{er} étage des FPR				
4.3.1	Vannes manuelles	u	6	800	4 800
4.3.2	Diffuseurs inox 316 L	u	12	55,32	663,84
4.3.3	Terrassements des lits	ens	1	21 600	21 600
4.3.4	Fourniture géomembrane	m ²	600	6,55	3 930
4.3.5	Fourniture géotextile	m ²	600	1,75	1 050
4.3.6	Couche de volume de gravier 40cm	m ³	240	62,50	15 000
4.3.7	Couche de volume de gravier 20cm	m ³	120	62,50	7 500
4.3.8	Couche de volume de gravier	m ³	120	62,50	7 500

	20cm				
4.3.9	Plantation de roseaux	m ²	2 400	7,50	18 000
Sous-total					57 072,14
4.4	Station de relevage 2				
4.4.1	Béton de propreté	m ³	0,9	250	225
4.4.2	Béton armé	m ³	3,95	500	1 975
4.4.3	Pompes submersibles	u	2	1899	3 798
4.4.4	Sonde US	u	1	515	515
4.4.5	Contacteurs de niveau	u	3	56	168
Sous-total					6 681
4.5	Alimentation 2 ^{ème} étage des FPR				
4.5.1	Vannes manuelles	u	4	800	3 200
	Diffuseurs inox 316 L	u	80	55,32	4 425,6
	Terrassements des lits	ens	1	21600	21 600
	Fourniture géomembrane	m ²	400	6,55	2 620
	Fourniture géotextile	m ²	400	1,75	700
	Couche de volume de sable 60cm	m ³	240	57,50	13 800
	Couche de volume de gravier 20cm	m ³	80	62,50	5 000

	Couche de volume gravier 20cm	m ³	80	62,50	5 000
	Plantation des roseaux	m ²	1 400	7,50	10 500
Sous-total					73 526,6
5	Canal de comptage	u	1	3 400	3 400
Sous-total					3 400
6	Divers				
6.1	Terrassements généraux et plateformes, y compris régalage des déblais et /ou évacuation des déblais excédentaires, amenée/mise en place/compactage des matériaux de remblais, décapage terre végétale en vue de son réemploi	ens	1	30 000	30 000
6.2	Voiries (véhicule léger, sans le contour des FPR en entier), petit chemin piéton	ens	1	15 000	15 000
6.3	Clôture (types panneaux soudés 2m haut et portail	ens	1	24 000	24 000

6.4	Bâtiment d'exploitation	ens	1	4 500	4 500
6.5	Aménagements paysagers	ens	1	1 000	1 000
6.6	Réseaux divers (réseau eau potable, gestion des eaux pluviales)	ens	1	5 000	5 000
6.7	Remise en état du site	ff	1	1 000	1 000
Sous-total					80 500
7	Electricité-automatisme				
7.1	Armoire de commande- Télégestion-raccordement armoire aux ouvrages	ens	1	33 000	33 000
7.2	Télésurveillance	ens	1	7 000	7 000
Sous-total					40 000
8	Contrôles, essais, mise en route, récolement				
8.1	Mise au point y compris contrôles et essais et formation de l'exploitant	ens	1	2 800	2 800
8.2	Mise en régime y compris contrôles et essais et formation de l'exploitant	ens	1	3 000	3 000

8.3	Essai de garantie	ens	1	1 000	1 000
8.4	Dossier de récolement	ens	1	1 000	1 000
Sous-total					7 800
9	Démolition des STEP existantes	ens	1	30 000	30 000
Sous-total					30 000
MONTANT TOTAL Hors TVA GLOBAL					389 386,67
TVA (20%)					77 877,334
MONTANT TTC					4 672 64,004

