

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale Polytechnique



Département Hydraulique

Projet de fin d'études

Thème :

***Contribution à la conception de la station
d'épuration d'ISOLA 2000***

Présenté par :

Mlle. MIRA Yasmine

Dirigé par :

M. NAKIB Maamar

M. VERGNAIS Thierry

Année universitaire : 2007 - 2008

ملخص

لم تعد محطة التصفية الصغيرة تلبية حاجات محطة التزلج "إيزولا" التي تكبر يوماً بعد يوم. وقد استوجب ذلك بناء محطة تطهير جديدة بطلب من سكان بلدية "مركنتور". ويتمثل عملنا في دراسة تصور لهذه المحطة وقد اخترنا تقنية التصفية البيولوجية لتطهير المياه و هي تقنية تتماشى جيداً مع خصوصيات الموقع.

كلمات مفتاحية : تصفية بيولوجية , إنشاء , مياه مستعملة , تطهير المياه.

Résumé

La petite station d'épuration ne répond plus aux besoins de la station de ski qui ne cesse de s'agrandir.

A la demande de la communauté des communes du Mercantour, une nouvelle station d'épuration sera construite.

Notre travail consiste à faire l'étude de conception de cette dernière.

La technique choisie pour traitement des eaux est la biofiltration, concept s'adaptant bien aux particularités du site.

Mots clés : biofiltration, conception, eaux usées, traitement des eaux.

Abstract

The small wastewater treatment plant of ISOLA does not answer any more to the needs of the ski resort which does not stop getting bigger.

At the request of the community of the municipalities of Mercantour, a new wastewater treatment plant will be built.

Our work consists in making the study of conception of this last one.

The technique chosen as water treatment is the biofiltration, the concept is adapting well to the peculiarities of the site.

Keywords: biofiltration, conception, waste water, wastewater treatment.

Dédicace

Je dédie ce travail :

A mon défunt grand-père mustapha que j'aurai tant voulu connaître.

A la personne la plus importante à mes yeux « ma maman que j'aime ».

A mon frangin amine que j'adore.

A toute ma famille : mani, tata nacera, khalou djamel, joe et nabil, lynda et sa petite famille ...et tous les autres.

A yamia (une phrase rien que pour toi).

A mes amis qui ont rendu mes journées à polytechnique plus agréables : yaniss, ninette, mehdi, lamia, amine, asma...

A mes camarades de promo « les hydros2008 » à qui je souhaite la réussite.

A toutes les personnes qui m'ont soutenue dans ce projet.

Remerciement

Je tiens à adresser en premier lieu mes remerciements à mon promoteur M. Nakib qui n'a pas hésité à m'encadrer et me suivre dans ce projet, et qui m'a accordé de son temps, de son savoir et de ses conseils.

Merci à M. Vergnais pour avoir accepté de me prendre en charge pendant le stage au sein de Merlin ingénierie, pour m'avoir consacré du temps et fait profiter de son expérience. Merci aussi à toute l'équipe de Merlin pour m'avoir accueilli et mit à l'aise.

Je tiens à remercier particulièrement M. Benziada sans qui le stage n'aurait pas eu lieu, je le remercie aussi pour ses encouragements, ses conseils, et surtout sa confiance.

Mes remerciements à tous les enseignants du département, pour la formation qu'ils nous ont donné durant les 3 années de spécialité.

Merci à M. Khaldoun lakhdar qui m'a aidé et conseillé et qui a été présent pour moi tout au long de mes études.

Mes remerciements au président du jury M. Kettab ainsi qu'aux membres du jury M. Benziada, M. Belhadj et M. Mouloudi pour avoir accepté d'examiner et de juger mon travail.

Merci à toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce projet, que ce soit par son amitié, ses conseils ou son soutien moral.

Sommaire

Abréviation

Liste des figures

Liste des tableaux

INTRODUCTION GENERALE 10

PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL 2

LES EAUX USEES ET LEURS CARACTERISTIQUES..... 4

1.	ORIGINES DES EAUX RESIDUAIRES	7
2.	POLLUTION DE L'EAU	7
3.	COMPOSITION DE L'EAU RESIDUAIRE	8
4.	PARAMETRES DE LA POLLUTION	9
	a) Paramètres physiques	9
	b) Paramètres chimiques	9
5.	LA BIODEGRADABILITE	11
6.	NORMES DE REJET.....	11

LES TECHNIQUES DE TRAITEMENT 7

1.	TRAITEMENT DE L'EAU	15
1.1.	<i>Prétraitements</i>	18
1.1.1.	Dégrillage – tamisage	18
1.1.2.	Dilacération	20
1.1.3.	Dessablage	21
1.1.4.	Déshuilage – dégraissage	22
1.2.	<i>Traitement primaire</i>	23
1.2.1.	La Décantation	23
1.3.	<i>Traitement secondaire</i>	26
1.3.1.	Traitement biologique	27
1.3.1.1.	Les procédés à cultures libres	27
1.3.1.2.	Les procédés à cultures fixées.....	29
1.3.2.	Traitement physico-chimique	34
1.4.	<i>Traitement tertiaire</i>	35
2.	TRAITEMENT DES BOUES.....	35
2.1.	<i>Réduction du pouvoir fermentescible des boues</i>	35
2.1.1.	La stabilisation aérobie	35
2.1.2.	La digestion anaérobie	36
2.1.3.	La stabilisation chimique	36
2.2.	<i>Réduction du volume des boues</i>	37
2.2.1.	L'épaississement	37
2.2.2.	La déshydratation	37
3.	TRAITEMENT DE L'AIR	40
3.1.	<i>La pollution atmosphérique</i>	40

3.2.	<i>Classification des polluants</i>	40
3.3.	<i>Sources d'odeurs dans les stations d'épuration</i>	40
3.4.	<i>Traitement des odeurs</i>	41
L'AVANT PROJET		14
I.	DEFINITION D'UN AVANT PROJET	44
II.	AVANT PROJET ISOLA2000	45
1.	<i>Descriptions des sites potentiels</i>	45
2.	<i>Filières de traitement étudiées</i>	46
PROJET ISOLA 2000		43
I.	RECUEIL DES DONNEES	53
1)	<i>Contexte général</i>	53
2)	<i>Contraintes environnementales</i>	54
3)	<i>Contexte urbanistique</i>	54
4)	<i>STEP EXISTANTE</i>	55
5)	<i>Réseau de collecte et origine des eaux usées</i>	56
6)	<i>ETUDE DEMOGRAPHIQUE</i>	56
II.	CALCUL DES CHARGES.....	60
1)	<i>Les débits</i>	60
2)	<i>Les charges polluantes</i>	61
III.	PRESENTATION ET DIMENSIONNEMENT DE LA FILIERE CHOISIE	62
I.	<i>Schéma des filières eau et boue</i>	62
II.	<i>Traitement des eaux</i>	63
A.	LES PRETRAITEMENTS.....	63
1)	Fosse à bâtards	63
2)	Dégrillage grossier	63
3)	Dégrillage fin	64
4)	Dessablage-déshuilage	64
5)	Traitements des sous produits	66
B.	LE TRAITEMENT PRIMAIRE.....	67
C.	LE TRAITEMENT BIOLOGIQUE	69
III.	<i>Traitement des boues</i>	76
1.	Caractéristiques d'une boue	76
2.	Filière boues dans la step	76
3.	Bilan des boues produites	77
4.	Epaississement	77
5.	Déshydratation	79
6.	Stabilisation	80
7.	Stockage	80
IV.	<i>Tableau récapitulatif</i>	81
CONCLUSION		42
BIBLIOGRAPHIE		76

Abréviation

STEP : Station d'épuration

BA : boues actives

MVS : matières volatiles sèches

MES : matières en suspension

MS : matières sèches

MM : matières minérales

DCO : demande chimique en oxygène

DBO : demande biochimique en oxygène

OMS : organisation mondiale de la santé

EH : Equivalent habitant

Hab : habitant

DDT : Dichloro diphényl trichloroéthane (pesticide)

BPC : Biphényles Poly Chlorés

ZICO : zones d'intérêt pour la conservation des oiseaux

ZNIEFF : zones d'intérêt écologique, faunistique et floristique

LPO : Ligue pour la Protection des Oiseaux

MNHN : muséum nationale d'histoire naturelle

POS : plan d'occupation des sols

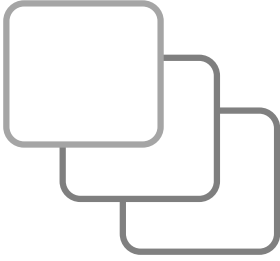
PLU : plan local d'urbanisme

Liste des figures

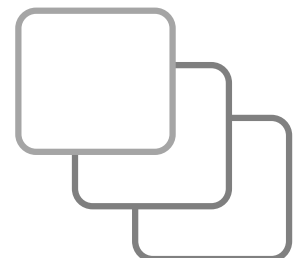
FIGURE III-1 : Schéma d'une station type boues activées	16
FIGURE III-2 : Chaînes de traitement avec les diverses alternatives possibles.	17
FIGURE III-3 : Dilacérateur	21
FIGURE III-4 : Dégraisseur et dessableur combinés.	23
FIGURE III-5 : Décanteur à flux horizontaux.	24
FIGURE III-6 : Décanteur à flux verticaux.	25
FIGURE III-7 : Décanteur à circulation de boues.	26
FIGURE III-7 : Décanteur lamellaire.	26
FIGURE III-9 : Types d'aération	28
FIGURE III-10 : Schéma représentatif d'un système de boues activées.	29
FIGURE III-11 : Filtre à flux d'eau descendant	31
FIGURE III-12 : Filtre à flux d'eau ascendant	31
FIGURE III-13 : Disques biologiques.	34
FIGURE III-14 : Installation de désodorisation à 4 étages à garnissage structuré.	42
FIGURE IV-1 : Vue d'ensemble des 5 sites potentiels.	45
FIGURE IV.2 : Evolution du débit entrant à la station (2005-2007)	47
FIGURE IV.3 : Evolution de la température de l'effluent au cours de l'année 2006-2007	48
FIGURE V-1 : Emplacement de la commune d'ISOLA.	53
FIGURE V-2 : Organigramme représentant les filières eau et boue.	62
FIGURE V-3 : disposition des lamelles d'un décanteur	67
FIGURE V-4 : Centrifugeuse.	80

Liste des tableaux

TABLEAU II-1 : Paramètres caractérisant chaque type de pollution.	10
TABLEAU II-2 : Caractéristiques de l'indice de biodégradabilité K.	11
TABLEAU II-3 : Normes de rejet en terme de concentration.	12
Tableau II-4 : Normes de rejet en terme de rendement.	12
Tableau II-5 : Normes de rejet concernant l'azote et le phosphore.	13
Tableau III-1 : Types de grilles.	19
Tableau III-2 : Avantages et inconvénients des différents types de dégrilleurs.	20
Tableau III-3 : Quelques Valeurs de siccité possible pour différents procédés.	38
Tableau IV-1 : Concentrations et rendements atteignables par les 3 filières.	50
Tableau IV-2 : Comparatif entre les trois filières.	51
Tableau V-1 : Capacités d'accueil des structures touristiques.	57
Tableau V-2 : Bilan démographique : situation actuelle.	58
Tableau V-2 : Bilan démographique : situation future.	59
Tableau V-4 : Les débits journalier et moyen horaire.	60
Tableau V-5 : Charges polluantes : horizon actuel et futur.	61
Tableau V-6 :Variation des caractéristiques du dessableur en fonction du temps de séjour	65
Tableau V-7 : Variations du débit en fonction des saisons.	73
Tableau V-8 : Concentration attendues en sortie de la biofiltration.	75
Tableau V-9 : Caractéristiques de l'épaississeur.	79
Tableau V-10 : résumé de toutes les dimensions de la step.	81



INTRODUCTION GENERALE



L'eau a acquis au fil du temps une importance telle qu'elle en devient un acteur majeur dans l'économie mondiale, en effet, c'est devenu une ressource naturelle essentielle au vue du rôle stratégique qu'elle joue dans l'agriculture et l'industrie.

Parallèlement, la dégradation de la qualité de l'eau ne cesse de s'intensifier réduisant ainsi le potentiel hydrique de la planète, en effet le pouvoir auto-épurateur de la nature s'avère insuffisant face aux multiples rejets issus des différents usages domestiques et industriels.

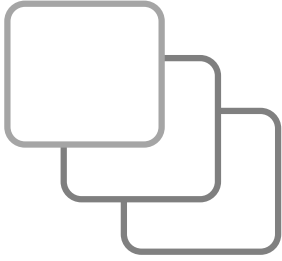
Le rejet des eaux usées chargées en substances polluantes dans le milieu naturel récepteur sans aucun traitement préalable est un motif de préoccupation compte tenu des effets indésirables qu'elles peuvent engendrer.

Pour parer à cela, un effort est observé depuis plusieurs dizaines années. Dans l'optique d'une obligation générale de dépollution des eaux usées, la station d'épuration reste l'outil fondamental.

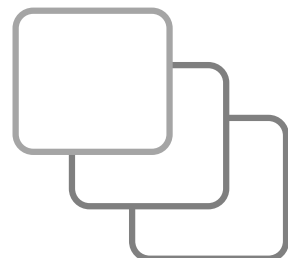
Le but de ce travail est donc de faire l'étude d'un projet de station d'épuration située dans les alpes Françaises. Ce dernier a été proposé par le cabinet Merlin au sein duquel notre stage de fin d'étude a été effectué.

Pour atteindre l'objectif fixé, différentes étapes ont été nécessaires :

- Dans un premier temps, il fallait définir l'eau usée, ses caractéristiques ainsi que les exigences en matière de qualité.
- Ensuite, une recherche bibliographique était nécessaire pour synthétiser toutes les techniques, méthodes et appareils utilisés pour le traitement de l'eau, des boues et de l'air.
- En troisième lieu, le projet de la station d'épuration ISOLA 2000 a été abordé et cela en deux parties :
 - La première consiste en un avant projet où nous avons présenté une étude comparative entre trois filières de traitement différentes.
 - Enfin c'est à partir de l'avant projet que le dimensionnement des différents ouvrages a pu commencer.



***PRESENTATION DE LA
STRUCTURE D'ACCUEIL***



Le cabinet Merlin est un bureau d'ingénieurs conseils dans le domaine de l'eau et de l'environnement, divisé en agences réparties dans toute la France plus une à Alger (Merlin Ingénierie).

Au départ, l'activité principale du Cabinet Merlin était la Maîtrise d'œuvre pour la construction de réseaux d'eau potable et d'assainissement. Petit à petit, les activités se sont diversifiées, à ce jour, le Cabinet Merlin, ainsi que ses filiales, exercent dans 6 domaines d'activités principaux :

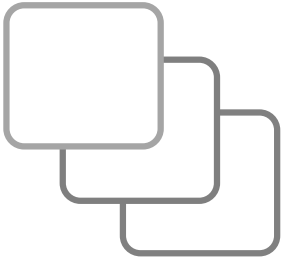
- ❖ *Traitement des eaux* : production d'eau potable, épuration des eaux usées, traitement des eaux industrielles, traitement des boues.
- ❖ *Infrastructures* : réseaux d'adduction d'eau potable, réseaux d'assainissement, galeries, émissaires, ouvrages de stockage et de régulation, V.R.D (Voirie et Réseaux Divers)... etc.
- ❖ *Aménagements hydrauliques* : lutte contre les inondations, barrages, retenues, aménagements de rivières, irrigation, drainage... etc.
- ❖ *Déchets, énergies, air* : collectes traditionnelles et sélectives, décharges, déchetterie, tri sélectif, stations de transfert, valorisation énergétique... etc.
- ❖ *Aménagements urbains* : installations sportives, parcs de stationnement, bâtiments publics... etc.
- ❖ *Expertise de services publics* : audits techniques et réglementaires.

Le Cabinet Merlin tel que crée en 1922 par M. Marc Merlin, s'est développé au fil des années, pour constituer le groupe merlin qui réuni pas moins de 25 agences et 11 filiales exerçant chacune dans un domaine d'activité propre. Les agences du cabinet merlin sont regroupées en 6 régions correspondant plus ou moins au découpage administratif régional français

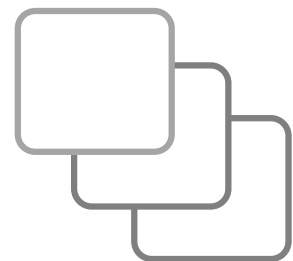
Missions du groupe merlin :

Le groupe Merlin assure plusieurs types de prestations pour le compte des collectivités locales principalement, et ce dans chacun de ses domaines d'activité :

- Les études préliminaires – audit - expertise : consistent en des études de diagnostic, de faisabilité de projets.
- Assistance à la maîtrise d'ouvrage : administrative, technique, et financière.
- Maîtrise d'œuvre : elle comprend plusieurs missions :
 - Etudes de conception : c'est à dire, la conception générale des ouvrages, le dimensionnement et l'estimation des coûts.
 - L'assistance pour la dévolution des travaux : ce qui inclut la rédaction de cahiers des charges, de spécifications et des marchés de travaux, la consultation des entreprises.
 - Le contrôle des travaux : surveillance, planification et le pilotage du chantier.



***LES EAUX USEES ET LEURS
CARACTERISTIQUES***



Avant d'entamer tout travail en épuration, il est essentiel de bien connaître l'eau à traiter et d'identifier les paramètres qui la caractérisent.

1. Origines des eaux résiduaires :

Une eau résiduaire est une eau provenant des activités industrielles, agricoles, domestiques ainsi que de l'entretien des espaces publics (les eaux de ruissellement).

Les eaux domestiques :

Proviennent des différents usages domestiques de l'eau et sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères (qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines), qui sont chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques... et en eaux vannes (provenant des sanitaires) contenant des matières organiques biodégradables et des micro-organismes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

Les eaux industrielles :

Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures.

Les eaux de ruissellement :

Regroupent les eaux de pluies ainsi celles utilisées pour le lavage des espaces publiques.

2. Pollution de l'eau :

Les polluants de l'eau en général sont classés en plusieurs catégories :

- Les pathogènes :
Les pathogènes sont les bactéries, les virus vecteurs de maladies. Le risque pour la santé publique augmente avec le nombre de pathogènes présents
- Les matières en suspension :
Désignent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau et la troublent [1].

- Les matières organiques :
Ce sont tous les déchets carbonés, qui à l'inverse des matières en suspension, constituent une nourriture de choix pour les micro-organismes de l'eau et provoquent leur prolifération. Ces derniers vidant le milieu de son oxygène.

- Les éléments nutritifs :
L'azote et le phosphore en particulier, enrichissent l'eau et accélèrent le vieillissement des lacs et des cours d'eau (eutrophisation). Il en résulte un développement exubérant de plantes aquatiques, qui interdit souvent toute activité de loisirs, ainsi qu'une poussée planctonique qui abaisse la teneur en oxygène de l'eau.

- Les substances toxiques :
Qui peuvent nuire à la santé des organismes aquatiques, de ceux qui les consomment et de ceux qui boivent une eau contaminée. Les substances toxiques comprennent les métaux lourds (tels que le plomb et le mercure), les hydrocarbures chlorés (le DDT et les BPC entre autres), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (le benzopyrène, par exemple)

- La modification de la température (ou pollution thermique) :
Résulte des déversements d'eaux chaudes (celles de refroidissement d'une centrale nucléaire par exemple). Elle peut être une cause de pollution lorsque l'augmentation de température provoque une diminution de la teneur en oxygène dissous et une accélération de l'eutrophisation et nuit aux processus biologiques.

3. Composition de l'eau résiduaire :

Généralement l'eau usée est composée de :

i. Matières minérales

- Matières en suspension inertes : telles que les sables et gravier...etc.
- Matières toxiques : telles que le plomb, mercure...etc.

ii. Matières organiques

iii. Micro-organismes vivants : comprenant les bactéries, virus...etc.

4. Paramètres de la pollution :

Le degré de pollution d'une eau est caractérisé par différents paramètres, ces derniers serviront à mesurer les performances de l'épuration :

a) Paramètres physiques :

- **Température** : varie avec l'altitude et les saisons. Il est primordial de la mesurer car elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz, et dans la détermination du pH.
- **Couleur** : normalement grisâtre, ce qui est dû à la présence de colloïdes.
- **La turbidité** : donne une première indication sur la teneur en MES
- **La conductivité** : la mesure de la conductivité de l'eau permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. La conductivité d'une eau usée dépend essentiellement de la qualité de l'eau potable utilisée et des activités industrielles de la population. La mesure de la conductivité est plus utilisée dans l'optique de détection d'une éventuelle pollution, que les autres paramètres n'auraient pas mis en lumière (cas de métaux lourds dissous dans l'eau par exemple)[2].
- **La teneur en matières en suspension (MES)** : mesurée en mg/L, elle est déterminée au laboratoire par filtration ou centrifugation.
- **Les matières volatiles en suspension (MVS)** : c'est la partie des matières en suspension susceptibles d'être volatilisées à 550° C. Les MVS sont généralement assimilées aux matières organiques en suspension. Ils s'expriment en mg/L.

b) Paramètres chimiques :

- **La demande biochimique en oxygène (DBO)** : mesurée en mgO₂/L, c'est la quantité de dioxygène qu'il faut fournir à un échantillon d'eau pour assurer par voie biologique l'oxydation des matières organiques biodégradables. L'oxydation biologique complète demande un temps de 21 à 28 jours, on a donc la DBO₂₁ ou DBO₂₈, ces dernières trop longues à obtenir elles ont été remplacées par la DBO₅ c'est-à-dire la quantité d'oxygène consommé au bout de 5 jours d'incubation.

- **La demande chimique en oxygène (DCO) :** mesurée en mgO_2/L . La DCO représente l'enveloppe de tout ce qui est susceptible de demander de l'oxygène, en particulier les sels minéraux oxydables et la majeure partie des composés organiques [3].
- **Matières oxydables (MO) :** ce paramètre est utilisé pour caractériser la pollution organique de l'eau. Il se définit à partir de la DBO_5 et de la DCO selon la formule suivante : $MO = (2 \text{DBO}_5 + \text{DCO})/3$
- **Azote total Kjeldahl (NTK) :** représente les formes réduites de l'azote (organique et ammoniacal) dans l'eau. Mesuré en mg N/l .
- **Phosphore total (PT) :** c'est la somme des trois formes du phosphore (orthophosphates, polyphosphates et le phosphore organique). A la sortie de la station d'épuration, le phosphore est à 90% sous forme d'orthophosphates.
- **PH :** le pH mesure la concentration des ions H^+ dans l'eau. Il caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimiques. La valeur du pH influe la croissance des micro-organismes présents dans l'eau, la plupart des bactéries par exemple peuvent croître dans une gamme de pH comprise entre 5 et 9, l'optimum étant situé entre 6,5 et 8,5. Des valeurs inférieures à 5 ou supérieures à 9 affectent la survie des micro-organismes aquatiques selon l'OMS.

En somme, toutes les formes de pollution dans l'eau sont quantifiées avec les paramètres cités ci-dessus :

Tableau II-1 : Paramètres caractérisant chaque type de pollution.

DBO_5 , DCO	Pollution organique carbonée
MES, MVS, turbidité	Pollution particulaire
NTK	Pollution azotée
PT	Matières phosphorées

5. La biodégradabilité

La biodégradabilité d'une substance exprime son aptitude à être décomposée par les micro-organismes. Elle est influencée par plusieurs facteurs tels que : la concentration du produit à dégrader, le nombre et la nature des micro-organismes, et enfin le pH et la température du milieu.

Coefficient de biodégradabilité :

$$K = DCO / DBO_5$$

Le rapport entre ces deux valeurs détermine la possibilité et le rendement de dégradation que l'on peut espérer par un traitement biologique.

Tableau II-2 : Caractéristiques de l'indice de biodégradabilité K.

Valeurs de K	Caractère de l'effluent
1.5	Spontanément biodégradable
2 < K < 3	Biodégradable à condition de mettre un traitement adéquat. Concerne un effluent urbain
>3	Non biodégradable un traitement physico-chimique s'impose. Concerne un effluent industriel.

6. Normes de rejet

Dans le domaine de l'eau, on est tenu de respecter des normes très strictes car cela touche au domaine de la santé publique, et le moindre écart peut s'avérer très dangereux pour la santé de l'homme, la préservation des espèces aquatiques...etc.

Pour l'épuration, les normes concernent en grande partie la qualité de l'eau au rejet.

Les normes de rejet ont pour but de maintenir, ou le cas échéant de restaurer, la qualité des eaux superficielles qui reçoivent les effluents traités. Les systèmes d'épuration, ont donc pour mission de réduire au maximum les paramètres caractérisant un effluent (DBO, DCO; MES, NTK, PT).

La limite de pollution tolérée est fixée par l'intermédiaire de la réglementation sanitaire. Les différents niveaux de rejet sont déterminés en fonction des paramètres suivants :

- ❖ L'objectif de qualité assigné au milieu récepteur.
- ❖ Les conditions locales de dilution, de renouvellement d'eau et d'autoépuration offertes par le milieu naturel.
- ❖ Les caractéristiques de l'effluent avant épuration (débit, concentration et biodégradabilité).

Dans notre cas, les niveaux de rejet sont imposés par l'arrêté du 22 Juin 2007 du ministère Français de l'écologie, du développement, et de l'aménagement durables.

D'après l'annexe II de l'arrêté qui fixe les performances minimales des stations d'épuration devant traiter une charge brute de pollution supérieure ou égale à 120 Kg/j de DBO₅ (ce qui correspond à 2000 EH)[11] :

Les rejets en dehors des situations inhabituelles doivent respecter les valeurs soit en concentration (tableau II-3) soit en rendement (tableau II-4).

Tableau II-3 : Normes de rejet en terme de concentration.

Paramètre	Valeur
Température	< 25°
pH	6 < pH < 8,5
DBO ₅	≤ 25 mg/l
DCO	≤ 125 mg/l
MES	≤ 35 mg/l

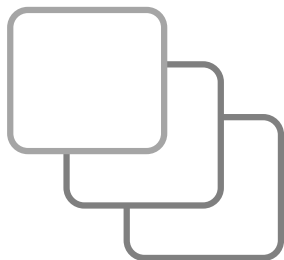
Tableau II-4 : Normes de rejet en terme de rendement.

Paramètre	Charge brute de pollution en Kg/j de DBO ₅	Rendement minimum à atteindre
DBO ₅	120 < DBO ₅ ≤ 600	70%
	> 600	80%
DCO	Toutes charges	75%
MES	Toutes charges	90%

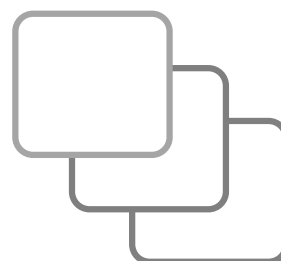
En ce qui concerne les valeurs de NTK et Pt aucune valeur n'est imposée en dehors des zones sensibles à l'eutrophisation.

Tableau II-5 : Normes de rejet concernant l'azote et le phosphore.

Paramètre	Concentration maximale à ne pas dépasser pour les zones sensibles à l'eutrophisation
NTK	15 mg/l
Pt	2 mg /l



***LES TECHNIQUES DE
TRAITEMENT***



Dans ce qui suit, nous ferons une synthèse de toutes les techniques qui se pratiquent au niveau des stations d'épuration en matière de traitement de l'eau, des boues et de l'air.

1. Traitement de l'eau :

Dans une station d'épuration, le traitement de l'eau se fait sur plusieurs étapes selon la qualité de l'effluent, l'exigence et la sensibilité du milieu récepteur.

On peut diviser, grosso modo, le traitement de l'eau en 4 étapes :

- **Prétraitement :** les eaux brutes doivent généralement subir, avant leur traitement proprement dit, un prétraitement comportant un certain nombre d'opérations uniquement physiques ou mécaniques.

- **Traitement primaire :** élimine une grande partie des MES et constitue une pré-épuration non négligeable quoique insuffisante pour garantir la qualité du rejet en milieu naturel, il fait appel à différents procédés physiques ou chimiques.

- **Traitement secondaire :** Cette étape consiste en l'élimination des matières en solution dans l'eau (matières organiques, substances minérales).

- **Traitement tertiaire :** Au terme du traitement secondaire, l'eau, débarrassée des éléments qui la polluaient, est épurée à 90%. Mais lorsque le lieu de rejet est "fragile" des traitements complémentaires peuvent s'avérer nécessaires.

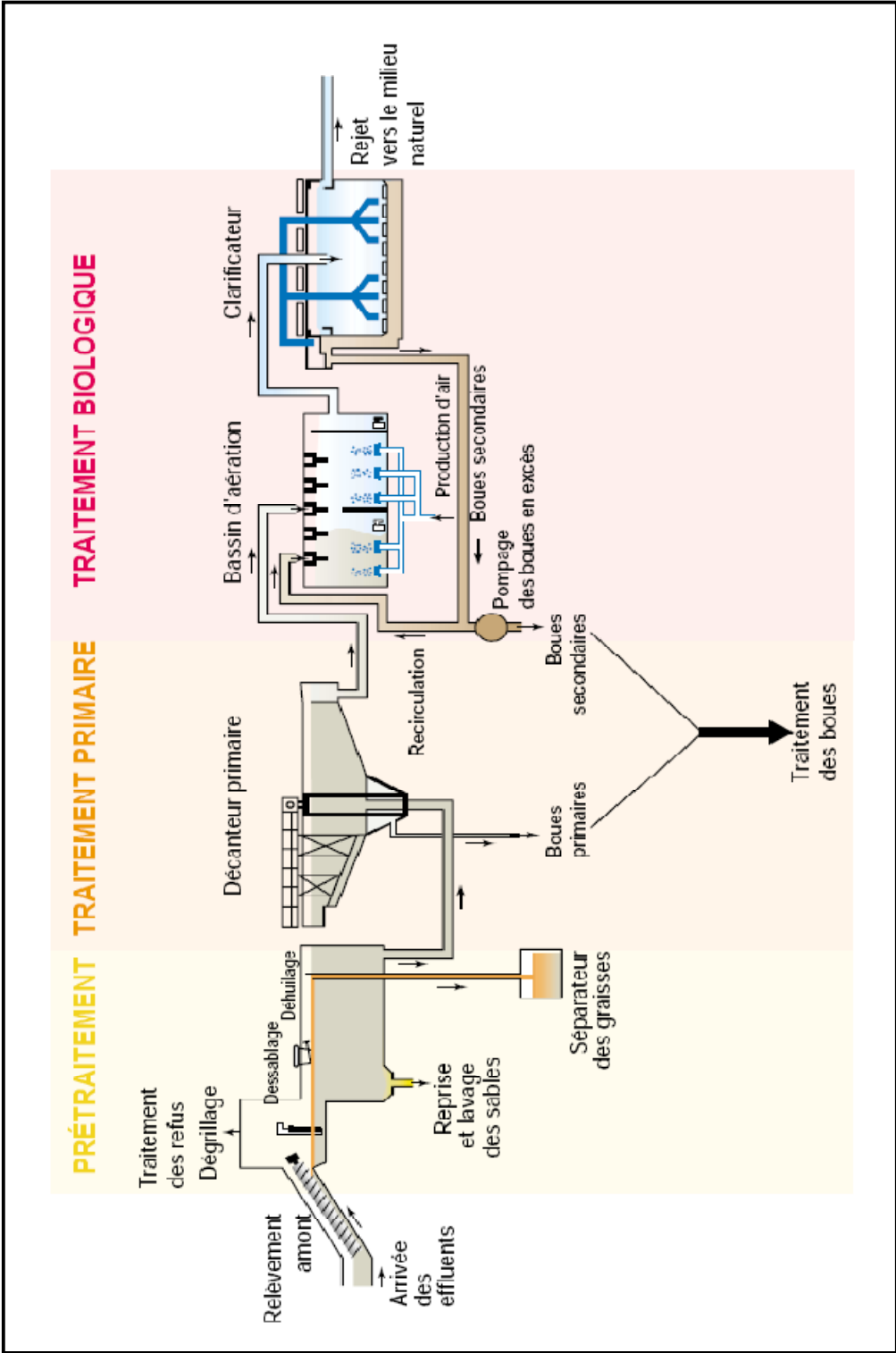


Figure III-1 : Schéma d'une station type boues activées.

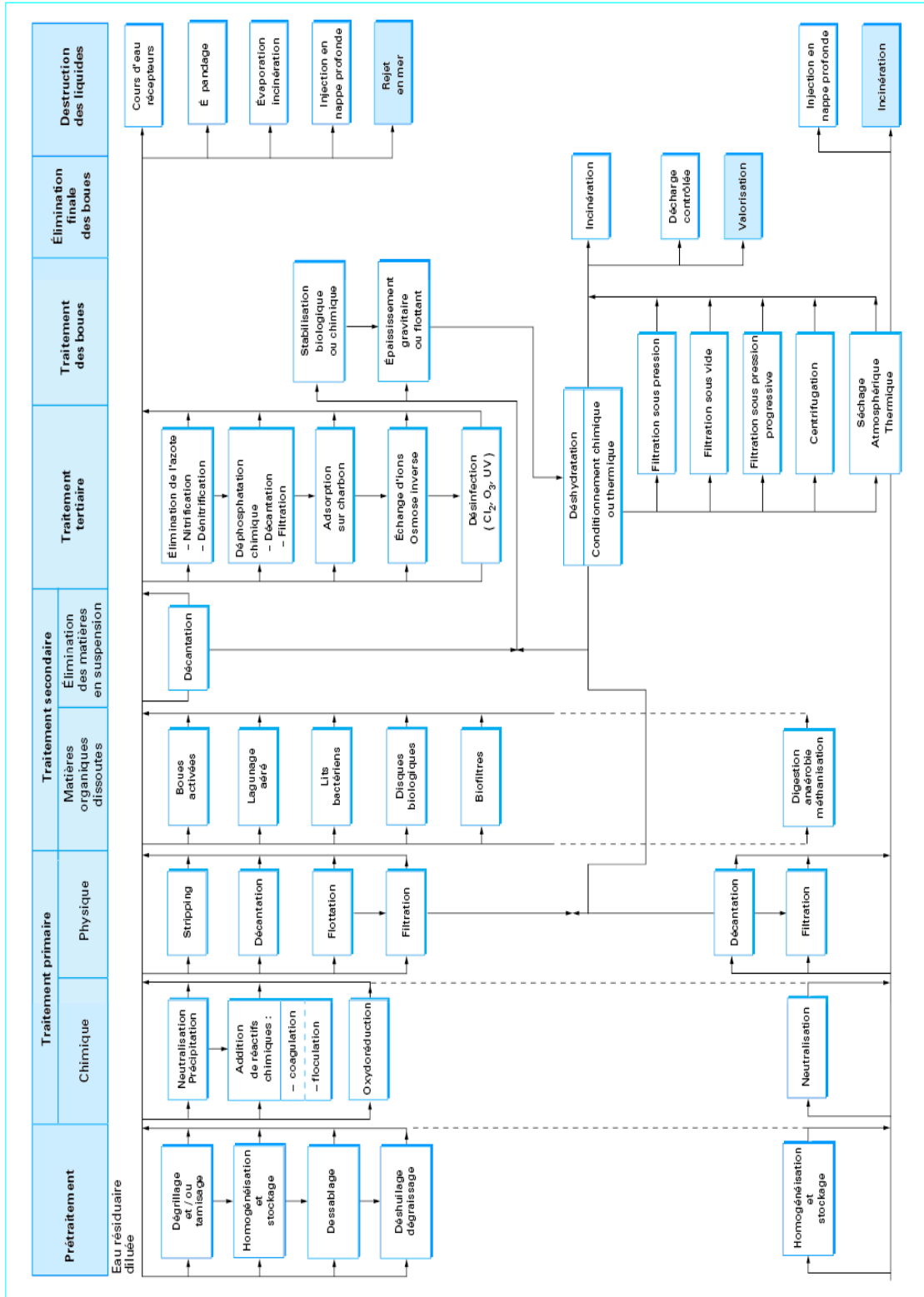


Figure III-2 : Chaînes de traitement avec les diverses alternatives possibles.

1.1. Prétraitements :

Le prétraitement regroupe les opérations suivantes : dégrillage, dilacération, dessablage, débouillage, dégraissage, déshuilage et le tamisage. On peut avoir recours à une ou plusieurs de ces opérations dans une même station d'épuration. Cette étape a pour but d'éliminer les particules solides de toutes tailles et de toutes natures, créatrices de dépôts ou de pannes mécaniques dans les installations ultérieures de traitement.

1.1.1. Dégrillage – tamisage :

L'ouvrage a pour fonction de :

- protéger les ouvrages aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation.
- séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants, ou en compliquer l'exécution.

Il faut préciser que le terme de « grille » est réservé à des supports présentant des ouvertures de largeur définie, généralement supérieures à 5 mm, mais de très grande longueur. Parallèlement le terme de « tamis » est consacré à des supports minces, à orifices circulaires, sensiblement carrés, ou à mailles croisées offrant un passage généralement inférieur à 3 mm.

L'opération est plus ou moins efficace, en fonction de l'écartement entre les barreaux de la grille, on peut distinguer :

- Tamisage, ouverture maximum de 3 mm.
- Dégrillage fin, pour un écartement entre 3 et 10 mm.
- Dégrillage moyen, pour un espacement de 10 à 30 mm.
- Prédégrillage, pour un écartement supérieur à 30 mm.

Types de grilles :

Tableau III-1 : Types de grilles.

<p>Grilles manuelles</p>	<p>elles sont généralement inclinées de 60 à 80° sur l'horizontale et composées de barreaux droits, ronds ou rectangulaires.</p>	
<p>Grilles mécaniques à nettoyage par l'amont</p>	<p>Les barreaux sont généralement de section rectangulaire ou trapézoïdale. L'évacuation des déchets est située à l'aval de la grille. Il en existe 3 types :</p>	<p>Grilles courbes : Elles sont conseillées pour les installations de moyenne importance avec des eaux pas trop chargées. Le nettoyage se fait à l'aide de deux peignes montés sur un bras tournant autour d'un axe horizontal</p>
	<p>Grilles droites à nettoyage alternatif : Le champ de grille est souvent incliné à 80 degrés sur l'horizontale et le nettoyage se fait avec un racleur (ou râteau ou peigne ou poche pivotante) qui remonte les déchets le long de la grille et est redescend en position écarté du champ de grille.</p>	
	<p>Grilles droites à nettoyage continu : Elles sont bien adaptées à un dégrillage fin avec risques de et feutrage (obturation de la grille par des feuilles par exemple). Elles sont inclinées à 80 degrés et l'éjection des déchets du réceptacle et motorisées.</p>	
<p>Grilles mécaniques à nettoyage par l'aval</p>	<p>C'est un système de prédégrillage avec une capacité d'extraction importante (mais risques de rechute des déchets dans l'eau aval).</p>	

Avantages et inconvénients :

Tableau III-2 : Avantages et inconvénients des différents types de dégrilleurs.

	<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
Dégrilleur à grille manuelle	<ul style="list-style-type: none"> - Faible coût - Pas d'apport d'énergie 	Entretien pénible et fréquent
Dégrilleur à grille automatique	<ul style="list-style-type: none"> - Efficacité - Peu d'entretien 	Contrôle régulier du fonctionnement (sinon pannes assurées)
Dégrilleur à nettoyage par l'amont	<ul style="list-style-type: none"> - Pression du peigne réglable nettoyant les grilles donc optimisation du nettoyage 	<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilité au bourrage par les dépôts au pied de la grille
Dégrilleur à nettoyage par l'aval	<ul style="list-style-type: none"> - Adapté à de forts débits et à de grandes profondeurs - Reprise d'importantes quantités de matières solides - Nettoyage des râteaux par un éjecteur qui déverse les détritrus dans une goulotte - Incolmatable 	<ul style="list-style-type: none"> - Plus cher à l'achat et à l'entretien car changement fréquent des barreaux - Fragiles

1.1.2. Dilacération :

Pour éviter d'avoir à éliminer la fraction fermentescible des résidus de dégrillage, il est possible de les broyer assez finement pour qu'ils puissent suivre le sort des matières décantables fines.

Quel que soit le soin apporté à leur réalisation, les dilacérateurs se révèlent à l'usage des appareils chers, délicats, souvent fragiles, fréquemment engorgés. Le pompage de matériaux déjà éliminés par le dégrillage pour les réintroduire dans le circuit des eaux et leur faire subir un traitement ultérieur plus onéreux est une opération plus que discutable sur le plan économique. Enfin, les produits dilacérés risquent d'obstruer les canalisations, d'engorger les pompes de refoulement, surtout si des matériaux fibreux

sont associés à des graisses. Pour toutes ces raisons, la pratique de la dilacération est en très net recul.

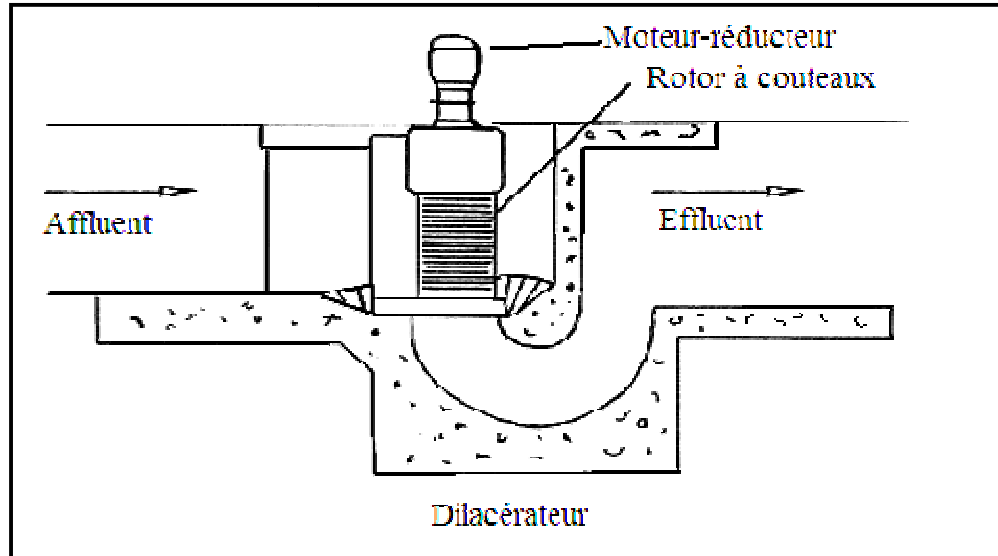


Figure III-3 : Dilacérateur

1.1.3. Dessablage :

Le but de cette opération est de piéger les particules solides charriées par les eaux et les matières en suspension de granulométrie égale ou supérieure à 200 μm : sables, graviers, etc., une granulométrie inférieure est en général du ressort du débouillage ou de la décantation.

En retenant les sables, le dessableur participe à la protection du milieu récepteur; il permet également:

- d'éviter la détérioration des ouvrages situés en aval
- de limiter la réduction de la débitance des collecteurs.
- d'éviter les dépôts dans les canaux et conduits
- de protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion.

Principe de fonctionnement d'un dessableur:

Un dessableur est un ouvrage constitué d'une chambre profonde, ce dispositif a été conçu pour arrêter les particules minérales les plus denses, essentiellement les sables et graviers mais aussi les débris de verres et de métaux.

Cette séparation gravitaire s'effectue par limitation de la vitesse horizontale des fluides qui doit être inférieure à la vitesse de chute des particules minérales.

1.1.4. Déshuilage - dégraissage

Les opérations de déshuilage et de dégraissage, bien que réalisées ensemble, correspondent à deux phénomènes physiques différents : le déshuilage est une opération de séparation liquide - liquide, tandis que le dégraissage correspond à une séparation solide - liquide (à condition que la température de l'eau soit suffisamment basse pour permettre le figeage des graisses).

Cette étape permet d'assurer un bon traitement en aval en limitant le colmatage des appareils et en évitant l'inhibition des processus biologiques. En effet, les graisses forment, en surface de la phase liquide, un film qui induit un mauvais transfert d'oxygène entre l'atmosphère et le liquide; de plus, l'absorption des graisses sur les boues limite le phénomène de dégradation.

Il existe deux types d'appareillage :

- séparateurs cylindro-coniques
- séparateurs longitudinaux

La récupération des graisses flottantes se fait par écumage manuel ou mécanisé. Les graisses sont ensuite stockées jusqu'à leur traitement.

Remarque

En général, le dégraissage est effectué avec le dessablage. L'ouvrage comporte une zone d'aération (où l'air est insufflé à la partie inférieure) et une zone tranquillisée (destinée à la remontée des graisses en surface). L'évacuation des graisses est réalisée à l'aide d'un raclage de la surface. Le temps de séjour dans l'ouvrage est court (une dizaine de minutes environ).

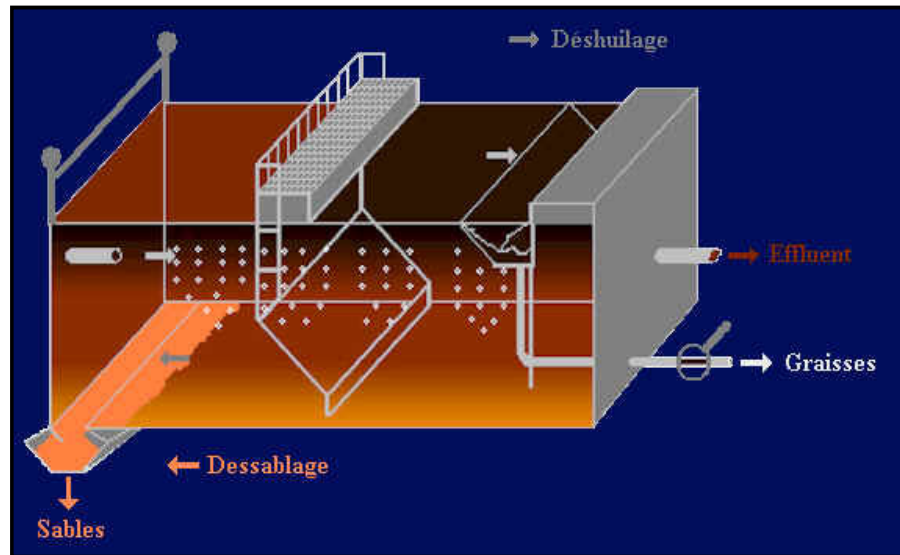


Figure III-4 : Dégraisseur et dessableur combinés.

1.2. Traitement primaire :

Il fait appel à différents procédés physiques ou chimiques. L'opération la plus importante à cette étape du traitement est la décantation.

1.2.1. La Décantation :

La décantation est un procédé utilisé dans pratiquement toutes les stations d'épuration, elle a pour but d'éliminer les particules en suspension. Ces particules s'accablent au fond du bassin, d'où on les extrait périodiquement, elles forment ce que l'on appelle les boues primaires. L'eau récoltée en surface est dite clarifiée.

Selon la concentration en solide et la nature des particules (densité et forme), on distingue quatre types de décantation :

- ❖ la décantation de particules discrètes :

Les particules conservent leurs propriétés initiales (forme, dimension et densité) au cours de leur chute. La vitesse de chute est alors indépendante de la concentration en solide.

❖ la décantation freinée

Ce type de décantation est caractérisé par une concentration élevée de particules, ce qui entraîne la formation d'une couche de particules et par conséquent, l'apparition d'une démarcation nette entre les solides décantés et le liquide surnageant.

❖ la décantation en compression de boues

Les particules entrent en contact les unes avec les autres et reposent sur les couches inférieures.

❖ la décantation de particules floculentes

Ce type de décantation est caractérisé par l'agglomération des particules au cours de leur chute sous l'effet d'un réactif ajouté à l'eau. Les propriétés physiques des particules (forme, dimension, densité et vitesse de chute) sont donc modifiées pendant le processus. Les réactifs sont appelés « coagulants » qui favorisent l'agglomération des colloïdes en diminuant leurs forces de répulsion électrostatique.

Différents types de décanteurs :

– Appareils à flux horizontaux

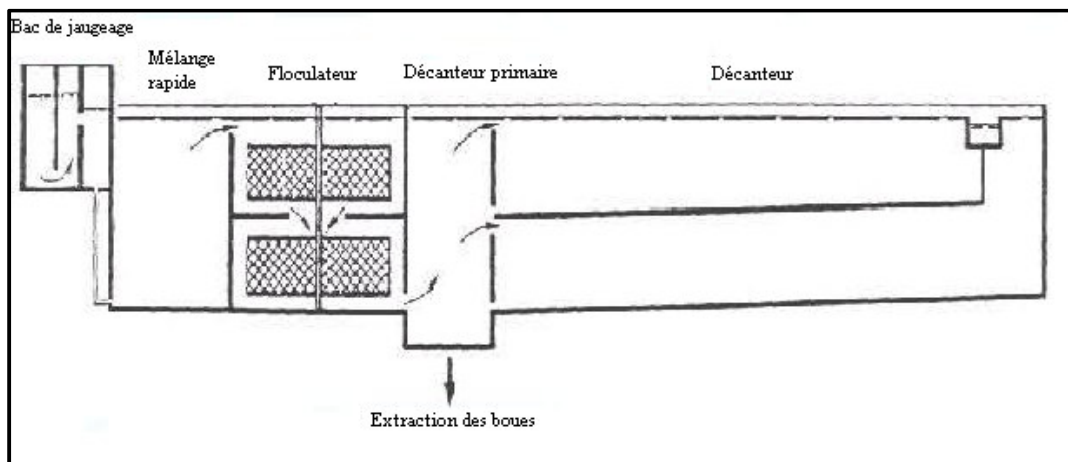


Figure III-5 : Décanteur à flux horizontaux.

– Appareils à flux verticaux

Dans ce type d'ouvrage l'eau suit un trajet vertical. La vitesse de chute des particules est contrariée par une force résultante de la composition de la force de frottement et de la vitesse ascensionnelle de l'eau.

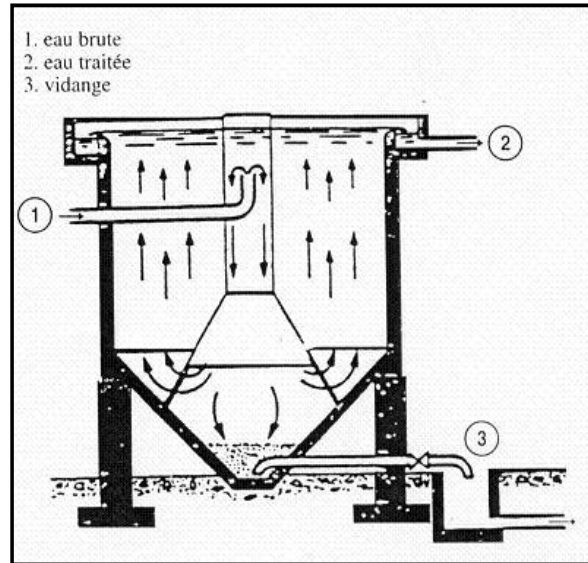


Figure III-6 : Décanteur à flux verticaux.

– Décanteurs à circulation de boues

Ces décanteurs comportent une zone centrale de réaction entourée d'une zone de décantation. Ces deux zones communiquent par le haut et par le bas. Une turbine située à la partie supérieure de la zone de réaction fait circuler l'eau vers la zone de décantation.

Les boues qui se déposent dans cette dernière reviennent par circulation induite dans la zone centrale. L'enrichissement en boue qui en résulte permet une floculation rapide et la formation d'un précipité dense.

Éventuellement, un agitateur de fond assure un mélange rapide de l'eau brute avec la boue et les réactifs. Il évite en outre l'accumulation des dépôts lourds susceptibles de boucher l'appareil.

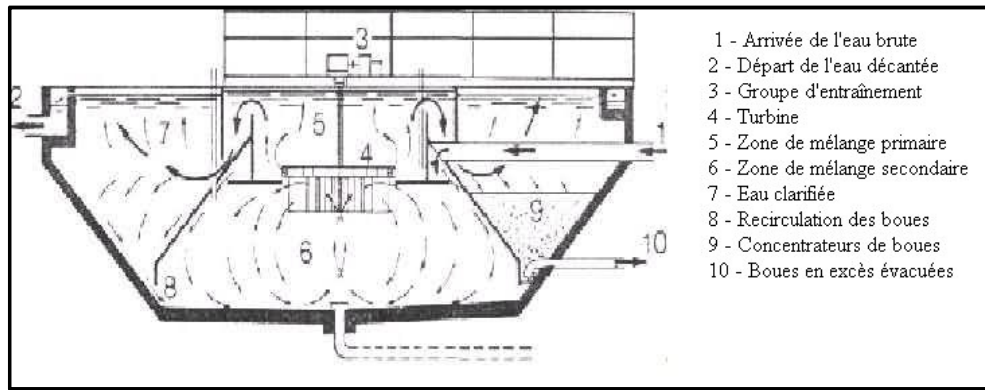


Figure III-7 : Décanteur à circulation de boues.

– Décanteurs lamellaires classiques

L'amélioration des décanteurs horizontaux passe par une évacuation du dépôt de boues plus rapide.

Pour cela il suffit que la surface sur laquelle le floc se dépose soit inclinée pour que ce dernier puisse glisser vers le bas au fur et à mesure.

D'où la réalisation de modules lamellaires inséré dans un décanteur, dont la surface S (L x l) de chaque lamelle devient une surface de décantation, l'angle d'inclinaison étant un des éléments importants de ce système.

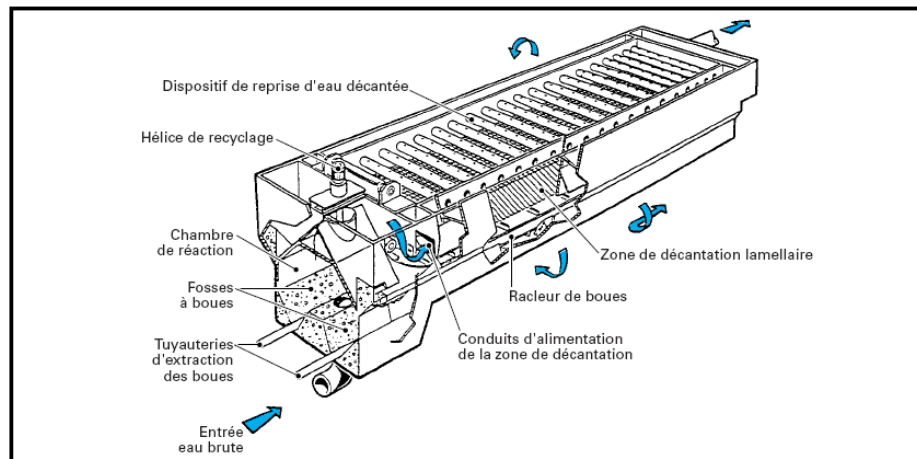


Figure III-7 : Décanteur lamellaire.

1.3. Traitement secondaire :

Étape la plus importante du processus, deux types de traitement sont utilisés.

1.3.1. Traitement biologique : appliqué aux matières organiques (biodégradables)

L'utilisation des procédés biologiques découle de l'observation et de l'intensification du processus d'autoépuration des sols et cours d'eau, et fait généralement appel aux procédés aérobies par lesquels les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organiques des eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau.

Les installations de traitement secondaires biologiques se présentent donc comme de très vastes cultures bactériennes où l'on met en contact une population bactérienne et l'effluent à traiter en présence d'oxygène. Deux familles de procédés sont utilisés pour ce type de traitement : les procédés biologiques à culture fixées et ceux à cultures libres.

1.3.1.1. Les procédés à cultures libres (boues activées)

Les colonies microbiennes se développent au sein même du liquide à épurer, en effet, lorsque de l'air est injecté dans une eau souillée, il s'y développe rapidement une flore bactérienne, qui se nourrit des matières organiques constituant la pollution soluble.

La technique représentant le mieux ce type de procédé dans les stations d'épuration est « les boues activées », processus d'épuration le plus répandu au monde.

Le procédé à boues activées consiste en un réacteur biologique aérobie où l'on provoque le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons appelés "bio flocs", le réacteur est alimenté en eau polluée et le mélange eau usée- bio flocs est appelé "liqueur mixte", la liqueur est maintenue dans un régime turbulent par un système d'aération, de l'oxygène dissous est ainsi introduit dans la masse de la liqueur mixte lequel est nécessaire pour la respiration et le développement des micro organismes aérobies .

L'aération peut être assurée en surface par des turbines ou des brosses, ou dans le fond par des procédés de rampe de distribution de bulles d'air alimentées par un surpresseur.

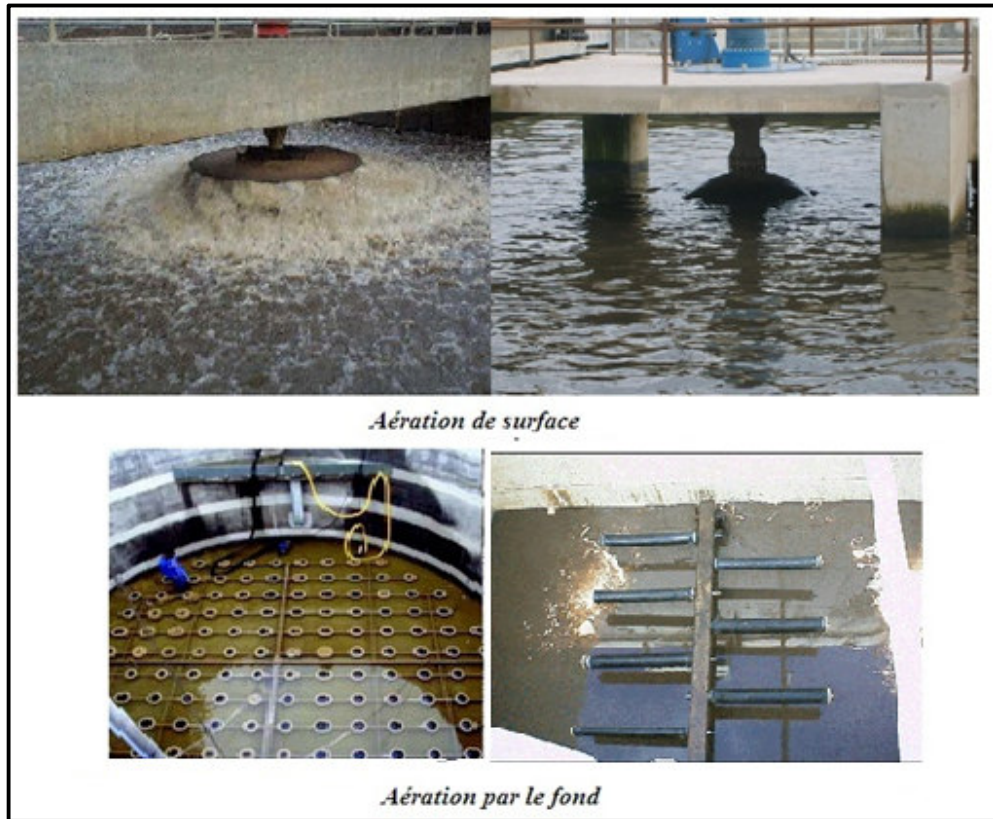


Figure III-9 : Types d'aération

Les différents systèmes de boues activées sont caractérisés par leur charge massique C_m qui donne une approximation du rapport entre la masse journalière de pollution à éliminer et la masse de bactéries épuratrices mises en œuvre, ainsi on distingue les systèmes :

- à forte charge : $C_m > 0.5$ Kg de DBO_5 par jour et par Kg de boues ;
- à moyenne charge : $0.2 < C_m < 0.5$
- à faible charge : $0.07 < C_m < 0.2$
- à très faible charge : $C_m < 0.07$

Le système de boues activées s'accompagne toujours d'une décantation appelée « clarification » ou « décantation secondaire » d'où sont extraites les boues. Le temps de séjour de ces boues dépend de la vitesse de décantation des particules en suspension et du mode de collecte des boues.

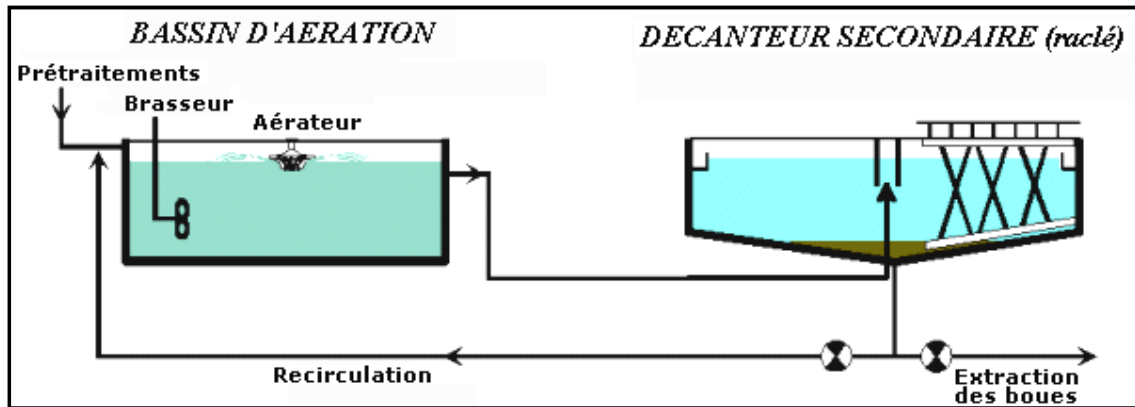


Figure III-10 : Schéma représentatif d'un système de boues activées.

Avantages des boues activées :

- sécurité en ce qui concerne le degré d'épuration des eaux traitées, du fait que les facteurs d'influence les plus importants, par exemple apport d'eau résiduaire, et de masse bactérienne (boue activée), sont contrôlables,
- Procédé applicable pour toute taille de collectivités (sauf les très petites) et il est très bien adaptés aux grands volumes d'effluents ;
- une phase de démarrage plus courte (moins de deux semaines) par rapport aux lits bactériens (4 à 6 semaines),

1.3.1.2. Les procédés à cultures fixées (les lits bactériens et la biofiltration)

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien est que l'effluent s'écoule sur un empilement de matériaux en grains ou en fragments sur lesquels se développent des colonies microbiennes et dont les vides permettent la filtration des MES.

Les biofiltres sont tout simplement des lits bactériens immergés dans l'eau à épurer.

Les biofiltres permettent généralement des traitements plus intensifs et plus poussés que les lits bactériens classiques, plus rustiques dans leur conception et dans leur exploitation.

La biofiltration est une technique qui vise à réaliser simultanément, dans le même ouvrage, la réaction biologique de dégradation aérobie de la pollution par la biomasse épuratrice et la clarification par filtration de l'effluent traité.

L'aération est naturelle pour les lits bactériens tandis que l'oxygène est apporté par injection d'air concernant les biofiltres.

Variantes des biofiltres :

Plusieurs techniques ont été mises en œuvre à l'échelle industrielle. Elles se différencient par :

- la granulométrie et la nature du support.
- Le sens de passage de l'eau : flux ascendant ou flux descendant,
- La technique d'introduction de l'oxygène (pré-dissolution ou injection directe dans le biofiltre lui-même, et dans ce cas, le flux d'air pourra être ascendant ou descendant),
- L'origine de l'oxygène : oxygène de l'air ou oxygène pur.

Granulométrie

Le matériau filtrant doit être : microporeux, de grande surface spécifique, résistant à l'abrasion et doit permettre une rétention des matières en suspension, il doit aussi avoir un diamètre compris entre 1 et 4 mm et une masse volumique située entre 1,4 et 1,8 g/cm³ [4]. A noter qu'en dehors de la taille effective du matériau, la qualité de la filtration est influencée par le coefficient d'uniformité et la forme des grains (anguleux ou ronds).

Nature du support

Tous les matériaux proposés possèdent des propriétés communes : ils développent une grande surface spécifique, possèdent une macroporosité importante, une densité apparente faible, et présentent une résistance élevée à l'usure mécanique. Il existe diverses familles de matériaux utilisables : charbons divers, matériaux naturels expansés cuits (argiles, schistes) et les matières synthétiques.

Deux critères sont fondamentaux dans le choix du matériau :

- Porosité : paramètre très important car il conditionne la surface de contact disponible entre l'eau à traiter et les micro-organismes.
- Friabilité : un matériau trop friable est à proscrire. car il sera à l'origine de la production de fines au cours des opérations de lavage.

Sens de circulation des fluides

Selon le sens de passage de l'eau, on trouve des filtres à flux ascendant et ceux à flux descendant.

Et selon le sens de circulation de l'air on distingue les :

- Filtres à circulation co-courant : quand l'air injecté progresse dans le même sens que l'eau à traiter.

- Filtres à circulation contre-courant : quand les deux fluides progressent dans des sens contraires.

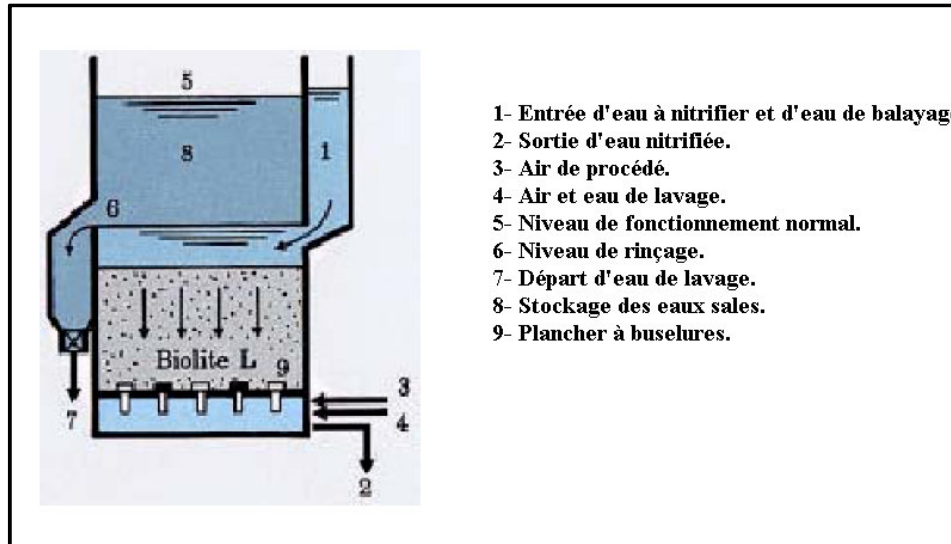


Figure III-11 : Filtre à flux d'eau descendant

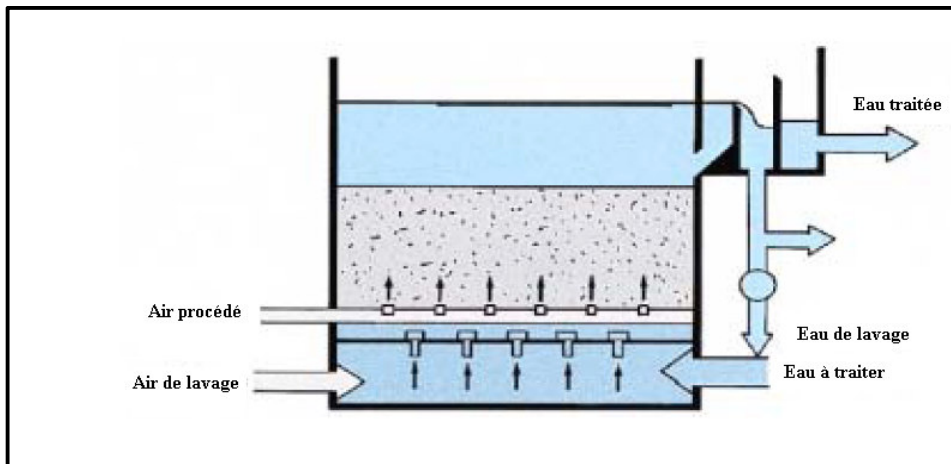
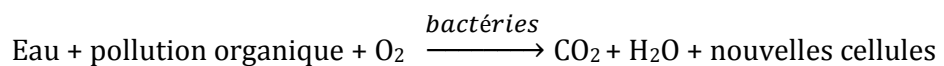


Figure III-12 : Filtre à flux d'eau ascendant

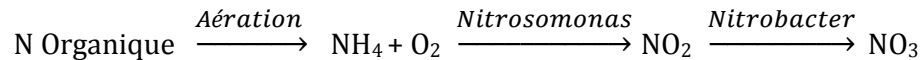
Principes d'épuration :

Le traitement classique dans un biofiltre se fait suivant les transformations suivantes :

- Abattement de la pollution carbonée par transformation du carbone organique en carbone minéral par les micro-organismes.



- Elimination de l'azote organique par nitrification, c'est-à-dire transformation de l'azote organique en nitrates.



Paramètres de fonctionnement des biofiltres :

- **Charge hydraulique C_h ou vitesse de filtration** : elle représente la vitesse moyenne de passage. Elle est égale au rapport entre le débit admis dans le filtre et la surface de filtration. Elle s'exprime en m/h. limitée entre 2 et 5 m/h car une vitesse trop faible entraîne une accumulation des MES à l'entrée du filtre et donc un colmatage prématuré, et au contraire une vitesse importante ne laissera pas le temps aux bactéries de dégrader la pollution.
- **Charge volumique de pollution** : c'est le flux de pollution qui correspond à la quantité de substrat appliqué au réacteur. Elle est exprimée en Kg de DBO5, DCO, et MES (pour le traitement du carbone) et en Kg NTK (pour le traitement de l'azote) admis pour un m³ de filtre.
- **Temps de passage (séjour hydraulique)** : Il donne une indication sur la durée de contact entre la pollution et la biomasse. Il correspond au rapport entre le volume occupé par l'eau dans le filtre et le débit. Il s'exprime en minute ou en heure. Dans les biofiltres le temps est généralement compris entre 15 minutes et 2 heures [5].
- **La demande en oxygène** : Elle est fonction de l'abattement de la pollution et peut se chiffrer en Nm³ d'air / kg de pollution et par jour.
- **Les pertes de charge** : Les pertes de charges dans un filtre permettent d'appréhender le degré de colmatage d'un filtre. On distingue trois types :
 - Pertes de charge liées à l'hydraulique (présence d'obstacle, vitesse de filtration, géométrie du filtre...etc.)
 - Pertes dues à l'ensemencement du matériau par la fixation de la biomasse autour du matériau.
 - Pertes dues à l'encrassement par la rétention des MES et de la biomasse excédentaire.

Lavage des filtres :

Un biofiltre est lavé en moyenne une fois par jour. Un lavage complet exige plusieurs séquences consécutives. La séquence dure de 30 à 60 minutes et le volume de lavage représente environ 5 à 10 % des eaux traitées.

La séquence de lavage s'organise comme suit :

- Détassage du matériau par insufflation d'air
- Lavage à l'eau et à l'air pour décrocher la fraction de biomasse en excès
- Rinçage à l'eau seule et évacuation des eaux sales

Avantages de ce système d'épuration :

- Faible emprise au sol : comparée aux boues activées, la charge volumique d'un biofiltre est environ 5 fois plus élevée. Il en résulte une implantation sur des surfaces de terrains réduites et la possibilité d'intégration des ouvrages à l'intérieur de bâtiments clos, ce qui facilite la lutte contre les odeurs et le bruit.
- Permet également de faire face aux contraintes de froid.
- Potentiel épuratoire élevé : La forte concentration en matière active permet d'obtenir une bonne qualité de l'eau traitée.
- Faible sensibilité aux variations de charges et aux toxiques que les boues activées.
- Combine les opérations de dégradation de la pollution et la clarification de l'effluent dans un même ouvrage, ce qui évite la construction d'un décanteur secondaire et les problèmes qui vont avec.

Inconvénients de ce système d'épuration :

- Fonctionnement cyclique.
- Cout d'exploitation pouvant être élevé du fait de la nécessité d'une instrumentation et d'un équipement sophistiqués relativement chers.
- nécessité de prétraitements efficaces ;
- Temps de contact court : ceci entraîne une perte d'efficacité de traitement aux pointes de pollution et lors des variations brusques de charge.
- Les systèmes de régulation des débits (vannes pneumatiques, appareillage de secours) nécessitent un entretien régulier et coûteux. ;

Remarque : Un autre procédé biologique à cultures fixées existe, c'est les disques biologiques : le principe de fonctionnement reste le même que celui des lits bactériens sauf que le support est constitué par des disques parallèles, régulièrement espacés sur un axe horizontal tournant à faible vitesse, et immergés

sur la moitié de leur hauteur. La vitesse de rotation doit permettre l'alimentation régulière des bactéries en oxygène, le brassage et l'homogénéisation du liquide dans le bassin, le détachement du film excédentaire, sans pour autant provoquer le décrochement de la culture.



Figure III-13 : Disques biologiques.

1.3.2. Traitement physico-chimique : appliqué aux matières non organiques (non biodégradables).

Ils utilisent des moyens physiques (décantation, flottation, filtres et membranes) et/ou des produits chimiques, notamment des coagulants (Chlorure ferrique, Sulfate d'aluminium...) et des floculants. On les utilise pour certains effluents industriels (toxiques) ou lorsque l'on doit gérer des variations rapides des flux à traiter.

Ils consistent à transformer chimiquement les éléments polluants non touchés par le traitement biologique.

Parmi les plus courants :

- la floculation : précipitation des matières en suspension, sous l'effet de réactifs chimiques permet d'accélérer et de compléter leur décantation.
- l'oxydation et la réduction chimique : transforment certains polluants en substances non toxiques.
- l'osmose inverse : est une filtration qui permet de concentrer les matières polluantes.

1.4. Traitement tertiaire :

C'est des traitements plus poussés quand le milieu récepteur est fragile ou lorsqu'il est prévu une réutilisation de l'eau épurée. Il s'agit notamment de : la désinfection par le chlore ou autres produits oxydants (ozone), le traitement de l'azote et du phosphore, filtration sur lits de sable ...

2. Traitement des boues

Selon le type de traitement des eaux usées, une station d'épuration peut produire, à l'origine, trois grandes catégories de boues :

- Les boues primaires : produites lors de la décantation primaire.
- Les boues physico-chimiques : produites par toutes les réactions physico-chimiques de coagulation-floculation avec les MES de l'effluent.
- Les boues de traitement biologique : issues des clarificateurs.

Le traitement des boues est déterminé en grande partie en fonction des exigences imposées par la destination finale choisie (la valorisation agronomique, le stockage, l'incinération). A l'issue de ce traitement, les boues sont liquides, pâteuses, solides, séchées, chaulées ou compostées.

2.1. Réduction du pouvoir fermentescible des boues (stabilisation)

Cela peut se faire soit biologiquement soit chimiquement, on distingue :

2.1.1. La stabilisation aérobie :

Elle est réalisée par le développement de micro-organismes dans un bassin de stabilisation identique au bassin d'aération. L'oxygénation, assurée par aération de surface ou insufflation d'air, doit permettre de maintenir une concentration d'oxygène dissous d'au moins 2 mg/l. L'efficacité de la stabilisation aérobie s'avère très souvent aléatoire car comme tout processus biologique, elle est fortement influencée par la température.

Le taux de réduction des matières volatiles obtenu par stabilisation dans les conditions climatiques les plus fréquentes, est sensiblement inférieur à celui atteint par digestion anaérobie chauffée. L'élimination des germes pathogènes est également moins efficace.

2.1.2. La digestion anaérobie :

La digestion anaérobie est en fait une fermentation bactérienne complète, obtenue de façon contrôlée dans une cuve appelée digesteur. Elle s'effectue en deux phases principales :

- La phase de liquéfaction conduit à la production de d'acides volatils.
- La phase de gazéification où les bactéries méthaniques produisent du gaz méthane à partir des acides ou alcools formés dans la première phase.

La seconde phase, assurée par des bactéries anaérobie strictes particulièrement lentes et sensibles au pH, est très dépendante de la température : la digestion nécessite plus de 100 jours à 10°C, et 25 à 35°C.

D'un point de vue technique, on distingue :

- Les digesteurs " rustiques ", c'est à dire non chauffé ;
- Les digesteurs chauffés : le biogaz est récupéré et stocké dans des gazomètres pour être réutilisé afin de produire, par combustion, la chaleur nécessaire au maintien en température du digesteur, et de brasser le digesteur, par réinjection sous forte pression dans la masse de boues

Paramètres favorables au développement de la fermentation méthanique :

- La température de la boue ;
- Une concentration élevée des boues ;
- L'intensité du brassage ;
- La régularité de l'alimentation.

Facteurs inhibiteurs de la digestion :

- Les écarts brutaux de pH de la zone optimale (6.8 à 7.2) ;
- Une variation brutale des conditions de température et de charge ;
- La présence de corps toxiques : tels que sulfures, cations lourds (cuivre, zinc...), détergents, certains composés organiques (phénols, cyanures...)

2.1.3. La stabilisation chimique :

Bloque simplement l'activité biologique, et donc l'évolution de la boue par adjonction d'une quantité importante de chaux qui augmente le pH du milieu.

L'effet de la chaux diffère suivant que la boue soit liquide ou pas.

- Pour les boues liquides : l'ajout de la chaux bloque temporairement les fermentations acides, il permet aussi d'améliorer la filtrabilité de la boue.
- Pour les boues déshydratées : l'effet de la chaux est beaucoup plus long. Dans ce cas le mélange boues-chaux est moins facile à réaliser et nécessite des équipements plus puissants.

Il faut noter que l'ajout de la chaux provoque une forte élévation de température, ce qui favorise la déshydratation de la boue.

2.2. Réduction du volume des boues

C'est-à-dire l'élimination d'une partie de l'eau contenue dans la boue. Pour cela, différents procédés sont mis en œuvre comprenant l'épaississement et la déshydratation.

2.2.1. L'épaississement :

C'est l'augmentation de la concentration des boues. Il consiste en une séparation liquide-solide.

On distingue principalement deux techniques :

- L'épaississement par décantation : les boues sont introduites dans un ouvrage cylindro-conique où, laissées au repos, elles ont le temps de se déposer et se tasser au fond du bassin alors que les eaux surnageantes sont évacuées par surverse. Et selon le type d'ouvrage utilisé on distingue l'épaississeur statique et l'épaississeur mécanisé ou raclé [12].
- L'épaississement par flottation : le principe consiste à réduire la masse volumique des particules par absorption de fines bulles de gaz de façon à provoquer leur entraînement vers la surface.

2.2.2. La déshydratation :

Il existe de nombreux procédés de déshydratation, qui diffèrent selon le principe de fonctionnement :

- ❖ Filtration sous vide : procédé le plus ancien de déshydratation mécanique à fonctionnement continu. Le filtre sous vide est constitué d'un tambour tournant

partiellement immergé dans une auge de réception des boues conditionnées. Il est recouvert d'une toile servant de support filtrant.

- ❖ Les filtres-presses : plutôt réservés pour les stations de forte capacité. Un filtre est formé de chambres entourées de toile filtrante où sont admises les boues. Une surpression forte est appliquée, en comprimant chaque chambre contre la suivante, l'eau est ainsi chassée des boues. Le gâteau est éliminé après détassage et ouverture des compartiments
- ❖ Les filtres à bandes : la déshydratation s'effectue avec ce procédé en trois étapes : en premier lieu la boue s'égoutte, ensuite elle subit des cisaillements puis enfin elle est pressée.
- ❖ Lit de séchage : procédé rustique où les boues reposent sur un sol artificiel composé de deux couches de sable et de gravillons avec un système de drains à la base.
- ❖ Centrifugation : consiste à appliquer une force centrifuge sur les particules d'une suspension boueuse, pour provoquer la décantation accélérée et obtenir deux phases : le sédiment et le centrifugat.

Tous les procédés cités ci-dessus (excepté le lit de séchage) nécessitent une préparation préliminaire de la boue, afin qu'elle soit apte à être déshydratée. C'est le conditionnement des boues, qui est le plus souvent chimique, réalisé par ajout de réactifs chimiques, chaux et chlorure ferrique pour le filtre presse, polyélectrolyte pour les autres procédés

Tableau III-3 : Quelques Valeurs de siccité possible pour différents procédés.

PRINCIPAUX PROCÉDES DE TRAITEMENT DES BOUES	SICCITES POSSIBLES EN SORTIE DU DISPOSITIF
Epaississeur gravitaire (statique ou hersé), avec ou sans conditionnement*	2,5 % à 5 % pour des boues biologiques 10 % à 15 % pour des boues primaires
Flottateur avec conditionnement* (particulièrement adapté aux boues biologiques)	4 % environ
Table ou tambour d'égouttage avec	5 % à 12 %

conditionnement*	
Digesteur aérobie / anaérobie	1 % à 10 % + réduction de près de 45% du bilan massique par liquéfaction de la matière
Filtre à bande, avec conditionnement*	15 % à 20 %
Centrifugeuse, avec conditionnement*	20 % à 25 %
Filtre-presse avec conditionnement chimique préalable	30 % à 45 %
Filtre-presse avec conditionnement thermique préalable	45 % à 55 %
Sécheur thermique	60 % à 92 %

* conditionnement à l'aide de polymère

Source : cemagref

3. Traitement de l'air

3.1. La pollution atmosphérique

Le terme de pollution atmosphérique désigne l'ensemble des rejets de composés toxiques libérés dans l'atmosphère, mais aussi les substances malodorantes qui sans être vraiment dangereuses pour les organismes vivants, exercent une action perturbatrice sur l'environnement.

La dégradation de la qualité de l'air peut résulter soit d'une modification quantitative, par hausse de la concentration dans l'air de certains de ses constituants (gaz carbonique, peroxyde d'azote, par exemple), soit d'une modification qualitative due à l'introduction de composés étrangers au milieu (substances organiques de synthèse, par exemple), soit encore d'une conjugaison des deux phénomènes.

3.2. Classification des polluants

Les contaminants de l'atmosphère peuvent être classés selon leur origine ou la nature de la matière

- Origine :
 - Primaire : le polluant est directement émis dans l'atmosphère par le procédé, généralement c, généralement c'est des composés soufrés et nitrés.
 - Secondaire : Les polluants secondaires peuvent subir des réactions chimiques et photochimiques, plus ou moins complexes, pour former des nouveaux polluants.
- Nature :
 - Particules solides (ou aérosols) : solides ou liquides finement divisés, ils représentent environ 10 % des masses globales de polluants rejetés dans l'air.
 - Gazeuse : en font partie les gaz (tels que SO₂, O₃, CO...etc.), les vapeurs et la plupart des solvants chimiques. Ils représentent 90 % des masses globales de polluants rejetés dans l'air. Les polluants gazeux peuvent être d'origine inorganique ou organique, parmi ceux d'origine inorganique on trouve les composés du soufre, les oxydes de carbone, les oxydes d'azote, l'ozone ...etc. tandis pour ceux d'origine organique on peut citer les hydrocarbures... etc.

3.3. Sources d'odeurs dans les stations d'épuration

Les eaux usées peuvent induire, directement ou par l'intermédiaire des sous produits d'épuration, la formation d'odeurs désagréables.

Les sources malodorantes contiennent une multitude de variétés de composés :

- Odeurs d'œuf pourri : les composés soufrés. Le composé qui est de loin le plus odorants et le plus concentré a tous les niveaux est l'hydrogène sulfuré(H_2S). sa formation résulte de la réduction des sulfates par les bactéries et la rupture de molécules organiques contenant du soufre.
- Odeurs putrides : les composés azotés (ammoniac, amines...etc.). Les plus fortes concentrations en composés organiques azotés sont détectées au cours de l'épaississement et de la déshydratation des boues [1].
- Odeurs acides : les autres familles de composés odorants tels que les acides organiques, les aldéhydes...etc. qui sont généralement présent à l'état de trace mais qui apparaissent en forte concentration dans des cas particuliers comme dans la digestion anaérobie des boues.

Pour résumer, les principales sources de nuisances olfactives dans une station d'épuration se trouvent :

- Aux postes de relèvement : lieux privilégiés de fermentation.
- Aux prétraitements dans l'ensemble.
- A la filière de traitement des boues.

3.4. Traitement des odeurs

Dans ce qui suit, nous nous intéresserons qu'aux techniques de traitement de la pollution olfactive (traitement des odeurs dans les STEP).

Des mesures pour la lutte contre la propagation des odeurs doivent être mises en œuvre, elles consistent :

- A éviter que les odeurs se forment, en privilégiant les procédés aérobies et les technologies où le temps de séjour de l'eau en anaérobiose est le plus court possible.
- A limiter les émissions gazeuses par une action sur les conditions de d'émission ou en traitant la phase liquide.
- A empêcher que les odeurs éventuelles ne se propagent par des actions de confinement.

Les mesures préventives citées ci-dessus étant incapables d'interdire la formation d'odeurs, différents procédés sont disponibles pour le traitement de l'air : combustion thermique et catalytique, adsorption sur charbon actif, ozonisation, absorption par voie humide.

En général, la désodorisation des step se fait comme suit : les gaz malodorants seront confinés dans des volumes réservés au dessus des ouvrages de traitement sources d'odeurs importantes. D'une façon générale, les postes de traitements et les locaux sont mis en dépression, et les volumes de confinement seront ventilés pour assurer la protection du personnel, et la pérennité du matériel contre la corrosion.

L'air de ventilation extrait sera ensuite traité avant d'être rejeté vers l'atmosphère. La technique la plus utilisée est le lavage de gaz physico-chimique. Les traitements diffèrent par le choix des techniques de contact gaz-liquide et les liqueurs de lavage.

Le lavage des gaz se réalise en plusieurs étapes successives, l'exemple qui suit, illustre une désodorisation à 4 étages (4 étapes) :

- Elimination de l'ammoniac et des amines par action d'une solution d'acide sulfurique diluée, pH entre 3 et 3,5 (étape 1).
- Oxydation des produits soufrés par une solution NaOCl et neutralisation finale à la soude (étape 2 et 3).
- Elimination des traces d'aldéhydes, de cétones et du chlore résiduel du 3ème tour (étape 4).

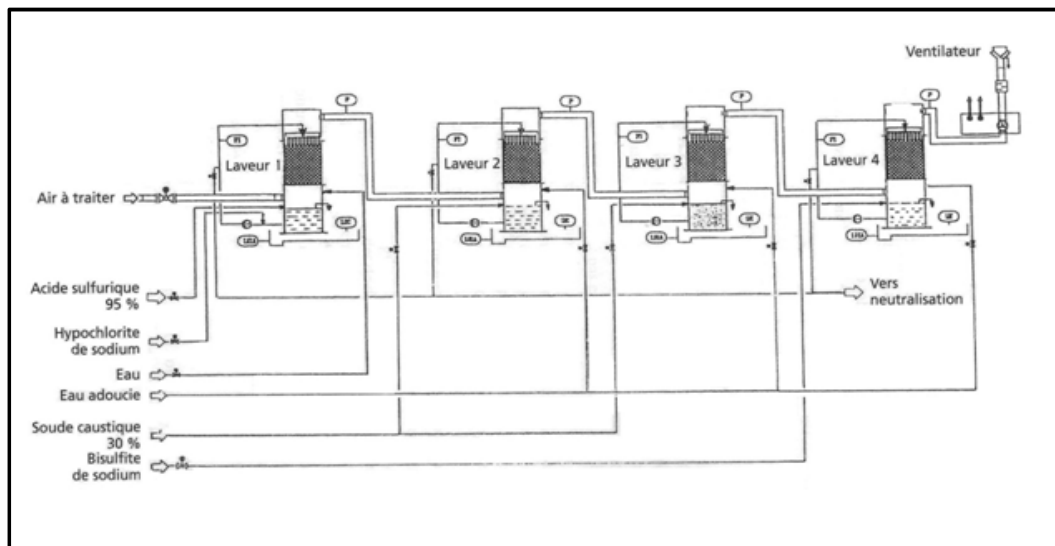
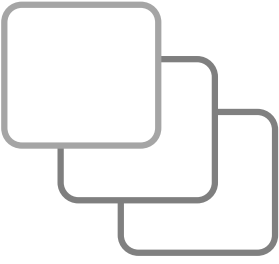
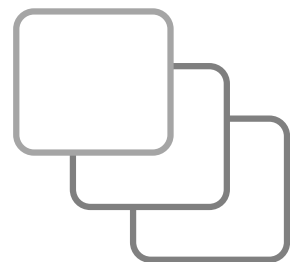


Figure III-14 : Installation de désodorisation à 4 étages à garnissage structuré.

Avec ce type d'installation, le traitement peut atteindre des taux d'efficacité compris entre 95 et 99,8% en fonction des concentrations et des natures des polluants.



L'AVANT PROJET



L'objectif de notre travail est de concevoir une filière de traitement des eaux, pour y parvenir, il faudra d'abord faire une étude comparative entre plusieurs solutions. Dans le domaine de la maîtrise d'œuvre ceci entre autre est fait dans ce que l'on appelle un avant projet.

I. Définition d'un avant projet

Une étude d'avant projet est divisée en plusieurs parties :

- 1- La première correspond à la collecte des données et informations relatives au projet. Pour une étude de réalisation d'une station d'épuration, les informations sont :
 - Les données relatives à la population et l'évolution démographique ;
 - L'urbanisme de la région ;
 - Le réseau d'assainissement et la Station d'épuration (s'il y en a déjà une) existants ;
 - Les charges de dimensionnement (débit et charge polluante) ;
 - Le milieu récepteur et les normes de rejet.

- 2- La deuxième partie portera sur l'étude des sites potentiels (faisabilité technique et urbanistique).

- 3- La troisième : définition et comparaison entre différentes solutions techniques pouvant satisfaire les objectifs. Pour une STEP il s'agit bien évidemment des filières de traitement.

- 4- La quatrième partie consistera à développer la solution retenue, C'est-à-dire pour une station d'épuration :
 - Dimensionnement sommaire des ouvrages ;
 - Choix des équipements ;
 - L'électricité ;
 - Le génie civil ;
 - La qualité des eaux.

- 5- Dans la dernière étape, une estimation économique du projet doit être faite incluant les coûts d'investissement et d'exploitation du projet.

II. Avant projet Isola2000

1. Descriptions des sites potentiels :

La Figure ci-dessous montre une vue d'ensemble des 5 sites proposés par la Communauté de Communes des stations du Mercantour pour la réalisation de la nouvelle station d'épuration.

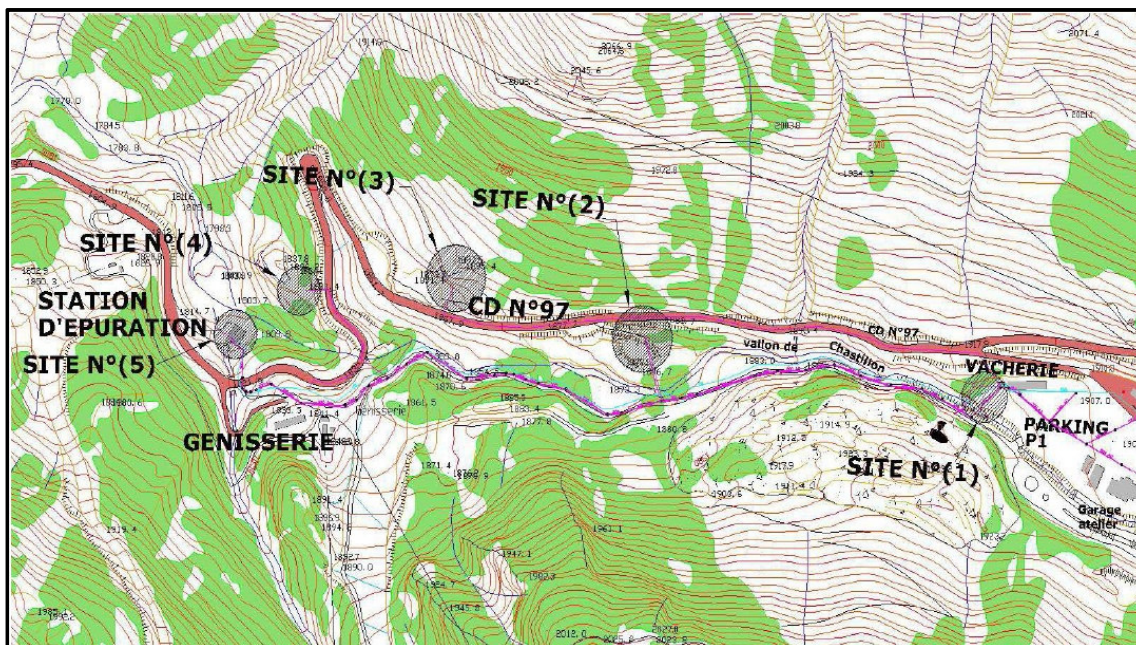


Figure IV-1 : Vue d'ensemble des 5 sites potentiels.

Les principaux points retenus pour chacun des 5 sites sont les suivants :

- Le site N°1 est situé à proximité d'une vacherie. Actuellement, un ouvrage de franchissement (pont d'accès) a été construit sur le site réduisant la superficie exploitable pour la construction de la station d'épuration.
- Le site N°2 est exploitable en termes de superficie et il est facilement accessible depuis la route principale N° 97. Toutefois, un volume important de déblais a été déposé sur le site rendant la tâche plus coûteuse (environ 20 000 m³ de déblais). Un autre site situé sur le même emplacement mais en contrebas pourrait être plus favorable pour la construction de la station et plus exploitable en terme de raccordement sur le réseau d'assainissement existant. Il faudrait cependant s'assurer de la disponibilité de cet emplacement en terme de plan d'occupation de sols et du plan local d'urbanisme. C'est l'un des sites favorables pour la construction de la nouvelle station d'épuration.

- Le site N°3 est actuellement exploité en carrière. Il est facilement accessible depuis la route principale N° 97. L'avantage de ce site est la présence d'un autre terrain à proximité qui pourra être aménagé pour la plate forme de compostage. Toutefois son inconvénient est qu'il est situé du côté opposé du réseau d'assainissement ce qui nécessiterait une récupération du réseau plus en amont. Il faudrait également s'assurer du risque de chute de pierres (falaise située en limite du site) suite à des reconnaissances géotechniques.
- Une visite de la station d'épuration existante a été effectuée afin d'évaluer l'état actuel des ouvrages de traitement des eaux et de l'ouvrage de rejet. Le site de la station actuelle est également un site prévu dans le cadre des études de la nouvelle station (Site N°4) mais avec peu de place disponible.
- Le Maître d'ouvrage propose une possibilité complémentaire de réalisation de la station sur un terrain pentu situé en dessous du niveau de la route principale. Ce site (Site N°5) est marqué par la présence d'un talweg. Toutefois, cette contrainte n'exclut pas cet emplacement avec la possibilité d'un meilleur équilibrage Remblais/Déblais.

[6]

L'évaluation des sites a été effectuée par rapport à plusieurs thèmes: hydrographie, risques naturels, zones naturelles, accès au site, occupations alentours...etc.

Au final, c'est le site N° 3 qui a été retenu pour la réalisation de la step.

2. Filières de traitement étudiées :

L'étude est faite sur trois procédés de traitement de l'eau, ces derniers doivent être en adéquation avec :

- Les variations saisonnières
- La température de l'effluent
- Les performances à atteindre
- La compacité du traitement.

Les trois procédés présentés dans l'avant projet sont :

- Traitement par boues activées suivi d'un étage de clarification
- Traitement par boues activées suivi d'une filtration membranaire
- Traitement par biofiltration

Comparaison des procédés :

❖ Du point de vue variations saisonnières :

Une des caractéristiques principales de la station d'épuration est qu'elle connaît une très grande variation saisonnière, c'est pour ça que le procédé retenu devra être capable de s'adapter à ces fluctuations tout au long de l'année. A titre indicatif, le graphique suivant met en évidence la fluctuation du débit entrant à la station au cours des 3 dernières années.

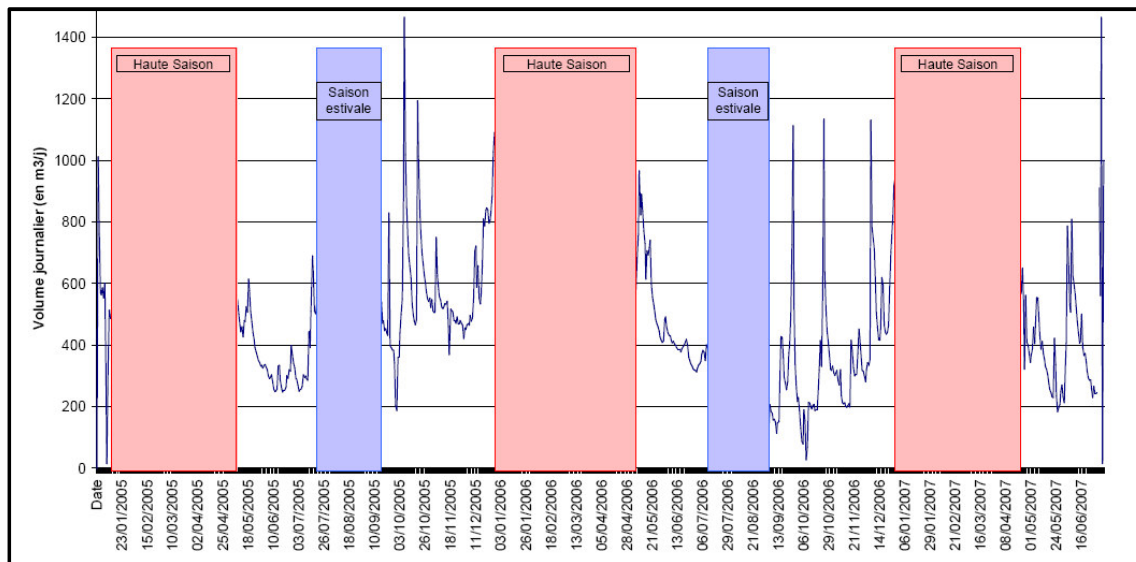


Figure IV.2 : Evolution du débit entrant à la station (2005-2007)

- **Boues activées + clarification :**
La conception du bassin de boues activées est rendue délicate à cause de la forte variation de charge d'autant plus que la montée en charge est très rapide.
- **Boues activées + filtration membranaire :**
Pour faire face aux variations, la zone de filtration peut être divisée en plusieurs compartiments, toutefois, l'exploitation des membranes peut s'avérer délicate et onéreuse.
- **Biofiltration :**
La conception de l'étage de biofiltration est basée sur la mise en place de plusieurs cellules.
Cette modularité permet d'appréhender de manière réactive les différentes évolutions de charges au cours de l'année sans perturber les niveaux de rejet en faisant fonctionner toute ou partie de l'installation.

❖ Du point de vue température de l'effluent

Les cinétiques d'élimination par voie biologique sont dépendantes de la température de l'effluent. Plus la température est basse, moins les vitesses d'abattement seront élevées comme le montre la loi d'Arrhenius :

$$V = V^0 \cdot \beta^{T - T^0}$$

Avec :

β : coefficient variant de 1.03 à 1.07

T^0 : température de référence (20°C)

V^0 : Vitesse à T^0 (en g / g germe/jour)

L'évolution de la température entre Août 2006 et Juillet 2007 est présentée par le graphe suivant :

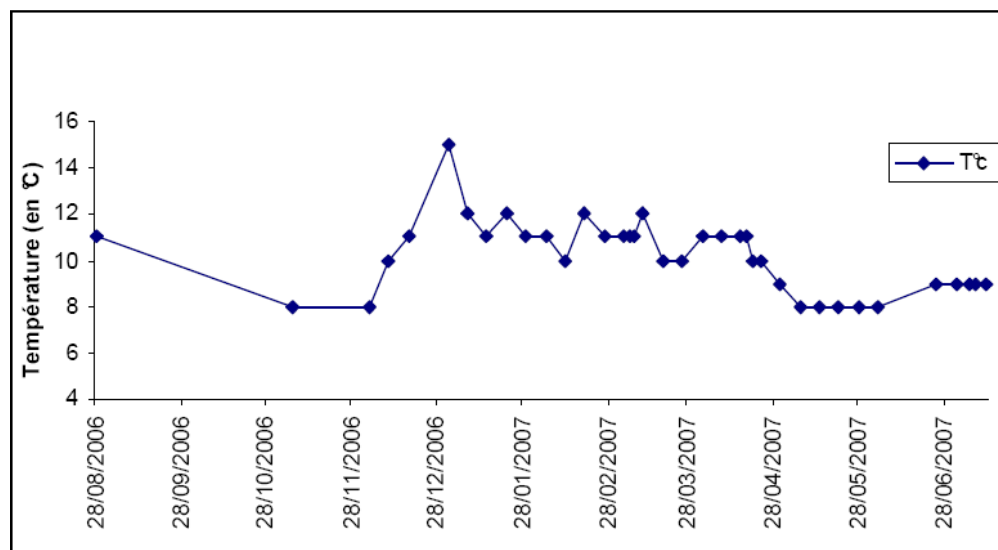


Figure IV.3 : Evolution de la température de l'effluent au cours de l'année 2006-2007

On remarque que la température de l'effluent est en moyenne aux environs de 10°C, avec une pointe maximale de 15°C, et des valeurs basses avoisinant les 8°C sur plusieurs mois.

➤ Boues activées + clarification :

Le dimensionnement du bassin de boues activées sera déterminé en considérant une température d'effluent de l'ordre de 8°C. Par conséquent, les volumes des bassins seront plus importants que pour des conditions habituellement rencontrées en plaine.

- Boues activées + filtration membranaire :
Même remarques que précédemment, de plus, c'est la viscosité de l'eau (dépendante de la température) qui induira le débit transmembranaire (12 – 15 l/m²/h au lieu de 20 – 25 l/m²/h à 15°C).

Donc au vue des valeurs basses et moyennes de la température, l'impact sur le dimensionnement des membranes ne sera pas négligeable en termes de surface.

- Biofiltration :
Le dimensionnement des cellules de biofiltration sera déterminé à partir d'une température de l'effluent de l'ordre de 8°C.

L'avantage de ce procédé est qu'il est facilement intégré dans un bâtiment et ne subie donc pas les aléas météorologiques

❖ Du point de vue compacité de la station

- Boues activées + clarification :
Cette filière de traitement est extensive du fait de la mise en œuvre nécessaire d'un clarificateur (de grand diamètre). Cette filière est celle qui prendra le plus de place. Selon la surface disponible, l'emprise de ce procédé pourra s'avérer rédhibitoire

- Boues activées + filtration membranaire :
Cette filière est compacte et est bien adaptée aux sites exigus. Le bassin biologique sera plus petit que celui proposé dans une solution classique. La zone de filtration, selon le type de membrane retenu, avec ses aménagements connexes (local extraction, supprimeurs...) peut générer une surface non négligeable. En outre, un bassin tampon est généralement mis en place pour ces technologies.

L'emprise au sol est toutefois moins importante que celle d'un procédé classique.

- Biofiltration :
La biofiltration est celle qui nécessite le moins d'emprise au sol, malgré la nécessite d'un traitement primaire en amont de l'étage biologique.

Il n'y a pas besoin de bassin tampon pour lisser les pointes ni même de clarificateur pour séparer l'eau traitée des matières en suspension.

❖ Du point de vue performances à atteindre

Le tableau ci-dessous présente les concentrations et rendements que peut atteindre chaque filière étudiée :

Tableau IV-1 : Concentrations et rendements atteignables par les 3 filières.

	MES	DCO	DBO ₅
BA + clarification	25 - 30 mg/l	≤125 mg/l	20 - 25mg/l
BA + membrane	≤ 5 mg/l	≤ 80 mg/l	≤ 5 mg/l
Biofiltration	15 - 20 mg/l	≤125 mg/l	20 - 25mg/l

➤ Boues activées + clarification :

Cette filière permet d'atteindre de bonnes performances de traitement.

Un traitement par boues activées peut permettre un traitement en période creuse du carbone et de l'azote (nitrification) par un fonctionnement en faible charge. En période de pointe, la charge de pollution étant plus importante, le fonctionnement du bassin de boues activées peut permettre un traitement unique du carbone (fonctionnement du bassin en moyenne charge).

➤ Boues activées + filtration membranaire :

La solution membranaire permet d'atteindre des niveaux de rejet très poussés grâce à un seuil de coupure de filtration extrêmement faible.

Son seuil de coupure permet la rétention des germes, virus et bactéries.

Afin d'éviter un colmatage précoce des membranes, il est important d'obtenir des boues très minérales donc un âge de boues important (de l'ordre de 20 jours).

Cet âge de boues permet la prolifération de bactéries nitrifiantes pour abattre l'azote (nitrification).

Il est donc opportun afin d'optimiser les coûts d'exploitation de récupérer l'oxygène des nitrates d'effectuer une dénitrification.

Donc même pour un niveau de rejet peu sévère, la mise en place d'un traitement membranaire nécessite, pour trouver un optimum de fonctionnement, de traiter l'azote.

➤ Biofiltration :

Elle permet d'atteindre de bonnes performances d'abattement de la pollution, en adéquation avec le niveau de rejet attendu. Le traitement du carbone se fera au moyen d'un seul étage de biofiltres.

Un traitement de l'azote impliquerait la création d'un étage ou plusieurs étages spécifiques de traitement pour la nitrification et la dénitrification.

L'impact du traitement primaire permet l'abattement d'une partie du phosphore.

❖ Du point de vue production des boues

Le procédé de biofiltration nécessite en amont une élimination des matières en suspension par un traitement primaire qui génère une grande quantité de boues à traiter en plus des boues produites par le traitement biologique.

Les boues activées avec clarificateur ou avec filtration membranaires ne génèrent que des boues biologiques. La solution membranaire engendre plus de boues puisqu'elle permet une rétention plus importante de matières en suspension.

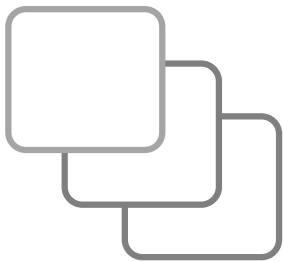
Ce sont donc les procédés de boues activées qui produisent le moins de boues, notamment la filière classique.

A partir de ce qui a été explicité auparavant et en s'appuyant sur l'expérience de l'usage des différentes technologies, le choix a été porté pour le traitement de l'eau sur la biofiltration. Le tableau suivant résume la comparaison des 3 filières :

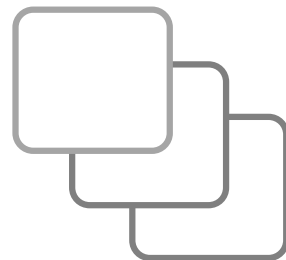
Tableau IV-2 : Comparatif entre les trois filières.

	BA + clarification	BA + membrane	Biofiltration
Variation saisonnière	-	-	++
Température de l'effluent	++	+	++
Emprise au sol	-	++	+++
Performances	++	+++	++
Production de boues	+++	++	+
TOTAL	+	++	+++

- médiocre + moyen ++ bon +++ très bon



PROJET ISOLA 2000



I. RECUEIL DES DONNEES

1) CONTEXTE GENERAL

- **La commune d'ISOLA :**

Isola est une commune française, située dans le département des Alpes-Maritimes et la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Le village est implanté au confluent de la Tinée et de la Guerche , à 870 mètres d'altitude, sa superficie est d'environ 100 Km²



Figure V-1 : Emplacement de la commune d'ISOLA.

- **La station d'ISOLA :**

Isola 2000 est une station de sports d'hiver proche de la commune d'Isola dont elle dépend, elle se trouve dans le massif du Mercantour, à proximité du parc national du même nom et à trois kilomètres de la frontière franco-italienne, accessible par le col de la Lombarde.

Isola 2000 doit son nom à son altitude moyenne qui est d'environ 2 000 mètres, elle possède un domaine skiable de 120Km situé entre 1800 et 2600 m d'altitude.

D'un point de vue économique, la mise en place de la station de ski a complètement bouleversé la vie de la commune avec un passage d'une activité traditionnelle à une activité industrielle fondée sur le tourisme hivernal. Ce qui a entraîné un fort développement démographique (ce point sera abordé en détails plus loin dans le chapitre).

2) CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES

Le territoire d'Isola s'inscrit dans l'inventaire des zones d'intérêt pour la conservation des oiseaux (ZICO) et des zones d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF).

Des parcelles forestières communales sont soumises au régime forestier.

Il existe un zonage de la station d'ISOLA selon des niveaux d'aléas pour la prévention des risques naturels.

Il faut aussi souligner que ISOLA fait partie du réseau NATURA2000 .

- **ZICO** : Dès les années 1980, la France a initié un inventaire scientifique des Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux sur son territoire afin de mettre en œuvre la directive « Oiseaux » du 2 avril 1979. Cet inventaire, basé sur la présence d'espèces d'intérêt communautaire répondant à des critères précis, a été réalisé par la Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO) et le MNHN (muséum nationale d'histoire naturelle) pour le compte du ministère chargé de l'Environnement.
- **ZNIEFF** : Lancé en 1982, l'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) a pour objectif d'identifier et de décrire des secteurs présentant de fortes capacités biologiques et un bon état de conservation. On distingue 2 types de ZNIEFF :
 - les ZNIEFF de type I : secteurs de grand intérêt biologique ou écologique ;
 - les ZNIEFF de type II : grands ensembles naturels riches et peu modifiés, offrant des potentialités biologiques importantes.
- **Régime forestier** : c'est un mode juridique de gestion des boisements qui comporte des règles spéciales protégeant ou renforçant la protection des intérêts des collectivités propriétaires.
- **Natura2000** : c'est un réseau européen de sites naturels ou semi-naturels ayant une grande valeur patrimoniale, par la faune et la flore qu'ils contiennent. La constitution du réseau Natura2000 a pour objectif de maintenir la diversité biologique des milieux, tout en tenant compte des exigences économiques, sociales et culturelles dans une logique de développement durable.

3) CONTEXTE URBANISTIQUE

La commune d'ISOLA dispose d'un plan d'occupation des sols « POS » depuis 1989 qui est devenu plan local d'urbanisme « PLU » en Décembre 2000. Ce dernier divise la

commune en plusieurs zones (UX, UK, NDB), chaque zone admet des constructions et infrastructures bien spécifiques.

Le site de la station d'épuration est situé dans la zone NDB dans la quelle les occupations et utilisations du sol admises sont :

- Les constructions à usage commercial,
- Les aires de jeux, promenades et activités sportives,
- Les refuges et les chapelles,
- Les aires de stationnements,
- Les équipements d'infrastructures et de superstructures.

Les ouvrages techniques dans la zone NDB, doivent nécessairement être pour le service public, et la hauteur des constructions ne devra pas excéder 12 mètres.

4) STEP EXISTANTE

La commune d'isola2000 dispose actuellement d'une petite station d'épuration sous dimensionnée, elle assure le traitement des eaux usées pour une capacité de 3000 EH.

La station a été construite en 1977 par la société Jeumont – Schneider pour une capacité théorique de 8 000 EH en hiver et 3 000 EH en été. Les eaux collectées traitées sont rejetées dans le torrent du Chastillon, affluent de la Tinee.

C'est une station d'épuration de type boues activées, exploitée par VEOLIA EAU. Elle était prévue pour 8 000 EH, ce qui correspondait à une charge brute de pollution organique reçue de 432 kg DBO5/j (sur la base de 54 g/EH/j).

Dans la conception initiale, deux filières de traitement étaient proposées :

- Une file biologique dimensionnée pour 3000 EH, à utiliser en été.
- Une file physico-chimique dimensionnée pour 8000 EH à utiliser en hiver, avec l'utilisation du bassin d'aération comme stabilisateur.

Les ouvrages existants dans la station sont les suivant :

- Une arrivée sur la station par une conduite gravitaire aérienne aboutissant dans un regard équipé d'un déversoir d'orage,
- Un dégrilleur automatique de 50 cm de largeur,
- Un dessableur-déshuileur statique de 5m² et 15m³,
- Un bassin d'aération rectangulaire pour traitement biologique, de 350 m³ équipé depuis 1996 d'un aérateur flottant qui pose aujourd'hui de gros problèmes de projection,

- Un clarificateur, bassin rectangulaire de 74 m² à fond plat, équipé d'un racleur de fond, lui aussi est largement sous dimensionné par rapport à la capacité nominale de la STEP ; le débit de pointe admissible sur l'ouvrage étant de 45 m³/h. VEOLIA EAU note des dépôts de boues au-delà de 50 à 60 m³/h,
- Une filière boues constituée d'un silo de 25 m³ et d'un filtre bandes presseuses. Les boues sont ensuite stockées directement dans des bennes. Là encore, la filière est saturée en hiver d'autant qu'aucune filière de destination finale n'a aujourd'hui été définie.

Remarque : Bien que prévu dans la conception, la station n'est équipée d'aucune filière physico-chimique

5) RESEAU DE COLLECTE ET ORIGINE DES EAUX USEES

Le réseau de collecte actuel est de type séparatif et est entièrement gravitaire. Il comprend 6,2 Km de canalisation de diamètre 150 à 300 mm.

Il est constitué de deux branches collectrices, qui se rejoignent pour ne former qu'un collecteur de transfert qui descend vers la station d'épuration.

Les eaux collectées sont majoritairement domestiques.

6) ETUDE DEMOGRAPHIQUE

Avant de commencer il faut préciser, qu'on a trois types de population sur la station de ski : population permanente, saisonnière et touristique.

Population permanente = personnes résidants dans la station tout au long de l'année.

Population saisonnière = personnes résidants dans la station que pendant la saison hivernale

Population touristique = personnes résidants dans la station pendant des courts séjours en saison hivernale.

Population permanente et saisonnière

La population permanente actuelle est de 273 habitants tandis qu'on compte 180 habitants pour la population saisonnière. L'évolution des deux populations reste stable depuis 2001 avec un taux de croissance estimé à 1%.

Population touristique

Les estimations sont faites d'après les capacités d'accueil des hôtels, résidences et autres immeubles construits à des fins touristiques.

D'après l'office du tourisme, en l'an 2000, la station comptait 9800 lits en terme de capacité d'accueil, En 2004 elle est passée à 10500 lits.

En 2009, on compte 1334 lits de plus, comme le montre le tableau suivant :

Tableau V-1 : Capacités d'accueil des structures touristiques.

Appartement	Nombre d'appartements	Nombre de lits	
F3 : 6 lits	53	318	Tranche 1 : 2008
F3 : 8 lits	18	144	
F3 duplex : 8 lits	10	80	
F3 duplex : 12 lits	2	24	
F3 duplex : 12 lits	64	768	Tranche 2 : 2009
Total		1334	

Situation future

Taux de croissance i

$$i = \frac{P_x - P_y}{(x-y)P_y} \rightarrow P_x = i \cdot P_y \cdot (x - y) + P_y$$

Avec : P_x = population en l'an x

P_y = population en l'an y

x = année x

y = année y

* **Population permanente**

$$P_{2015} = 0,01 \cdot 273 \cdot 7 + 273 = 292,11 \approx 293 \text{ hab.}$$

$$P_{2030} = 336,95 \approx 337 \text{ hab.}$$

* **Population saisonnière**

$$P_{2015} = 192,6 \approx 193 \text{ hab.}$$

$$P_{2030} = 221,95 \approx 222 \text{ hab.}$$

* **Population touristique**

Pour l'horizon futur, on prévoit un supplément de 5000 lits soit un total de 16834 lits pour 2030.

En ce qui concerne 2015, on ne dispose d'aucune information exacte, donc on fera une estimation de 1500 lits supplémentaires soit un total de 13334 lits.

Les tableaux suivants, résumeront les capacités d'accueil de la station, ainsi que la population raccordée à la station, en partant des hypothèses suivantes :

- Un taux de remplissage des résidences touristiques en semaine de pointe de 85%
- Un taux de raccordement au réseau d'assainissement de 95%.

Tableau V-2 : Bilan démographique : situation actuelle.

	Horizon actuel		
	2001	2004	2008
Pop. Permanente (hab)	273	273	273
Pop. Saisonnière (hab)	180	180	180
Pop. Touristique totale (lits)	9800	10500	11834
Pop. Touristique en semaine de pointe (lits)	8330	8925	10059
Population totale (EH)	8783	9378	10512
Pop. Raccordée à au réseau (EH)	8345	8910	9990

Tableau V-2 : Bilan démographique : situation future.

	Horizon futur		
	2008	2015	2030
Pop. Permanente (hab)	273	293	337
Pop. Saisonnière (hab)	180	193	222
Pop. Touristique totale (lits)	11834	13334	16834
Pop. Touristique en semaine de pointe (lits)	10059	11334	14309
Population totale (EH)	10512	11820	14868
Pop. Raccordée à au réseau (EH)	9990 ≈ 10000	11229 ≈ 11500	14125 ≈ 15000

II. CALCUL DES CHARGES

1) LES DEBITS

Le volume journalier V_j est de 110 l/hab

- Débit journalier : $Q_j = V_j \cdot N_{EH}$
- Débit moyen horaire : $Q_m = \frac{Q_j}{24}$

Tableau V-4 : Les débits journalier et moyen horaire.

	2008	2015	2030
Q_j (m ³ /j)	1100	1265	1650
Q_m (m ³ /h)	45,8 ≈ 50	52,7 ≈ 60	68,5 ≈ 70

- Débit de pointe : $Q_p = C_p \cdot Q_m$

Avec : C_p = coefficient de pointe / $C_p = 3$ si $Q_m < 2,8$ l/s

$$C_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_m}} \quad \text{si } Q_m > 2,8 \text{ l/s}$$

Pour 2008 : $Q_m = 12,73$ l/s → $C_p = 2,20$ → $Q_p = 28$ l/s = 100,8 m³/h

Pour 2015 : $Q_m = 14,64$ l/s → $C_p = 2,15$ → $Q_p = 31,5$ l/s = 113,4 m³/h

Pour 2030 : $Q_m = 19,1$ l/s → $C_p = 2,07$ → $Q_p = 39,5$ l/s = 142,2 m³/h

Remarque :

Les campagnes de mesure effectuées par la société Sogreah-Daragon ont détecté un apport d'eaux parasites dans le réseau d'assainissement représentant environ un tiers du débit. Donc on aura :

$$Q_p(2008) = 120 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_p(2015) = 140 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_p(2030) = 170 \text{ m}^3/\text{h}$$

2) LES CHARGES POLLUANTES

D'après les mesures effectuées par la société « Sogreah-Daragon » en 2001 et 2007, la pollution correspondant à 1 EH est définie comme suit :

$$\text{DBO}_5 = 42,3 \text{ g/hab/j} = 384,5 \text{ mg/l}$$

$$\text{DCO} = 103,5 \text{ g/hab/j} = 941 \text{ mg/l}$$

$$\text{MES} = 60,9 \text{ g/hab/j} = 553,6 \text{ mg/l}$$

$$\text{NTK} = 10,2 \text{ g/hab/j} = 92,7 \text{ mg/l}$$

$$\text{Pt} = 1,3 \text{ g/hab/j} = 11,8 \text{ mg/l}$$

Donc les charges journalières moyennes seront comme suit :

Tableau V-5 : Charges polluantes : horizon actuel et futur.

	2008	2015	2030
EH	10000	11500	15000
DBO ₅ (Kg/j)	423	486,5	634,5
DCO (Kg/j)	1035	1190,3	1552,5
MES (Kg/j)	609	700,4	913,5
NTK (Kg/j)	102	117,3	153
Pt (Kg/j)	13	15	19,5

Coefficient de biodégradabilité :

$K = 2,47 \rightarrow$ le traitement biologique est possible

III. PRESENTATION ET DIMENSIONNEMENT DE LA FILIERE CHOISIE

I. Schéma des filières eau et boue

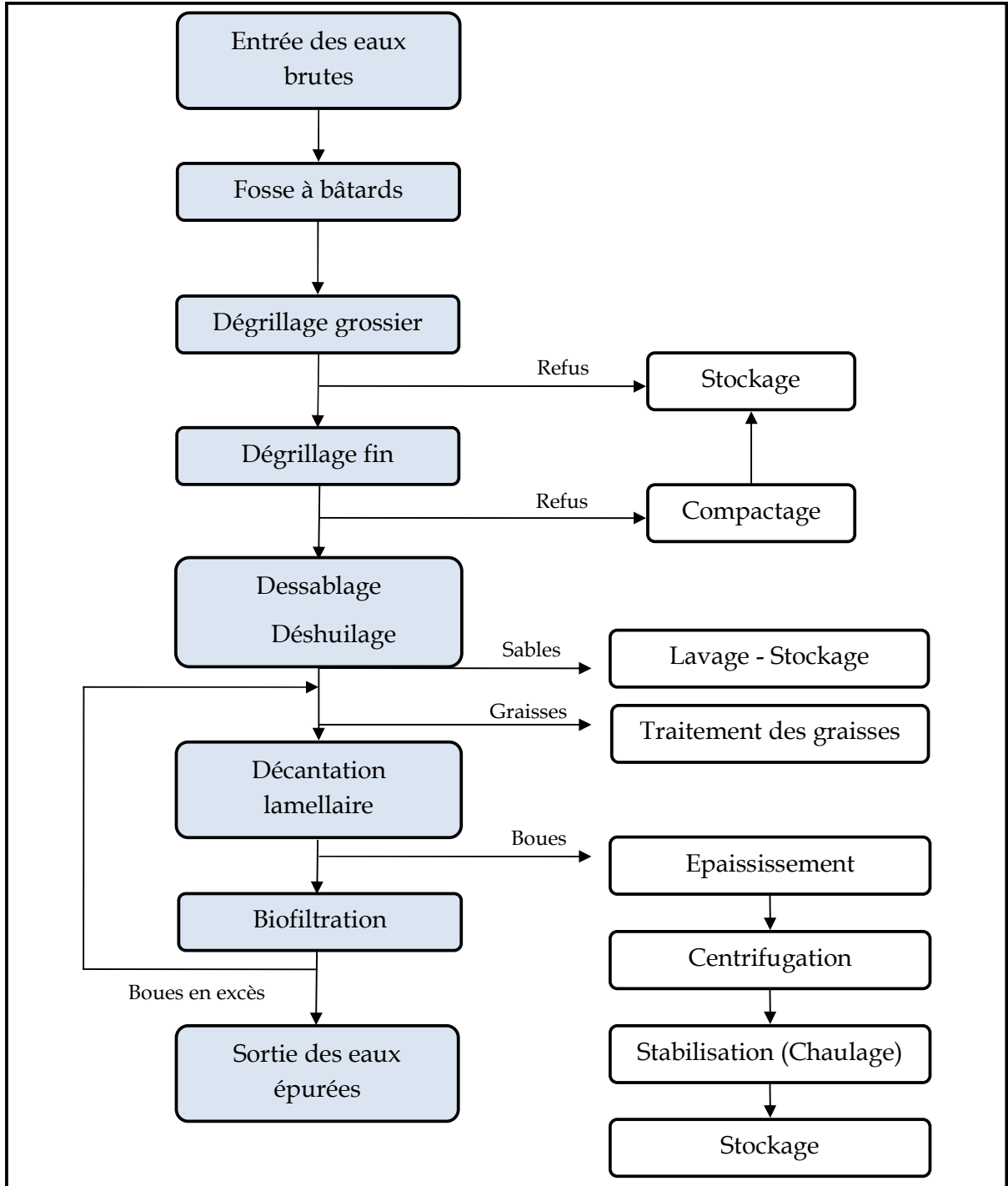


Figure V-2 : Organigramme représentant les filières eau et boue.

II. Traitement des eaux

A. LES PRETRAITEMENTS

1) Fosse à bâtards :

Les eaux brutes arrivent dans une fosse à bâtards, où sont interceptés tous les encombrants volumineux et résidus lourds qui pourraient dégrader les équipements de traitement primaires, en particuliers les grilles.

2) Dégrillage grossier :

Permet de débarrasser l'eau de tout corps flottant important pour protéger les équipements aval.

Les refus de grille sont dirigés vers une unité de compactage des déchets.

Il est à prévoir un deuxième dégrillage identique en parallèle pour assurer un secours total.

Dimensionnement :

Le dégrilleur est dimensionné pour le débit de pointe de 170 m³/h. Les grilles sont automatiques de 25 mm d'entrefer.

$$S = \frac{Q_p}{V \cdot O \cdot C} \quad / S = \text{surface minimum de la grille.}$$

V = vitesse maximum de passage devant être comprise entre 0,6 et 1 m/s

C = coefficient de colmatage. $C \in [0.4, 0.7]$ Pour des grilles automatiques.

$$O = \frac{e}{e+d} \quad / e = \text{espacement des barreaux}$$

d = largeur des barreaux

Les caractéristiques du dégrilleur grossier sont :

- V = 0,8 m/s
- C = 0,5
- e = 25 mm
- d = 10 mm
- S = 0,16 m² = (30 x 50) cm²

La largeur du canal sera de 30 cm.

3) Dégrillage fin :

La biofiltration est très sensible aux matières en suspension, donc afin d'éviter un colmatage prématuré des filtres il serait judicieux d'utiliser un dégrillage fin avec un entrefer de 3 mm.

Le dégrilleur fin sera caractérisé par :

- $V = 0,8 \text{ m/s}$
- $C = 0,5$
- $e = 3 \text{ mm}$
- $d = 10 \text{ mm}$
- $S = 0,51 \text{ m}^2 = (60 \times 85) \text{ cm}^2$

Le canal aura une largeur de 60 cm.

Il ya une autre alternative au dégrillage fin, qui est le tamisage. Les caractéristiques des tamis dépendront du constructeur en fonction entre autres du débit et des dimensions de l'installation.

4) Dessablage-déshuilage

Principe de fonctionnement

Dans cette étape, les particules denses (sables, graviers) sont éliminées par décantation alors que les graisses sont reprises par flottation moyennant l'introduction de fines bulles d'air.

Les deux opérations se passent dans un ouvrage cylindro-conique mieux adapté pour les petits débits. Il sera capable d'accepter jusqu'à $170 \text{ m}^3/\text{h}$.

En dehors des périodes de pointe, il sera possible de passer outre le dessableur-déshuileur, puisque le tamis élimine partiellement les graisses, et les sables seront évacuer lors de la décantation.

L'air est produit par turbines immergées et diffusé sous forme de fines bulles qui font remonter les graisses à la surface où elles sont raclées mécaniquement.

Les sables se décantent dans le fond conique de l'ouvrage et sont évacués par pompage.

Dimensionnement

Volume : $V = t_s \cdot Q$ / t_s = temps de séjour de l'eau dans l'ouvrage

Surface horizontale : $S = \frac{Q}{V_{asc}}$ / V_{asc} = vitesse ascensionnelle (m/h).

Le temps de séjour et la vitesse ascensionnelle sont choisis de façon à pouvoir combiner les deux opérations. Généralement $10 \leq V_{asc} \leq 30 \text{ m/h}$ et $5 \leq t_s \leq 20 \text{ min}$.

Pour une vitesse de 25m/h on aura une surface de 6,8 m²

Pour le temps de séjour :

Tableau V-6 : Variation des caractéristiques du dessableur en fonction du temps de séjour.

t_s (min)	8	10	12	15
V (m ³)	22,1	28,3	34	42,5
H (m)	3,25	4,16	5	6,25

Vu les différentes hauteurs, on optera finalement pour un temps de 8 min en temps de pointe.

Les caractéristiques de l'unité de dessablage- déshuilage sont donc :

- Diamètre : 2,9 m
- Hauteur : 3,25 m
- Surface : 6,8 m²
- Volume : 22,1 m³
- Vitesse ascensionnelle : 25m/h
- Temps de séjour : 8 min

5) Traitements des sous produits

- Refus de grille :

Les refus de dégrillage, compte tenu de leur composition, ne sont économiquement et techniquement pas valorisables. Ils sont assimilés à des déchets ménagers, et peuvent soit être stockés ou incinérés.

Donc, les refus du dégrillage et du tamisage sont envoyés vers un compacteur pour en réduire le volume (jusqu'à 60%) puis stockés dans une benne avant évacuation.

On estime les refus par la relation suivante :

$$V = \frac{15 \text{ à } 20}{e} (l/EH/an), \text{ avec, } e = \text{espacement entre les barreaux en cm.}$$

D'où un volume annuel de 840 m³ soit 2,3 m³ par jour.

Si on considère une évacuation hebdomadaire alors on utilisera une benne de 15m³.

- Les sables :

Dans une perspective de valorisation, les sables seront lavés pour les débarrasser de la matière organique. Ils sont ensuite stockés en attendant leur évacuation. La teneur en matière organique résiduelles sera de 5%.

- Les graisses

Le principe du traitement biologique des graisses est le suivant : les graisses vont subir d'abord une hydrolyse biologique grâce aux exo-enzymes appelées lipases (coupure au niveau des liaisons esters) pour former des acides gras et des alcools. Des endo-enzymes vont ensuite catalyser l'hydrolyse de ces acides gras majoritairement à longues chaînes par une succession de coupures oxydatives (mécanisme de la beta-oxydation) pour former de l'acetyl co-A, étape préalable à la respiration pour aboutir à la formation de CO₂, d'eau et d'énergie nécessaire à la multiplication cellulaire. Ces réactions sont aérobies et nécessitent un apport d'oxygène.

Le traitement des graisses se fera dans un réacteur de charge volumique 2,5 Kg DCO/m³ pour un temps de séjour de 15 à 20 jours.

B. LE TRAITEMENT PRIMAIRE

Consiste en une séparation physique des matières en suspension contenues dans l'eau (Décantation).

Le calcul du décanteur repose sur des essais en colonne réalisés au laboratoire pour établir les courbes de sédimentation et déduire les vitesses de décantation et temps de séjour.

Première approche: Décantation simple (décanteur longitudinal) :

Volume : $V = t_s \cdot Q$ / t_s = temps de séjour de l'eau dans l'ouvrage

Vitesse de Hazen : $V_h = \frac{Q}{S}$ / S = surface horizontale (surface au miroir) m^2 .

Le temps de séjour dans un bassin classique est de 2 à 3 heures, Quant à la vitesse de Hazen, elle ne dépasse pas les 3m/h.

Pour un temps de séjour de 2 heures, on aura un volume de 340 m³, étant donné que la hauteur est normalement comprise entre 2,5 et 4m, on aura une surface très grande (minimum 85 m²), donc la perspective d'un décanteur simple longitudinal est à éviter.

Deuxième approche : Décantation lamellaire

La décantation lamellaire est plus appropriée car pour la même surface de contact, l'emprise au sol est diminuée.

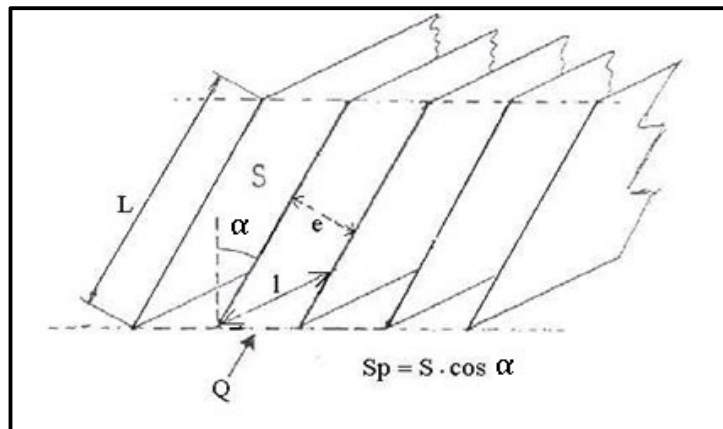


Figure V-3 : Disposition des lamelles d'un décanteur.

Dimensionnement :

Le principe est le même que pour une décantation classique sauf que :

- La vitesse de Hazen devient : $V_h = \frac{Q}{S n \cos(\alpha)}$ / n = nombre de lamelles
- Le temps de séjour diminue considérablement

Pour améliorer les performances de la décantation, elle sera précédée d'une coagulation-floculation.

Deux décanteurs seront utilisés en parallèle, cela permettra de maintenir un niveau d'épuration acceptable lors des opérations de maintenance.

Caractéristiques du décanteur :

- Débit de pointe : 85 m³/h
- Surface d'une lamelle : 18 m²
- Surface projetée : 92 m²
- Volume : 48 m³
- Hauteur : 3m
- Temps de séjour en temps de pointe : 34 min
- Vitesse de Hazen en temps de pointe : 0,92 m/h

Rendement attendus :

- MES : 80 %
- DBO5 : 40 %
- DCO : 40 %
- NTK : 15 %
- Pt : 60 %

C. LE TRAITEMENT BIOLOGIQUE

Le traitement biologique de l'eau est assuré par des biofiltres de type ascendant, car cette technique offre une plus grande capacité de rétention.

Formules de dimensionnement :

➤ **Charge hydraulique :** $C_h = \frac{Q}{S}$ (m³/m²/h) / S : surface du filtre

➤ **Volume du matériau :** $V = h \cdot S$ / h = hauteur du matériau (m)
S = surface du filtre

➤ **Charges volumique :**

$$C_v = \frac{\text{charge polluante journalière (DCO, DBO}_5, \text{NTK)}}{\text{Volume du matériau}}$$

➤ **Production de boues :** elle est estimée en Kg.j⁻¹ selon les expressions suivantes :

$$MVS = 0,75(0,8 \cdot MVS \cdot Rdt \text{ MES} + 0,75 DBO_s) + 0,2 N$$

$$MM = 0,75 \cdot 0,8 \cdot Rdt \text{ MES} \cdot MM_{entrante}$$

Avec :

DCO_s = DCO éliminée en Kg/j

N = quantité d'NTK à nitrifier

Rdt MES = rendement par rapport à la rétention des MES

MM_{entrante} = charge en matières minérales entrantes

* ce sont les formules employées par le cabinet merlin pour l'estimation des quantités de boues produites.

➤ **Besoins en oxygène :**

La quantité d'oxygène à fournir est fonction de la pollution carbonée et de la quantité d'azote à nitrifier

D'après [7] la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour éliminer la pollution carbonée est :

$$O_2(Kg/j) = a \cdot S_r + b \cdot X_v$$

Avec : a, b : paramètres expérimentaux

S_r : DBO₅ éliminé (Kg/j)

X_v : la teneur en matières volatiles en suspension (MVS) [7]

Pour la nitrification de l'azote, pour 1 g d'azote il faudrait 4,2 g d'oxygène. [8]

➤ **Débit d'air correspondant aux besoins en O₂**

A partir des besoins en oxygène, on peut déterminer le débit d'air à injecter par la relation suivante [5]:

$$\text{Débit d'air} = \frac{\text{Besoins en } O_2}{0,21 \cdot \rho_{O_2} \cdot \text{Rom} \cdot h}$$

Tels que :

Rom : rendement d'oxygénation par mètre d'immersion

h : hauteur d'immersion des diffuseurs d'air

ρ_{O_2} : masse volumique de l'oxygène égale à 1,43 Kg/m³

Caractéristiques de l'étage de biofiltration de la station :

Flux de pollution à l'entrée de la biofiltration :

D'après les charges polluantes à l'entrée de la station et les rendements attendus pour la décantation primaire, les flux de pollution à l'entrée des biofiltres seront de :

MES : 182,7 Kg de MES/j

DBO₅ : 380,7 Kg de DBO₅/j

DCO : 931,5 Kg de DCO/j

NTK : 130 Kg de NTK/j

Pt : 7,8 Kg de Pt/j

Caractéristiques des filtres :

- Vitesse de filtration au débit de pointe: 3 m/h
- Surface totale : 60 m²

On divisera la surface totale sur 4 filtres de surface identique de 15m².

- Pour une hauteur de matériau de 3m le volume total de matériau est de : 180 m³
- Le temps de séjour en période de pointe : 1 heure
- Les charges volumiques :
 - En DBO₅ : 2,1 Kg de DBO₅/m³. j
 - En DCO : 5,2 Kg de DCO/m³. j
 - En NTK : 0,72 Kg de NTK/m³. j

- Longueur d'un filtre : 5 m
- Largeur d'un filtre : 3m
- Hauteur d'un filtre : 3,5 m dont 3m de matériau
- Volume unitaire : 52,5 m³
- Volume total : 262,5 m³

Besoins en oxygène :

- Pour le traitement de la pollution azotée :

$$\left. \begin{array}{l} \text{NTK}_{\text{entrée}} = 130 \text{ Kg/j} \\ \text{NTK}_{\text{sortie}} = 15 \text{ mg/l} = 25 \text{ Kg/j} \end{array} \right\} \text{NTK à éliminer} = 105 \text{ Kg/j}$$

Donc une quantité d'oxygène de 451,5 Kg d'O₂/j

- Pour le traitement de la pollution carbonée :

$$O_2 = a \cdot S_r + b \cdot X_v$$

- $S_r = \text{DBO}_5 \text{ éliminé} = \text{DBO}_5 \text{ entrée} - \text{DBO}_5 \text{ sortie}$

$$\left. \begin{array}{l} \text{DBO}_5 \text{ entrée} = 380,5 \text{ Kg/j} \\ \text{DBO}_5 \text{ sortie} = 25 \text{ mg/l} = 42 \text{ Kg/j} \end{array} \right\} S_r = 338,5 \text{ Kg/j}$$

- X_v = teneur en MVS

Pour un réseau séparatif les MVS représentent 80 % des MES

Donc : $X_v = 146,2 \text{ Kg/j}$

- Faute d'avoir les paramètres a et b expérimentalement, on utilisera les valeurs donnés par Eckenfelder pour une eau usée domestique, soit

$a = 0,73$, $b = 0,075$ [7]

D'où une quantité d'oxygène de 260 Kg/j

- Synthèse :

- Besoin en O_2 pour le traitement de la pollution carbonée : 260 Kg d' O_2 /j
- Besoin en O_2 pour le traitement de la pollution azotée : 451,5 Kg d' O_2 /j
- Besoin total : 712 Kg d' O_2 /j
- Besoins horaires moyens : 30 Kg d' O_2 /h

- Débits d'air correspondants :

$h = 3,5\text{m}$

$\rho_{O_2} = 1,43 \text{ Kg/m}^3$

Rom : il n'y a pas de formules ou de méthodes qui permettent d'avoir le rendement d'oxygénation exact du fait de la diversité des systèmes d'aération et de bien d'autres paramètres tels que la hauteur d'immersion, la forme des bassins à aérer...etc., cependant on trouve dans la littérature sur la base d'expérimentations, que pour un système d'insufflation d'air en fine bulles dans les biofiltres le rendement est de l'ordre de 5 à 10% par mètre [9].

Le débit d'air journalier est donc égal à 13550 Nm^3/j soit 565 Nm^3/h .

Production de boues :

Les boues issues de la biofiltration résultent de la rétention des MES et de la biomasse produite après l'élimination de la pollution.

Elles sont récupérées lors du lavage des filtres.

La production journalière de boues est de : 305 Kg telle que :

Rdt MES = 85 %

DCOs = 338,5 Kg/j

N = 105 Kg/j

Fonctionnement des filtres :

Une des spécificités de notre station est son pouvoir d'adaptation aux fluctuations saisonnières du débit d'eaux usées qu'elle reçoit, à titre indicatif le tableau suivant nous montre la variation de débit selon le taux de remplissage des résidences de la station de ski tel que nous considérons :

Basse saison : correspond à l'intersaison, Mai-Juin et Septembre-Novembre. On considère un taux de remplissage des résidences à 20%

Moyenne saison : correspond à la montée et à la descente de la haute saison. On considère un taux de remplissage des résidences à 50%

Haute saison : liée à l'activité hivernale en Janvier, Février, Mars. On considère un taux de remplissage des résidences à 85%

Tableau V-7 : Variations du débit en fonction des saisons.

	Basse saison	Moyenne saison	Haute saison
Population	4000	9000	15000
Débit moyen journalier (m ³ /j)	440	990	1650
Débit moyen horaire (m ³ /h)	20	42	70
Débit de pointe (m ³ /j)	52	94	170

Nous remarquons bien que les variations de débits sont assez importantes, et que l'adaptabilité du traitement est primordiale dans ce cas.

Pour faire face aux fluctuations saisonnières, il faudra mettre en place plusieurs cellules de biofiltration, qui fonctionneront en alternance dans les basses saisons.

En période de pointe, la surface de filtration correspond à 4 filtres de 15 m². On prévoit un cinquième qui servira lors du lavage des autres filtres.

Dans les basses saisons, on peut se contenter de deux filtres en fonctionnement, deux filtres resteront en réserve.

A l'approche des hautes saisons, il faudra solliciter toutes les cellules à tour de rôle, pour favoriser l'ensemencement des filtres.

L'expérience a montré que la durée maximale de mise en veille d'une cellule de biofiltration sans perte de biomasse nitrifiante est de 4 jours (selon les publications du Cemagref).

Donc le fonctionnement de nos filtres sera comme suit :

	haute saison	Basse saison
Le nombre total de filtres:	5	5
Nombre de filtre à l'arrêt (en lavage)	1	1
Nombre de filtre en réserve	0	2
Nombre de filtre en service	4	2

Lavage des filtres :

Le massif filtrant se colmatant progressivement en raison du développement bactérien et de la rétention des MES, l'excès de biomasse doit être périodiquement retiré du système pour maintenir ses capacités épuratoires. Cette opération est effectuée au moyen de lavages dont le rôle est comparable aux extractions de boues dans les systèmes à boues activées.

Le lavage utilise de l'eau et de l'air selon les étapes suivantes :

- Détassage du massif filtrant et décrochage des boues grâce à de l'air seul pendant une durée de 6 à 8 mn, avec une vitesse de transfert d'environ 60 à 70 m³/h d'air /m² de filtre, soit un besoin d'air de 1050 m³/h. Cet air est produit par des surpresseurs de débit unitaire 1 800 m³ /h,
- lavage avec mélange air et eau pendant environ 8 à 10 mn,
- élimination de la biomasse en excès grâce à une phase eau seule pendant 10 mn environ à vitesse ascensionnelle de 30 à 40 m³ /m²/h, soit un débit d'eau de 600 m³/h.

Le cycle de lavage est enclenché automatiquement par horloge (toutes les 24 heures).

Les eaux de lavage sont issues d'une bêche alimentée en eau filtrée.

Dimensionnement :

Temps de lavage à l'eau : 20 min

Débit d'eau nécessaire pour le lavage : 600 m³/h.

Volume de la bêche d'eau de lavage : 200 m³

Les eaux « sales » sont évacuées vers une bêche de réception avant d'être envoyées vers le traitement des boues biologiques. Le volume de cette bêche est équivalent à celui de la bêche des eaux filtrées soit 200 m³.

* Les valeurs liées au lavage des filtres (vitesses ascensionnelles, temps de lavage) sont celles proposées par le cabinet Merlin.

Caractéristiques des effluents après biofiltration :

Les rendements épuratoires dépendront du filtre choisie, mais en général les performances des différents filtres qu'on trouve sur le marché se valent.

Après la biofiltration, les concentrations attendues en polluants seront comme suit :

Tableau V-8 : Concentration attendues en sortie de la biofiltration.

Paramètre	Rendement	Concentration (mg/l)	
		Pointe	moyenne
DBO ₅	75 à 90 %	23 à 9,3	56 à 22,6
DCO	85 à 95 %	34,3 à 11,5	83,3 à 28
MES	75 à 90 %	11,3 à 4,5	27,4 à 10,7
NTK	85 à 95 %	4,8 à 1,6	11,6 à 4

III. Traitement des boues

1. Caractéristiques d'une boue

- **La siccité d'une boue**

La boue est essentiellement constituée d'eau et de matières sèches (MS). Le pourcentage d'eau représente l'humidité ; le pourcentage de matières sèches la siccité.

Ainsi une boue à 10 % de siccité présente une humidité de 90 %.

- **Le taux de Matières Volatiles Sèches**

Les matières sèches (MS) sont composées de matières minérales (MM) et de matières organiques appelées matières volatiles sèches (MVS). La concentration des MVS est généralement exprimée en pourcentage par rapport aux MS : on parle de taux de MVS. Le contrôle de ce paramètre permet de suivre la stabilité de la boue.

- **Consistance de la boue**

La consistance de la boue est un critère essentiel pour le stockage, l'homogénéisation, la manutention, l'enfouissement, etc. La consistance de la boue est liée à son état physique.

Quatre états physiques sont généralement définis en tenant compte de la siccité :

- boue liquide pour une siccité de 0 à 10 % ;
- boue pâteuse pour une siccité de 12 à 25 % ;
- boue solide pour une siccité supérieure à 25 % ;
- boue sèche pour une siccité supérieure à 85 % ;

2. Filière boues dans la step :

Le traitement des boues suivra comme indiqué sur la figure V-2 les étapes suivantes :

- Un épaissement gravitaire ;
- Une déshydratation ;
- Une stabilisation chimique (chaulage) ;
- Stockage.

3. Bilan des boues produites :

Boues primaires

MS (Kg/j) :	731
Fraction des MVS (%) :	80
MVS (Kg/j) :	585
MM (Kg/j) :	146

Boues biologiques

MS (Kg/j) :	312
Fraction des MVS (%) :	80
MVS (Kg/j) :	250
MM (Kg/j) :	62

4. Épaississement :

C'est la première étape dans la plupart des filières de traitement des boues car il réduit le volume des boues donc réduit les dimensions des ouvrages de traitements lui succédant.

Les eaux sales de lavage des filtres sont recirculées vers la décantation, où se passera l'opération d'épaississement (au fond des décanteurs).

Synthèse des boues concernées par l'épaississement :

- Boues primaires	(Kg de MS/j) :	731
- Boues biologiques	(Kg de MS/j) :	312
- Boues totales (mixtes)	(Kg de MS/j) :	1043
- Fraction des MVS	(%) :	80
- Concentration des boues	(g/l) :	4
- Volume journalier de boues	(m ³ /j) :	261

Débit des boues épaissies :

La concentration des boues en sortie des épaisseurs sera de 35 g/l

Le débit des boues épaissies est calculé comme suit :

$$Q_{ep} = \frac{Q_t \cdot C}{C_{ep}}$$

Avec :

Q_{ep} = débit des boues épaissies (m^3/j)

Q_t = débit des boues entrantes dans l'ouvrage

C = concentration des boues à l'entrée de l'épaississeur (g/l)

C_{ep} = concentration en sortie de l'épaississeur (g/l)

Hauteur d'épaississement

La hauteur d'épaississement est la somme de la hauteur de compression nécessaire pour atteindre la concentration souhaitable et d'une hauteur de revanche. Celle-ci doit permettre à la fois :

- la clarification du liquide interstitiel,
- les variations du niveau de boues liées aux variations des conditions d'extraction,
- la bonne répartition hydraulique de la liqueur entrante. [10]

Une hauteur de 3,5 à 4m, prenant en compte le volume de stockage, est à préconiser [6].

Dimension des épaississeurs

On appliquera une charge spécifique au radier de $60 \text{ Kg}/m^2.j$

La surface totale de l'épaississement :

$$S = \frac{\text{Quantité totale de boues entrantes (Kg MS/j)}}{\text{charge spécifique (kg}/m^2 .j)}$$

Le diamètre sera donc : $D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}$

La capacité de l'épaississeur : $V = H \cdot S$ avec : h = hauteur d'épaississement.

Le temps de séjour dans l'ouvrage : $t = \frac{V}{Q_t}$

Les résultats de calcul sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau V-9 : Caractéristiques de l'épaississeur.

Paramètre	Valeur
Débit des boues entrantes (m ³ /j)	261
Concentration à l'entrée (g/l)	4
Concentration en sortie (g/l)	35
Débit des boues épaissies (m ³ /j)	30
Charge spécifique (Kg/m ² .j)	60
Hauteur d'épaississement (m)	4
Nombre d'ouvrage	2
Surface totale (m ²)	17,4
Surface unitaire (m ²)	8,7
Diamètre (m)	3,3
Capacité totale (m ³)	69,6
Temps de séjour (heures)	7

5. Déshydratation :

La déshydratation des boues se fera par centrifugation.

La boue est introduite dans un bol cylindro-conique à axe horizontal, entraîné à très grande vitesse de rotation, qui provoque, sous l'effet de la force centrifuge, la séparation des phases liquides et solides. Les matières déposées sur la paroi interne du bol sont entraînées en continu par une vis racleuse hélicoïdale (tournant à une vitesse légèrement différente du bol) pour être évacuées à une extrémité du rotor, tandis que le liquide clarifié déborde par un déversoir à l'extrémité opposée.

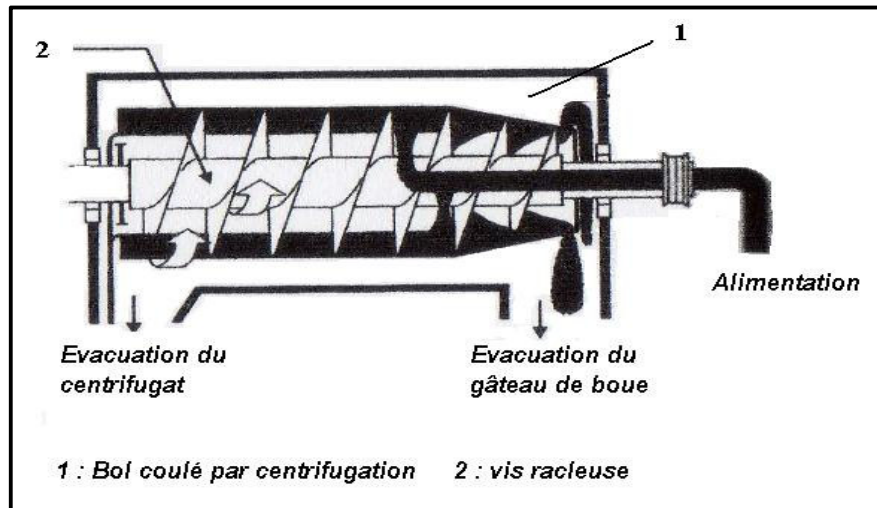


Figure V-4 : Centrifugeuse.

Pour des raisons de confort olfactif et surtout sonore, il serait plus judicieux de placer la centrifugeuse dans un local fermé insonorisé.

6. Stabilisation :

La stabilisation des boues se fera par voie chimique (c'est-à-dire par chaulage).

Cette étape permet de porter la siccité de la boue à 30% et surtout de maintenir la stabilité des boues toute la durée du stockage.

7. Stockage :

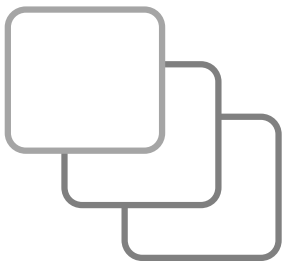
Les boues seront stockées en attendant leurs épandage sur les pistes de ski de la station d'Isola 2000.

IV. Tableau récapitulatif

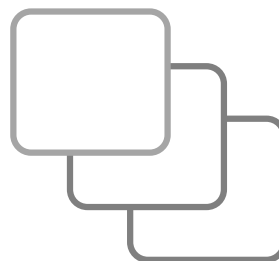
Tableau V-10 : résumé de toutes les dimensions de la step.

ouvrage	paramètres	valeurs
Dégrilleur grossier	Nombre d'unité	2 (dont 1 de secours)
	Débit de pointe	170 m ³ /h
	Vitesse max de passage	0,8 m/s
	Entrefer	25 mm
	Dimensions de la grille	(30 x 50) cm ²
	Largeur du canal	30 cm
Dégrilleur fin	Nombre d'unité	2 (dont 1 de secours)
	Vitesse max de passage	0,8 m/s
	Entrefer	3 mm
	Dimensions de la grille	(60 x 85) cm ²
	Largeur du canal	60 cm
Dessableur-Déshuileur	Débit max	170 m ³ /h
	Nombre d'unité	1
	type	Cylindro-conique
	Temps de séjour	8 min
	Diamètre	2,9 m
	Vitesse ascensionnelle	25m/h
	Hauteur	3,25 m
Décanteur	type	Lamellaire
	Nombre d'unité	2
	Débit de pointe	85 m ³ /h
	Vitesse de Hazen	0,92 m/h
	Temps de séjour	34 min
	Surface projetée	92 m ²
	Hauteur	3m
Biofiltre	Nombre de filtres	5
	Dimensions	(5 x 3) m ²
	Temps de séjour en pointe	1 heure
	Vitesse de filtration	3 m/h
	Charges volumiques	En DBO ₅ : 2,1 Kg/m ³ . j
		En DCO : 5,2 Kg/m ³ . j

		En NTK: 0,72 Kg /m ³ . j
	Débit d'air	565 Nm ³ /h
	Production de boues	305 Kg par jour
Epaississeur	Nombre d'unité	2 (1 de secours)
	Concentration des boues à l'entrée	4 g/l
	Concentration des boues à la sortie	35 g/l
	Diamètre	3,3 m
	Capacité totale	69,6 m ³



Conclusion



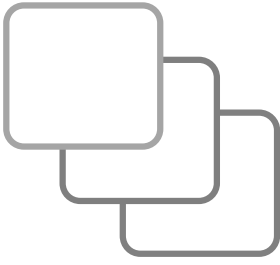
Notre travail consistait à contribuer à l'étude de conception de la station d'épuration Isola2000 dans les alpes françaises.

La principale difficulté caractérisant la ville est que c'est une station de ski, ce qui veut dire des changements saisonniers importants de point de vue démographique entraînant des fluctuations du débit et des charges polluantes.

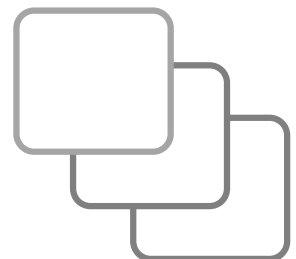
Le problème des variations saisonnières a été surmonté en optant pour un traitement par biofiltration, après avoir étudié trois possibilités différentes que sont les boues activées accompagnées de filtration membranaire, la biofiltration et les boues activées ainsi que la clarification en guise de traitement secondaire.

La biofiltration s'est avérée la meilleure solution d'autant plus qu'elle offre d'autres avantages non négligeables, à priori, une emprise au sol convenable, une réduction des nuisances sonores et olfactives appréciables, et des performances satisfaisantes.

Quant aux boues produites, nous avons prévu un traitement par chaulage précédé d'un épaissement et d'une centrifugation. Le devenir de ces boues est le stockage à l'air libre en vue d'une utilisation ultérieure.



Bibliographie



- [1] KOLLER Emilian.
Traitement des pollutions industrielles.
Édition DUNOD. 2004
- [2] Cours du Dr. R. SALGHI « Différentes filières de traitement des eaux »
Ecole nationale des sciences appliquées d'Agadir.
- [3] Mémento technique de l'eau. Huitième édition
Édition Dégremont. 1978.
- [4] JAILLET constance, LEZAUD flore, MARZIN Caroline
La biofiltration : les principaux filtres brevetés en France
ISIM Université de Montpellier. 2003
- [5] VIGNE Emmanuelle
Thèse de doctorat: Etude et modélisation dynamique d'un procédé par
biofiltration en nitrification tertiaire.
Faculté des sciences et de génie, Université LAVAL Québec. 2007
- [6] Document technique
Etudes avant projet – mémoire : Réalisation d'une station d'épuration à Isola2000.
Cabinet Merlin 2007
- [7] W.W. ECKENFELDER
Gestion des eaux usées urbaines et industrielles
Édition Technique & documentation(Lavoisier). 1982
- [8] THOMAZEAU Robert
Stations d'épuration
Édition Technique & documentation(Lavoisier). 1981
- [9] AMIEL Christophe
Thèse de doctorat : Mise au point d'une méthodologie de détermination du
transfert d'oxygène, application aux biofiltres.
INSA de Toulouse : Génie des procédés de l'environnement. 2002
- [10] Document technique
« L'assainissement des agglomérations : techniques d'épuration actuelles et
évolutions »
Document réalisé par les agences de l'eau et le ministère de l'environnement
(France). 1994
- [11] Arrêté du 22 juin 2007 relatif à la collecte, au transport et au traitement des eaux usées
des agglomérations d'assainissement. Ministère Français de l'écologie, du développement
et de l'aménagement durables.

- [12] CARDOT Claude
Les traitements de l'eau. Procédés physico-chimiques et biologiques.
Edition Ellipses Marketing S.A., 1999.

Webographie

- <http://www.emse.fr>
- <http://inpn.mnhn.fr> (inventaire national du patrimoine naturel)
- <http://www.thecanadianencyclopedia.com>
- <http://hmf.enseeiht.fr>
- <http://www.ademe.fr>
- <http://pravarini.free.fr>