



HAL
open science

Gestion des effluents d'élevage de l'exploitation des Mesnils et mise aux normes

Alexandre Gallet

► **To cite this version:**

Alexandre Gallet. Gestion des effluents d'élevage de l'exploitation des Mesnils et mise aux normes. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2019. dumas-03550722

HAL Id: dumas-03550722

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03550722v1>

Submitted on 1 Feb 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



2019

Gestion des effluents d'élevage de l'exploitation des Mesnils et mise aux normes

Courcelles-Chaussy (57)



Crédits photo : Equipédia

Mémoire présenté pour l'obtention du

Diplôme d'Ingénieur de l'ENGEES

Formation réalisée par apprentissage

Tuteur Ecole : Emilie Beaulieu

Tuteur de stage : Matthieu Zehr

Alexandre GALLET

Promotion Grand Lyon

01/10/2019

Remerciements :

Je remercie tout d'abord mon maître d'apprentissage, Matthieu Zehr, qui m'a suivi de près pour ce projet. Il s'est rendu disponible lorsque j'avais besoin de conseils.

Je remercie aussi Laurent Rommert, directeur de l'exploitation agricole, qui m'a tout appris sur le système d'élevage en place sur l'exploitation agricole et comment il fonctionnait au quotidien.

Merci encore à ma tutrice, Emilie Beaulieue, qui s'est rendue disponible pour venir sur mon lieu de travail et vérifier si tout se déroulait au mieux.

Je remercie aussi Hevé Montigny, directeur de l'EPLEFPA de Courcelles-Chaussy.

Merci à Jean-Luc Ménard, chercheur à l'institut de l'élevage, d'avoir répondu à mes questions concernant les techniques de traitement des effluents.

Je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères à Alain Badoc, conseiller de la chambre d'agriculture, qui m'a laissé utiliser le logiciel Dexel et qui a pris de son temps pour m'expliquer comment il fonctionnait.

Pour terminer, je remercie toute l'équipe de l'exploitation agricole et du service expérimentation qui m'ont soutenu durant toute la durée de mon apprentissage.

Résumé :

Gestion des effluents d'élevage de l'exploitation des Mesnils

La mise aux normes des ouvrages pour la gestion des effluents d'élevage a été imposée par la circulaire relative aux effluents d'élevage du 20 décembre 2001 [1]. Cette circulaire classe les différents types d'effluents bovins et comment ils doivent être gérés. Sur l'exploitation agricole de l'EPLEFPA de Courcelles-Chaussy, il y a une fumière non couverte qui accueille un fumier compact de bovins. La réglementation impose une gestion des lixiviats et des purins des fumiers susceptibles d'écoulement selon le type et le nombre d'animaux. L'utilisation du logiciel Dixel a permis de déceler d'autres problèmes de dimensionnement comme la fosse à lisier par exemple. Des solutions ont été testées dans le but de trouver un dimensionnement idéal sur tous les ouvrages de gestion des effluents de l'exploitation agricole et de régler le problème lié à la fumière non couverte. Des solutions de traitement des effluents peu chargés ont été essayées pour les purins, lixiviats et effluents de la salle de traite. Les critères de choix pour la filière étaient la faible surface d'épandage à la fin de processus de traitement pour éviter une surcharge de travail trop importante, un coût et un entretien faible. La filière retenue est le filtre planté de roseaux pour son atout de réalisation en auto construction et la faible surface d'épandage nécessaire pour les effluents de sortie. Les dimensionnements des différentes filières ont été réalisés avec le logiciel Dixel, qui a été validé par l'Etat en tant que logiciel référence pour la mise aux normes.

Abstract :

Livestock effluents management in the Mesnils farm

The upgrading of facilities for the management of livestock effluent was required by the law on livestock effluent of the 20 December 2001. This law classifies the different types of cattle effluent and how they should be managed according to the type and the number of animals. On the farm, there is an uncovered manure area that contains compact cattle manure. Regulations require the management of leachate and slurry from runoff manure. The use of Dixel software has made it possible to detect other sizing problems such as the slurry pit, for example. Solutions have been tested to ensure ideal sizing on all manure management structures on the farm and to address the problem of uncovered manure. Solutions for the treatment of lightly loaded effluents were tested for liquid manure, leachate and parlour effluents. The selection criteria for the way were the low spreading area at the end of the treatment process to avoid excessive overload, cost and low maintenance. The chosen method is the filter planted with reeds for its advantage of self-construction and the small spreading area required for the outlet effluents. The sizing of the various sectors was carried out using Dixel software, which was validated by politicians as reference software for compliance with standards.

Sommaire

Remerciements :	1
Résumé :	2
Abstract :	2
Table des figures.....	4
Table des tableaux.....	5
Sigles et abréviations.....	5
Introduction.....	6
I) Contexte et diagnostic de l'étude	7
A. Présentation du site	7
B. Lexique du bâtiment d'élevage	7
C. Normes liées à la gestion des effluents d'élevage [7].....	10
D. Diagnostic des effluents sur la ferme : situation actuelle	11
1) Présentation des ouvrages actuels.....	11
2) Détermination du type de fumier pour les bâtiments B et D	16
3) Vérification du dimensionnement des ouvrages de stockage	17
II) Prise en main du logiciel Dixel.....	26
A. Présentation du logiciel.....	26
B. Méthode.....	26
C. Entrée des données.....	27
D. Résultats et problèmes.....	33
E. Recherche de solutions	33
III) Les différentes solutions de traitement	34
A. Généralités [15].....	34
B. Techniques classiques	35
1) Traitement primaire :	36
2) Traitement secondaire :	37
C. Techniques alternatives	38
1) Traitement primaire :	38
2) Traitement secondaire :	39
D. Synthèse	46
IV) Développement de quatre filières.....	47
A. Le lieu d'implantation et les contraintes géographiques.....	47
B. L'épandage par des techniques classiques	48

C. Le traitement par technique alternative	50
D. Bilan	52
V) Limites et perspectives	53
A. Limites du projet	53
B. Perspectives	53
Conclusion	53
Bibliographie.....	54
Annexes	55

Table des figures

<i>Figure 1 : Schéma d'une stabulation en aire paillée intégrale</i>	<i>7</i>
<i>Figure 2: Schéma d'une stabulation en 50% paillée et 5% raclée</i>	<i>8</i>
<i>Figure 3 : Schéma d'une stabulation en logettes raclées</i>	<i>8</i>
<i>Figure 4 : Le cycle du lait de la vache [8].....</i>	<i>9</i>
<i>Figure 5 : Contraintes d'une exploitation agricole soumis à la réglementation ICPE [6]</i>	<i>10</i>
<i>Figure 6 : Plan de l'exploitation agricole avec les bâtiments d'élevage et les ouvrages de stockage [11].....</i>	<i>11</i>
<i>Figure 7 : Schéma d'une stabulation en logette tête à tête avec aire raclée [7].....</i>	<i>12</i>
<i>Figure 8 : Photo du bâtiment A [Source : Photographie personnelle].....</i>	<i>12</i>
<i>Figure 9 : Schéma d'une stabulation en 50% aire paillée et 50% aire raclée [7].....</i>	<i>12</i>
<i>Figure 10 : Photo du bâtiment B [Source : Photographie personnelle]</i>	<i>13</i>
<i>Figure 11 : Photo du bâtiment C [10]</i>	<i>13</i>
<i>Figure 12 : Photo du bâtiment D [Sources : Photographies personnelles]</i>	<i>14</i>
<i>Figure 13 : Photo de la fosse à lisier [Source : Photographies personnelles].....</i>	<i>14</i>
<i>Figure 14 : Photo de la fumière couverte [Source : Photographies personnelles].....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 15 : Photo de la fumière non couverte un jour de pluie d'avril [Source : Photographies personnelles]</i>	<i>15</i>
<i>Figure 16 : Photo de la mare se formant derrière la fumière non couverte [Source : Photographies personnelles]</i>	<i>16</i>
<i>Figure 17 : Résultats de la partie "Exploitation"</i>	<i>28</i>
<i>Figure 18 : Aperçu du volet "Ruminants - Animaux" du bâtiment B42</i>	<i>29</i>
<i>Figure 19 : Aperçu du volet Ruminants – Déjections bâtiment B42</i>	<i>30</i>
<i>Figure 20 : Aperçu du volet Ruminants - Déjections du bâtiment B41</i>	<i>31</i>
<i>Figure 21 : Aperçu des ouvrages de stockages sur le logiciel.....</i>	<i>31</i>
<i>Figure 22 : Onglet Déjections dans le volet Ruminants pour le bâtiment D (aire raclée = B42).....</i>	<i>32</i>
<i>Figure 23 : Effluents de la salle de traite</i>	<i>33</i>
<i>Figure 24 : Les différentes méthodes de traitement des effluents peu chargés [15]</i>	<i>34</i>
<i>Figure 25 : Photo d'un BTS (Source : Institut de l'Elevage).....</i>	<i>36</i>
<i>Figure 26 : Photo d'un filtre à paille (Source : Chambre d'agriculture 51)</i>	<i>39</i>
<i>Figure 27 : Schéma d'un système de traitement type "lagunage naturel".....</i>	<i>40</i>
<i>Figure 28 : Photo d'une lagune avec en premier plan le bassin tampon sédimentation.....</i>	<i>41</i>
<i>Figure 29 : Lien entre classe de granulométrie et aménagement des lagunes</i>	<i>41</i>
<i>Figure 30 : Coupe verticale d'un massif filtrant.....</i>	<i>43</i>
<i>Figure 31 : Photo d'un massif filtrant végétalisé.....</i>	<i>44</i>
<i>Figure 32 : Schéma du massif filtrant 9 mois après plantation</i>	<i>46</i>

Table des tableaux

Table 1 : Seuils ICPE pour les bovins [10].....	10
Table 2 : Tableau de détermination du type d'effluent pour des vaches en stabulation 50/50 [7]	16
Table 3 : Tableau de détermination du type d'effluent pour des génisses en stabulation 50/50 [7]	17
Table 4 : Rappel des données du bâtiment A	19
Table 5 : Résultats du calcul du volume d'effluents produits	19
Table 6 : Rappel des données du bâtiment B	20
Table 7 : Calcul des capacités de stockage du bâtiment B	20
Table 8 : Rappel des données du bâtiment C	20
Table 9 : Tableau de calcul des capacités du bâtiment C.....	21
Table 10 : Rappel des données du bâtiment D.....	21
Table 11 : Coefficients à appliquer pour le calcul des capacités de stockage	21
Table 12 : Tableau de calcul des capacités de stockage du bâtiment D.....	22
Table 13 : Calcul des volumes d'effluents de la salle de traite	22
Table 14 : Calcul des capacités de stockage de la fosse à lisier.....	23
Table 15 : Calcul du coefficient a (fumière couverte).....	24
Table 16 : Calcul de capacité de stockage de la fumière couverte	24
Table 17 : Calcul du coefficient a (fumière non couverte).....	25
Table 18 : Calcul des capacités de stockage de la fumière non couverte.....	25
Table 19 : Tableau de correspondance entre les bâtiments et les unités du logiciel.....	27
Table 20 : Correspondance entre les ouvrages et le nom dans le logiciel	32
Table 21 : Analyses de sols sur l'exploitation agricole	46
Table 22 : Caractéristiques des effluents.....	48
Table 23 : Tableau pour le calcul du volume de boues.....	49
Table 24 : Tableau comparatif des filières	52

Sigles et abréviations

BTS	Bassin tampon et sédimentation	FL	Fosse à lisier
DBO5	Demande biologique en oxygène	FM	Fumier mou
DCO	Demande chimique en oxygène	FMC	Fumier mou à compact
DGO	Demande globale en oxygène	FTC	Fumier très compact
EPLEFPA	Etablissement public et local d'enseignement et de formation professionnelle agricole	ICPE	Installation classée pour la protection de l'environnement
ETP	Evapotranspiration potentielle	NTK	Azote Kjeldahl
FAP	Filtre à paille	PAN	Programme d'action nitrates
FPR	Filtre planté de roseaux	RSD	Règlement sanitaire départemental
FC	Fumier compact	SDT	Salle de traite
FCNSE	Fumier compact non susceptible d'écoulement	UGB	Unité gros bétail
FCSE	Fumier compact susceptible d'écoulement	ZV	Zone vulnérable

Introduction

L'agriculture est une source de pollution de l'eau majeure voire même la principale dans certaines régions françaises. On retrouve des pesticides issus des pratiques agricoles dans 78% des points d'eaux surveillés sur les différents bassins. Les déchets animaux sont aussi une source de pollution importante. Dans les années 60-70, la période après guerre, des politiques agricoles ont été mises en place dans le but d'augmenter rapidement la production pour parvenir à une autosuffisance alimentaire mais malheureusement, les composantes environnementales n'ont pas été prises en compte. A l'heure actuelle, l'activité agricole est encadrée réglementairement par la directive cadre sur l'eau. De nombreux moyens d'action comme le soutien à l'agriculture biologique ou le plan écophyto sont mis en place par les Agences de l'eau. Ces actions sont coûteuses alors que la contribution au budget de l'Agence de l'eau du milieu agricole n'est que de 1% [2].

La gestion des effluents d'élevage sur une exploitation est complexe. Elle est soumise à des normes qui varient en fonction de la taille et de l'emplacement de l'exploitation. En effet, si une exploitation est placée dans une zone vulnérable à la pollution aux nitrates, les normes seront plus strictes. Ces normes ont été établies par la circulaire du 20 décembre 2001 [1] relative à la capacité de stockage des effluents d'élevage et à l'application de la réglementation des installations classées relatives aux élevages. Les normes donnent des durées de stockage minimales pour les effluents d'élevages pour éviter l'épandage des effluents pendant une période probable de lessivage.

L'exploitation agricole des Mesnils de Courcelles-Chaussy possède une fumière non couverte qui produit des jus lors de fortes pluies ce qui provoque la formation d'une mare de lixiviats se forme. S'il y a infiltration, cette mare pourrait polluer le sol et l'eau du sous-sol. L'objectif est donc de trouver un moyen pour éviter les pollutions ponctuelles en hiver et limiter le lessivage en récupérant ces jus et en étudiant différentes filières pour les valoriser. Pour cela, un diagnostic de la gestion des effluents sera fait sur l'exploitation à l'aide de références mais aussi par le logiciel Dixel. Puis, il faudra réfléchir à différentes solutions pour gérer les problèmes et les dimensionner grâce au logiciel Dixel.

Il y aura tout d'abord une présentation du contexte de l'étude avec une présentation du site, du type d'effluent et un diagnostic, puis une présentation du logiciel Dixel avec l'entrée des données et la vérification de notre diagnostic. Ensuite il y aura une présentation des différentes filières de gestion des effluents peu chargés puis un dimensionnement des filières réalisables en choisissant deux filières plus classiques et deux filières alternatives. La dernière partie portera sur les limites et les perspectives du projet.

I) Contexte et diagnostic de l'étude

A. Présentation du site

L'exploitation agricole de l'EPLEFPA (Etablissement Public et Local d'Enseignement et de Formation Professionnelle Agricole) est le lieu où j'effectue mon apprentissage ainsi que ce sujet de travail de fin d'étude. Cet établissement forme plus de 900 apprenants et plus de 1000 professionnels en formation courte répartis dans différents pôles comme le paysage, l'agroéquipement, l'agriculture, l'environnement et le commerce [3]. Les domaines d'action de l'exploitation agricole sont :

- **La polyculture-élevage** avec un troupeau laitier qui tourne autour de 110 vaches laitières de race majoritairement Prim'Holstein pour une production annuelle de lait d'environ 900 000 litres et une surface agricole utile de 180 hectares dont 11 en agriculture biologique.
- **La formation et l'expérimentation** : c'est un support pédagogique important pour les élèves en formation et indispensable pour les travaux pratiques. C'est aussi un support d'expérimentation pour la préservation de la ressource en eau et la réduction des intrants en contact rapproché avec l'agence de l'eau Rhin-Meuse et les professionnels du milieu agricole.

B. Lexique du bâtiment d'élevage

- Type de stabulation [4] [5] :

Une stabulation est un mode de maintien des bovins dans un espace restreint (bâtiment d'élevage). Les stabulations présentées ici sont celles qui sont présentes sur l'exploitation agricole. Il existe beaucoup plus que 3 stabulations.

Aire paillée intégrale :

Stabulation où il y a au minimum un apport de 12kg de paille par vache laitière par jour et où les animaux ont plus de place pour se coucher. Les effluents sortants sont du fumier très compact.



Aire paillée intégrale

Figure 1 : Schéma d'une stabulation en aire paillée intégrale

Aire paillée à plat avec couloir d'alimentation raclé en fumier :

Stabulation où l'apport en paille avoisine les 10kg par vache laitière et par jour. Les effluents sortants sont du fumier très compact (pour l'aire paillée) et du fumier mou à compact pour le couloir raclé.

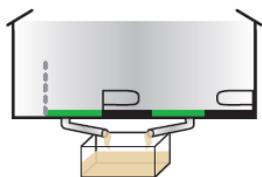


Aire paillée et couloir raclé

Figure 2 : Schéma d'une stabulation en 50% paillée et 5% raclée

Logettes en conduite lisier raclé :

Stabulation où l'apport en paille est très faible (entre 0 et 1kg par vache et par jour). Les effluents sortants sont uniquement du lisier.



Logettes non paillées raclées

Figure 3 : Schéma d'une stabulation en logettes raclées

- Type d'effluents [6] [7] :

Le fumier très compact (FTC) : Fumier issu de la stabulation aire paillée intégrale. Il est considéré comme « non susceptibles d'écoulement ».

Le fumier compact (FC) : fumier issu de la stabulation pente paillée ou étable entravée. Il peut être susceptible d'écoulement (FCSE) ou non susceptible d'écoulement (FCNSE).

Le fumier mou : fumier issu de raclage des logettes ou d'aires d'exercice paillées. On le distingue en 3 parties : le fumier très mou (FTM), le fumier mou (FM) ou fumier mou à compact (FMC)

Le lisier : il est issu des raclages quotidiens des aires de vie des animaux et des stabulations avec moins de 2 kg de paille par vache et par jour. Il peut être pailleux, dilué pailleux ou dilué. La teneur en paille modifie les caractéristiques du fluide (viscosité, pompabilité, conditions d'épandage...).

Les lixiviats : ils sont générés par la pluie tombant sur une fumièrre

Les eaux brunes : ce sont les effluents produits sur les aires d'exercices non couvertes ou les aires de transferts non couvertes (entre bâtiment et fumièrre).

Les effluents de salle de traite :

Les eaux blanches : ce sont les eaux de lavage des tanks à lait et des machines à traire.

Les eaux vertes : elles sont issues des lavages des quais et des aires d'attentes.

Les jus de silo : ce sont les jus issus des ensilages d'herbe où de maïs qui contiennent peu de matière sèche

- Les moyens de stockage [6] :

Les fumières : couvertes ou non et avec ou sans murs pour stocker le fumier

La fosse à lisier en béton : couvertes ou non, aérienne ou enterrées et circulaire ou rectangulaires. Elle possède un volume de capacité utile et un volume de garde. Le volume de garde correspond à une hauteur de fosse de 0,5m.

Les fosses avec caillebotis : le caillebotis permet le maintien du fumier en surface et la récupération des jus dans la fosse située en dessous.

Les fosses en géomembrane : fosse avec une membrane imperméable et synthétique, utilisée pour étancher la retenue d'eau

- Les animaux de l'exploitation [8] :



Figure 4 : Le cycle du lait de la vache [8]

On appelle **les veaux**, les jeunes entre 0 et 6 mois. Après 6 mois, les femelles s'appellent **des génisses** (vache plus ou moins adultes mais qui n'a pas encore été inséminée). La première insémination arrive en général au bout de 2 ans mais cela peut varier de quelques mois en fonction de l'exploitation agricole (27 mois dans l'exploitation agricole de l'EPLEFPA). **La génisse** devient **une vache** après le premier vêlage donc au bout de 36 mois (27 mois et 9 mois de gestation). Ensuite, la vache produit donc du lait pendant 10 mois et est inséminée une nouvelle fois, 3 mois après le vêlage. Puis il y a un tarissement de 2 mois, lorsque la production de lait commence à diminuer, on peut considérer que c'est une phase de transition entre la fin de la première lactation et le début de la seconde avec le nouveau vêlage qui arrive. On appelle ces vaches, des **vaches tarées** ou des vaches de réforme.

- L'alimentation [9] :

Au niveau de l'alimentation, les vaches sont nourries avec de l'ensilage d'herbe, de l'herbe fraîche (en extérieur), de l'ensilage de maïs et du foin, c'est ce qu'on appelle une alimentation « toute ration ». Les veaux sont nourris au foin et les génisses uniquement à l'ensilage d'herbe.

Le foin est de l'herbe séchée (concentration en eau faible : entre 10 et 15%), l'ensilage est une méthode de conservation dont le but est de stocker l'herbe ou le maïs dans un silo hermétique et de le tasser, avec un tracteur par exemple, pour éviter les poches d'air. On recouvre le tout ensuite d'une bâche. Le tas n'est donc pas en contact avec l'oxygène et les bactéries anaérobies se développent. Ces bactéries consomment les sucres des plantes et les transforment en acide. Le tas, en s'acidifiant, empêche les autres bactéries de se développer et permet une conservation plus longue et saine dans le but d'alimenter les vaches avec de l'herbe pour l'hiver.

C. Normes liées à la gestion des effluents d'élevage [7]

Il existe 3 réglementations concernant la gestion des effluents d'élevage :

- **RSD** : *Règlement sanitaire départemental* : Si le troupeau est inférieur à 50 vaches laitières
- **ICPE** : *Installations classées pour la protection de l'environnement* : Si le troupeau est supérieur à 50 vaches laitières
- **PAN** : *Programmes d'Actions National Nitrates* : Si l'on se trouve dans une zone vulnérable.

Table 1 : Seuils ICPE pour les bovins [10]

Rubriques	Seuils ICPE pour les bovins, porcins et volailles		Déclaration	Enregistrement	Autorisation
2101	Bovins	Vaches laitières	50 à 150 vaches	151 à 400 vaches	+ 400 vaches
		Vaches allaitantes	+ 100 vaches	NC	NC
		Bovins d'engraissement	50 à 400 animaux	401 à 800 animaux	+ 800 animaux

L'exploitation agricole relève donc ici de l'ICPE soumis à une déclaration et ne se situe pas en zone vulnérable.

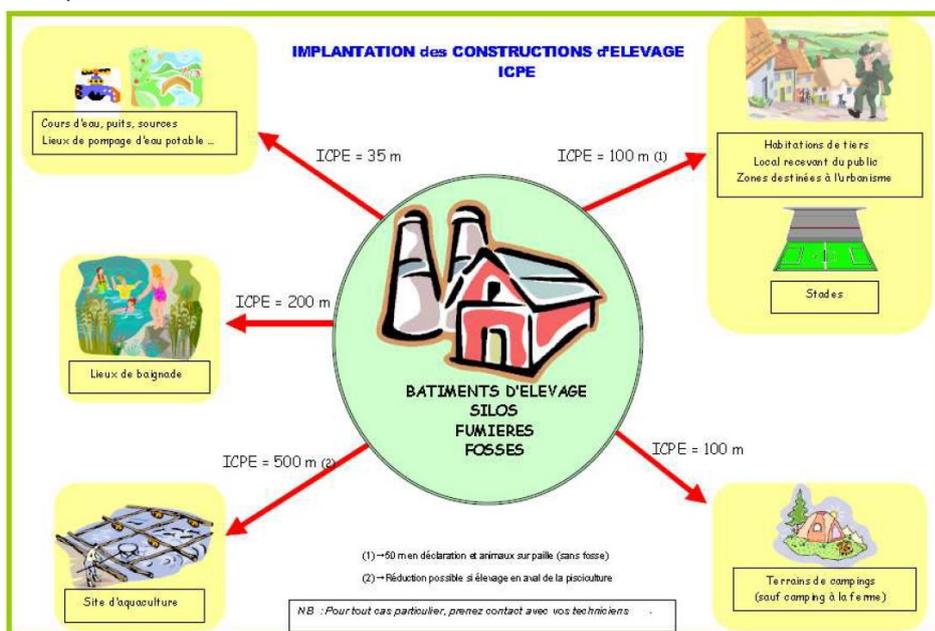


Figure 5 : Contraintes d'une exploitation agricole soumis à la réglementation ICPE [6]

Les paramètres soumis aux normes ICPE :

- **La durée de stockage :**
Une durée de stockage minimale est fixée à 4 mois pour éviter d'épandre lors des périodes les plus vulnérables à la pollution de l'eau par les nitrates (Octobre à Janvier).
- **Un possible stockage au champ :**
Si le fumier très compact d'herbivore a subi deux mois de stockage sous les animaux ou sur une fumière, il y a possibilité de le stocker directement au champ. Les fumiers susceptibles d'écoulement sont interdits de stockage au champ.
- Le fumier compact ou le fumier mou contient du purin, et il doit être stocké dans une fosse (couverte ou non) dimensionnée pour un stockage de 4 mois.

Après avoir étudié toutes les composantes de la gestion des effluents sur une exploitation ainsi que les différentes réglementations, nous allons maintenant effectuer le diagnostic.

D. Diagnostic des effluents sur la ferme : situation actuelle

C'est dans cette partie où nous allons présenter les ouvrages et les bâtiments de la ferme puis effectuer notre diagnostic sur la gestion des effluents.

1) Présentation des ouvrages actuels

a) Les bâtiments

Le plan de l'exploitation agricole est visible en figure 6 (ci-dessous) avec les différents bâtiments et unités des qui produisent des effluents d'élevage (en noir) et les différents ouvrages de stockage de ces effluents (en rouge).



Figure 6 : Plan de l'exploitation agricole avec les bâtiments d'élevage et les ouvrages de stockage [11]

Pour rappel, l'exploitation agricole est composée de 110 vaches laitières, 80 génisses et 40 veaux. La production de lait est estimée à environ 900 000 litres par an. Les animaux sont répartis en 4 bâtiments dont les détails seront donnés dans cette partie.

Bâtiment A:

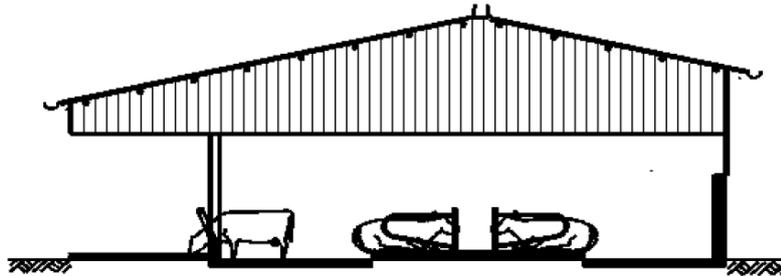


Figure 7 : Schéma d'une stabulation en logette tête à tête avec aire raclée [7]



Figure 8 : Photo du bâtiment A [Source : Photographie personnelle]

Ce bâtiment contient 55 vaches laitières l'hiver et cet effectif peut monter jusqu'à 70 l'été car les vaches ont un accès extérieur. La stabulation de ce bâtiment correspond à des logettes en tête à tête avec une aire d'exercice couverte raclée. On peut apercevoir sur la photo ci-dessus le rail du racler automatique. Très peu de paille est utilisée dans ce bâtiment, ce qui donne du lisier. Ce lisier est raclé 10 fois par jour et tombe directement dans la fosse à lisier, située en bout de bâtiment.

Bâtiment B:

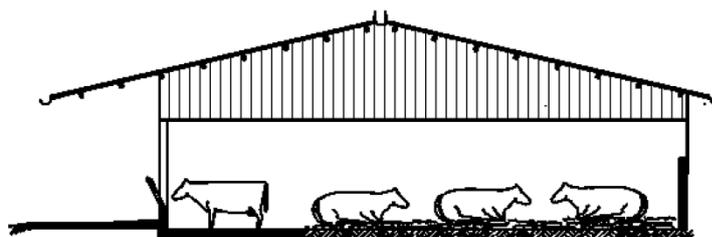


Figure 9 : Schéma d'une stabulation en 50% aire paillée et 50% aire raclée [7]



Figure 10 : Photo du bâtiment B [Source : Photographie personnelle]

Ce bâtiment contient 55 vaches laitières aussi en hiver. Sur cette photo, l'effectif est plus faible car une partie a été transférée vers le bâtiment A ou sont en pâture. La stabulation de ce bâtiment correspond à 50% pour une aire paillée et 50% pour une aire raclée. Le type d'effluent produit est en partie un fumier très compact et sera déterminé dans la partie suivante (Etude des données).

Bâtiment C:



Figure 11 : Photo du bâtiment C [10]

La stabulation pour ce bâtiment est une aire paillée à 100% et il contient 40 veaux (moyenne sur l'année). L'effluent de sortie est donc un fumier très compact qui est amené directement en stockage au champ toutes les 6 semaines.

Bâtiment D:



Figure 12 : Photo du bâtiment D [Sources : Photographies personnelles]

La stabulation pour ce bâtiment est la même que pour le bâtiment B (50% aire paillée et 50% aire raclée) et contient en moyenne 80 génisses sur l'année. Les effluents de sortie sont un fumier très compact et un fumier déterminé dans la prochaine partie.

b) Présentation des ouvrages de stockage

Fosse à lisier:



Figure 13 : Photo de la fosse à lisier [Source : Photographies personnelles]

Les effluents qui arrivent dans la fosse à lisier proviennent du bâtiment A (lisier raclé), les effluents de la salle de traite (eaux blanches et vertes) ainsi que la fosse à purin récoltant les jus de la fumière couverte.

Fumière couverte:



Figure 14 : Photo de la fumière couverte [Source : Photographies personnelles]

Les effluents du bâtiment B sont amenés sur cette fumière. On a un mélange de fumier très compact et du fumier compact. Il y a une fosse de 3 m³ qui permet de récolter les jus et purins provenant du fumier compact car il est susceptible de s'écouler pendant au moins 2 mois.

Fumière non couverte:



Figure 15 : Photo de la fumière non couverte un jour de pluie d'avril [Source : Photographies personnelles]

Cette fumière contient les effluents du bâtiment D.

On peut voir ici que le problème principal est la gestion des lixiviats provenant de la fumière non couverte lorsque la pluviométrie est importante en hiver. La réglementation impose la gestion de ces lixiviats pour éviter une pollution importante du sol.

Des tableaux récapitulatifs sont disponibles en annexe avec les dimensions précises, à propos des bâtiments (Annexe 1) et des ouvrages de stockage (Annexe 2).



Figure 16 : Photo de la mare se formant derrière la fumière non couverte [Source : Photographies personnelles]

Après cette présentation des ouvrages et des bâtiments de l'exploitation, nous allons déterminer précisément quel type de fumier est issu des bâtiments B et D.

2) Détermination du type de fumier pour les bâtiments B et D

Bâtiment B:

Table 2 : Tableau de détermination du type d'effluent pour des vaches en stabulation 50/50 [7]

Vaches laitières

Sous-unité	Ration alimentaire majoritaire	Niveau de paillage kg/animal/jour					
		0	1	2	3	4	≥ 5
Aire paillée	Toute ration						FTC®
Aire d'exercice	Ensilage d'herbe	lisier® pailleux	FTM	FM®	FC		
	Ensilage de maïs	FTM	FM®	FC			
	Foin	FM®	FMC	FC			

Les vaches laitières de l'exploitation dans le bâtiment B sont alimentées en « toute ration ». L'aire paillée produit donc du **fumier très compact**, et l'aire d'exercice du **fumier compact** car le paillage par animal est supérieur à 3 kg/jour (Annexe 1).

Bâtiment D:

Table 3 : Tableau de détermination du type d'effluent pour des génisses en stabulation 50/50 [7]

Génisses et bovins à l'engrais

Sous-unité	Ration alimentaire majoritaire	Niveau de paillage kg/animal/jour					
		0	1	2	3	4	≥ 5
Aire paillée	Toute ration					FTC®	FTC®
Aire d'exercice	Ensilage d'herbe	FM®	FMC				
	Foin	FMC	FC				

Les génisses du bâtiment D sont alimentées uniquement avec de l'ensilage d'herbe. L'aire paillée produit donc **un fumier très compact** et l'aire raclée **un fumier mou à compact** car elles ne mangent uniquement de l'ensilage d'herbe et le paillage sur cette aire est de 1,1 kg/jour/animal (annexe 1).

3) Vérification du dimensionnement des ouvrages de stockage

a) La pluviométrie [7]

Définition des termes :

P : Pluviométrie en mm/mois

FSe : Fraction de pluie à stocker en période estivale

ETP : Evapotranspiration potentielle calculée avec la formule de Thornthwaite et exprimée en mm/mois

Estimation de l'ETP mensuelle [12] :

Les données ont été calculées sur 5 ans, de 2014 à 2018, pour avoir une meilleure représentativité des résultats.

On doit tout d'abord calculer l'indice thermique mensuel avec cette équation :

$$i(m) = \left[\frac{T(m)}{5} \right]^{1,514}$$

Il faut ensuite faire la somme de ces indices thermiques pour obtenir l'indice thermique annuel I.

Puis on utilise l'équation de Thornthwaite pour estimer l'évapotranspiration [12] :

$$ETP (m) = 16 * [10 * \frac{T(m)}{I}]^a * F$$

Avec :

T(m) : Température mensuelle moyenne

I : indice thermique annuel

$$a = 0,016 * I + 0,5$$

F : Facteur de correction en fonction de la latitude et du mois (table en Annexe 3)

Tous les résultats de l'ETP mensuelle sur les 5 années est disponible en Annexe 4.

Pluie sur la fumière non couverte :

Pour calculer, le volume de pluie qui tombe sur une fumière couverte, il faut tout d'abord calculer la Fraction de pluie à stocker estivale (FSe).

$$FSe = \frac{P}{300} + 0,2$$

La pluie mensuelle à stocker est donc égale à :

$$Ps = MAX(P - ETP; P \times FSe)$$

La capacité réglementaire de stockage est de 4 mois, et les mois réglementaires à prendre en compte sont u mois d'Octobre à au mois de Janvier. On fait donc la somme de la pluviométrie de ces 4 mois pour les années où nous avons ces données. La valeur retenue sera une moyenne sur ces 5 années.

Pour déterminer ensuite le volume de pluie à stocker sur ces 4 mois, la pluie à stocker est multipliée par la surface de la fumière non couverte de 230 m² (surface de la fumière non couverte et de la dalle bétonnée adjacente). Le volume de lixiviats à stocker sur la fumière est de 42,4 m³. Le tableau présentant les calculs et les résultats est disponible en annexe 5.

Pluie sur la fosse à lisier :

La technique de calcul est la même, il faut prendre la surface de la fosse à lisier. Le volume de pluie sur la fosse est donc de 59,7 m³ pour les 4 mois. Les résultats sont disponibles en Annexe 5.

b) Les sources d'effluents

Nous allons ici calculer les effluents produits par les animaux dans chaque bâtiment en fonction des tableaux fournis dans le document technique de l'Institut de l'élevage [7].

Bâtiment A:

Table 4 : Rappel des données du bâtiment A

Bâtiment	Type de bovins	Nombre d'animaux	Paille utilisée (kg/j)	Paille utilisée (kg/animal/j)	Stabulation	Type d'effluent
A	Vaches laitières	55	110	2,0	Aire raclée	Lisier raclé

On sait que l'on a une production de 900 000 litres de lait par an et que la masse volumique du lait est de 1030 kg/m³. On peut donc en déduire que l'on produit 927 000 kg de lait par an pour 110 vaches soit environ **8 430 kg/vache/an**. Cette donnée nous sera utile car les tableaux de référence fournis dans le document technique car les valeurs de références sont valables uniquement pour des vaches laitières produisant entre 6 000 et 8 000 kg/an donc on appliquera un coefficient majorant de 1,1.

Pour calculer la production de lisier du bâtiment, le tableau I en annexe 6 a été utilisé. La stabulation du bâtiment est en logettes lisier, le besoin en paille est faible et la durée de stockage est de 4 mois. La référence est donc 7,2 m³/animal de lisier produit. Il faut retenir le nombre de places maximales du bâtiment pour dimensionner au mieux une fosse à lisier. Il est de 64 logettes pour ce bâtiment. Ce surdimensionnement peut être utile le jour où un agrandissement du troupeau est envisagé par exemple.

Table 5 : Résultats du calcul du volume d'effluents produits

Vaches laitières	64
Valeur référence (m ³ /animal/4 mois)	7,2
Coefficient de majoration par rapport à la production de lait	1,1
Lisier produit (m ³)	506,9

Bâtiment B:

Table 6 : Rappel des données du bâtiment B

Bâtiment	Type de bovins	Nombre d'animaux	Paille utilisée (kg/j)	Paille utilisée (kg/animal/j)	Stabulation	Type d'effluent
B	Vaches laitières	55	500	6,1	Aire paillée	Fumier très compact
				3,0	Aire semi paillée et raclée	Fumier compact

Ce bâtiment possède une stabulation 50/50, ce qui signifie qu'il y a une partie en litière accumulée et une partie en aire raclée. On a donc un fumier très compact et un fumier compact (cf « Détermination du type de fumier pour les bâtiments B et D »). Les valeurs de références sont disponibles en Annexe 6 pour l'aire raclée et en Annexe 7 pour l'aire en litière accumulée. Le purin est égal à 8% du fumier compact selon l'institut de l'élevage [13] et varie selon les types de fumier susceptibles d'écoulement. La valeur de référence 3,5 doit être multipliée par 8% pour obtenir la référence de m³/animal de purin.

Table 7 : Calcul des capacités de stockage du bâtiment B

Type	Fumier très compact (m ²)	Fumier compact (m ²)	Purin (m ³)
Référence 4 mois	1,75	3,5	0,28
Majoration	1,1	1,1	1,1
Surface/volume nécessaire	105,9	211,8	16,9

Les données correspondant à la surface de la fumière seront modifiées légèrement dans la partie « Les ouvrages de stockage » car un coefficient doit être appliqué en fonction de la hauteur du mur des fumières.

La fosse à purin doit mesurer 17 m³ pour être aux normes.

Bâtiment C:

Table 8 : Rappel des données du bâtiment C

Bâtiment	Type de bovins	Nombre d'animaux	Paille utilisée (kg/j)	Paille utilisée (kg/animal/j)	Stabulation	Type d'effluent
C	Veaux	40	80	2,0	Aire paillée	Fumier très compact

Ce bâtiment est en litière accumulée, il n'y a donc que du fumier compact qui sort. Le tableau des références est disponible en Annexe 8.

Table 9 : Tableau de calcul des capacités du bâtiment C

	Fumier très compact (m ²)
Référence pour 4 mois	1,1
Veaux	40
Surface nécessaire (m ²)	44

Bâtiment D:

Table 10 : Rappel des données du bâtiment D

Bâtiment	Type de bovins	Nombre d'animaux	Paille utilisée (kg/j)	Paille utilisée (kg/animal/j)	Stabulation	Type d'effluent
D	Génisses	80	257	2,1	Aire paillée	Fumier très compact
				1,1	Aire semi paillée et raclée	Fumier mou à compact

Ce bâtiment possède la même stabulation que le bâtiment B mais le type d'animal est différent (génisses) et les effluents sont donc un fumier très compact et un fumier mou à compact. Le pourcentage de purin dans le fumier mou à compact est de 13% selon l'Annexe 10 [13]. Les valeurs de références sont disponibles en Annexe 7 et Annexe 9.

Les références pour les génisses correspondent à des génisses entre 1 et 2 ans. L'âge des génisses de l'exploitation agricole est compris entre 6 et 27 mois. Les coefficients de minoration/majoration correspondent à des génisses entre 6 mois et 1 an et après 2 ans. Une proportion a été faite pour estimer le nombre de génisses dans chaque catégorie et on obtient cette répartition :

Table 11 : Coefficients à appliquer pour le calcul des capacités de stockage

Génisses	80	Coefficient à appliquer à la référence
6mois à 1an	23	0,7
1 an à 2 ans (Réf)	46	1
>2 ans	11	1,2

Les résultats ont ensuite été calculés avec ces coefficients de référence :

Table 12 : Tableau de calcul des capacités de stockage du bâtiment D

	Fumier très compact m ² /animal	Fumier mou à compact m ² /animal	Purin m ³ /animal
Valeur ref 4 mois	0,6	1,9	0,247
Surface/volume nécessaire	45,2	55,7	18,6

La salle de traite:

La salle de traite est une 2x8 postes en TPA (traite par l'arrière) en double équipement. Selon un technicien de la chambre d'agriculture de la Moselle, qui a déjà étudié l'exploitation du lycée agricole, il faut prendre les références d'une salle de traite TPA 2x10 postes car les surfaces « équivalentes » correspondent plus à notre salle de traite. Car l'eau utilisée pour les lavages de quais sont proportionnels à la surface de la salle de traite. Les références sont disponibles en Annexe 11.

Table 13 : Calcul des volumes d'effluents de la salle de traite

	Volume	Unité
Eaux blanches	20,9	m ³ /mois
Eaux vertes	49	m ³ /mois
Total sur 4 mois (reference)	279,6	m ³

Nous allons maintenant vérifier le dimensionnement des ouvrages de stockage.

c) Les ouvrages de stockage

Pour rappel, les ouvrages de stockage sont détaillés dans l'Annexe 2 avec les effluents recueillis.

Fosse à lisier :

Dans la fosse à lisier, les effluents recueillis sont la pluie sur la fosse elle-même, le lisier et les effluents de la salle de traite.

Table 14 : Calcul des capacités de stockage de la fosse à lisier

Effluents	Volume m3
Lisier	506,9
Pluie sur fosse	59,7
Traite	279,6
Volume utile de la fosse réglementaire (m3)	846,1

Le volume utile réglementaire (pour 4 mois) correspond à la capacité utile de notre fosse. On arrondira à 850 m3. Si on ajoute la hauteur de garde de 0,5m de la fosse et que l'on garde la hauteur de 2m, on obtient une fosse de 1 062,5 m3 soit 1100 m3.

Notre fosse fait actuellement **810 m3**, elle est donc sous-dimensionnée.

Fumière couverte :

Sur cette fumière, les effluents proviennent du bâtiment B (aire paillée 50% et aire raclée 50%), il y a donc un fumier très compact, du fumier compact et du purin. Un ajustement doit être fait pour les fumières, selon le type de mur utilisés dans les références et ceux que l'on possède.

Ce coefficient est calculé de la manière suivante :

$$a = \frac{\text{Hauteur de la référence}}{\text{Hauteur moyenne de stockage}}$$

La hauteur de référence est notée sur les annexes utilisées pour calculer la valeur de référence de production du fumier disponible dans la colonne « Caractéristiques de la fumière » (Annexe 6 et Annexe 8), pour la hauteur de référence du fumier très compact, elle est de 1,6m (Annexe 7) et la hauteur moyenne de stockage est disponible en Annexe 12 (selon le nombre de murs de la fumière et le type de fumier. Sur la fumière non couverte, on a un fumier très compact et un fumier compact stockés entre 3 murs.

Table 15 : Calcul du coefficient a (fumière couverte)

Type	Fumier très compact (m ²)	Fumier compact (m ²)
Hauteur référence	1,6	1
Hauteur moyenne	2	1,6
a	0,8	0,625

Table 16 : Calcul de capacité de stockage de la fumière couverte

	Bâtiment B	Surface nécessaire (m ²)	Surface après correction avec (m ²)	Volume (m ³)
Effluents	Fumier très compact	105,9	84,7	
	Fumier compact	211,8	132,3	
	Purin			16,94
Capacité nécessaire	Surface fumière (m ²)	317,7	217	
	Fosse à purin (m ³)			16,94

La surface utile nécessaire pour notre fumière est de 217 m². La fumière a une surface de 80 m², elle est donc sous-dimensionnée tout comme la fosse à purin de 3 m³.

Fumière non couverte :

Les effluents déposés sur cette fumière sont ceux du bâtiment D et il y a du fumier très compact et du fumier mou à compact. Le coefficient qui sert d'ajustement par rapport aux valeurs de la référence a été calculé pour cette fumière selon l'Annexe 12. Cette fumière possède 2 murs.

Table 17 : Calcul du coefficient a (fumière non couverte)

Type	Fumier très compact (m ²)	Fumier compact (m ²)
Hauteur référence	1,6	1
Hauteur moyenne	2	1,1
a	0,8	0,9

Table 18 : Calcul des capacités de stockage de la fumière non couverte

	Bâtiment D	Surface (m ²)	Surface après correction (m ²)	Volume (m ³)
Effluents	Fumier très compact	45,2	36,1	
	Fumier mou à compact	143,1	130,1	
	Purin			18,6
	Lixiviats			42,4
Capacité nécessaire	Fumière	188,3	166,2	
	Fosse			61,0

La surface nécessaire est de 166 m² et cette fumière fait uniquement 114 m². Elle est donc sous-dimensionnée. Le volume de 61 m³ n'est pas récupéré et c'est cet excédent de liquide qui forme la mare qui pose problème.

Après avoir fait le diagnostic, voici un petit bilan des problèmes.

d) Bilan des problèmes à régler pour une mise aux normes

- La fosse à lisier est sous-dimensionnée, il manque environ 250 m³.
- La fosse à purin de 3 m³ n'est pas aux normes, elle devrait faire 17 m³ au minimum.
- Les deux fumières sont aussi sous dimensionnée.
- Le fumier très compact du bâtiment C est emmené au stockage au champ toutes les 6 semaines. Il faudrait que ce fumier soit stocké pendant 2 mois en bâtiment avant d'être envoyé au champ.
- Les jus de la fumière non couverte ne sont pas récupérés

II) Prise en main du logiciel Dixel

A. Présentation du logiciel

Le logiciel Dixel signifie « **D**iagnostic **E**nvironnement de l'**e**Xploitation de l'**E**levage ». Il a été créé par Jacques Capdeville, Anne-Charlotte Dockès et Anne Farrugia de l'Institut de l'élevage en 1996. Les méthodes de calculs du logiciel ont été revues en 2003 et 2004. Le Ministère de l'agriculture et de la pêche a financé ce projet. Cette méthode est agréée par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche et les Agences de l'Eau. Le diagnostic doit être fait avec un technicien ayant assisté à une formation [14].

Ce logiciel identifie les risques de pollution des eaux par les nitrates. Il explore différentes composantes telles que les bâtiments d'élevage, les cheptels, les ouvrages de stockage des effluents, la nature des cultures, les pratiques de fertilisation azotée et les pratiques agronomiques de gestion des effluents. Il y a deux volets principaux, un volet « bâtiments et ouvrages de stockage » qui permet de faire un état des lieux de la gestion des effluents d'élevage et des normes, et un volet « agronomique » qui permet de pointer les risques agronomiques liés aux caractéristiques de l'exploitation et de repérer les pratiques d'épandage de l'exploitation. Le volet « bâtiment et ouvrages » correspond donc au stockage des déjections et effluents et le volet « agronomie » au transport de ces déjections ou alors l'épandage.

Les principaux secteurs à risque de pollution ponctuelle et les secteurs auxquels il faut faire le plus attention sont :

- Le bâtiment lui-même et l'évacuation des déjections hors des bâtiments
- Le stockage des déjections au champ
- Le stockage des déjections au siège de l'exploitation
- Les autres effluents liquides : eaux vertes, blanches, jus de silos et lixiviats
- L'accès direct des animaux au point d'eau

B. Méthode

La méthode utilisée pour l'utilisation du logiciel s'est divisée en plusieurs séances. La première a été de récupérer toutes les informations nécessaires pour le logiciel en allant sur le terrain avec prises de photos et en réalisant plusieurs entretiens avec le directeur de l'exploitation agricole. La deuxième séance était une demi-journée à la Chambre d'Agriculture de Moselle à Metz pour remplir les données sur le logiciel et trouver les problèmes par rapport aux sous-dimensionnement des ouvrages. Et la dernière séance était une demi-journée à la Chambre d'Agriculture de Moselle pour

un dimensionnement des solutions pour la mise aux normes (traitement, stockage...). Un premier Dexel sera effectué en situation actuelle avec décernement des problèmes et plusieurs autres seront réalisés en mode « projet » avec les différentes solutions.

La raison pour laquelle l'utilisation de ce logiciel a été soumise à des règles strictes (uniquement 2 demi-journées d'utilisation et uniquement utilisable dans les locaux de la Chambre d'Agriculture de la Moselle) est que le logiciel est payant, il faut une licence et uniquement un technicien de la chambre d'agriculture possède une clé permettant d'utiliser le logiciel.

C. Entrée des données

Tout d'abord, les bâtiments étaient déjà pré-inscrits dans le logiciel Dexel, donc les noms ont été quelques peu modifiés et sont disponibles dans le tableau ci-dessous. De plus, chaque sous-unité d'un bâtiment possède un nom différent.

Table 19 : Tableau de correspondance entre les bâtiments et les unités du logiciel

Bâtiment	Stabulation	Unités dans le logiciel DEXEL
A	Aire raclée	B1
B	Aire paillée	B21
	Aire raclée	B22
C	Aire paillée	B3
D	Aire paillée	B41
	Aire raclée	B42

Sur l'Annexe 13, on peut voir l'interface du logiciel et les onglets sur la gauche, et sur la droite, on peut voir la partie « Identification de l'exploitation ».

Volet « Exploitation »

Cette partie sert à déterminer dans quelle zone l'exploitation se situe pour la pluviométrie et déterminer si elle est en zone vulnérable ou non (modification de la durée de stockage).

Sur cette image, on peut voir que les cases en jaune ont été remplies automatiquement par le logiciel et on se situe bien dans la petite région agricole du Plateau lorrain sud et nous sommes bien hors-zone vulnérable (Hors ZV) :

The screenshot shows the 'Exploitation' software interface. At the top, there are tabs for 'Exploitation', 'Contexte', 'Effectifs RSD / IC', 'Stockage', and 'NPK - BRS'. The 'Exploitation' tab is active. Below the tabs, there are several checkboxes and text input fields for zoning: 'Zone vulnérable' (unchecked), 'Zone PAN' (checked), 'Petite région' (Plateau lorrain sud), 'Bassin' (Rhin-Meuse), 'Zone d'action renforcée' (unchecked), 'Autre zone prioritaire (arrêté préfectoral)' (unchecked), 'Périmètre de captage' (unchecked), and 'Zone de montagne' (unchecked). Below these options, there is a 'Nombre de sites' dropdown set to '1'. At the bottom, there is a table with 4 rows and 3 columns: 'Noms des sites concernés', 'Lieu-dit', and 'Commune'. The first row is filled with '1', '2', and '3' respectively, while the other three rows are empty.

Figure 17 : Résultats de la partie "Exploitation"

Volet « Ruminants – Bâtiment, plein air en hiver »

Le but de cette partie est d'identifier et de caractériser les bâtiments et les pratiques de plein air hivernal.

Les effectifs d'animaux dans les bâtiments sont des moyennes. Mais dans certains cas, par exemple celui du bâtiment A, on doit prendre en compte le nombre total de places disponibles dans le bâtiment car le bâtiment possède des logettes [14].

C'est dans ce volet que nous allons décrire tous nos bâtiments (type d'effluent, besoin en paille, type d'animaux, stabulation etc ...). Les bâtiments ont été présentés précédemment.

Nous allons prendre le bâtiment D pour l'exemple. Les autres bâtiments seront remplis de la même manière.

Le bâtiment D contient 2 parties, elles doivent donc être séparées en 2 sous unités sur le logiciel. Les autres bâtiments se remplissent de la même manière.

On doit remplir le type de stabulation parmi celles proposées par le logiciel ainsi que la surface de chaque sous-unité. B41 correspond à la partie paillée du bâtiment D et B42 correspond à la partie raclée (cf figure 18).

Dans la partie inférieure, on doit renseigner le type d'animaux (ici : Génisses). Le logiciel compte donc une majoration de production d'effluent selon l'âge de l'animal (cf « Les ouvrages de stockage »).

Il faut ensuite renseigner le calendrier de présence des animaux dans les étables. Les valeurs correspondent aux heures journalières où les animaux sont présents dans les bâtiments. Par exemple pour le bâtiment D, les génisses sont en extérieur la journée de mi-avril à fin septembre. Ce calendrier va permettre au logiciel de calculer la quantité d'azote présente dans les effluents de ce bâtiment.

Il faut ensuite spécifier en bas à gauche, la nature de la litière, la quantité apportée par jour et la ration alimentaire des animaux. Les animaux dans ce bâtiment sont nourris principalement avec de l'ensilage d'herbe. Les cases jaunes dans ce logiciel sont les cases de calcul. Nous n'avons aucun accès. Le logiciel calcule donc la quantité d'azote que contient l'effluent.

	{1	{2	Unite	Mode de logement	Surface	Nombre places	% {2 Maîtris.	% Stock
1			B1	Tous couloirs béton (logettes face/face)		64		100 %
2	r	r	B21	L'aire de couchage paillée (système 50%)	400,0 m²	55	40 %	100 %
3	L	L	B22	Couloir d'alimentation couvert (bétonné)	200,0 m²	55	60 %	100 %
4			B3	Aire de couchage paillée "intégrale"		40		100 %
5	r	r	B41	L'aire de couchage paillée (système 50%)	360,0 m²	80	50 %	100 %
6	L	L	B42	Couloir d'alimentation couvert (bétonné)	180,0 m²	80	50 %	100 %
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

Volet Animaux

Animaux		Déjections	Capacités	Notes
Animaux	Effectif moyen	% Stock	h/j	S O N D J F M A M J J A
1 Génisse 6m-1an (lait)	23	70 %	24	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓
2 Génisse 1-2ans (lait)	46	100 %	16	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓
3 Génisse > 2ans (lait)	11	120 %	12	
4			8	

Nature de la litière: Paille
 Quantité totale de litière: 89,0 kg / jour
 Ration alimentaire: Herbe (ensilage)

Exploitation: 12,0 mois
 N Total: 3 019 kgN
 Unité: 6,5 mois
 N maîtrisable: 818 kgN
 5,5 mois à l'extérieur des bâtiments

Figure 18 : Aperçu du volet "Ruminants - Animaux" du bâtiment B42

Le nombre d'UGB (Unité Gros Bétail) est calculé en multipliant l'effectif du bâtiment par le coefficient disponible en Annexe 14 qui varie selon le type d'animaux présents.

Calcul de l'UGB du bâtiment D (B41 et B42 sur le logiciel) [14]:

$$\begin{aligned}
 UGB (BatD) &= G2 \times 0,7 + G1 \times 0,6 + G0 \times 0,3 \\
 &= 11 \times 0,7 + 46 \times 0,6 + 23 \times 0,3 \\
 &= 42,2 UGB
 \end{aligned}$$

Avec G0 qui correspond aux génisses d'âge inférieur à 1 an, G1 entre 1 et 2 ans et G2 à des génisses avec un âge supérieur à 2 ans.

« N total » dans le volet « animaux » correspond à la quantité d'azote totale produite par les animaux en fonction de leur présence sur l'exploitation. Pour le calculer, on sait qu'une génisse rejette 53, 42 ou 25 kg d'azote par an selon son âge (cf Annexe 15) si elle est tout le temps dans un bâtiment.

$$\begin{aligned}
 N \text{ total} &= G2 \times 53 + G1 \times 42 + G0 \times 25 \\
 &= 11 \times 53 + 46 \times 42 + 23 \times 25 \\
 &= 3 090 \text{ kgN/an}
 \end{aligned}$$

Le logiciel nous donne sensiblement la même valeur, 3 090 kgN/an. Il utilise cependant des valeurs d'azote plus récentes puisqu'il est mis à jour assez souvent. « N maîtrisable » est la quantité d'azote stockable, puis épandable qui est produite dans ce bâtiment. Sur le logiciel, la case « Unité » correspond à la durée de séjour des animaux dans le bâtiment (ici 6,5 mois). Cette valeur est calculée automatiquement par le logiciel en fonction du calendrier renseigné juste au dessus. Pour calculer « N maîtrisable », il suffit de faire le prorata des mois de présence des animaux dans le bâtiment.

$$N \text{ maîtrisable (BatB)} = 3\,090 \times \frac{6,5 \text{ mois}}{12 \text{ mois}} = 1\,674 \text{ kg d'azote}$$

Ce qui correspond à 837 kg d'azote par an et par sous-unité.

Dans le volet déjection (cf figure 19), il faut spécifier le type de fumier (ici du fumier mou à compact et du purin) et aussi ajouter le lieu de stockage de ce fumier (FB4 pour le fumier et MN (Milieu Naturel) pour le purin). Les ouvrages de stockage seront présentés plus tard. Le fumier peut être envoyé à différents endroit et on peut modifier donc le pourcentage si une partie du fumier part au champ par exemple. Il faut ensuite spécifier plus bas, la période de curage de ce fumier.

Les déjections ne sont pas toujours réparties équitablement entre l'aire raclée et l'aire paillée. On considère que les génisses passent 50% de leur temps dans chaque partie mais que les vaches laitières passent 60% de leur temps sur l'aire raclée et 40% sur l'aire paillée.

{1	{2	Unite	Mode de logement	Surface	Nombre places	% {2 Maîtris.	% Stock
1		B1	Tous couloirs béton (logettes face/face)		64		100 %
2	Γ	B21	L'aire de couchage paillée (système 50%)	400,0 m ²	55	40 %	100 %
3	L	B22	Couloir d'alimentation couvert (bétonné)	200,0 m ²	55	60 %	100 %
4		B3	Aire de couchage paillée "intégrale"		40		100 %
5	Γ	B41	L'aire de couchage paillée (système 50%)	360,0 m ²	80	50 %	100 %
6	L	B42	Couloir d'alimentation couvert (bétonné)	180,0 m ²	80	50 %	100 %
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

Volet Déjections

Animaux Déjections Capacités Notes									
Déjection à stocker	FB4 Fum.2	MN Milieu	...	...	Épand. Direct	Reste à affecter	% kg N	% Stock
1 Fumier mou à compact	100 %						92,5 %	100,0 %	
2 Purin		100 %					7,5 %	100,0 %	
3									
4									

Périodicité de curage ou de raclage 3 fois par semaine Destination...

Égouttage, tri, séparation de phase ...

Stockage des eaux brunes uniquement lorsque les animaux sont présents (regard 2 voies)

Figure 19 : Aperçu du volet Ruminants – Déjections bâtiment B42

Pour l'unité B41, on a un fumier très compact avec une fréquence de raclage de 6 semaines. (cf figure 20).

Animaux Déjections Capacités Notes									
	Déjection à stocker	FB4 Fum.2	...	...	...	Épand. Direct	Reste à affecter	% kg N	% Stock
1	Fumier très compact de li...	100 %						100,0 %	100,0 %
2									
3									
4									

Périodicité de curage ou de raclage : 1 fois tous les 1 mois et 1/2

Égouttage, tri, séparation de phase : ...

Stockage des eaux brunes uniquement lorsque les animaux sont présents (regard 2 voies)

Figure 20 : Aperçu du volet Ruminants - Déjections du bâtiment B41

Volet « Stockage et traitement des déjections et des effluents »

Stockages Ensilage Traite Divers Champs									
Ouvrage	Type d'ouvrage	Hauteur totale	Hauteur garde	Cap. totale existante	Cap. utile existante	Cap. utile réglm.	Vol. pluie réglm.		
1	FOB1 Fosse rectang enterré...	3,00 m	0,50 m	810,0 m ³	675,0 m ³	878,0 m ³	91,7 m ³		
2	FB2 Fumière couv. avec...			80,0 m ³		217,0 m ³			
3	FOB2 Fosse couverte (purin, ...	2,00 m	0,25 m	3,0 m ³	2,6 m ³	16,9 m ³			
4	FB4 Fumière non couverte ...			114,0 m ³		179,9 m ³	46,9 m ³		
5	MN Fosse non couverte (p...	3,00 m	0,50 m			72,7 m ³	7,6 m ³		
6	TAS					56,3 m ³			
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									

Destinations Projet - Notes			
Transféré vers		% Affecté	
1			
2			
3			
4			

Origines		Types de produits	
1	B21 - Ruminants/Equins	A	
2	B22 - Ruminants/Equins	F	
3			
4			
5			
6			

Reste à épandre : 100 %

Destination jus fumière : FOB2 - Fosse couverte (c)

Fumière avec pente avant :

Stockage complémentaire : Compostage

Réduction par traitement ou transformation :

Intervalle indicatif de vidange/curage en mois :

Matière : % N % P %

Figure 21 : Aperçu des ouvrages de stockages sur le logiciel

Dans cette partie, on doit remplir les ouvrages et leurs dimensions. Pour les fumières, on doit définir où sont stocker les jus de cette dernière (cf bas de la figure 21). On a dû définir auparavant les différentes destinations des effluents des différents bâtiments comme l'indique la figure 22 ci-dessous et comme cela a été expliqué dans la partie précédente.

Le logiciel va ensuite calculer une capacité utile de stockage réglementaire.

Dans le tableau 20, on a les correspondances entre les ouvrages et les noms donnés dans le logiciel.

Table 20 : Correspondance entre les ouvrages et le nom dans le logiciel

Ouvrage	Nom dans le logiciel DEXEL
Fosse à lisier	FOB1
Fumière couverte du bâtiment B	FB2
Fosse à purin du bâtiment B	FOB2
Fumière non couverte du bâtiment D	FB4
Milieu naturel	MN
Fumier stocké au champ	TAS

Animaux Déjections Capacités Notes									
	Déjection à stocker	FB4 Fum.2	MN Milieu	...	...	Épand. Direct	Reste à affecter	% kg N	% Stock
1	Fumier mou à compact	100 %						92,5 %	100,0 %
2	Purin		100 %					7,5 %	100,0 %
3									
4									

Périodicité de curage ou de radage: 3 fois par semaine

Égouttage, tri, séparation de phase: ...

Stockage des eaux brunes uniquement lorsque les animaux sont présents (regard 2 voies)

Figure 22 : Onglet Déjections dans le volet Ruminants pour le bâtiment D (aire raclée = B42)

Il faut ajouter ensuite les effluents de la salle de traite en allant dans l'onglet « Traite ». La salle de traite est une TPA (Traite par l'arrière) et possède 2 rangées de 8 postes. Dans le dimensionnement il faut prendre une 2x10 postes car la surface correspond mieux aux références du logiciel. On peut voir sur la figure 23 l'onglet « traite » et il faut remplir la destination de ces effluents juste en bas de cette capture.

Repère	Type d'équipement	Type d'effluents	Surface à laver	Mode EV	Lait transf.	Type d'animaux
1	SDT	TPA double 2x10 postes	Eaux Vertes + Eaux Bl...	204,0 m ²	Std	VL8 VL8
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						

Destinations		% Affecté	Notes
1	FOB1 - Fosse rectang enterrée non c...	100%	
2			
3			
4			

Reste à épandre			
Effluents		Calculée	Retenue
Capacité 4,0 mois	R	279,4 m ³	279,4 m ³
Quantité annuelle		838,3 m ³	838,3 m ³

Figure 23 : Effluents de la salle de traite

D. Résultats et problèmes

Les principaux problèmes sont :

- Le sous dimensionnement de la fosse à lisier, il manque 203 m³.
- Le sous dimensionnement de la fosse à purin de la fumière du bâtiment B, il manque 13,9 m³.
- La partie « MN » (Milieu naturel) doit être résolue, il y a 74,5 m³ à gérer.
- Les fumiers très compacts doivent être stockés pendant 2 mois sous les animaux où en fumière avant d'être envoyés pour stockage au champ.

La feuille de résultat du logiciel est disponible en Annexe 17.

E. Recherche de solutions

Les solutions pour la mise aux normes sont les suivantes :

- Le transfert de 90% du purin de la fosse à purin de la fumière B vers la fosse à lisier. C'est-à-dire un transfert environ toutes les 2 à 3 semaines avec une tonne à lisier.
- Tous les fumiers très compacts seront stockés pendant 2 mois sous les animaux et envoyés directement au champ pour un stockage. Avec ceci, les fumières restent trop petites mais les fumières pourront être agrandies facilement en ajoutant un mur pour la fumière non

couverte et en augmentant la répartition du fumier sur la fumière couverte.

- Il faut gérer les effluents de la salle de traite et les lixiviats et purins de la fumière du bâtiment D. On peut envisager différentes techniques de traitement ou alors un stockage avec épandage.

Les effluents peu chargés posent des problèmes à beaucoup d'agriculteurs car leur gestion est complexe. Cependant, des nouvelles filières alternatives au « tout stockage » sont apparus et ont fait leur preuve.

Le bilan des actions à effectuer pour une mise aux normes et la solution choisie est disponible en Annexe 18.

Nous allons maintenant nous intéresser au choix de la filière de traitement en commençant par une présentation des différentes filières.

III) Les différentes solutions de traitement

A. Généralités [15]

Les effluents à traiter dans notre cas sont les lixiviats de la fumière non couverte et les effluents de salle de traite. Dans cette partie, un panorama des filières sera dressé et ensuite une étude sera faite sur l'exploitation pour comprendre quelle filière alternative est la plus judicieuse.

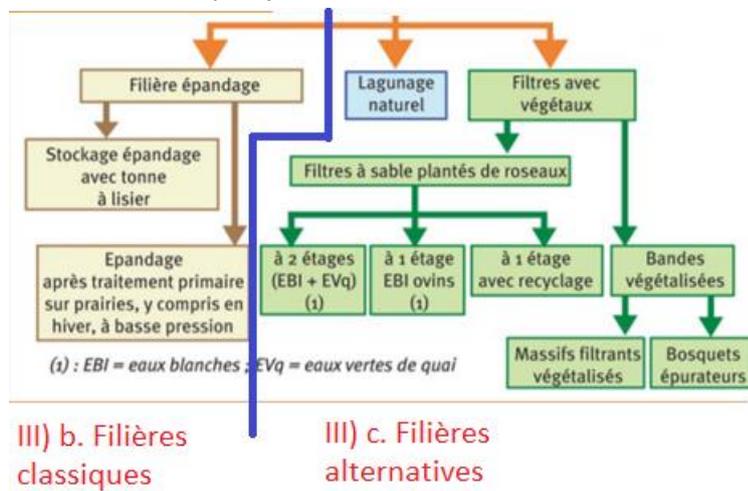


Figure 24 : Les différentes méthodes de traitement des effluents peu chargés [15]

Chaque filière de traitement se structure en 3 parties : le traitement primaire, secondaire et tertiaire.

Le traitement primaire a pour but de séparer les matières grossières en suspensions de la phase liquide. Les matières en suspension peuvent provoquer des colmatages dans les autres parties d'un dispositif de traitement. Ces matières en suspensions

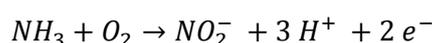
peuvent être enlevées par décantation ou flottation sous forme de boues ou alors par filtration grossière. Les 3 objectifs principaux de cette partie de traitement est de :

- Réduire la charge organique (-60% des matières en suspension, - 40% de la DCO (Demande Chimique en Oxygène) et - 30% de l'azote total)
- Stocker les boues
- Assurer le rôle de tampon hydraulique lors de grosses pluies d'orages.

Le traitement secondaire poursuit l'épuration. C'est dans cette partie qu'a lieu la réduction de l'azote. Il est le principal acteur de la nitrification et en partie acteur de la dénitrification. C'est-à-dire que l'ammoniac ou l'azote ammoniacal présent dans les effluents est transformé en diazote N₂ qui est le principal gaz composant de l'atmosphère et qui représente 79% de sa composition.

La nitification permet la transformation de l'azote ammoniacal en nitrates, c'est une équation d'oxydo-réduction :

Première étape :



Deuxième étape :



La dénitrification permet la réduction de l'azote nitrique (nitrates) en diazote ou azote sous forme gazeuse (N₂). Cette réaction est effectuée par les bactéries dénitrifiantes en l'absence d'oxygène.



Le traitement tertiaire consiste à épandre le produit fini sur une surface enherbée type prairies ou bosquets épurateurs.

Chaque technique a ses contraintes de terrain. Elles seront présentées dans la partie B et C, puis le choix de filière se fera dans la partie D.

B. Techniques classiques

Dans les techniques classiques, on peut opter pour du tout stockage, ce qui reviendrait à faire une seconde fosse à lisier et ainsi l'épandre, ou alors opter pour une technique de traitement basique pour réduire la surface d'épandage.

1) Traitement primaire :

Bassin Tampon Sédimentation :

Fonctionnement :

La zone d'admission (ZA en Annexe 19) centralise l'arrivée de tous les effluents. Le but est de casser le flux arrivant pour éviter de remettre toutes les particules du bassin en suspension et ne pas perturber la décantation.

Le premier compartiment (C1) est la zone où aura lieu la décantation. Il y a un niveau bas et un niveau haut. Le niveau haut est calculé dans le but d'accepter le volume d'orage ainsi que le volume de stockage si on décide que le BTS servira de bassin de stockage et le niveau bas comporte le liquide intermédiaire, les boues primaires décantées et les boues primaires flottantes.

Le deuxième compartiment (C2) reçoit l'effluent pré-traité. C'est dans ce compartiment où est située la pompe qui emmènera cet effluent vers le traitement secondaire. S'il y a un écoulement gravitaire possible, ce compartiment est inutile.

La hauteur de revanche (Hr) est égale à 0,2m pour intégrer à l'ouvrage les tuyaux d'arrivée des effluents et le tuyau de transfert « niveau haut » (cf Annexe 19).

La hauteur totale des boues (Hb1 : Hauteur des boues flottantes et Hb2 : Hauteur des boues décantées) doit être au maximum égale à la hauteur du liquide intermédiaire (HI). [15]



Figure 25 : Photo d'un BTS (Source : Institut de l'Elevage)

Aménagement et entretien :

Il faut prévoir une clôture de 2 mètres pour la sécurité. L'ouvrage peut être soit réalisé en béton et construit par l'éleveur, sinon en géomembrane mais il doit être réalisé par une entreprise spécialisée.

La vidange des boues est réalisée en fin d'hiver et en début d'automne en général avec une tonne à lisier après malaxage. Une croûte peut se former en surface mais elle peut être bénéfique pour limiter les odeurs. Pour garder cette flottation des boues, il est conseillé de ne faire que des vidanges partielles (2/3 ou ¾ des boues à chaque vidange). [15]

2) Traitement secondaire :

Epandage :

Des essais agronomiques conduits sur 3 élevages ont montrés que, sur plusieurs années, que l'azote des effluents peu chargés épandus est au moins aussi bien valorisé que des apports équivalents sous forme d'engrais minéraux. [15]

Conditions :

- Les prairies doivent présenter un sol favorable à l'épandage en hiver et se situer près de la source des effluents
- L'épandage se fait avec un déclenchement manuel de la pompe. Il faut épandre le plus souvent possible en évitant de le faire lors d'évènement pluvieux importants
- Il y a des doses d'apport d'azote ammoniacal maximal à épandre en hiver. Ce sont des seuils que l'on ne peut pas dépasser. Et il faut donc choisir le bon matériel pour l'épandage.
- Eviter les périodes de pluie, gel ou neige
- Choisir les bonnes parcelles (proximité élevage, éloignées des cours d'eaux ...)
- Il faut épandre sur un sol ressuyé : c'est-à-dire qu'il a perdu son humidité. Le temps de ressuyage dépend des régions

Fonctionnement :

Les recommandations pour l'apport d'azote :

La dose maximale d'azote à épandre sur la période du 15 novembre au 15 janvier est de 20 kg de N-NH₄⁺.

Le besoin de surface d'épandage est calculé à partir de deux critères :

- Le critère « azote », le plus limitant en général, fixé à 20 kg d'azote ammoniacal par hectare de mi-novembre à mi-janvier
- Le critère « eau » fixé à 200 m³ par hectare et par mois en hiver. Ce facteur devient limitant quand l'effluent a une concentration inférieure à 0,05 kg d'azote ammoniacal par m³.

Il faut aussi faire des analyses après le traitement primaire pour connaître la concentration en azote ammoniacal et en azote Kjeldahl de notre effluent avant de l'épandre. [15]

Le volume minimal de stockage des effluents :

Il faut prévoir un volume minimum de stockage de ces effluents pour respecter les conditions d'épandage (sol non gelé, sol ressuyé ...). Pour le calcul de ce volume, il faut prendre connaissance de la durée de l'épisode pluvieux le plus long et le volume d'effluents qui arrive par jours ainsi que la pluviométrie et la surface de surface non couverte.

$$\begin{aligned} V1 &= \text{Volume minimal de stockage utile} \\ &= (\text{Durée de l'épisode} \times \text{effluents journaliers}) \\ &+ (\text{pluviométrie} \times \text{Surface non couverte}) \end{aligned}$$

Il faut ensuite ajouter le volume de tampon d'orage V2.

$$V2 = \text{Pluie d'orage} \times \text{Surface non couverte}$$

Si $V2 < V1$, on ne le prend pas en compte V2 dans le calcul du volume minimal donc $V = V1$. Sinon, $V = V1 + V2$.

Choix du matériel :

Il faut tout d'abord une pompe qui s'active en manuel car c'est l'agriculteur qui doit toujours déterminé le moment d'épandage dans le but de respecter les conditions. Il y a un choix assez large de techniques pour l'épandage :

- Des lignes d'asperseurs rotatifs
- Des tuyaux perforés
- Des asperseurs autotractés

C. Techniques alternatives

1) Traitement primaire :

Filtre à paille :

Le filtre à paille est une solution rustique et peu coûteuse. Le but de ce filtre est de piéger les matières grossières et l'effluent liquide passe à travers les bottes de paille et se jettent dans le caniveau périphériques. Le schéma d'un filtre à paille est disponible en Annexe 20.

Fonctionnement :

Les bottes de paille sont installées en forme de « U » sur une surface bétonnée et les effluents arrivent vers le haut du « U ». Ils passent ensuite, par une pente de 8-12% puis une rupture de pente. Cette rupture de pente ralentit l'effluent et les particules se déposent. La pente est d'environ 0,5% et elle est équivalente à celle du caniveau

périphérique. L'effluent traverse ensuite les bottes de paille tout autour du U et se jette dans le caniveau périphérique qui va les amener vers un regard collecteur puis vers le traitement secondaire.

Son dimensionnement ne dépend que du volume de boues à stocker dans l'année mais aussi du volume tampon d'orage, et de la surface non couverte.

Aménagement et entretien :

Il faut prévoir un accès pour un tracteur dans le but de curer les boues déposées. Il faut aussi prévoir un grillage pour contenir les bottes de pailles et donc, limiter les brins de pailles dans les effluents de sortie. Les bottes de pailles peuvent être de deux types :

- « Moyenne densité » : la largeur est comprise entre 35 et 40 cm et la hauteur en 40 et 50 cm.
- « Haute densité » : la largeur des bottes est comprise entre 60 et 80 cm et la hauteur est comprise entre 80 cm et 1,2m

Les bottes « haute densité » présentent un avantage car elles sont plus haute et peuvent donc contenir un plus gros volume d'effluent.

Pour l'entretien, le caniveau doit faire environ 50 cm pour permettre le curage au balai. Il faut changer les bottes de paille chaque année. [15]



Figure 26 : Photo d'un filtre à paille (Source : Chambre d'agriculture 51)

2) Traitement secondaire :

Lagunage naturel :

Conditions :

- Une étude géotechnique est nécessaire pour vérifier si le sol est favorable (assez imperméable). Dans le cas contraire, il faudra faire des fosses en géomembrane mais cela peut entraîner un surcoût très important.

- La surface nécessaire est très importante (entre 1000 et 2000 m²) pour les 3 bassins, et entre 1000 et 5000 m² pour le traitement tertiaire.
- Le transfert de bassin en bassin s'effectue en gravitaire et doit être à proximité des bâtiments pour réduire les coûts.

Fonctionnement : [15] [16]

Le lagunage naturel comporte 3 bassins en série. Dans la couche d'eau superficielle des lagunes, il y a des micro-algues photo-synthétiques qui produisent du dioxygène. Ce dioxygène va permettre aux bactéries aérobies de nitrifier l'azote organique et le transformer en nitrite. Ces bactéries vont aussi oxyder la matière organique et provoquer un dégazage du CO₂. Plus en profondeur, les bactéries anaérobies pratiquent la fermentation dans les boues décantées, milieu dépourvu de lumière et de dioxygène, pour dégrader les matières sédimentées (principalement dans le premier bassin, cette réaction provoque un dégazage de méthane et de dioxyde de carbone mais aussi effectuent la dénitrification, qui va transformer les nitrites en nitrates. Au total, on a un abattement d'environ 80% des charges azotées et carbonées. En général c'est peu suffisant pour un rejet direct au fossé donc il faudra un traitement tertiaire. Certains essais de lagunage montrent qu'il y a un abattement de la charge bactérienne des effluents notamment des coliformes et des streptocoques fécaux.

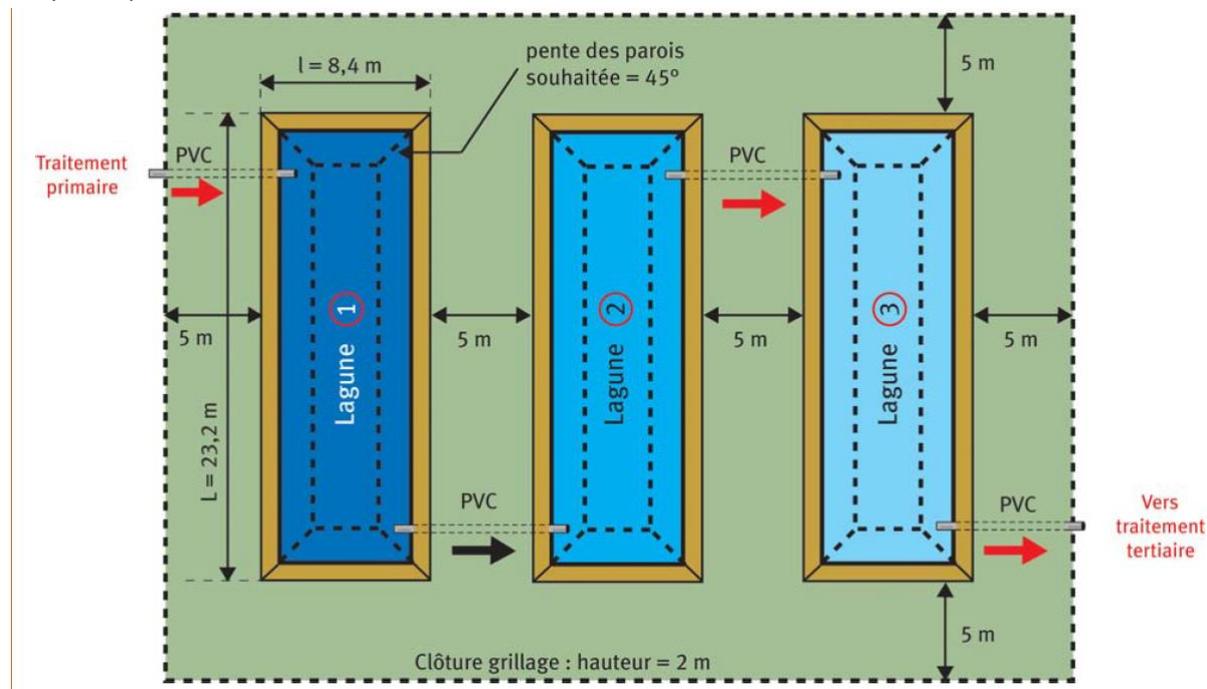


Figure 27 : Schéma d'un système de traitement type "lagunage naturel"



Figure 28 : Photo d'une lagune avec en premier plan le bassin tampon sédimentation

Aménagement et entretien :

L'aménagement va dépendre du type de sol. Le type de sol de l'exploitation sera étudié dans la partie c. Si le sol est de classe D ou E (cf figure 29), le sol est très favorable, plus le sol est perméable, plus l'installation est compliqué et coûteuse en terme de génie civil. Par exemple pour les classes C, il faudra compacter le sol et pour les classe A et B, il faudra installer une géomembrane.

La surface des lagunes est déterminée en fonction des paramètres physico-chimiques de l'effluent à traiter, la pente des parois dépend de la nature du sol et la mise en eau des lagunes doit se faire directement après compaction du sol. Si des fuites sont repérées, le colmatage de ces brèches se fera naturellement. [15]

	Classe des sols (cf. graphique 1)	Conclusion pour la réalisation des lagunes
E	Zone très imperméable	Sols très favorables à l'étanchéité naturelle des lagunes
D	Zone imperméable	
C	Zone peu perméable	Sols favorables si scarification et compaction complémentaires
B	Zone perméable	Sols non favorables à l'étanchéité naturelle des lagunes
A	Zone très perméable	

Figure 29 : Lien entre classe de granulométrie et aménagement des lagunes

L'entretien des lagunes consiste à :

- L'entretien des berges : les berges doivent être ensemencées en herbe ce qui permettra de mieux fixer le sol. La végétation devra être fauchée 2 à 4 fois par an.

- Lutte contre les animaux nuisibles et végétaux : les rongeurs peuvent endommager et fragiliser les berges, il faudra donc envisager des pièges ou alors la mise en places de clôtures aux abords des lagunes. Pour lutter contre l'invasion des lentilles d'eau, on pourra envisager d'y mettre des canards.
- Curage des boues : on pourra curer les boues du premier bassin lorsque la hauteur des boues atteindra 20cm. On pourra vider ces boues avec une tonne à lisier.

Filtres plantés de roseaux à recyclage :

Les filtres plantés de roseaux à deux étages ne seront pas présentés car ils ne peuvent pas traiter les eaux vertes de quai et les lixiviats (cf Annexe 16). Le taux de recyclage de l'effluent dans ces filières est de 80%. Certaines études tendent à prouver que la recirculation et l'aération dans les filtres plantés de roseaux permettent un abattement de l'azote beaucoup plus important que dans les filières plus classiques. [17]

Un schéma global de cette technique est disponible en Annexe 21.

Les différences notables avec la filière à deux étages sont :

- Elle permet de traiter tous les types d'effluents peu chargés y compris ceux ayant une concentration plus élevée en azote et en DCO comme les eaux vertes des aires d'attente, les eaux brunes ou les lixiviats de fumière.
- Réduire l'emprise au sol et le coût d'investissement
- La dénitrification est beaucoup plus importante dans ce type de filtre

Conditions :

- Le dénivelé minimum est de 1,5m entre la fosse et la sortie des filtres et ces filtres doivent contenir au moins 1,25m de matériaux.
- Le fond des bassins doit être protégé des contraintes hydrologiques (niveau de la nappe ...)
- Il faut prévoir un traitement tertiaire comme un sillon enherbé de 100m minimum avec une pente entre 0,5 et 2%. Ce traitement doit être situé juste après le filtre planté de roseaux.

Fonctionnement : [15] [16]

Après le traitement primaire, l'effluent est envoyé dans une partie du filtre planté de roseaux par bâchées. Ce filtre est divisé en 3 parties et chaque semaine il faut changer de partie pour laisser reposer les deux autres. Chaque bâchée doit représenter 3cm d'eau sur le filtre.

Le traitement se fait dans un premier temps par filtration superficielle, c'est-à-dire que les matières en suspension vont être arrêtées à la surface du massif filtrant. Le fait d'avoir un milieu granulaire plus ou moins grossier (cf figure 30) permet une bonne aération du milieu et aussi un support pour les bactéries aérobies qui vont se

charger d'oxyder la pollution dissoute dans les effluents (DCO, azote organique et ammoniacal).

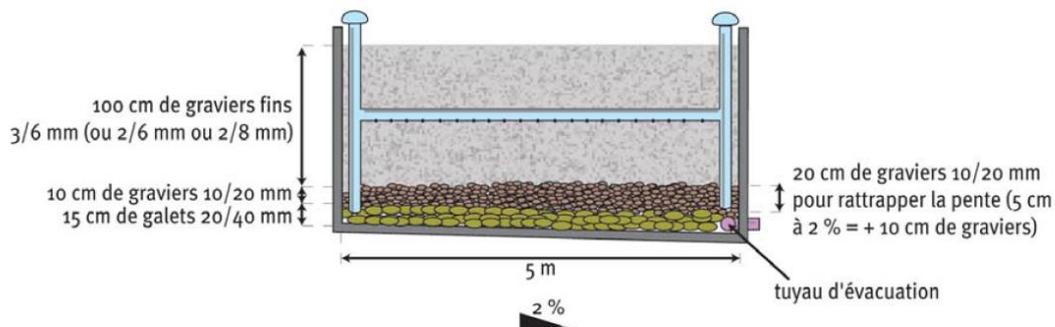


Figure 30 : Coupe verticale d'un massif filtrant

Le rôle des roseaux dans ce massif consiste à :

- Empêcher le colmatage du filtre et assurer la bonne conductivité hydraulique tout en retenant les matières en suspension
- Eviter le gel
- Créer de l'ombre et donc garder une hygrométrie aboutissant à un milieu favorable au développement bactérien
- Un accroissement de la surface de fixation pour le développement bactérien

Après être passé une première fois dans le filtre, la dénitrification n'a été que partielle. L'effluent passe donc dans un répartiteur qui va envoyer 80% de l'effluent de sortie vers le traitement primaire. L'effluent de sortie va rencontrer l'effluent d'entrée et la concentration en dioxygène va donc diminuer fortement. L'apport de matière carbonée par l'effluent brut et l'absence de dioxygène provoque donc la dénitrification soit dans les fosses toutes eaux situées avant le massif filtrant ou alors directement dans le bassin tampon et de sédimentation. Le schéma du regard répartiteur est disponible en Annexe 22.

Il faut ensuite emmener ces effluents vers un traitement tertiaire type « épandage sur prairie », « infiltration sur des massifs filtrants ou sur des bosquets épurateurs ».

Aménagement et entretien : [15]

Tout peut être auto-construit par l'éleveur lui-même. Il faut une pente minimale pour le filtre planté de roseaux et pour réduire les coûts, il vaut mieux que cette pente soit naturelle et éviter d'utiliser trop de pompes pour minimiser les coûts.

Les roseaux à planter sont des phragmites communis ou phragmites australis. La densité de pieds au m² à respecter est de 4 plants de roseaux. Il faut planter les roseaux au printemps pour qu'ils puissent facilement se développer lors de la bonne saison.

Massifs filtrants végétalisés et bosquets épurateurs :

Les massifs filtrants végétalisés sont simples à mettre en place et sont économes car ils sont facilement auto-constructibles. Ils peuvent être utilisés en traitement secondaire ou tertiaire. Le schéma des massifs filtrants végétalisés est disponible en Annexe 23 et une photo en figure 31.



Figure 31 : Photo d'un massif filtrant végétalisé

Conditions :

- Le sol doit être perméable et profond
- Le niveau de la charge journalière en DGO ne doit pas être trop élevé. Il y a un seuil où ces filières ne sont pas autorisées en traitement secondaires.
- La charge de DGO (Demande Globale en oxygène) doit être inférieure à 15 kg/j après traitement primaire (en traitement secondaire).

$$DGO = DCO + 4,5 \times NTK \text{ (Azote Kjeldahl)}$$

Fonctionnement :

Les massifs filtrants végétalisés :

Ils consistent à combiner les traitements secondaires et tertiaires sur une même bande de végétaux, composée de trois massifs de roseaux bordés par deux haies d'eucalyptus. Le dispositif est protégé des forts orages et pluies par une ceinture de digues. L'effluent arrive par bâchées à l'aide d'une pompe ou alors d'une chasse à auget vers des vannes alimentant une semaine sur trois, un des trois massifs filtrants (cf Annexe 24)

Lors de la phase d'approvisionnement de 7 jours d'un massif, l'azote ammoniacal et organique vont se fixer sur l'horizon de surface. Lors des 14 jours suivant de repos sans apport d'effluents, les conditions aérobies du sol sont favorables aux bactéries nitrifiantes sur le premier mètre de sol. Plus en profondeur, les conditions anoxiques du sol favorisent la dénitrification. Le sol en profondeur doit être imperméable et en condition anoxique.

Les propriétés des eucalyptus sont les suivantes [15] :

- Système racinaire très développé
- Feuillage persistant et actif y compris en hiver
- Très gourmand en eau
- Résiste au gel
- Repousse facilement après coupe du bois
- Insectifuges
- Qualité mellifère et intérêt pour l'apiculture

Les avantages de cette filière sont le réseau racinaire de l'eucalyptus qui permet de limiter les pertes par lixiviation, d'utiliser les propriétés d'absorption du sol et d'éviter l'utilisation de parpaings, béton ou géomembrane.

Les bosquets épurateurs

Le principe d'alimentation est le même que les massifs filtrants mais les filtres sont différents. Ils sont composés de deux haies d'essences d'arbres différentes mais compatibles avec des apports hydriques importants, il faut aussi une zone enherbée entre l'arrivée d'effluent et ces haies et des fossés peu profonds bordant les haies (cf Annexe 25). Le principe de traitement est le même que les massifs filtrants, le système racinaire permet la fixation de bactéries aérobies qui nitrifient l'azote organique et plus en profondeur les bactéries dénitrifiantes transforment cet azote en nitrates. Les nitrates sont ensuite consommés par les plantes.

Aménagement et entretien :

Les massifs filtrants végétalisés

Les roseaux et eucalyptus peuvent être valorisés en bois de chauffage ou paillage. Il faut vérifier la perméabilité du sol pour l'implantation de ces massifs. Après implantation du massif, il faut pailler le sol et mettre des gaines pour protéger les jeunes plants du gibier. On peut voir un jeune massif en figure 32.

Il faut semer les digues en herbe et faucher 2 à 3 fois par an, c'est grâce à cette herbe que les digues seront fixées. Il faut faucher les roseaux en fin d'hiver en coupant au dessus de 30cm pour préserver les jeunes pousses.



Figure 32 : Schéma du massif filtrant 9 mois après plantation

Les bosquets épurateurs

Le choix des essences s'effectue avec des professionnels de du Conseil Général qui déterminent lesquelles essences sont les plus adaptées aux milieux humides. Le terrain doit être plutôt plat et il y a uniquement les fossés en bordure à creuser. Il y a une haie amont (arbustive) et aval (bocagère) selon le tuyau d'alimentation.

Il faut tailler les arbres, faucher les fossés au moins une fois par an.

D. Synthèse

Pour choisir la filière la plus adéquate avec nos besoins, il faut se fier à l'Annexe 16. Le filtre planté de roseaux à deux étages est incompatible avec le traitement des eaux brunes et vertes, or nous avons à traiter ces deux types d'effluents.

Une étude du sol est aussi nécessaire pour connaître les propriétés de notre sol aux alentours de l'exploitation. Nous avons donc récupérés 4 analyses de sols aux alentours de l'exploitation et regardé où on pouvait les positionner sur le triangle des textures (cf Annexe 26).

Table 21 : Analyses de sols sur l'exploitation agricole

Texture	Pourcentage							
	Etude de sol 1		Etude de sol 2		Etude de sol 3		Etude de sol 4	
Argile	23,5%	23,5%	21,9%	21,9%	28,1%	28,1%	17,5%	17,5%
Limons fins	33,1%	59,5%	34,9%	64,5%	31,1%	53,7%	33,0%	64,0%
Limons grossiers	26,5%		29,7%		22,7%		31,0%	
Sables fins	10,5%	16,9%	8,3%	13,6%	10,2%	18,2%	10,3%	18,5%
Sables grossiers	6,5%		5,3%		8,0%		8,2%	

L'annexe 27 représente le traçage des lignes selon les différentes analyses de sol. Si l'on met en relation ces 2 annexes (cf Annexe 26 et Annexe 27), on voit que notre sol se situe plutôt en classe D (voire limite C), il est donc impossible pour nous de mettre en place des bosquets épurateurs ou des massifs filtrants.

Il nous reste donc quatre possibilités, soit les techniques classiques (tout à la fosse ou épandage sur prairie) ou les techniques alternatives (le filtre planté de roseaux ou le lagunage).

Après avoir effectué une présentation des filières et un choix des filières réalisables selon notre sol, nous allons dimensionner les filières restantes et à la fin, faire un choix selon différentes critères.

IV) Développement de quatres filières

Le dimensionnement des ouvrages s'est fait avec le logiciel Dixel dans le but d'étudier le maximum de possibilité. Les critères principaux pour retenir la filière seront le prix, l'entretien le plus faible possible et la surface d'épandage la plus faible possible.

A. Le lieu d'implantation et les contraintes géographiques

Il y a deux options pour implanter les systèmes de traitement et elles sont présentées en Annexe 28 et Annexe 29. Cela va dépendre de la filière et de la place qu'occupe le traitement primaire par rapport au traitement secondaire et vice-versa. Les volumes à traiter sont donc de 926 m³ par an selon le logiciel Dixel qui a calculé les effluents à gérer sur l'année. Ces effluents comportent:

- Les effluents de salle de traite :
 - a. Eaux vertes du quai : **392 m³/an**
 - b. Eaux vertes du quai d'attente : **196 m³/an**
 - c. Eaux blanches : **251 m³/an**
- Les lixiviats de la fumière non couverte : **58 m³/an**
- Les purins du bâtiment D : **29 m³/an**

Dans tous les scénarios il faudra prendre en compte l'acheminement des eaux de la salle de traite par des tuyaux en PVC de 200mm. Ceci coûtera environ 3 600€ sans pompe. Une étude plus approfondie serait nécessaire pour voir si nous avons besoin d'une pompe et si oui, il faudra ajouter 2 000€.

Les caractéristiques des effluents sont les suivants :

Table 22 : Caractéristiques des effluents

Volume d'effluents à traiter	m ³ /an	927
DCO	kg/an	5376,6
NTK	kg/an	393,975
NH ₄	kg/an	139,05

B. L'épandage par des techniques classiques

Option 1 : Fosse

Le volume minimal de stockage utile serait de 400 m³ environ.

Il y a plusieurs types de fosses :

- Une fosse sous caillebotis (sous la fumière)
- Une fosse circulaire ou rectangulaire enterrée à côté de la fumière
- Fosse hors sol en béton

La fosse sous caillebotis coûterait environ 56 000€ (en prenant en compte de prix au m³ de la fosse de 500 m³) [18]. Le caillebotis n'est pas pratique pour venir pomper avec la tonne à lisier.

La fosse enterrée circulaire coûterait 44 000€ et la fosse hors sol 33 600€. Le meilleur compromis est la fosse enterrée car la fosse hors sol présenterait des soucis pour le prélèvement de l'effluent à cause de la hauteur de la fosse. [18]

Il faut ensuite créer un plan d'épandage pour connaître les surfaces sur lesquelles on peut épandre. Pour rappel, l'exploitation relève d'une ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement) et les contraintes d'épandage ont été présentées dans la partie (cf Normes liées à la gestion des effluents d'élevage [7]) notamment sur la figure 5. Il faut donc ne pas épandre à 100m des habitations et 35m des cours d'eau. Ce plan a été créé sur l'application « mes parcelles » [19] qui est un outil mis à disposition des chambres d'agricultures où l'on dispose nos parcelles sur une carte et il calcule les lieux et les surfaces d'épandage. Le plan d'épandage est disponible en Annexe 30 et la surface potentielle d'épandage est donc de 124,2 ha [19].

Selon le logiciel Dixel on a 470 kg d'azote total dans les effluents d'arrivée, or comme l'on sait que l'azote ammoniacal est égal à 2/3 de l'azote total, on peut dire que l'on a 314kgN-NH₄. Notre fosse nous permet de passer la période de drainage sans problème et donc on pourra épandre à la fin de la période de lessivage de l'azote. La dose maximale est donc de 65kg/ha.

$$\text{Surface d'épandage} = \frac{314}{65} = 4,85 \text{ hectares}$$

Nous avons une surface potentielle d'épandage de 124,2ha, on peut donc ajouter ce volume dans le plan d'épandage. Il faudra bien entendu ajouter le lisier et le fumier dans le plan d'épandage.

Option 2 : Traitement par un BTS et épandage sur prairie

- Traitement primaire :

Le traitement primaire le plus adapté est le bassin tampon et de sédimentation car il peut contenir un stockage d'effluent, ce que ne peut pas le filtre à paille.

Pour le dimensionnement du BTS, il faut calculer un volume de boues (Vb) [20].

$$V_b (m^3) = \text{Volume décantats purin} + \text{Volume décantats eaux brunes, vertes et blanches} [19]$$

Et on sait que [20] :

Table 23 : Tableau pour le calcul du volume de boues

Type d'effluent	Pourcentage de décantats
Eaux vertes du quai	3,6
Eaux vertes de la zone d'attente	15
Purins	2
Eaux brunes/Lixiviats	3,5
Eaux blanches	0

Le logiciel nous donne un volume de boues de 14,7m³.

Il faut ensuite calculer le volume d'eaux pluviales qui vont arriver sur la fumière non couverte de 114m².

$$V_{pp} \left(\frac{m^3}{h} \right) = P_p \times \text{Surface non couverte}$$

La pluie de projet est de 20mm en 30 minutes dans la région. On a donc un volume d'eaux pluviales à gérer de 2,3m³ et en considérant une charge surfacique d'1m³/h/m², on a une surface de 2,3m². On a pris une surface projetée supérieure et égale à 10m².

La longueur de l'ouvrage doit être égale à 2 fois la largeur :

$$\text{Largeur} = \left(\frac{\text{Surface}}{2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Largeur} = 2,24m$$

$$\text{Longueur} = 4,47m$$

On peut ensuite donc calculer la hauteur des boues en divisant le volume par la surface. La hauteur de liquide intermédiaire doit être au moins égale à 60cm pour

bien séparer les boues flottantes des boues décantées. Le volume tampon d'orage a été déterminé plus haut et il est de 2,3m³. Ce qui fait une hauteur de 0,23m de tampon d'orage.

Il faut aussi tenir compte de la hauteur de revanche (cf Annexe 31) qui permet l'arrivée de l'effluent de la zone d'admission vers le premier compartiment.

- Traitement secondaire :

Le BTS a permis d'abattre 30% de l'azote total. Le traitement secondaire consiste à épandre les effluents par des tuyaux perforés en continu. Nous n'avons donc pas besoin d'ajouter un stockage au BTS. La surface épandable est de **2,10 hectares**. Les données sont disponibles en Annexe 32. Le verger, situé plus en contrebas du possible emplacement du traitement possède une surface de 2,4 hectares, il serait donc possible d'épandre sur cette surface. Le problème est que ce verger est pâturé et donc on pourrait alternée avec la prairie dans laquelle est installé le système de traitement.

C. Le traitement par technique alternative

Option 1 : le Filtre planté de roseaux

- Traitement primaire :

Les deux filières de traitement primaire sont adaptées pour les filtres plantés de roseaux ou lagunages naturels mais la solution la moins chère reste le filtre à paille. Comme l'alimentation des filtres plantés de roseaux est en continu, nous n'avons pas besoin du stockage.

Le volume de boues annuel est de 87,2m³, auquel il faut ajouter le volume tampon d'orage de 2,3 m³. Cela nous fait un volume utile de 89,5m³.

Il faut ensuite regarder de quels types sont les bottes de pailles utilisées sur l'exploitation agricole. Les dimensions de nos bottes sont de 2,4 x 1,2 x 0,9. On prend une hauteur de revanche de 0,05m et une largeur minimale interne (sans les bottes de pailles) de 5 mètres, pour laisser passer un tracteur. Si on ajoute la largeur des bottes de paille des deux côtés du filtre, on obtient une largeur du filtre, sans les caniveaux, de 7,40m.

$$\text{Longueur du filtre} = \frac{\text{Volume utile}}{\text{largeur du filtre} \times \text{Hauteur des bottes}}$$

$$\text{Longueur} = 20\text{m}$$

Cette longueur correspond à la partie du filtre à faible pente, qui correspond à la surface de stockage des boues. La longueur totale de cette partie est donc de 21,20m si on prend en compte la botte de paille. Les dimensions du filtre à paille sont disponibles en Annexe 33. Cette technique permet d'abattre 30% de l'azote et 40% de la DCO.

- Traitement secondaire :

On a une DGO (Demande globale en oxygène) à traiter de 15,4kg/jour. Les résultats sont disponibles en Annexe 34.

Pour rappel : $DGO = DCO + 4,5 \times NTK$

On sait que les filtres plantés de roseaux sont capables de traiter 140 grammes de DGO par m² et par jour. Ce qui nous fait donc une surface de filtre nécessaire de 36,6 m². Sachant qu'il faut 3 filtres pour traiter les effluents en continu et laisser un temps de repos aux filtres, on a une surface de traitement de 110 m² au total. Il faut une lame d'eau d'arrivée sur le filtre de 3 cm, ce qui nous fait un volume de bêche par filtre de 1,1m³. Les dimensions du filtre sont disponibles en Annexe 35.

La surface d'épandage finale est donc de 0,24 hectares soit 2 400m².

Option 2 : le lagunage

- Traitement primaire :

Le dimensionnement du filtre à paille est le même que pour le filtre planté de roseaux.

- Traitement secondaire :

Le besoin en surface de lagunes pour le traitement des effluents est de 0,15 m² par kg de DCO, 1,57 m²/kg d'azote total et de 2,4m²/kg d'azote ammoniacal. Il faut ensuite choisir la plus grande surface des trois. La surface retenue est celle calculée en fonction de l'azote ammoniacal et elle est de 529,8m². Les données sont disponibles en Annexe 36.

La surface d'implantation totale des 3 bassins, en comptant une bande de 5 mètres pour le passage du tracteur qui permettra de curer les boues déposées dans le premier bassin, est de 1565,3 m².

La surface épandable est donc de 0,26 hectares.

D. Bilan

La comparaison des filières est disponible dans le tableau 24. Les prix présentés sont des estimations issues de documents techniques.

Table 24 : Tableau comparatif des filières

Technique	Classique		Alternative	
	Fosse à purins et lixiviats	Epandage sur prairie	Filtre planté de roseaux	Lagunage naturel
Traitement primaire	Aucun	Bassin tampon de sédimentation	Filtre à paille ou BTS sans stockage	Filtre à paille ou BTS sans stockage
Traitement tertiaire	Epandage	Epandage sur prairie	Epandage sur prairie	Epandage sur prairie
Prix (par entreprise)	56 000€	12 500€	17 000€	16 000€ sans la géomembrane
Emprise foncière (m²)	170	30	539	1 778
Surface d'épandage (ha)	4,85	2,10	0,24	0,26
Inconvénients	Epandage contraignant			L'étanchéité du sol n'est pas certifiée, il faudrait une étude plus approfondie
Autres avantages		Epandage automatique	Possibilité d'auto-construction par les élèves (12 000€)	Possibilité d'auto-construction par les élèves (12 500€)

La filière retenue est le filtre planté de roseaux car la surface d'épandage est plutôt faible et le prix limité. De plus, cette filière peut être entretenue par la filière paysage du lycée agricole et peut être réalisée en auto-construction. Le filtre planté de roseaux pourra être implanté sur l'option 2 (cf IV)A. Le lieu d'implantation et les contraintes géographiques).

V) Limites et perspectives

A. Limites du projet

Le projet semble coûteux, même si la mise aux normes s'impose. Il va nécessiter beaucoup d'investissement de la part des équipes pour le mettre en place.

De plus, le projet est une proposition qui s'inscrit dans un cadre de réflexion plus global autour des lycées agricoles. Cet axe de réflexion amène à réfléchir l'aménagement des lycées agricoles et leurs exploitations à l'horizon 2025. Un micro-méthaniseur est, par exemple, une autre option envisagée pour gérer ces effluents d'élevage.

B. Perspectives

Une réflexion doit être faite au niveau de la direction de l'exploitation agricole dans le but de voir si le projet est intéressant et réalisable. Il faudra donc trouver des financements et garantir un entretien du dispositif sur plusieurs années. Cet entretien pourra être réalisé par les formateurs ainsi que les apprenants du centre de formation des apprentis en paysage. Les retours d'expérience sur la filière plantés de roseaux en Lorraine sont faibles. Aucun filtre à paille n'a été implanté en Moselle, et uniquement deux filtres plantés de roseaux avec bassin tampon de sédimentation. Un des deux filtres présents en Moselle est colmaté donc inutilisable pour cause de manque d'entretien. C'est pour ces raisons qu'une réflexion doit être menée pour être sûr de l'implantation de ce type de filière.

Conclusion

Les volumes des effluents peu chargés dans les exploitations bovines sont souvent une charge de travail non négligeable pour l'agriculteur. La réglementation, qui a imposé la gestion de ces effluents, est arrivée après la structuration des élevages bovins et des bâtiments d'élevage. Les aires d'exercices non couvertes et les fumières non couvertes sans fosse de récupération des jus et purins sont des sources d'effluents peu chargés. De nouvelles filières alternatives au « tout stockage » ont permis une nouvelle approche de la gestion de ces effluents. Ces filières permettent de réduire la surface d'épandage à la sortie.

Un diagnostic des ouvrages et de l'aménagement des bâtiments a été effectué en amont dans le but d'identifier les problèmes liés à la gestion des effluents d'élevage. Les filières ont été représentées selon différents critères comme la surface d'épandage, l'emprise foncière, le coût d'investissement et l'entretien nécessaire. Les simulations et tests de dimensionnement des différentes filières nous ont permis de trancher sur celle à choisir. La filière retenue est le filtre planté de roseaux qui a un atout majeur, l'auto-construction. L'entretien de ces filtres pourra être réalisé par les formateurs et les apprenants du lycée agricole à des fins pédagogiques pour les formations paysage et les BTS Gémeau.

Ce projet entrera en phase de discussion avec la direction de l'EPLEFPA pour savoir si ce projet est intéressant et si cette mise aux normes peut être en relation avec un financement possible.

Bibliographie

- [1] Ineris, «Aida », 2001. [En ligne]. Disponible sur: https://aida.ineris.fr/consultation_document/7791. [Consult éle: 01-sept-2019].
- [2] Olivier Petitjean, «La pollution de l'eau d'origine agricole en France et en Europe - Partage des eaux », 12-août-2009. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.partagedeseaux.info/La-pollution-de-l-eau-d-origine-agricole-en-France-et-en-Europe>. [Consult éle: 03-sept-2019].
- [3] «Enseignement et Formation Agricole et Paysage en Lorraine », *EPLEA de Metz*. [En ligne]. Disponible sur: <https://eplea.metz.educagri.fr/>. [Consult éle: 25-juill-2019].
- [4] Protecteau, «Mise aux Normes des bâtiments d'élevage bovins » 2016.
- [5] Chambre d'agriculture du Nord Pas de Calais, « Fiches Bâtiments d'élevage » 2016.
- [6] Chambre d'agriculture de la Meuse, « GESTION DES EFFLUENTS D'ELEVAGE BOVINS : Guide des bonnes pratiques », janv-2013.
- [7] Institut de l'élevage, « Capacités de stockage des effluents », p. 116, 2018.
- [8] Chambre d'Agriculture de la Loire et Conseil Général de la Loire, *Le cycle du lait*. .
- [9] A. et Omega, «Les fourrages : foin, ensilage, enrubanné... quelles différences et quelles utilisations ? », *Techniques d'élevage*. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.techniquesdelevage.fr/article-les-fourrages-foin-ensilage-enrubanne-quelles-differences-et-quelles-utilisations-114431594.html>. [Consult éle: 31-juill-2019].
- [10] Chambre d'agriculture du Nord Pas de Calais, «Elevage relevant des installations classées » mars-2017.
- [11] Institut National de l'Information Géographique et Forestière, « Géoportail ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.geoportail.gouv.fr/>. [Consult éle: 30-juill-2019].
- [12] ENSEEIHT, «Evaluation de l'évapotranspiration ». [En ligne]. Disponible sur: <http://hmf.enseiht.fr/travaux/bei/beiere/book/export/html/1583>. [Consult éle: 05-août-2019].
- [13] Ministère de l'Agriculture de l'agroalimentaire et de la forêt et Institut de l'élevage, «Calcul des capacités de stockage des lisiers ». .
- [14] Vincent Manneville, «Dexel Méhodes et référentiel ». 2006.
- [15] Institut de l'élevage, Chambres d'Agricultures, et Cemagref, « Les effluents peu chargés en élevage de ruminants - Procédés de gestion et de traitement » 2007.
- [16] Agence de l'eau Rhin-Meuse, «Les procédé d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse : éléments de comparaison techniques et économiques ». juill-2007.
- [17] Pascal Molle et Stéphanie Post-Boucle, «Recirculation or artificial aeration in vertical flow constructed wetlands: A comparative study for treating high load wastewater », n° 149, p. 398- 405, 2013.
- [18] Chambre d'agriculture des Hauts-de-France, «Coûts des bâtiments d'élevage » 2013.
- [19] «Mes Parcelles ». [En ligne]. Disponible sur: <http://www.mesparcelles.fr/>. [Consult éle: 12-sept-2019].
- [20] Cemagref, Chambres d'agriculture, et Institut de l'élevage, « Dispositifs de traitement des eaux brunes et effluents associés - Traitement primaire » sept-2002.

Annexes

Annexe 1 : Tableaux présentant les bâtiments de l'exploitation agricole et les effluents produits _____	56
Annexe 2 : Tableau des ouvrages de stockage des effluents actuels _____	57
Annexe 3 : Table permettant d'obtenir le facteur de correction F pour le calcul de l'ETP (la latitude de Courcelles-Chaussy a été entourée en rouge) [12] _____	58
Annexe 4 : Estimation de l'ETP par la formule de Thornthwaite _____	59
Annexe 5 : Calcul du volume de lixiviats sur la fumière non couverte ainsi que sur la fosse à lisier _____	61
Annexe 6 : Tableau de calcul des capacités de stockage pour les vaches laitières selon le type de stabulation et le besoin en paille [7] _____	63
Annexe 7 : Tableau de calcul des capacités de stockage pour les litières accumulées en fonction des différents animaux [7] _____	64
Annexe 8 : Tableau de calcul des capacités de stockage pour les veaux selon le type de stabulation et le besoin en paille [7] _____	65
Annexe 9 : Tableau de calcul des capacités de stockage pour les génisses selon le type de stabulation et le besoin en paille [7] _____	66
Annexe 10 : Le pourcentage de purin présent dans un fumier selon le type de fumier [13] _____	67
Annexe 11 : Références des effluents de salle de traite _____	68
Annexe 12 : Tableau des hauteurs moyennes des fumiers selon le type de fumière et de fumier _____	69
Annexe 13 : Interface du logiciel et premières données administratives _____	70
Annexe 14 : Relation entre la catégorie de l'animal et l'équivalent UGB (Unité Gros Bétail) [14] _____	71
Annexe 15 : Valeurs des éléments dans les effluents en fonction de la catégorie d'animal [14] _____	72
Annexe 16 : Possibilité de traitement des effluents selon les filières _____	73
Annexe 17 : Bilan du dimensionnement par le logiciel Dixel _____	74
Annexe 18 : Solutions pour la mise aux normes _____	76
Annexe 19 : Schéma d'un BTS (Bassin Tampon Sédimentation) _____	78
Annexe 20 : Schéma du filtre à paille _____	79
Annexe 21 : Schéma d'un filtre planté de roseaux vertical avec recyclage [15] _____	80
Annexe 22 : Schéma du regard répartiteur _____	81
Annexe 23 : Schéma d'un massif filtrant végétalisé _____	82
Annexe 24 : Schéma d'un massif filtrant végétalisé avec ouvrages _____	83
Annexe 25 : Schéma d'un bosquet épurateur _____	84
Annexe 26 : Triangle des textures en relation avec sa perméabilité _____	85
Annexe 27 : Triangle des textures avec les analyses insérées _____	87
Annexe 28 : Photographies aériennes et profils altimétriques pour l'option 1 _____	88
Annexe 29 : Photos aériennes et profils altimétriques pour l'option 2 _____	90
Annexe 30 : Plan d'épandage _____	92
Annexe 31 : Dimensionnement du BTS _____	93
Annexe 32 : Données de dimensionnement pour l'épandage sur prairie + BTS _____	94
Annexe 33 : Dimensionnement du filtre à paille _____	95
Annexe 34 : Résultats du dimensionnement de la filière FAP + FPR _____	96
Annexe 35 : Vue en coupe et en plan du filtre _____	98
Annexe 36 : Résultats de dimensionnement de la filière FAP + Lagunes _____	99

Annexe 1 : Tableaux présentant les bâtiments de l'exploitation agricole et les effluents produits

Bâtiment	Type de bovins	Nombre d'animaux	Paille utilisée (kg/j)	Paille utilisée (kg/animal/j)	Stabulation	Type d'effluent	Stockage de l'effluent produit	Fréquence de raclage	Longueur (m)	Largeur (m)	Surface du bâtiment (m ²)	
A	Vaches laitières	55	110	2	Aire raclée	Lisier raclé	Fosse à lisier	10 fois par jour	60	8	480	
B	Vaches laitières	55	500	6,1*	Aire paillée	Fumier très compact	Fumière couverte	6 semaines	50	8	400	600
				3,0*	Aire semi paillée et raclée	Fumier compact		3/semaine	50	4	200	
C	Veaux	40	80	2	Aire paillée	Fumier très compact	Stockage au champ	6 semaines	30	6	180	
D	Génisses	80	257	2,1*	Aire paillée	Fumier très compact	Fumière non couverte	6 semaines	60	6	360	540
				1,1*	Aire semi paillée et raclée	Fumier mou à compact		3/semaine	60	3	180	

* : Il est difficile de savoir combien de paille l'on met exactement sur l'aire raclée et l'aire paillée. Nous avons donc pris 2/3 de la paille utilisée sur l'ensemble du bâtiment correspond à l'aire paillée et 1/3 à l'aire raclée.

Annexe 2 : Tableau des ouvrages de stockage des effluents actuels

Gestion des effluents actuels						
Type	Largeur	Longueur	Hauteur	Effluents recueillis	Surface de l'ouvrage (m ²)	Volume de l'ouvrage (m ³)
Fosse à lisier	18	18	2,5	- Eaux blanches et vertes de la salle de traite - Lisier raclé du bâtiment A - Pluie sur la fosse	324	810
Fumière couverte	10	8	2,25	- Fumier très compact issu du bâtiment B - Fumier compact du bâtiment B	80	90
Fumière non couverte	9,5	12	1,3	- Fumier très compact du bâtiment D - Fumier mou à compact du bâtiment D	114	74,1
Fosse sous la fumière couverte	1,5	1,5	1,5	- Purin du bâtiment B	2,25	3,4

Annexe 3 : Table permettant d'obtenir le facteur de correction F pour le calcul de l'ETP (la latitude de Courcelles-Chaussy a été entourée en rouge) [12]

Lat. N.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1.04	.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5	1.02	.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	.99	1.02
10	1.00	.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	.98	.99
15	.97	.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	.95	.97
20	.95	.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	.93	.94
25	.93	.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
26	.92	.88	1.03	1.06	1.15	1.15	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
27	.92	.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	.99	.90	.90
28	.91	.88	1.03	1.07	1.16	1.16	1.18	1.13	1.02	.98	.90	.90
29	.91	.87	1.03	1.07	1.17	1.16	1.19	1.13	1.03	.98	.90	.89
30	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
31	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.18	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
32	.89	.86	1.03	1.08	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	.98	.88	.87
33	.88	.86	1.03	1.09	1.19	1.20	1.22	1.15	1.03	.97	.88	.86
34	.88	.85	1.03	1.09	1.20	1.20	1.22	1.16	1.03	.97	.87	.86
35	.87	.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	.97	.86	.85
36	.87	.86	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	.97	.86	.84
37	.86	.84	1.03	1.10	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	.97	.85	.83
38	.85	.84	1.03	1.10	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	.96	.84	.83
39	.85	.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	.96	.84	.82
40	.84	.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	.96	.83	.81
41	.83	.83	1.03	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.04	.96	.82	.80
42	.82	.83	1.03	1.12	1.26	1.27	1.28	1.19	1.04	.95	.82	.79
43	.81	.82	1.02	1.12	1.26	1.28	1.29	1.20	1.04	.95	.81	.77
44	.81	.82	1.02	1.13	1.27	1.29	1.30	1.20	1.04	.95	.80	.76
45	.80	.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	.94	.79	.75
46	.79	.81	1.02	1.13	1.29	1.31	1.32	1.22	1.04	.94	.79	.74
47	.77	.80	1.02	1.14	1.30	1.32	1.33	1.22	1.04	.93	.78	.73
48	.76	.80	1.02	1.14	1.31	1.33	1.34	1.23	1.05	.93	.77	.72
49	.75	.79	1.02	1.14	1.32	1.34	1.35	1.24	1.05	.93	.76	.71
50	.74	.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	.92	.76	.70
Lat. S.												
5	1.06	.95	1.04	1.00	1.02	.99	1.02	1.03	1.00	1.05	1.03	1.06
10	1.08	.97	1.05	.99	1.01	.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
15	1.12	.98	1.05	.98	.98	.94	.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
20	1.14	1.00	1.05	.97	.96	.91	.95	1.00	1.00	1.08	1.09	1.15
25	1.17	1.01	1.05	.96	.94	.88	.93	.98	1.00	1.10	1.11	1.18
30	1.20	1.03	1.06	.95	.92	.85	.90	.96	1.00	1.12	1.14	1.21
35	1.23	1.04	1.06	.94	.89	.82	.87	.94	1.00	1.13	1.17	1.25
40	1.27	1.06	1.07	.93	.86	.78	.84	.92	1.00	1.15	1.20	1.29
42	1.28	1.07	1.07	.92	.85	.76	.82	.92	1.00	1.16	1.22	1.31
44	1.30	1.08	1.07	.92	.83	.74	.81	.91	.99	1.17	1.23	1.33
46	1.32	1.10	1.07	.91	.82	.72	.79	.90	.99	1.17	1.25	1.35
48	1.34	1.11	1.08	.90	.80	.70	.76	.89	.99	1.18	1.27	1.37
50	1.37	1.12	1.08	.89	.77	.67	.74	.88	.99	1.19	1.29	1.41

Annexe 4 : Estimation de l'ETP par la formule de Thornthwaite

Méthode de Thornthwaite		Pluviométrie (mm)	Pluviométrie annuelle (mm)	Température	Facteur de correction F	Indice thermique mensuel	Indice thermique annuel	Evapotranspiration Potentielle (mm)
2014	Janvier	48,7	669,9	5,0	0,75	1,0	48,0	12,4
	Février	64,6		5,6	0,79	1,2		14,7
	Mars	12,0		8,4	1,02	2,2		28,4
	Avril	5,4		12,2	1,14	3,9		46,3
	Mai	63,5		13,8	1,32	4,7		60,7
	Juin	29,8		18,2	1,34	7,1		81,2
	Juillet	113,7		20,2	1,35	8,2		90,6
	Août	97,9		17,1	1,24	6,4		70,4
	Septembre	26,6		16,9	1,05	6,3		58,9
	Octobre	80,7		13,3	0,93	4,4		41,2
	Novembre	73,5		7,9	0,76	2,0		19,9
	Décembre	53,5		4,3	0,71	0,8		10,2
2015	Janvier	76,3	558,3	3,0	0,75	0,4	47,5	7,5
	Février	29,6		2,3	0,79	0,3		6,0
	Mars	36,9		6,7	1,02	1,5		22,9
	Avril	53,1		10,3	1,14	3,0		39,4
	Mai	40,7		13,9	1,32	4,7		61,6
	Juin	45,2		18,1	1,34	7,0		81,6
	Juillet	13,6		21,9	1,35	9,3		99,5
	Août	46,1		21,5	1,24	9,1		89,9
	Septembre	107,3		14,5	1,05	5,0		51,2
	Octobre	22,0		10,2	0,93	2,9		31,8
	Novembre	71,3		8,9	0,76	2,4		22,8
	Décembre	16,2		7,4	0,71	1,8		17,7
2016	Janvier	85,9	704,7	3,8	0,75	0,6	44,7	10,1
	Février	116,6		5,2	0,79	1,0		14,6
	Mars	70,8		5,6	1,02	1,2		20,4
	Avril	71,0		8,8	1,14	2,4		35,9
	Mai	79,0		14,2	1,32	4,8		66,9

	Juin	91,5		18,0	1,34	6,9		86,1
	Juillet	35,7		19,9	1,35	8,1		96,2
	Août	12,2		20,0	1,24	8,2		88,8
	Septembre	24,8		18,0	1,05	6,9		67,5
	Octobre	40,1		10,3	0,93	3,0		34,3
	Novembre	67,7		6,0	0,76	1,3		16,3
	Décembre	9,4		1,9	0,71	0,2		4,8
2017	Janvier	28,9	650,2	0,0	0,75	0,0	47,0	0,0
	Février	52,8		5,3	0,79	1,1		14,2
	Mars	49,2		9,2	1,02	2,5		31,7
	Avril	4,6		9,1	1,14	2,5		35,3
	Mai	24,6		15,6	1,32	5,6		70,0
	Juin	62,1		19,8	1,34	8,0		90,0
	Juillet	86,6		20,7	1,35	8,6		94,8
	Août	35,4		19,7	1,24	7,9		82,9
	Septembre	87,2		14,3	1,05	4,9		50,9
	Octobre	31,4		12,3	0,93	3,9		38,9
	Novembre	104,2		5,8	0,76	1,3		15,0
	Décembre	83,2		4,4	0,71	0,8		10,6
2018	Janvier	156,6	668,0	6,4	0,75	1,5	51,8	14,8
	Février	18,8		0,4	0,79	0,0		0,9
	Mars	50,6		4,9	1,02	1,0		15,3
	Avril	73,1		13,0	1,14	4,2		45,8
	Mai	40,4		16,6	1,32	6,2		67,7
	Juin	42,3		19,4	1,34	7,8		80,3
	Juillet	25,4		22,6	1,35	9,8		94,1
	Août	59,5		20,9	1,24	8,7		79,9
	Septembre	26,8		16,5	1,05	6,1		53,4
	Octobre	18,4		12,4	0,93	3,9		35,5
	Novembre	46,2		7,2	0,76	1,7		16,8
	Décembre	109,9		5,0	0,71	1,0		10,9

Annexe 5 : Calcul du volume de lixiviats sur la fumière non couverte ainsi que sur la fosse à lisier

		Surface non couverte (m ²)	P-ETP (mm)	Volume lixiviats (m ³)	Fraction de pluie à stocker en période estivale (mm)	P x Fse (mm)	Pluie à stocker (mm)	Moyenne sur les 4 mois réglementaires (Octobre - Janvier)	Moyenne des 4 mois sur les 5 années de pluviométrie (2014-2018)	Volume des lixiviats sur fumière (m ³)	Pluie sur fosse (m ³)
2014	Janvier		36,3	8,4	0,4	17,6	36,3	172,8	184,1	42,4	59,7
	Février	Surface non couverte	49,9	11,5	0,4	26,8	49,9				
	Mars	230,0	0,0	0,0	0,2	2,9	2,9				
	Avril		0,0	0,0	0,2	1,2	1,2				
	Mai	Fosse à lisier	2,8	0,7	0,4	26,1	26,1				
	Juin	324,0	0,0	0,0	0,3	8,9	8,9				
	Juillet		23,1	5,3	0,6	65,8	65,8				
	Août		27,5	6,3	0,5	51,5	51,5				
	Septembre		0,0	0,0	0,3	7,7	7,7				
	Octobre		39,5	9,1	0,5	37,8	39,5				
	Novembre		53,6	12,3	0,4	32,7	53,6				
Décembre		43,3	10,0	0,4	20,2	43,3					
2015	Janvier		68,8	15,8	0,5	34,7	68,8	127,5			
	Février		23,6	5,4	0,3	8,8	23,6				
	Mars		14,0	3,2	0,3	11,9	14,0				
	Avril		13,7	3,2	0,4	20,0	20,0				
	Mai		0,0	0,0	0,3	13,7	13,7				
	Juin		0,0	0,0	0,4	15,9	15,9				
	Juillet		0,0	0,0	0,2	3,3	3,3				
	Août		0,0	0,0	0,4	16,3	16,3				
	Septembre		56,1	12,9	0,6	59,8	59,8				
	Octobre		0,0	0,0	0,3	6,0	6,0				
	Novembre		48,5	11,2	0,4	31,2	48,5				
Décembre		0,0	0,0	0,3	4,1	4,1					
2016	Janvier		75,8	17,4	0,5	41,8	75,8	145,2			
	Février		102,0	23,5	0,6	68,6	102,0				
	Mars		50,4	11,6	0,4	30,9	50,4				

	Avril		35,1	8,1	0,4	31,0	35,1	
	Mai		12,1	2,8	0,5	36,6	36,6	
	Juin		5,4	1,2	0,5	46,2	46,2	
	Juillet		0,0	0,0	0,3	11,4	11,4	
	Août		0,0	0,0	0,2	2,9	2,9	
	Septembre		0,0	0,0	0,3	7,0	7,0	
	Octobre		5,8	1,3	0,3	13,4	13,4	
	Novembre		51,4	11,8	0,4	28,8	51,4	
	Décembre		4,6	1,1	0,2	2,2	4,6	
2017	Janvier		28,9	6,6	0,3	8,6	28,9	200,2
	Février		38,6	8,9	0,4	19,9	38,6	
	Mars		17,5	4,0	0,4	17,9	17,9	
	Avril		0,0	0,0	0,2	1,0	1,0	
	Mai		0,0	0,0	0,3	6,9	6,9	
	Juin		0,0	0,0	0,4	25,3	25,3	
	Juillet		0,0	0,0	0,5	42,3	42,3	
	Août		0,0	0,0	0,3	11,3	11,3	
	Septembre		36,3	8,3	0,5	42,8	42,8	
	Octobre		0,0	0,0	0,3	9,6	9,6	
	Novembre		89,2	20,5	0,5	57,0	89,2	
	Décembre		72,6	16,7	0,5	39,7	72,6	
2018	Janvier		141,8	32,6	0,7	113,1	141,8	275,0
	Février		17,9	4,1	0,3	4,9	17,9	
	Mars		35,3	8,1	0,4	18,7	35,3	
	Avril		27,3	6,3	0,4	32,4	32,4	
	Mai		0,0	0,0	0,3	13,5	13,5	
	Juin		0,0	0,0	0,3	14,4	14,4	
	Juillet		0,0	0,0	0,3	7,2	7,2	
	Août		0,0	0,0	0,4	23,7	23,7	
	Septembre		0,0	0,0	0,3	7,8	7,8	
	Octobre		0,0	0,0	0,3	4,8	4,8	
	Novembre		29,4	6,8	0,4	16,4	29,4	
	Décembre		99,0	22,8	0,6	62,2	99,0	

Annexe 6 : Tableau de calcul des capacités de stockage pour les vaches laitières selon le type de stabulation et le besoin en paille [7]

TABLEAU I VACHE LAITIERE (production de 6000 à 8000 kg)											
MODE DE LOGEMENT		SOUS-UNITÉ	Besoins en paille kg/animal/jour	TYPE DE DÉJECTIONS A STOCKER	Caractéristiques de la fumière (hauteur de stockage)	RÉFÉRENCES par place pour une durée de stockage de				Référence note explicative Partie II	
						4 mois		6 mois			
				m ²		m ³					
ÉTABLE	Avec litière			fumier compact purin	Sans murs (1,30 m)	4,7		6,5		1.3.1.	
							0,9		1,3	2.2.2.	
ENTRAVÉE	Sans litière		0	lisier			7,2		10,8	1.3.1.	
STABULATION	Pente paillée		5 à 7	fumier compact purin	Sans murs (1,00 m)	5,5		7,6		1.3.2.	
							0,2		0,3	2.2.2.	
LIBRE	Litière accumulée		6 à 8	fumier de l'aire paillée	accumulation sur l'aire de vie (tableau XI.1)				2.2.4.		
	Aire paillée	Exercice couvert	Couloir bétonné	0 à 2	fumier raclé mou	3 murs (1,00 m)	3,5		4,8		1.3.4. & 1.3.5.
							0,0		0,0	2.2.2.	
AVEC	Aire paillée	Exercice non couvert		lisier			4,3		6,5	1.3.4. & 1.3.5.	
			Couloir caillebotis	0	lisier			4,3		6,5	1.3.3
AIRE	Logettes	Exercice couvert	Couloirs bétonnés	3 à 4	fumier raclé mou purin	3 murs (1,00 m)	5,8		8,0		1.3.8. & 1.3.9.
								1,3		1,8	2.2.2.
D'EXERCICE	Logettes	Exercice non couvert		0 à 1	lisier			7,2		10,8	1.3.8. & 1.3.9.
			Couloirs caillebotis	0 à 0,5 (hachée)	lisier			7,2		10,8	1.3.7.
		Exercice non couvert		0	lisier			7,2		10,8	1.3.10.

Bâtiment B1

Bâtiment B2

Bâtiment A

Annexe 7 : Tableau de calcul des capacités de stockage pour les litières accumulées en fonction des différents animaux [7]

TABLEAU XI.1 LITIÈRE ACCUMULÉE SURFACE COMPLÉMENTAIRE - BOVIN							
TYPE DE PRODUCTION	MODE DE LOGEMENT	RÉFÉRENCES par place pour le fumier extrait de l'aire paillée, stocké sur une fumière sans murs (1,60 m de hauteur de stockage) et une durée de stockage de				Référence note explicative Partie II	
		4 mois		6 mois			
		m ²	m ³	m ²	m ³		
VACHES LAITIÈRES	litière intégrale	3,10		5,65		Bâtiment B1	
	avec aire exercice	1,25		2,25			
VACHES ALLAITANTES	litière intégrale	2,60		3,75		2.2.4.	
	avec aire exercice	1,30		1,90			
GENISSES	litière intégrale	1,25		1,80			Bâtiment D1
	avec aire exercice	0,60		0,90			
BOVINS A L'ENGRAIS	litière intégrale	1,25		1,80			
	avec aire exercice	0,60		0,90			

Annexe 8 : Tableau de calcul des capacités de stockage pour les veaux selon le type de stabulation et le besoin en paille [7]

TABLEAU VI		VEAU D'ÉLEVAGE							
Cases individuelles veaux de 0 à 2 mois	Litière accumulée	1	fumier très compact	Sans murs (1,60 m)	0,25		0,35		2.2.4.
Cases collectives veaux de 2 à 6 mois	Litière accumulée	1,3 à 1,5	fumier très compact	Sans murs (1,60 m)	1,10		1,45		

Annexe 9 : Tableau de calcul des capacités de stockage pour les génisses selon le type de stabulation et le besoin en paille [7]

TABLEAU III											
GENISSE de 1 à 2 ans											
MODE DE LOGEMENT		Sous-unité	Besoins en paille kg/animal/jour	TYPE DE DÉJECTIONS A STOCKER	Caractéristiques de la fumière (hauteur de stockage)	RÉFÉRENCES par place pour une durée de stockage de				Référence note explicative Partie II	
						4 mois		6 mois			
						m ²	m ³	m ²	m ³		
ÉTABLE	Avec litière		2 à 3	fumier compact purin	Sans murs (1,30 m)	2,8		3,8		1.3.1.	
							0,5		0,7	2.2.2.	
ENTRAVÉE	Sans litière		0	lisier			3,6		5,4	1.3.1.	
STABULATION	Pente paillée		4 à 5	fumier compact purin	Sans murs (1,00 m)	3,4		4,7		1.3.2.	
							0,1		0,2	2.2.2.	
LIBRE	Aire paillée	Litière accumulée	5 à 8	fumier de l'aire paillée	accumulation sur l'aire de vie (tableau XI.1)				2.2.4.	Bâtiment D1	
		Exercice couvert	Couloir bétonné	0 à 1	fumier raclé mou purin	3 murs (1,00 m)	1,9		2,7		1.3.4. & 1.3.5.
AVEC	Aire paillée			0	lisier			1,8		2,7	1.3.4. & 1.3.5.
		Couloir caillebotis	0	lisier			1,8		2,7	1.3.3.	
AIRE	Logettes	Exercice couvert	Couloirs bétonnés	2 à 3	fumier raclé mou purin	3 murs (1,00 m)	3,8		5,3		1.3.8. & 1.3.9.
				0 à 1	lisier			3,6		5,4	1.3.8. & 1.3.9.
D'EXERCICE	Logettes	Exercice non couvert	Couloirs caillebotis	0 à 0,5 (hachée)	lisier			3,6		5,4	1.3.7.
				0	lisier			3,6		5,4	1.3.10.

Le purin

Le purin ou jus de constitution est une composante des fumiers.

	Purin (% volume de fumier)
Fumier Très Mou (FTM)	33
Fumier Mou (FM)	23
Fumier Mou à Compact (FMC)	13
Fumier Compact (FC)	15 (4)
Autres Fumiers Compacts (aFC)	8
Fumier Très Compact (FTC)	0



Annexe 11 : Références des effluents de salle de traite

TABLEAU XII.2							EFFLUENTS D'INSTALLATION DE TRAITE - Vaches laitières				
Type d'installation			Volume de stockage m3 / mois								
			Eaux blanches (y compris fosse et tank)		Eaux vertes						
Salle de traite arrière TPA		Surface au sol en m2 (quai(s) et aire attente)	Sans recyclage	Consommation très économe 2.5 l / m2	Consommation standard 4 l / m2	Consommation élevée 7 l / m2					
Monorang	1 * 3 postes	48	5,8	7,2	11,5	20,2					
	1 * 4 postes	57	6,4	8,6	13,7	23,9					
	1 * 5 postes	67	7,0	10,1	16,1	28,1					
	1 * 6 postes	76	7,6	11,4	18,2	31,9					
	1 * 8 postes	89	8,7	13,4	21,4	37,4					
	1 * 10 postes	108	10,3	16,2	25,9	45,4					
	1 * 12 postes	127	11,9	19,1	30,5	53,3					
Double équipement	2 * 4 postes	96	9,5	14,4	23,0	40,3					
	2 * 5 postes	109	10,9	16,4	26,2	45,8					
	2 * 6 postes	128	13,3	19,2	30,7	53,8					
	2 * 7 postes	147	15,1	22,1	35,3	61,7					
	2 * 8 postes	166	16,6	24,9	39,8	69,7					
	2 * 10 postes	204	20,9	30,6	49,0	85,7					
	2 * 12 postes	242	24,4	36,3	58,1	101,6					
	2 * 14 postes	274	27,6	41,1	65,8	115,1					
	2 * 16 postes	306	30,8	45,9	73,4	128,5					
	2 * 18 postes	356	34,0	53,4	85,4	149,5					
2 * 20 postes	394	37,2	59,1	94,6	165,5						
Simple équipement	2 * 7 postes	147	8,2	22,1	35,3	61,7					
	2 * 8 postes	166	8,7	24,9	39,8	69,7					
	2 * 10 postes	204	10,3	30,6	49,0	85,7					
	2 * 12 postes	242	11,9	36,3	58,1	101,6					

Annexe 12 : Tableau des hauteurs moyennes des fumiers selon le type de fumière et de fumier

Caractéristiques de la fumière							Purin (% du vol. de fumier)
Nombre de murs	0 ou 1	2	3				
Hauteur des murs	1,00 m à 2,00 m		2,50 m	3,00 m	4,00 m		
Fumier Très Mou (FTM)	0,50	0,60	0,70				33
Fumier Mou (FM)	0,65	0,85	1,00 [®]				23
Fumier Mou à Compact (FMC)	0,80	1,10	1,30				13
Fumier Compact (FC)							
• Etable entravée (évacuateur) FC [®]	1,30 [®]	1,40	1,60	2,00			15
• Issu de Pente Paillée FC [®]	1,00 [®]	1,40	1,60	2,00			4
• Autres Fumiers Compacts FC	1,00 [®]	1,40	1,60	2,00			8
Fumier Très Compact (FTC) FTC [®]	1,60 [®]	2,00	2,00	2,30	2,60	3,50	0

: Bâtiment B
 : Bâtiment D

Annexe 13 : Interface du logiciel et premières données administratives

Explorateur Précédent Suivant Imprimer

Explorateur Impression

Explorateur Exploitation

- Exploitation
 - Ruminants – Bâtiments, plein air en hiver
 - Porcins – Bâtiments, plein air
 - Volailles et lapins – Bâtiments, plein air
 - Stockage et traitement des déjections et des effluents
 - Import, export d'effluents et de fourrages
 - Surfaces en propre
 - Productions végétales et gestion des îlots culturaux
 - Capacités agronomiques
 - Traitement des effluents peu chargés
 - Récupération des eaux pluviales
 - Matériel d'épandage
 - Notes et préconisations
- Documents DeXeL
 - Identification de l'exploitation
 - 1a - Ruminants - Bâtiments, plein air en hiver
 - 1b - Porcins - Bâtiments, plein air
 - 1c - Volailles et lapins - Bâtiments, plein air
 - 2 - Stockage et traitement des déjections et des effluents
 - 4 - Estimation des quantités d'éléments fertilisants des engrais de ferme
 - 5 - Surface d'épandage en propre
 - 6 - Import et export de déjections et effluents
 - 7 - Productions végétales et gestion des îlots culturaux
 - 7.9 - Bilan fourrager, Répartition des surfaces, Balance globale azotée
 - 10..11 - Quantités épandues, Indicateurs agronomiques
 - 12 - Description du matériel d'épandage et du conditionnement des produits
 - 13 - Repères du calcul des capacités de stockage
 - Notes et préconisations, Synthèse
 - Annexe 1 - Gestion des épandages hors de l'exploitation
- Documents PCAE / PMBE
 - 1 - Identification de l'exploitation
 - 2 - Descriptif Ruminants
 - 2 - Descriptif Porcins
 - 2 - Descriptif Volailles et lapins
 - 3 - Détail des quantités à néer

Exploitation Contexte Effectifs RSD / IC Stockage NPK - BRS

SIRET 19570086900017 PACAGE 057006216 CHEPTEL 57155001

Raison sociale EPLEA de Metz Courcelles Chaussy

Lieu-dit

Adresse du siège 1 Avenue d'urville

Insee, CP, commune 57155 57530 Courcelles Chaussy Département 57

Téléphone 0614964641 Mobile Télécopie

Adresse électronique alexandre.gallet@educagri.fr

Forme juridique Date de création

Exploitants, associés Année d'installation

	Nom	Prénom	Naissance	Pas exploitant
1				<input type="checkbox"/>
2				<input type="checkbox"/>
3				<input type="checkbox"/>
4				<input type="checkbox"/>
5				<input type="checkbox"/>
6				<input type="checkbox"/>
7				<input type="checkbox"/>
8				<input type="checkbox"/>
9				<input type="checkbox"/>

Propriété des bâtiments Reprise de l'exploitation

Annexe 14 : Relation entre la catégorie de l'animal et l'équivalent UGB (Unité Gros Bétail) [14]

	équiv. UGB
Bovins	
Vache laitière	1,05 *
Vache Nourrice, sans son veau	0,85 *
Femelle > 2 ans	0,70 *
Mâle > 2 ans	0,80 *
Femelle 1-2 ans	0,60 *
Mâle 1-2 ans, croissance	0,60 *
Mâle 1-2 ans, engraissement	0,60 *
Vache de réforme	0,60*
Femelle < 1 an	0,30 *
Mâle 0-1 an, croissance	0,30 *
Mâle 0-1 an, engraissement	0,30 *
Broutard < 1ans, engraissement	0,30 *
Ovins (brebis)	
Agnelle	0,05 *
Agneau Engraissé Produit	0,03
Bélier	0,10 *
Brebis	0,10 *
Brebis laitière	0,10 *

Annexe 15 : Valeurs des éléments dans les effluents en fonction de la catégorie d'animal [14]

Type Dexel Bovins	Libellé	kg N	kg P ₂ O ₅	kg K ₂ O
	VL, tous niveaux de production	85,0	38,0	118,0
VA6, VA7	Vache nourrice, sans son veau	67,0	39,0	113,0
G2	Femelle > 2 ans	53,0	25,0	84,0
T, BF, BV2	Mâle > 2 ans	72,0	34,0	103,0
G1	Femelle 1-2 ans, croissance	42,0	18,0	65,0
	Mâle 1-2 ans, croissance	42,0	18,0	65,0
BV1, VR	Bovin 1-2 ans, engraissement, vache de réforme	40,0	25,0	46,0
VxE + Vx2 + Vx6 + Go	Femelle < 1 an	25,0	7,0	34,0
VxA	Mâle 0-1 an, croissance	25,0	7,0	34,0
BVo	Mâle 0-1 an, engraissement	20,0	14,0	25,0

Annexe 16 : Possibilité de traitement des effluents selon les filières

	Filtres plantés de roseaux à deux étages	- Lagunage naturel - Filtres plantés de roseaux à un étage avec recyclage - Massifs filtrants végétalisés - Bosquets épurateurs	Epandage sur prairies, y compris en hiver
Effluents d'élevage concentrés			
› Lisier, purin pur	Non	Non	Non
› Laits non commercialisables	Non	Non	Oui
› Lactosérum	Non	Non	Oui
› Jus de silo	Non	Non	Oui
Effluents d'élevage peu chargés			
› Effluents de traite			
• Eaux blanches de traite	Oui	Oui	Oui
• Eaux vertes de quai	Oui	Oui	Oui
• Eaux vertes d'aire d'attente	Non	Oui	Oui
› Eaux blanches de fromagerie ^(a)	Oui	Oui	Oui
› Eaux brunes des aires de vie non couvertes	Non	Oui	Oui
› Lixiviats de fumière non couverte	Non	Oui	Oui
Effluents domestiques ^(b)	Oui	Oui	Oui

^(a) Lactosérum exclu.

^(b) Sous réserve de l'accord des autorités sanitaires départementales et après prétraitement en fosse toutes eaux spécifique.

Annexe 17 : Bilan du dimensionnement par le logiciel DEXEL



Diagnostic réalisé chez : EPLEA de Metz Courcelles Chaussy
par : Alain Badoc

Tab 13. REPERES DU CALCUL DES CAPACITES DE STOCKAGE REGLEMENTAIRES ICPE

Station météo : Plateau lorrain sud

Prise en compte du temps de présence dans le calcul de la capacité réglementaire.

Ouvrage de stockage	Origine	Mode de logement	Quantité de paille	Périodicité de curage/élagage	Type de produit correction /place/mois	Mode d'alimentation correction /place/mois	Catégorie animale	Nombre d'animaux, m ² volailles de chair, m ² eaux souillées, m ² ASD correction /place/mois	Durée réglementaire temps présence si <	Durée(s) de référence	Durée(s) prod. lit. acc.	Capacité(s) utile(s) de référence et corrigée par animal	% Répartition standard référence	% Répartition sur aire de vie	Répartition ou égroutage	Selon poids, âge, ment., production	selon la hauteur de fumier	Capacité utile réglementaire	
FOB1 Fosse rectang enterrée non couverte																		Capacité utile réglementaire	878,0 m³
675 m ² utiles, HT = 3,00 m, HG = 0,50 m																		Dont pluie	91,7 m³
B1	Tous couloirs béton (logettes face/face)		2,0	5+/fj	L	Me	VL8	55 => 64,0	4,0			7,20 m ²				110%		506,9 m ³	
SD1	TPA double 2x10 postes				EV+EB			204,0 m ²	4,0	1		4,0 l/m ² 20,90 m ²						279,4 m ³	
FB2 Fumière couv. avec 3 murs																		Capacité utile réglementaire	217,0 m³
80 m ²																			
B21	L'aire de couchage paillée (système 50%)		6,0	2f/3m	FTCa	Me	VL8	55	4,0	4 6	2 4	1,75 m ² +0,500 x 1,25 m ² +0,500 x 2,25 m ²	40%	40%		110%	0,80 1,6 / 1,6 1,6 / 2	84,7 m ³	
B22	Couloir d'alimentation couvert (bétonné)		3,0	3f/s	FCr	Me	VL8	55	4,0			3,50 m ²	60%	60%		110%	0,63 1 / 1,6 1,6 / 1,6	132,3 m ³	
FOB2 Fosse couverte (purin, jus, liquide)																		Capacité utile réglementaire	16,9 m³
3 m ² utiles, HT = 2,00 m, HG = 0,25 m																			
B22	Couloir d'alimentation couvert (bétonné)		3,0	3f/s	P	Me			4,0			8% x 211,75 m ² 1,60 m ²						16,9 m ³	
FB4 Fumière non couverte avec 2 murs																		Capacité utile réglementaire	184,3 m³
114 m ²																			
B41	L'aire de couchage paillée (système 50%)		2,1	2f/3m	FTCa	He	GL0	23	4,0	4 6	2 3	0,90 m ² 0 x 0,60 m ² +1,000 x 0,90 m ²	50%	50%		70%	0,80 1,6 / 1,6 1,6 / 2	11,6 m ³	
							GL1	46	4,0	4 6	2 3	0,90 m ² 0 x 0,60 m ² +1,000 x 0,90 m ²	50%	50%			0,80 1,6 / 1,6 1,6 / 2	33,1 m ³	
							GL2	11	4,0	4 6	2 3	0,90 m ² 0 x 0,60 m ² +1,000 x 0,90 m ²	50%	50%		120%	0,80 1,6 / 1,6 1,6 / 2	9,5 m ³	
B42	Couloir d'alimentation couvert (bétonné)		1,1	3f/s	FMC	He	GL0	23	4,0			1,90 m ²	50%	50%		70%	0,91 1 / 1,3 1,3 / 1,1	27,8 m ³	

La fosse à lisier est sous-dimensionnée, il manque 203 m³.

La fosse à purin est sous-dimensionnée, il manque 13,9 m³.

Tab 13. REPERES DU CALCUL DES CAPACITES DE STOCKAGE REGLEMENTAIRES ICPE

Station météo : Plateau lorrain sud

Prise en compte du temps de présence dans le calcul de la capacité réglementaire.

Ouvrage de stockage	Origine	Mode de logement	Quantité de paille	Périodicité de curage/raclage	Type de produit correction /place/mois	Mode d'alimentation correction /place/mois	Catégorie animale	Nombre d'animaux, m ² volaires de chair, m ³ eaux souillées, m ³ silo correction /place/mois	Durée réglementaire temps présence si <	Durée(s) de référence	Durée(s) prod. lit. acc.	Capacité(s) utile(s) de référence et corrigée par animal	% Répartition standard référence	% Répartition sur l'aire de vie	% Répartition lit ou égouttage	% Selon poids, âge, aliment., production	Selon la hauteur de fumer	Capacité utile réglementaire
							GL1	46	4,0			1,90 m ³	50%	50%			0,91 1 / 1,3 1,3 / 1,1	79,5 m ³
							GL2	11	4,0			1,90 m ³	50%	50%		120%	0,91 1 / 1,3 1,3 / 1,1	22,8 m ³
MN Fosse non couverte (purin, jus, liquide)																		
HT = 3,00 m, HG = 0,50 m																		
Capacité utile réglementaire 74,5 m³																		
Dont pluie 7,8 m³																		
B42	Couloir d'alimentation couvert (bétonné)		1,1	3f/s	P	He			4,0			13% x 143,07 m ² 1,30 m						18,8 m ³
FB4	Fumière non couverte avec 2 murs				LIX		184,3 m ²		4,0									48,1 m ³
TAS																		
Volume déjections seules 56,3 m³																		
Calcul pluie sur fosse impossible - hauteur utile 0,00 m insuffisante																		
B3	Aire de couchage paillée "intégrale"		2,0	2f/3m	FTCa	F	VxE	40	4,0	4 6	4 6	0,88 m ³ +0,800 x 1,10 m ³ 0 x 1,45 m ³					1,60 1,6 / 1,6 1,6 / 1	56,3 m ³

MN = Milieu Naturel
Ces effluents ne sont pas récupérés et il faut donc les inclure dans le stockage.

Annexe 18 : Solutions pour la mise aux normes



Projet réalisé chez : EPLEA de Metz Courcelles Chaussy
par : Alain Badoc

Tab 13. REPERES DU CALCUL DES CAPACITES DE STOCKAGE REGLEMENTAIRES ICPE

Station météo : Plateau lorrain sud

Prise en compte du temps de présence dans le calcul de la capacité réglementaire.

Couverture de stockage	Origine	Mode de logement	Quantité de paille	Résultats de curage/ravage	Type de produit correction /place/mois	Mode d'alimentation correction /place/mois	Catégorie animale	Nombre d'animaux, m ² volières de chair, m ² eaux souillées, m ² silo correction /place/mois	Durée réglementaire temps présence si <	Durée(s) de référence	Durée(s) prod. lit. acc.	Capacité(s) utile(s) de référence et corrigée par animal	% Répartition standard référence	% Répartition sur l'aire de vie	% Répartition (n) ou épandage	% Selon poids, âge, aliment., production	Selon la hauteur de fumier	Capacité utile réglementaire
FOB1 Fosse rectang enterrée non couverte 675 m ² utiles, HT = 3,00 m, HG = 0,50 m Capacité utile réglementaire 592,6 m³ Dont pluie 70,5 m³																		
B1	Tous couloirs béton (logettes face/face)		2,0	5+fj	L	Me	VL8	55 => 64,0	4,0			7,20 m ³				110%		506,9 m ³
FOB2	Fosse couverte (purin, jus, liquide)				TFR										+90%			+15,2 m ³
FB2 Fumière cov. avec 3 murs 80 m ² Capacité utile réglementaire 132,3 m³																		
B22	Couloir d'alimentation couvert (bétonné)		3,0	3f/s	FCr	Me	VL8	55	4,0			3,50 m ³	60%	60%		110%	0,63 1 / 1,6 1,6 / 1,6	132,3 m ³
FOB2 Fosse couverte (purin, jus, liquide) 3 m ² utiles, HT = 2,00 m, HG = 0,25 m Capacité utile réglementaire 1,7 m³																		
B22	Couloir d'alimentation couvert (bétonné)		3,0	3f/s	P	Me			4,0			8% x 211,75 m ³ 1,80 m						16,9 m ³
FOB1	Fosse rectang enterrée non couverte				TFR										-90%			-15,2 m ³
FB4 Fumière non couverte avec 2 murs 114 m ² Capacité utile réglementaire 162,2 m³																		
B41	L'aire de couchage pailée (système 50%)		2,1	1f/2m	FTCa	He	GL0	29	4,0	4 6	2 3	0,60 m ³ +1,000 x 0,60 m ³ 0 x 0,90 m ³	50%	50%		70%	0,80 1,6 / 1,6 1,6 / 2	9,7 m ³
							GL1	40	4,0	4 6	2 3	0,60 m ³ +1,000 x 0,60 m ³ 0 x 0,90 m ³	50%	50%			0,80 1,6 / 1,6 1,6 / 2	19,2 m ³
							GL2	11	4,0	4 6	2 3	0,60 m ³ +1,000 x 0,60 m ³ 0 x 0,90 m ³	50%	50%		120%	0,80 1,6 / 1,6 1,6 / 2	6,3 m ³
B42	Couloir d'alimentation couvert (bétonné)		1,1	3f/s	FMC	He	GL0	29	4,0			1,90 m ³	50%	50%		70%	0,91 1 / 1,3 1,3 / 1,1	35,1 m ³

Transfert de 90% du purin vers la fosse à lisier à l'aide d'une tonne à lisier.

Transfert de tous les fumiers très compacts au tas en plein champ

Tab 13. REPERES DU CALCUL DES CAPACITES DE STOCKAGE REGLEMENTAIRES ICPE

Station météo : Plateau lorrain sud

Prise en compte du temps de présence dans le calcul de la capacité réglementaire.

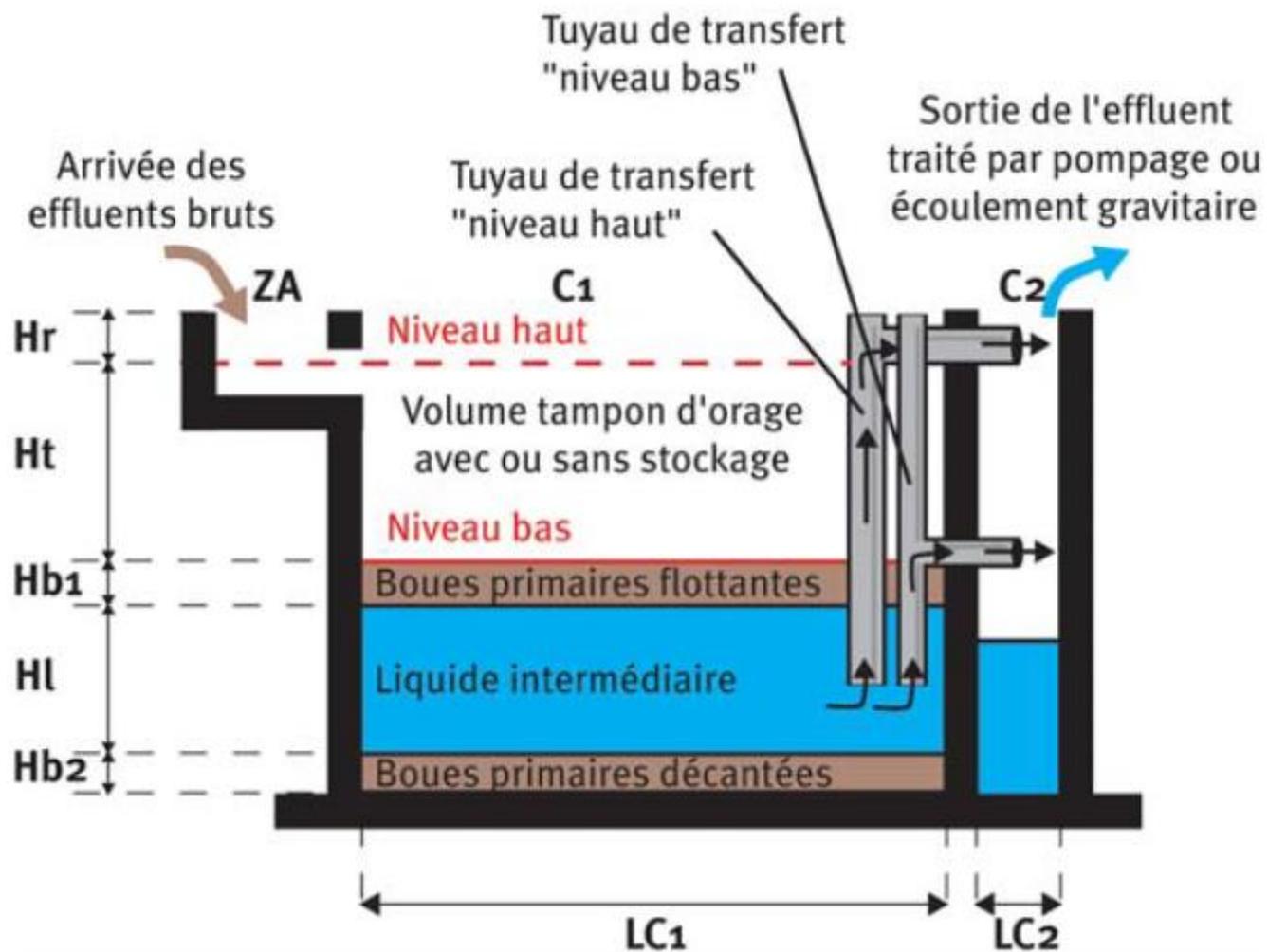
Ouvrage de stockage	Origine	Mode de logement	Quantité de paille	Périodicité de curage/racage	Type de produit correction /place/mois	Mode d'alimentation correction /place/mois	Catégorie animale	Nombre d'animaux, m² volailles de chair, m² eaux souillées, m³ silo correction /place/mois	Durée réglementaire temps présence si <	Durée(s) de référence	Durée(s) prod. lit. acc.	Capacité(s) utile(s) de référence et corrigée par animal	% Répartition standard référence	% Répartition sur l'aire de vie	% Répartition liti ou épouillage	% Selon poids, âge, aliment., production	Selon la hauteur de fumer	Capacité utile réglementaire
							GL1	40	4,0			1,90 m²	50%	50%			0,91 1 / 1,3 1,3 / 1,1	69,1 m³
							GL2	11	4,0			1,90 m²	50%	50%		120%	0,91 1 / 1,3 1,3 / 1,1	22,8 m³
TAS																	Capacité utile réglementaire	0,0 m³
																	Dont pluie (hors référentiel)	0,0 m³
B21	L'aire de couchage paillée (système 50%)	6,0	11/2m	FTCa	Me	VL8		56	2,0	4 6	2 4	0,00 m² 0 x 1,25 m² 0 x 2,25 m²	40%	40%		110%	1,60 1,6 / 1,6 1,6 / 1	0,0 m³
B3	Aire de couchage paillée "Intégrale"	2,0	11/2m	FTCa	F	VxE		40	2,0	4 6	4 6	0,00 m² 0 x 1,10 m² 0 x 1,45 m²					1,60 1,6 / 1,6 1,6 / 1	0,0 m³

Sur le tas, il y aura en plus, les 35,2 m² du bâtiment D (B41) (cf page précédente)

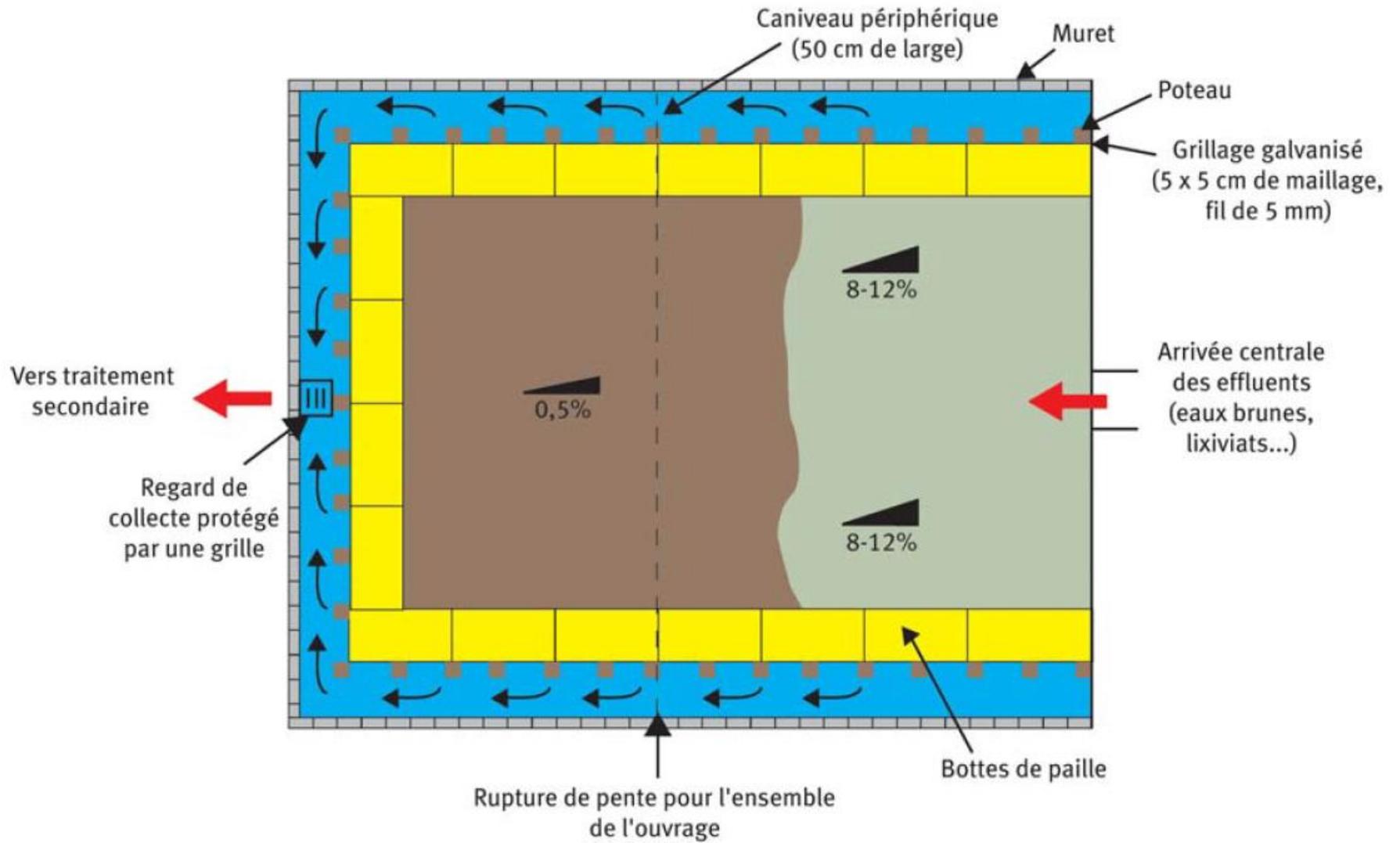
Bilan des effluents à gérer :

- Les 279,4 m³ de la salle de traite
- Les 74,5 m³ de lixiviats et de purins

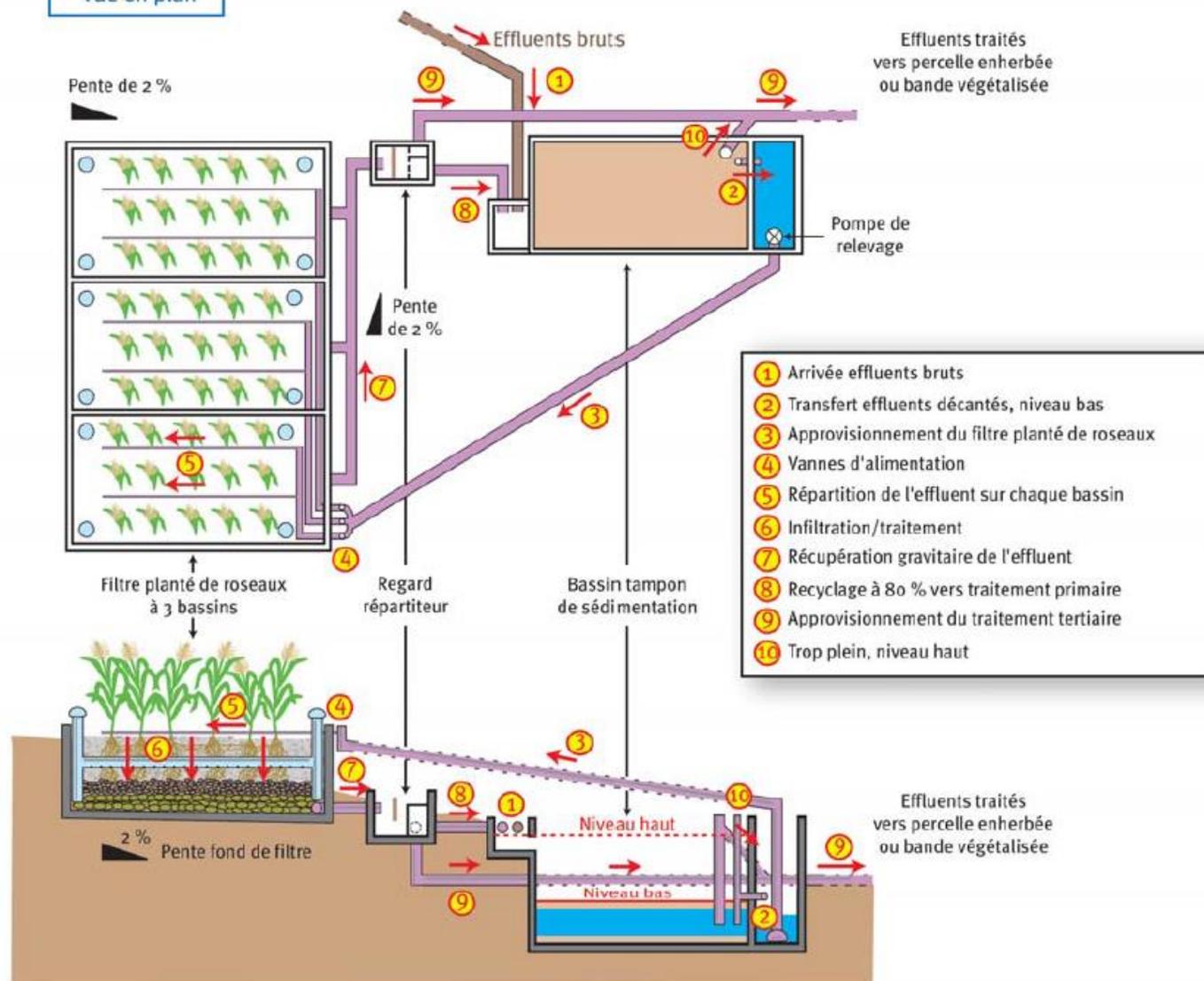
Annexe 19 : Schéma d'un BTS (Bassin Tampon Sédimentation)



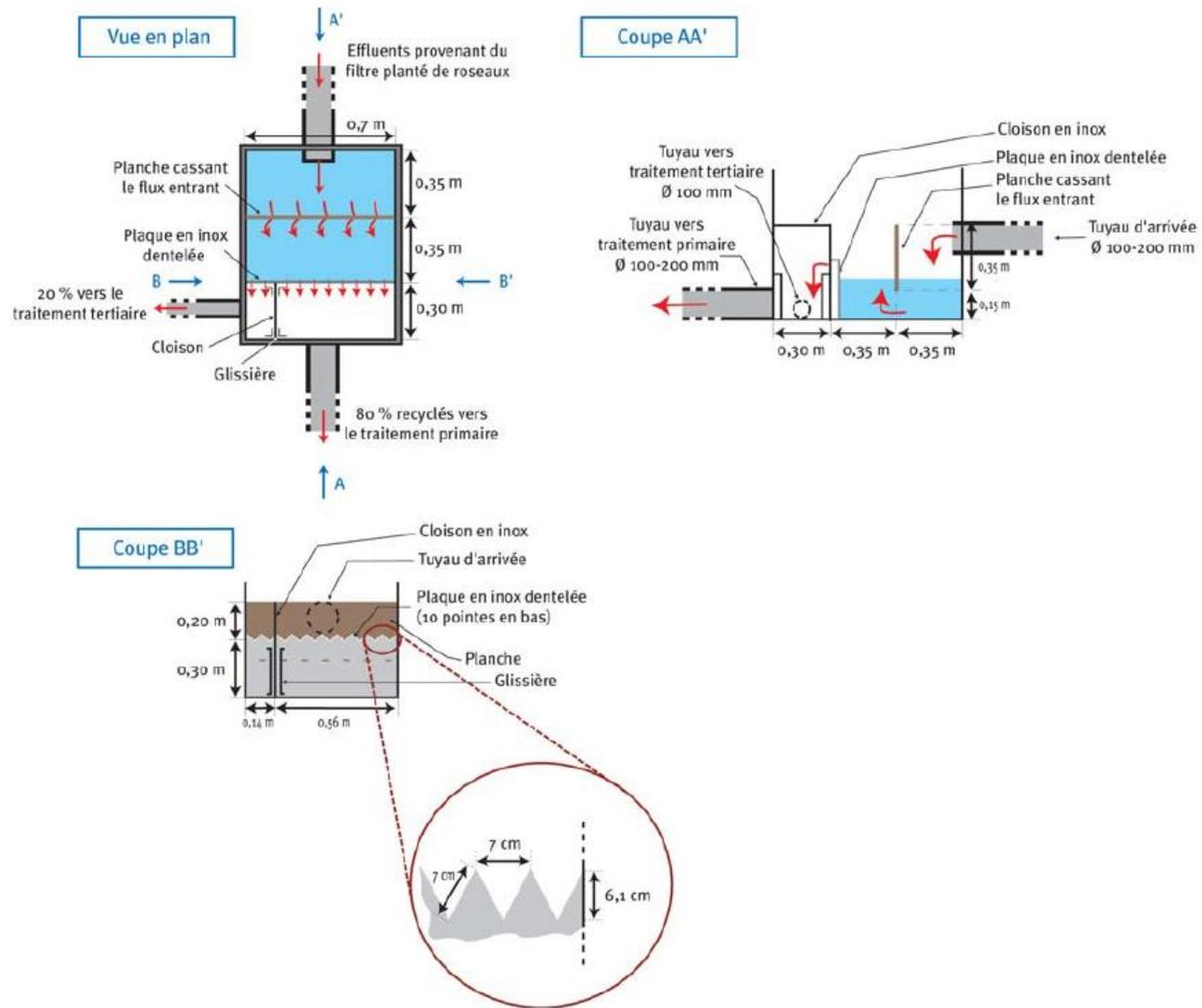
Annexe 20 : Schéma du filtre à paille



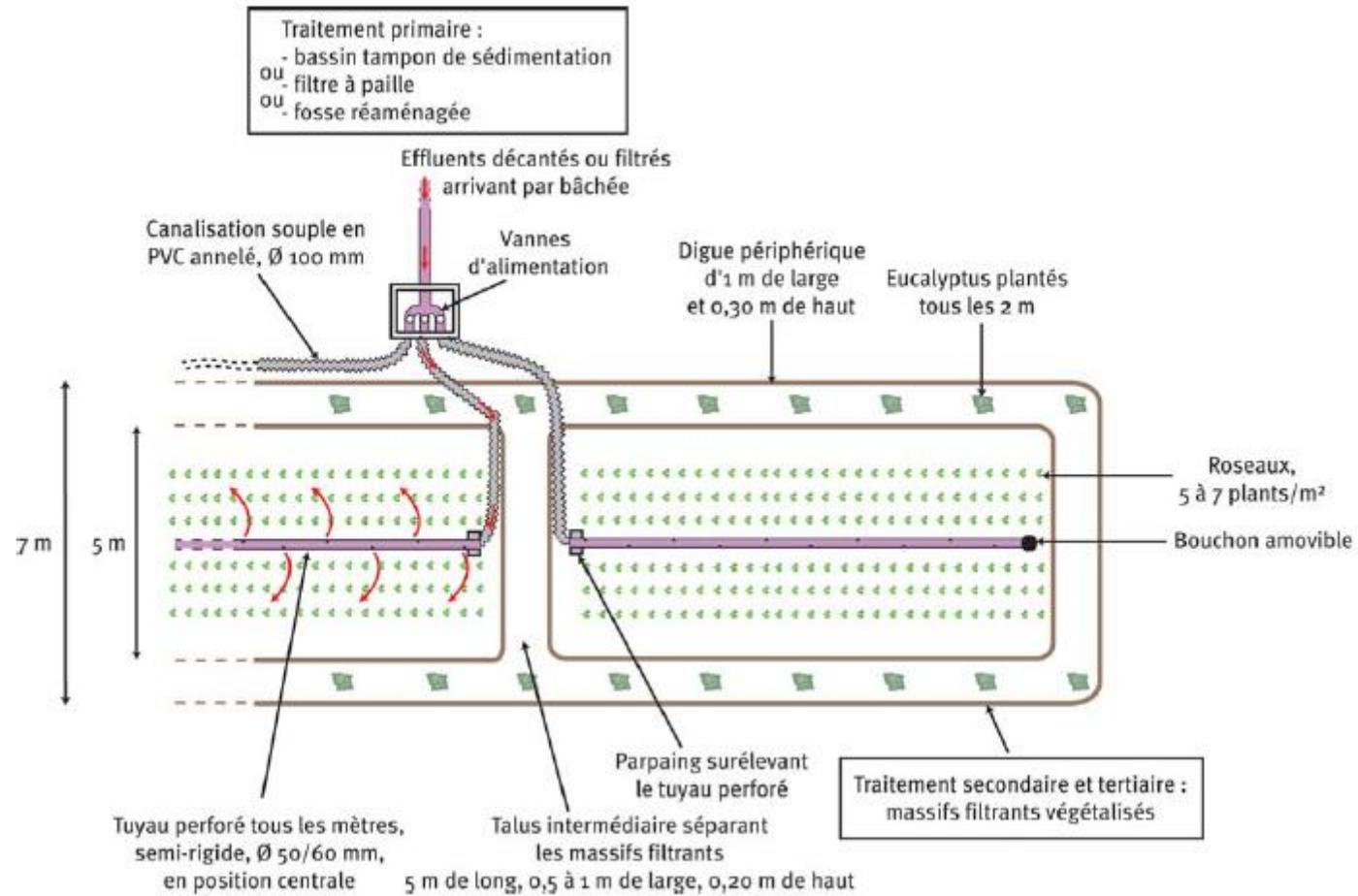
Vue en plan



Annexe 22 : Schéma du regard répartiteur

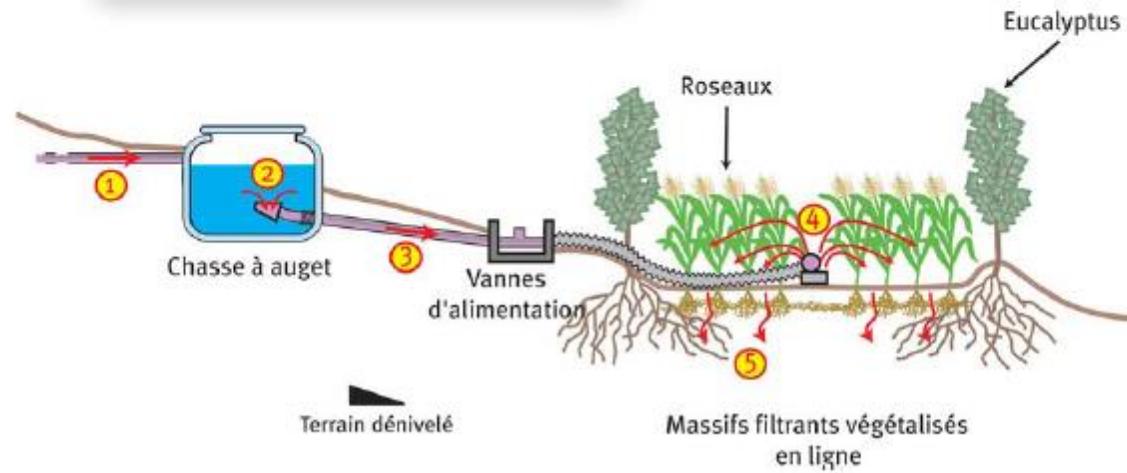


Annexe 23 : Schéma d'un massif filtrant végétalisé

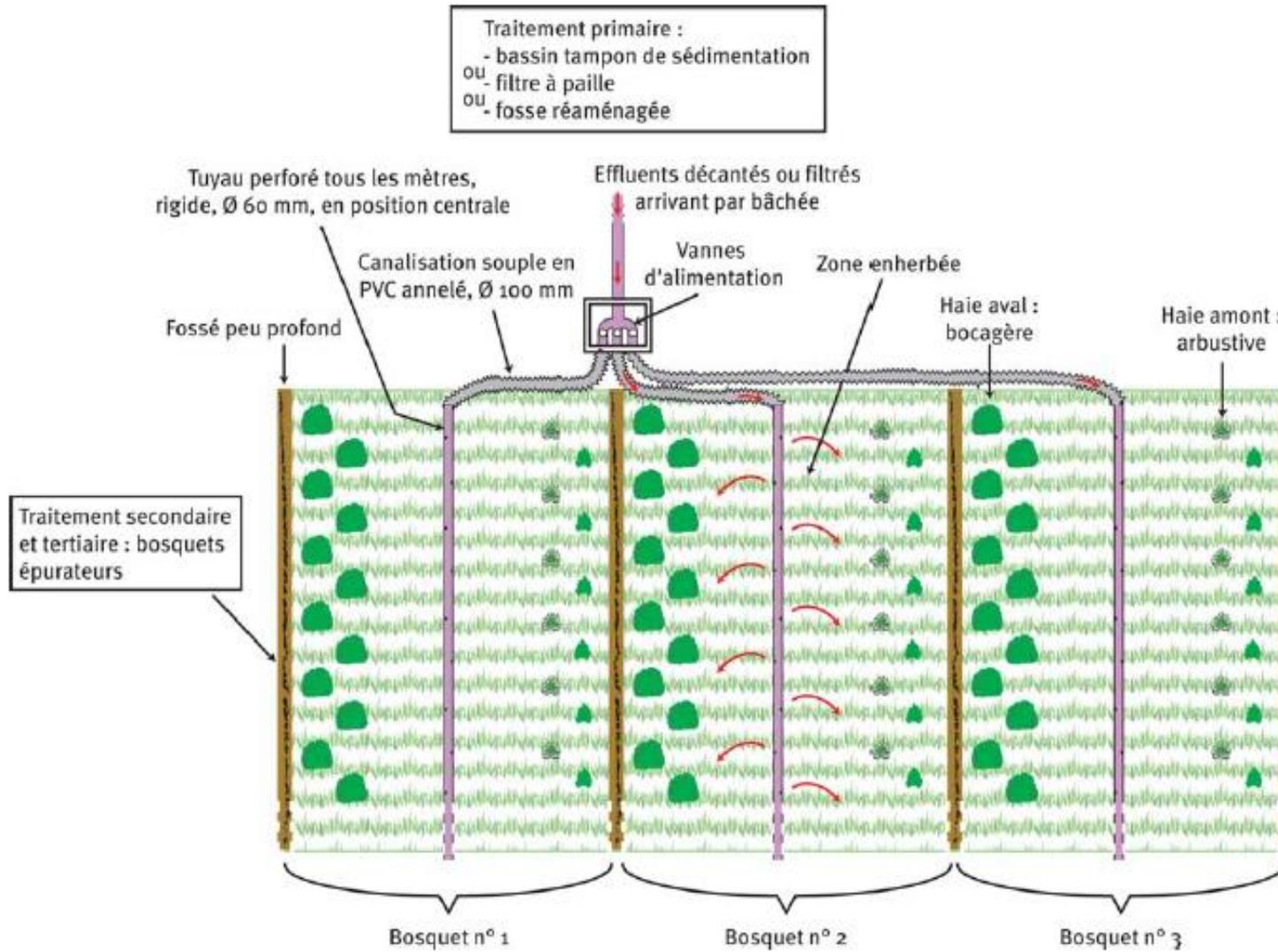


Annexe 24 : Schéma d'un massif filtrant végétalisé avec ouvrages

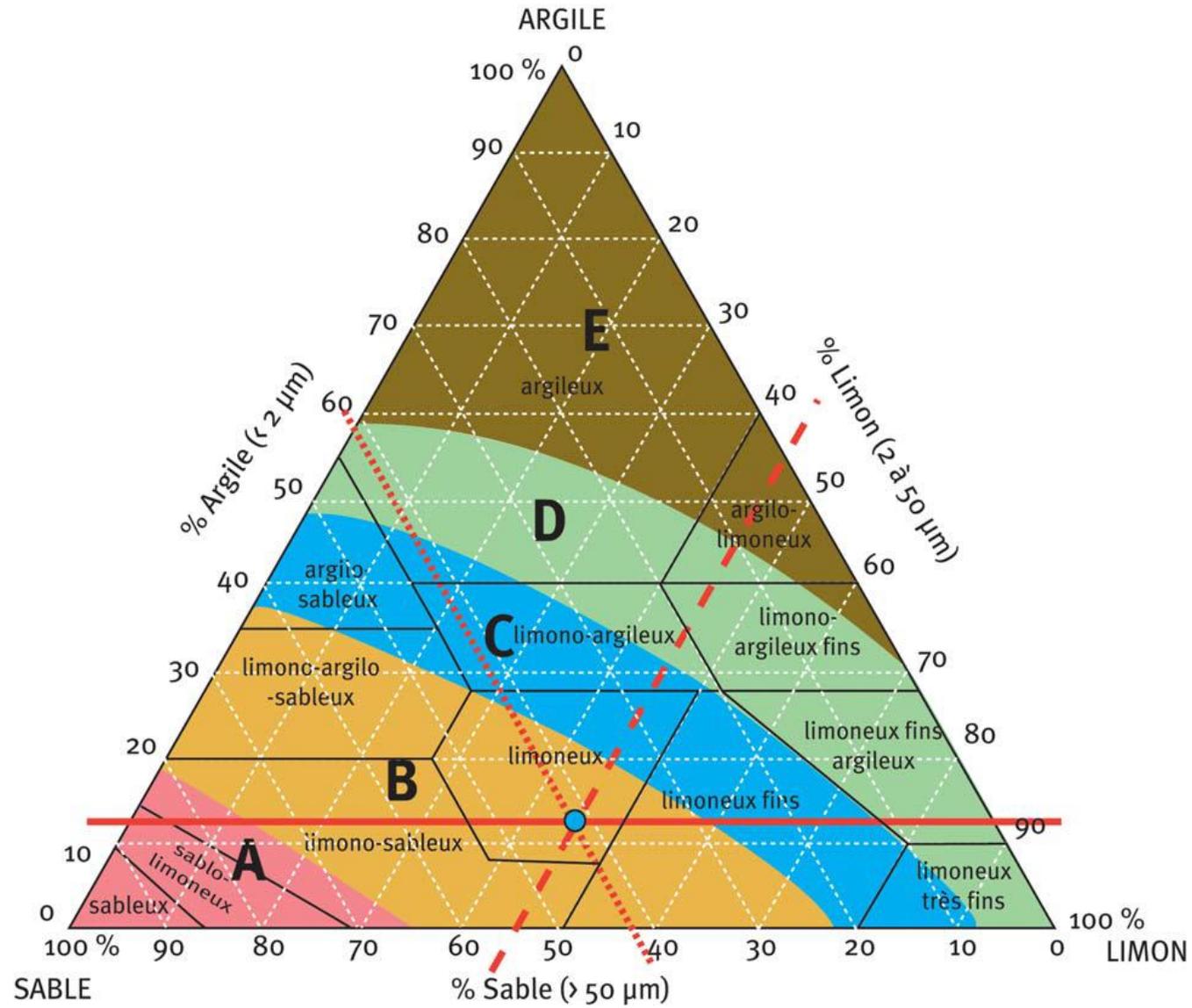
- ① Arrivée effluents de traitement primaire
- ② Phase de vidange, l'auget se remplit
- ③ Bâchée arrivant sur le massif filtrant
- ④ Distribution d'effluents par le tuyau perforé
- ⑤ Infiltration/traitement



Annexe 25 : Schéma d'un bosquet épurateur



Annexe 26 : Triangle des textures en relation avec sa perméabilité

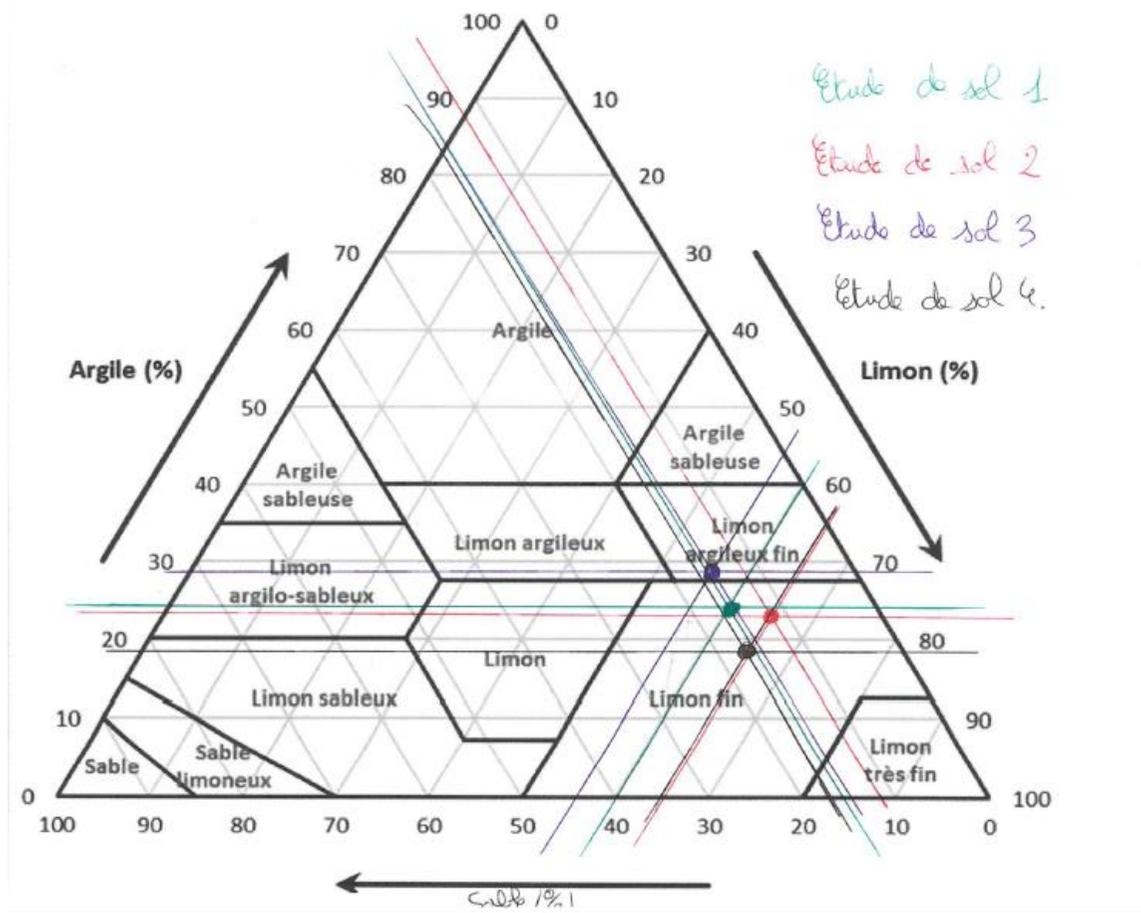


Les traits rouges présentés sur le triangle des textures ne représente rien pour notre étude

	CLASSE	Perméabilité K
A	Zone très perméable	supérieure à 1×10^{-5} m/s
B	Zone perméable	$4 \times 10^{-6} < K < 1 \times 10^{-5}$ m/s
C	Zone peu perméable	$6 \times 10^{-7} < K < 4 \times 10^{-5}$ m/s
D	Zone imperméable	$8 \times 10^{-8} < K < 6 \times 10^{-7}$ m/s
E	Zone très imperméable	inférieure à 8×10^{-8} m/s

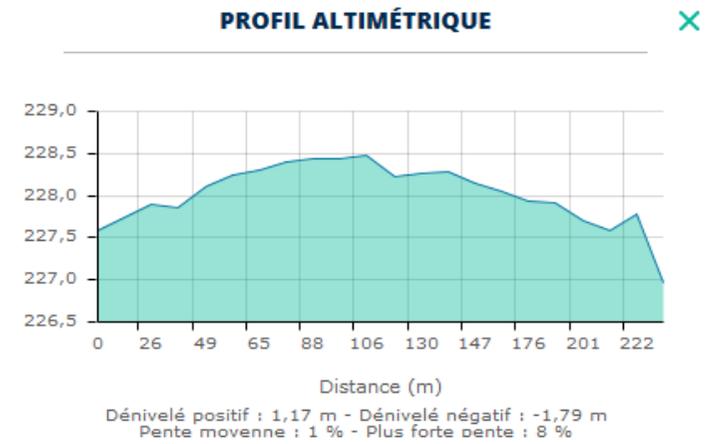
	Classe de perméabilité des sols (selon le graphique 1)					
Profil sur le 1^{er} mètre (minimum)	B		C		A	
Profil en profondeur	D	C	D	C	D	C
Commentaires	Sols très favorables à privilégier		Sols favorables à condition de limiter les apports hydriques au m ² (perméabilité limitée)		Sols très perméables nécessitant un horizon profond imperméable = sols peu fréquents	

Annexe 27 : Triangle des textures avec les analyses insérées



Annexe 28 : Photographies aériennes et profils altimétriques pour l'option 1

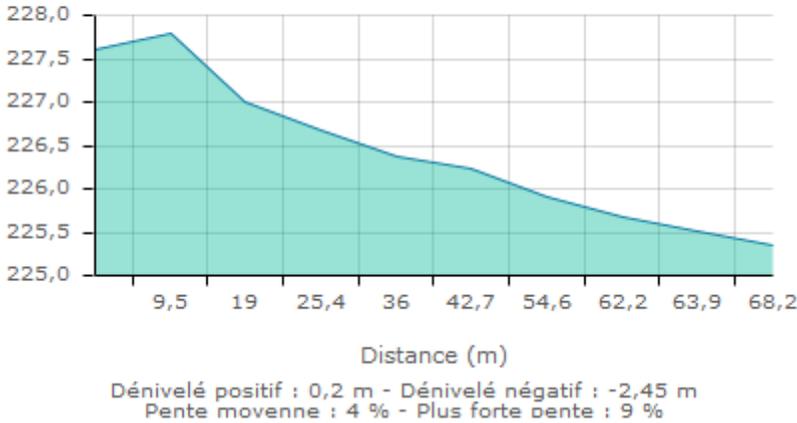
Longueur de la canalisation nécessaire pour apporter les effluents de salle de traite vers le traitement primaire. La direction du profil altimétrique est de la salle de traite au traitement (gauche à droite).



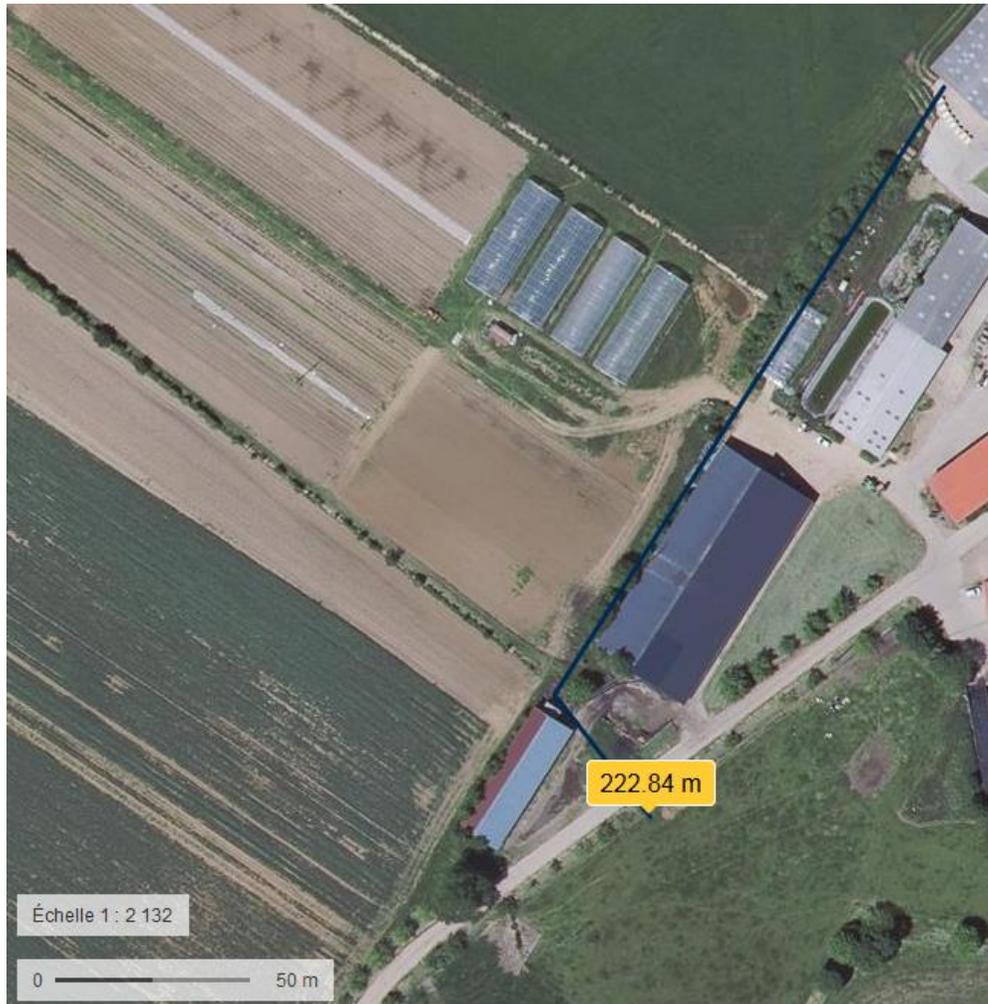
Emplacement disponible pour le traitement primaire et secondaire. Le but de cet option est de placer le traitement primaire de l'autre côté de la route (interne à l'exploitation agricole) et juste à côté de la fumière non couverte. La flèche rouge symbolise le sens du profil altimétrique. Les surfaces sont à titre indicatif, elles peuvent être modifiées, sauf pour le plus petit carré, qui correspond au traitement primaire et il occupe tout l'espace disponible.



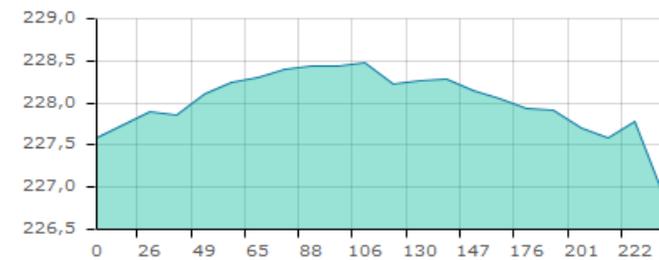
PROFIL ALTIMÉTRIQUE



Dans cette option, la canalisation est plus longue car il faut traverser la route pour accéder au traitement.



PROFIL ALTIMÉTRIQUE



Dénivelé positif : 1,17 m - Dénivelé négatif : -1,79 m
Pente moyenne : 1 % - Plus forte pente : 8 %

Ici tout le traitement se situe du même côté de la route. La plus petite surface correspond au traitement primaire et la plus grande au traitement secondaire. La flèche rouge correspond au profil altimétrique. Les surfaces sont mises à titre indicatif et peuvent être modifiées.





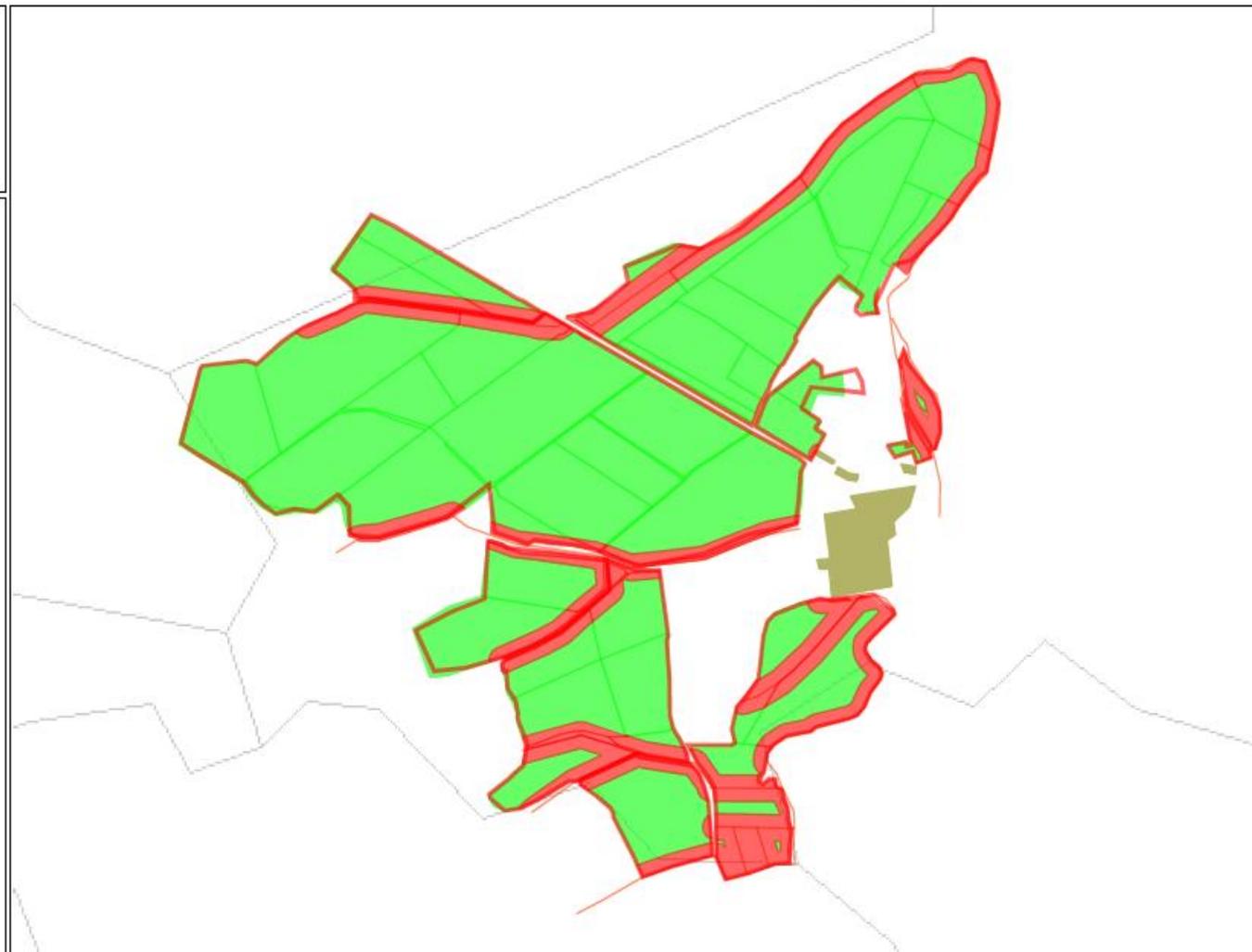
Plan épandage

Exploitation : EPL METZ COURCELLES-CHAUSSEY
N°SIRET : 19570088900017
Commune : COURCELLES-CHAUSSEY
Campagne : 2019

Echelle : 1 / 15000 ème
Imprimé le : 10/09/2019
Source : MesP@rnelles
Fonds de plan : une carte WMS d'openlayers



- Légende :
- Zones d'aptitudes
 - Apte
 - Interdit
 - Contraintes d'épandage
 - Cours d'eau
 - Tiers
 - Ilots
 - Limites
- Carte GEO Signal



Annexe 31 : Dimensionnement du BTS

• Bassin tampon de sédimentation - 1er compartiment

Boues	2 mois de stockage	⇒	14,7 m ³ (Vb)
Surface au niveau bas			
<u>Tampon d'orage</u>			
Surf. totale non couverte	114,0 m ²		
Pluie d'orage décennale	20 mm en ½ heure		
	↓		
	coefficient de ruissellement de 100%		
Volume	2,3 m ³ (Vt)		
	↓		
	charge surfacique 1,0 m ³ / h / m ²		
Surface nécessaire	2,3 m ²	⇔	Projetée 10,0 m² (S)

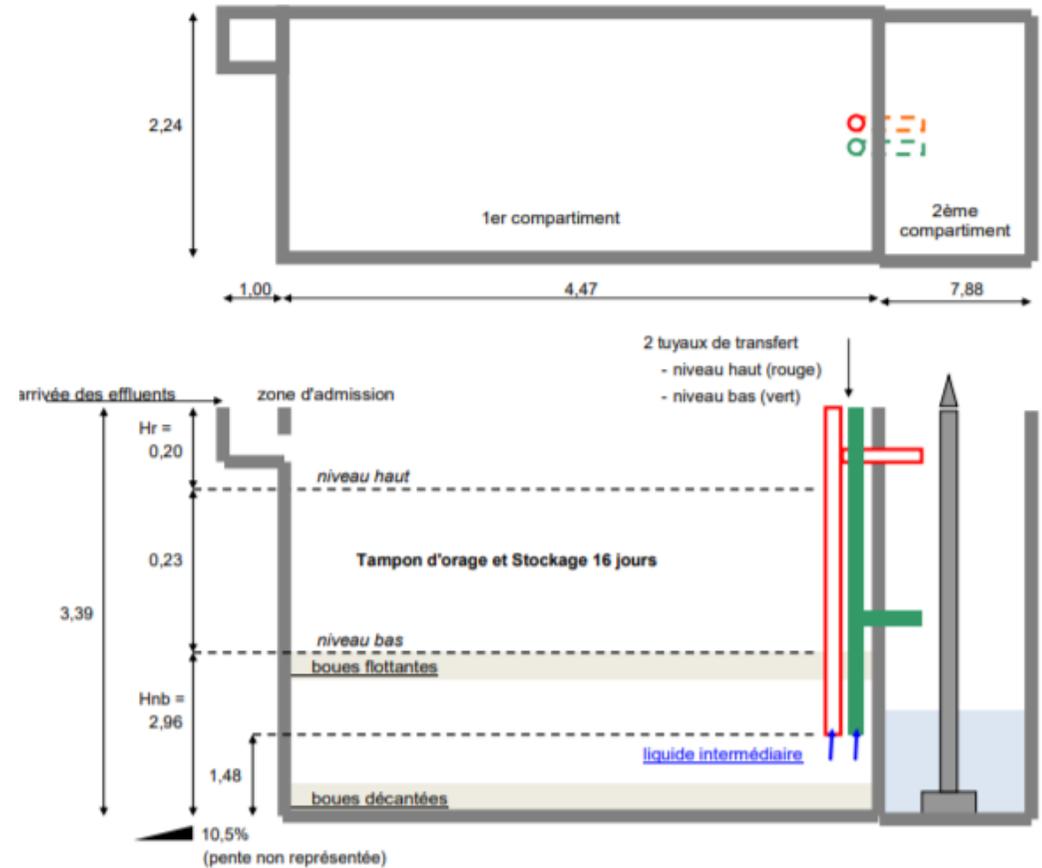
Dimensionnement (ne tient pas compte de la pente de fond)

<u>Longueur largeur</u>			
rapport long / larg.	2,00		
Longueur x largeur	4,47 x 2,24 m	←	
<u>Hauteurs</u>			
Boues	1,47 m (Hb) = Vb/S	←	
Liquide	1,49 m (Hl)		
Niveau bas	2,96 m (Hnb) = Hb+Hl		
Tampon d'orage	0,23 m (Ht) = Vt/S	←	
Revanche	0,20 m (Hr)		
Total Nécessaire	3,39 m Hb+Hl+Ht+Hr		
Projeté	3,39 m (Hp)		
Hb doit être inférieure ou égal à Hl ; Hl doit être au moins égal à 0,6m et Hnb à 0,9m			
<u>Autres dimensions</u>			
Pente de fond	10,5 % dirigée vers la zone d'admission		
Long. zone admission	1,00 m		

• Volume utile de stockage et 2ème compartiment

<u>Épisode hivernal le plus pluvieux :</u>	Finistère 80mm		
Durée	16 jours		
Pluviosité	80 mm	⇒	Volume total nécessaire 49,7 m³ (Vs)
<u>Volume 1er compartiment</u>	[Hp-Hr-Hnb] x S		2,3 m ³ (Vs1)
<u>Volume 2ème compartiment</u>			
Nécessaire = Vs - Vs1	47,4 m ³	⇔	Projeté 47,4 m³ (Vs2)
Longueur x largeur x hauteur	7,88 x 2,24 x 2,69 m		
avec une garde de 0,5m sous la revanche			
Volume total disponible			49,7 m³ Vs1 + Vs2

Schémas non représentés à l'échelle.



Annexe 32 : Données de dimensionnement pour l'épandage sur prairie + BTS

• **Traitement primaire : Bassin tampon et de sédimentation**

		sept.	oct.	nov.	dec.	jan.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août		
<u>En entrée</u>		73,5	80,8	40,8	40,8	83,7	40,8	40,8	79,8	78,2	74,5	73,4	73,2	73,2	73,0
	Azote total	33	45	23	23	45	23	23	45	45	39	33	33	33	33
<u>Boues</u>		7,2	7,3	3,7	3,7	7,4	3,7	3,7	7,3	7,3	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
	Abattement azote total	10	14	7	7	14	7	7	14	14	12	10	10	10	10
<u>En sortie</u>		66,6	74,0	37,5	37,5	77,2	37,4	37,4	72,9	71,2	67,5	66,5	66,4	66,4	66,1
	Azote total	23	32	16	16	32	16	16	32	32	27	23	23	23	23
		0,344	0,427	0,421	0,421	0,409	0,422	0,422	0,433	0,443	0,402	0,344	0,345	0,345	0,346
	Azote ammoniacal	15	21	11	11	21	11	11	21	21	18	15	15	15	15
		0,229	0,284	0,281	0,281	0,273	0,281	0,281	0,289	0,296	0,268	0,230	0,230	0,230	0,231

• **Traitement secondaire / tertiaire : Épandage sur prairie**

Besoin de surface

D'après l'azote ammoniacal

- Qtés admises du 15/11 au 15/01

20,00	kgNH4 . kgNH4	⇒	2,10	ha
65,00	kgNH4 . kgNH4	⇒	1,62	ha
400,0	m³/ha m³/ha	⇒	0,38	ha

- Qtés admises de nov. à mars

⇒	Surface nécessaire	2,10	ha
	Surface projetée	2,10	ha

D'après la charge hydraulique

Volume d'effluent pour respecter l'apport maximum d'azote ammoniacal entre le 15/11 et le 15/01

72,3 m³ /ha

Annexe 33 : Dimensionnement du filtre à paille

Volume utile nécessaire

Tampon d'orage

Surface totale découverte	114,0	m ²
Pluie d'orage décennale	20	mm en ½ heure (coefficient de ruissellement de 100%)
Volume	2,3	m ³

Boues

Volume annuel	87,2	m ³
---------------	------	----------------

⇒ Volume utile nécessaire 88,5 m³

Dimensionnement

Éléments de construction

• Bottes

longueur	2,40	m
largeur	1,20	m
hauteur	0,90	m
hauteur de revanche	0,05	m

• Paroi et caniveau - Largeurs

poteau		m
caniveau	0,50	m
muret		m

• Dalles - Pentes

fond	0,50	%
rampe	10,00	%

Ajustement longueur, largeur

Largeur interne entre bottes	5,00	m	(mini = passage tracteur)
Longueur interne du fond	20,00	m	(sans botte de paille)

Caractéristiques calculées

• Dalle, y compris emplacement des bottes et de la paroi

largeur	7,40	m	
Fond longueur	21,20	m	surface 158,9 m ²
Rampe longueur	7,54	m	surface 55,8 m ²

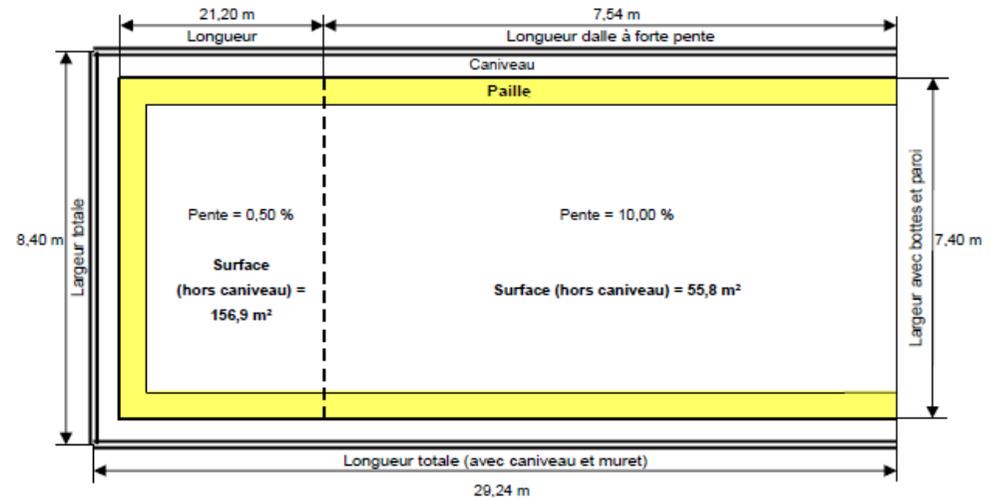
• Emprise totale au sol, caniveau et muret inclus

largeur	8,40	m	
longueur	29,24	m	surface 245,6 m ²

• Nombre de bottes

fond	2,1	
côté	11,5	
total	25,1	

⇒ Volume utile projeté 94,1 m³

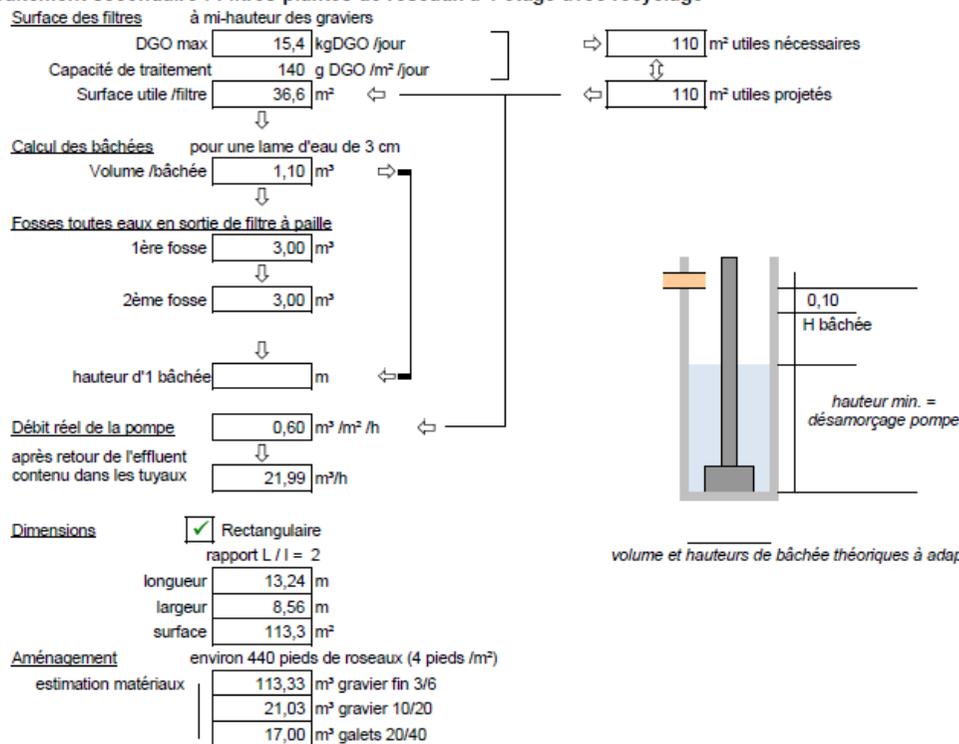


Annexe 34 : Résultats du dimensionnement de la filière FAP + FPR

• Traitement primaire : Filtre à paille

		sept.	oct.	nov.	déc.	janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	
En entrée														
	927 m ³ /an	73,5	80,8	81,7	83,7	81,6	79,8	78,2	74,5	73,4	73,2	73,2	73,0	m ³
Azote total	473 kgN /an	32,7	45,1	45,1	45,1	45,1	45,1	45,1	38,9	32,7	32,7	32,7	32,7	kgN
DCO	5 743 kgDCO /an	447,6	508,2	515,8	532,8	514,8	499,7	486,4	456,3	446,9	445,7	445,7	443,8	kgDCO
Boues														
	87 m ³ /an	7,2	7,3	7,4	7,4	7,3	7,3	7,3	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	m ³
Abattement azote total	142 kgN /an	9,8	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	11,7	9,8	9,8	9,8	9,8	kgN
	2 297 kgDCO /an	179,0	203,3	206,3	213,1	205,9	199,9	194,6	182,5	178,8	178,3	178,3	177,5	kgDCO
En sortie														
	965 m ³ /an	74,1	87,0	89,8	96,2	89,5	83,7	78,7	72,3	73,8	73,4	73,4	72,6	m ³
Azote total	331 kgN /an	22,9	31,6	31,6	31,6	31,6	31,6	31,6	27,2	22,9	22,9	22,9	22,9	kgN
	0,343 kgN /m ³	0,309	0,363	0,351	0,328	0,353	0,377	0,401	0,375	0,310	0,312	0,312	0,315	kgN /m ³
DCO	3 446 kgDCO /an	268,5	304,9	309,5	319,7	308,9	299,8	291,9	273,8	268,1	267,4	267,4	266,3	kgDCO

• Traitement secondaire : Filtres plantés de roseaux à 1 étage avec recyclage



volume et hauteurs de bâchée théoriques à adapter selon longueurs et sections des tuyaux

• **Traitement tertiaire : Surface d'épandage**

		sept.	oct.	nov.	déc.	janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	
<u>A traiter</u>	1 022 m³ /an	77,7	93,2	96,9	105,4	96,5	88,9	82,4	74,7	77,3	76,7	76,7	75,8	m³
Azote total	94 kgN /an	6,5	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	7,8	6,5	6,5	6,5	6,5	kgN
	0,092 kgN /m³	0,084	0,097	0,093	0,085	0,093	0,101	0,109	0,104	0,084	0,085	0,085	0,086	kgN /m³
Azote ammoniacal	44 kgNH4 /an	3,1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	3,6	3,1	3,1	3,1	3,1	kgNH4
	0,043 kgNH4 /m³	0,039	0,045	0,043	0,040	0,044	0,047	0,051	0,048	0,039	0,040	0,040	0,040	kgNH4 /m³

Azote ammoniacal octobre à janvier en sortie de filtre :

Quantité	17	kgNH4
Pression max	65	kgNH4 /ha
	⇕	
Surface d'après NH4	0,26	ha

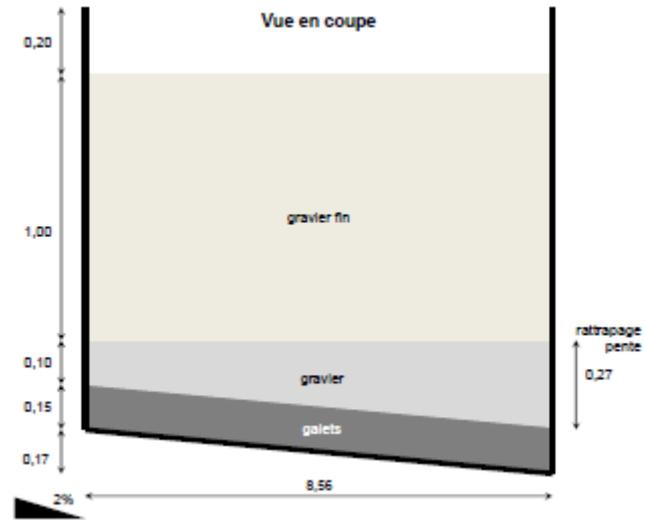
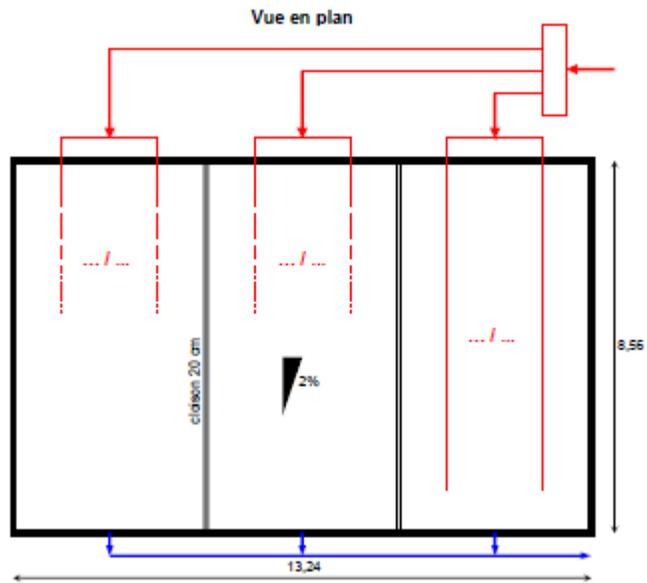
Azote total par an en sortie de filtre :

Quantité	94	kgN /an
	⇕	
Pression calculée	364	kgN /ha
Pression max recommandée		kgN /ha
	⇕	

Surfaces d'après N et NH4 :

Nécessaire	0,26	ha
Projetée	0,26	ha

Annexe 35 : Vue en coupe et en plan du filtre



Annexe 36 : Résultats de dimensionnement de la filière FAP + Lagunes

• **Traitement primaire : Filtre à paille**

		sept.	oct.	nov.	déc.	janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	
<u>En entrée</u>	927 m ³ /an	73,5	80,8	81,7	83,7	81,6	79,8	78,2	74,5	73,4	73,2	73,2	73,0	m ³
Azote total	473 kgN /an	33	45	45	45	45	45	45	39	33	33	33	33	kgN
DCO	5 743 kgDCO /an	448	508	516	533	515	500	486	456	447	446	446	444	kgDCO
<u>Boues</u>	87 m ³ /an	7,2	7,3	7,4	7,4	7,3	7,3	7,3	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	m ³
<u>Abattement azote total</u>	142 kgN /an	10	14	14	14	14	14	14	12	10	10	10	10	kgN
	2 297 kgDCO /an	179	203	206	213	206	200	195	183	179	178	178	178	kgDCO
<u>En sortie</u>	965 m ³ /an	74,1	87,0	89,8	96,2	89,5	83,7	78,7	72,3	73,8	73,4	73,4	72,6	m ³
Azote total	331 kgN /an	23	32	32	32	32	32	32	27	23	23	23	23	kgN
	0,343 kgN /m ³	0,309	0,363	0,351	0,328	0,353	0,377	0,401	0,375	0,310	0,312	0,312	0,315	kgN /m ³
Azote ammoniacal	221 kgNH4 /an	15	21	21	21	21	21	21	18	15	15	15	15	kgNH4
	0,229 kgNH4 /m ³	0,206	0,242	0,234	0,219	0,235	0,251	0,267	0,250	0,207	0,208	0,208	0,210	kgNH4 /m ³
DCO	3 446 kgDCO /an	269	305	309	320	309	300	292	274	268	267	267	266	kgDCO

• **Traitement secondaire : Lagunes**

Surface totale en eau des 3 bassins de lagunage

	DCO	N total	NH4	
Quantité à traiter	3 446	331	221	kg/an
Besoin de surface	0,15	1,57	2,40	m ² /kg
Surface totale	516,9	519,8	529,8	m ²

⇒ 529,8 m² nécessaires

Dimensionnement des lagunes (indications pour 1 bassin)

Rapport Long./ larg.	3,0
Inclinaison des bords	45 ° (0° = paroi verticale)
Profondeur utile	1,00 m
Hauteur de revanche	0,50 m

Surface en eau projetée	176,6	m ²
total	243,3	m ²
utile	147,2	m ²
ouverture	24,02	m x 8,67 m
fond	21,02	m x 5,67 m

Surface d'implantation des 3 bassins avec passage de 5 m

1 565,3 m²

• **Traitement tertiaire : Surface d'épandage**

		sept.	oct.	nov.	déc.	janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	
<u>A traiter</u>	1 283 m ³ /an	93,9	121,3	129,2	146,8	128,2	112,5	98,7	85,2	93,2	91,9	91,9	89,9	m ³
Azote total	66 kgN /an	4,6	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	5,4	4,6	4,6	4,6	4,6	kgN
	0,052 kgN /m ³	0,049	0,052	0,049	0,043	0,049	0,056	0,064	0,064	0,049	0,050	0,050	0,051	kgN /m ³
Azote ammoniacal	44 kgNH ₄ /an	3,1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	3,6	3,1	3,1	3,1	3,1	kgNH ₄
	0,034 kgNH ₄ /m ³	0,033	0,035	0,033	0,029	0,033	0,037	0,043	0,042	0,033	0,033	0,033	0,034	kgNH ₄ /m ³

Azote ammoniacal octobre à janvier en sortie de lagunage :

Quantité	17 kgNH ₄
Pression max	65 kgNH ₄ /ha
↓	
Surface d'après NH ₄	0,26 ha

Azote total par an en sortie de lagunage :

Quantité	66 kgN /an
↓	
Pression calculée	256 kgN /ha
Pression max recommandée	kgN /ha
↓	

Surfaces d'après N et NH₄ :

Nécessaire	0,26 ha
Projetée	0,26 ha

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Diplôme(s)

Ingénieur de l'ENGEES (Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement)

Spécialité

Hydrosystèmes

Auteur

Alexandre Gallet

Année

2019

Titre

Gestion des effluents d'élevage de la ferme des Mesnils et mise aux normes

Nombre de pages Texte : 55 Annexes : 45 Total : 100

Nombre de références bibliographiques : 20

Structure d'accueil : EPLEFPA de Courcelles-Chaussy (57)

Maître de stage : Matthieu Zehr

Résumé :

La mise aux normes des ouvrages pour la gestion des effluents d'élevage a été imposée par la circulaire relative aux effluents d'élevage du 20 décembre 2001 et aux installations classées pour la protection de l'environnement. L'exploitation des Mesnils n'étant pas aux normes, un calcul de dimensionnement des ouvrages de stockage a été fait manuellement ainsi que numériquement grâce au logiciel Dixel. Ce logiciel nous a aussi permis de dimensionner différentes filières de traitement possibles et réalisable dans notre étude de cas. Ces filières ont été comparées ensuite selon différents critères et une seule a été retenue.

Mots-clés

Effluents, élevage, bovins, traitement, dimensionnement, stockage