

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR AGRICOLE
E7-2 ÉPREUVE INTÉGRATIVE**

Option : GEMEAU

Durée : 150 minutes

Matériel(s) et document(s) autorisé(s) : **Calculatrice**

Le sujet comporte **14** pages

NB : les documents ont été modifiés pour les besoins de l'épreuve.

SUJET

Collecte et traitement des eaux pluviales d'un aéroport

Contexte

L'aéroport de Royan dispose d'un système de gestion des eaux pluviales constitué d'un réseau de collecte et d'un bassin d'infiltration. Le syndicat mixte propriétaire et exploitant des infrastructures de l'aéroport envisage d'ajouter une unité de traitement des eaux pluviales pour améliorer la qualité des eaux rejetées dans le milieu naturel.

Il mandate un bureau d'études pour réaliser un diagnostic du réseau de collecte existant, dimensionner le projet de filière de traitement et envisager une possibilité de réutilisation des eaux usées traitées (REUT) pour un usage en irrigation agricole.

Les eaux de ruissellement sur les surfaces imperméabilisées des aéroports sont polluées par :

- Les matières en suspension (brindilles, feuilles).
- Les métaux lourds, dont principalement le plomb, le zinc, le cadmium et le cuivre. Ces éléments peuvent se retrouver sous forme particulaire ou soluble.
- Les matières organiques, principalement le kérosène (carburant des avions) et les solutions glycolées (dégivrage des avions). La présence de matière organique est caractérisée par des indicateurs tels que le Carbone Organique Total (COT) ou l'absorbance UV.

Situation professionnelle

Vous êtes technicien(e) supérieur(e) au sein du bureau d'études mandaté par le syndicat mixte. À ce titre, vous devez :

- Établir un diagnostic de la capacité du réseau de collecte des eaux pluviales. **(7 points)**
- Proposer une solution technique d'alimentation en eau de la filière de traitement. **(5 points)**
- Choisir les équipements de la filière de traitement. **(5 points)**
- Identifier les conditions de la réutilisation des eaux usées traitées (REUT) pour un usage en irrigation agricole **(3 points)**

PARTIE 1

Diagnostic du réseau de collecte des eaux pluviales

(7 points)

Le **document 1** présente le plan de masse de l'aéroport étudié, comprenant :

- Le réseau d'eaux pluviales collectées au niveau des toitures des bâtiments.
- Le réseau d'eaux pluviales collectées au niveau des aires de stationnement et de circulation des avions.
- Le projet de filière de traitement envisagée.

Le **document 2** représente schématiquement le réseau, les bassins versants de collecte et leurs caractéristiques, ainsi que les temps de concentration suivant les différents chemins hydrauliques.

Le réseau de collecte des eaux pluviales est constitué de caniveaux à fente de section circulaire présentant un écoulement gravitaire.

La conduite FG du bassin versant 5 est équipée du modèle de caniveau CF- FORTÉ® 500 présenté dans le **document 3**. Le bassin versant 5 a un coefficient de ruissellement $C = 0,95$. Les coefficients de Montana pour la station météo de l'aéroport et une période de retour $T = 10$ ans sont :

$$a = 4,817 \text{ et } b = 0,531.$$

En vous appuyant sur le **document 4**, votre supérieur vous demande de procéder au diagnostic de la conduite FG.

1. **Déterminer** le débit de pointe à l'exutoire du bassin versant 5 au point G.
2. **Estimer**, grâce au **document 1**, la valeur de la pente moyenne du collecteur FG.
3. **Vérifier** la capacité du caniveau CF- FORTÉ® 500 à évacuer le débit de pointe produit par le BV5.

PARTIE 2

Proposition d'une solution technique d'alimentation en eau de la filière de traitement.

(5 points)

Le **document 5** présente le projet de la filière de traitement envisagée. Elle comprend les principaux éléments suivants :

- Un bassin tampon équipé d'une sonde piézométrique (acquisition de la hauteur d'eau stockée) et d'une pompe de relèvement.
- Un débourbeur permettant la rétention des matières en suspension et des particules flottantes.
- Un poste de mesure en ligne de l'absorbance de l'eau pour l'estimation de la teneur en pollution organique de l'eau.
- Un ouvrage de décantation lamellaire précédé d'une injection de coagulant.
- Un ouvrage de stockage des boues extraites.

Les eaux traitées sont acheminées gravitairement vers un bassin d'infiltration qui assurera la restitution progressive des effluents au milieu naturel.

La filière de traitement doit garantir une qualité de rejet respectant les valeurs suivantes :

Paramètre	MES (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	SEH * (mg/L)	Cuivre (mg/L)	Cadmium (µg/L)
Concentration maximale autorisée avant rejet	25	35	1	1	5

* : substance extractible à l'hexane (quantification des hydrocarbures résiduels)

Le système de traitement est conçu pour un débit d'alimentation de 160 L/s. Pour garantir l'efficacité des ouvrages de traitement implantés à l'aval, ce débit doit être maintenu constant. Le marnage autorisé dans le bassin tampon est de 4,5 m.

Le **document 6** représente les courbes de la pompe du bassin tampon à 105 %, 100 % et 79 % de sa vitesse de rotation nominale, ainsi que les courbes réseau pour les niveaux bas et haut dans le bassin tampon.

4. **Déterminer** la plage de variation du débit de la pompe au cours de la vidange du bassin tampon lorsque la pompe est utilisée à sa vitesse nominale.
5. **Proposer** une solution technique permettant de maintenir un débit constant, quel que soit le niveau dans le bassin tampon.
6. **Préciser** les équipements nécessaires pour mettre en œuvre votre solution.

PARTIE 3

Choix des équipements de la filière de traitement (5 points)

L'absorbance permet d'estimer la valeur en carbone organique total (COT) de l'échantillon. L'absorbance A de l'eau est mesurée à partir de la sonde absorbance UV 254 nm. Une injection de coagulant dans le décanteur lamellaire permet de réduire cette pollution. La sonde d'absorbance et l'injection de coagulant sont représentées dans le schéma du **document 5**.

7. Justifier la nécessité d'asservir l'injection de coagulant en fonction de la valeur de l'absorbance de l'eau A et non pas en fonction du débit d'eau à traiter (m^3/h).

Une campagne d'analyses des eaux pluviales collectées a été réalisée pendant une durée d'un an. Sur les 12 échantillons prélevés à l'entrée du bassin d'infiltration, on a déterminé l'absorbance A.

Les résultats obtenus sont les suivants :

	Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur moyenne	Valeur médiane
A	0,3	0,8	0,55	0,65

Le réactif retenu pour l'étape de coagulation est un sel d'aluminium de type PCA (polychlorure d'aluminium) de référence PAX XL10. Des essais en laboratoire ont permis d'établir des correspondances entre le taux de traitement optimal à appliquer en coagulant (en milligrammes de réactif par litre d'eau à traiter) et l'absorbance de l'eau.

Le **document 7** présente les résultats obtenus.

8. Établir, à partir du **document 7**, le taux de traitement en coagulant à appliquer pour une absorbance maximale de l'eau brute à traiter.

La solution de PAX XL10 présente une densité $d = 1,16$.

9. Calculer en L/h le débit d'injection délivré par la pompe doseuse pour un débit d'eau à traiter de 160 L/s.

La pompe doseuse chargée d'injecter le coagulant est une pompe à doseur oscillant. Un volume de liquide défini est aspiré lors de la course d'aspiration du piston et poussé dans la conduite de dosage lors de la course de refoulement. Les réglages de la pompe peuvent être modifiés pour atteindre un dosage précis et constant.

La pompe retenue est de marque Prominent, gamme Beta® b. Le **document 8** présente les caractéristiques techniques des pompes de la gamme. La hauteur d'aspiration de la pompe est de 2,5 m.

10. Proposer un choix argumenté de pompe doseuse.

L'extraction des boues en fond de clarificateur est assurée par l'ouverture d'une vanne à manchon pneumatique. Ainsi les boues peuvent rejoindre gravitairement l'ouvrage de stockage des boues. La commande d'ouverture et de fermeture de cette vanne est pilotée par le système de télégestion du site.

Le bureau d'études évalue les conséquences d'une éventuelle panne engendrant un blocage de la vanne à manchon pneumatique en position fermée pendant plusieurs jours.

11. Décrire les conséquences de cette panne au niveau du système de traitement et de son environnement immédiat.

12. Proposer une solution de détection de cette panne.

PARTIE 4

Identification des conditions de la réutilisation des eaux usées traitées (REUT) pour un usage en irrigation agricole (3 points)

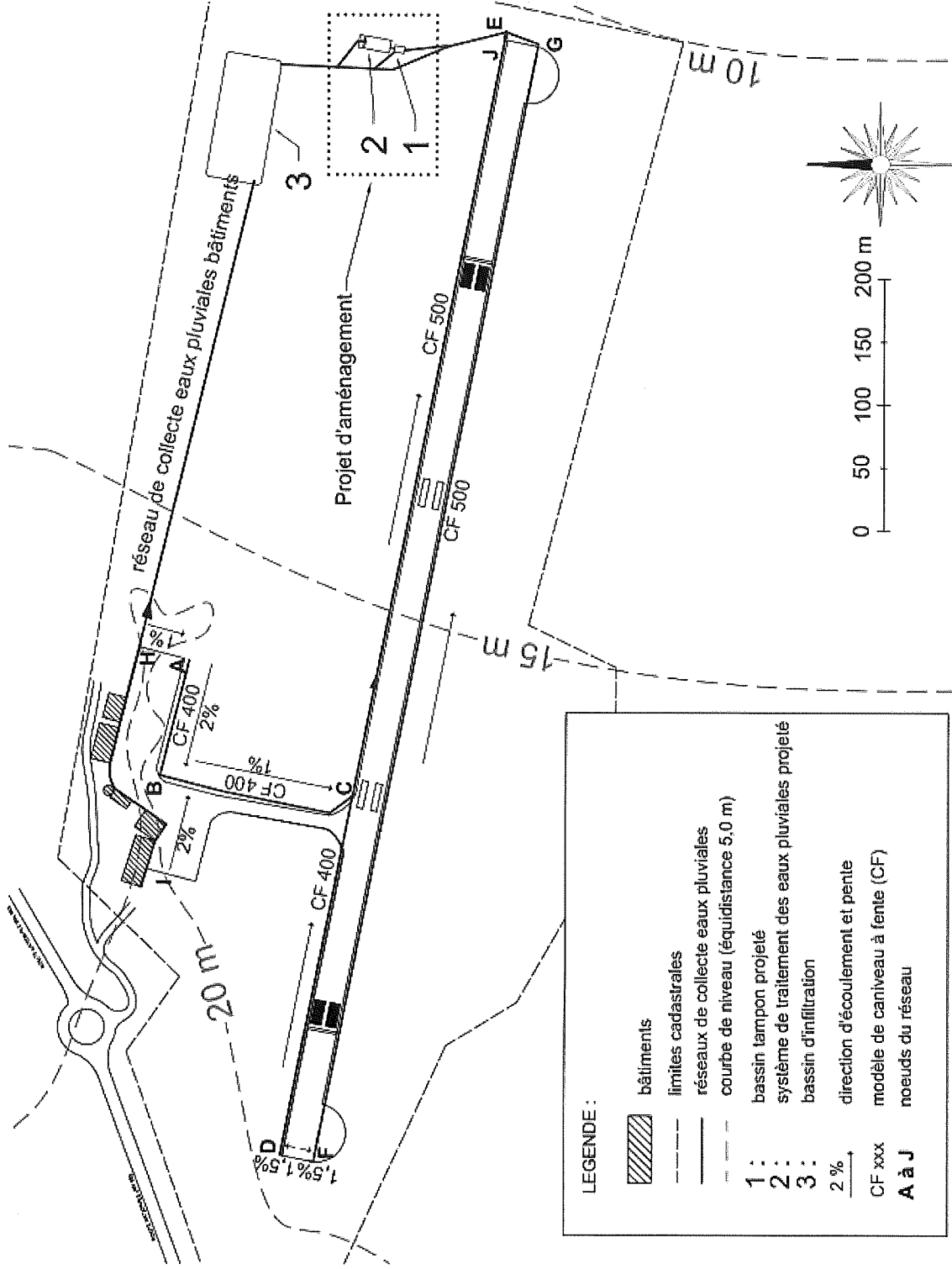
Le syndicat mixte souhaite étudier les possibilités de réutilisation des eaux usées traitées (REUT) des eaux pluviales qu'il collecte sur son site. Il envisage de les utiliser pour alimenter un projet d'irrigation agricole. Le **document 9** présente le contexte de la REUT en France.

13. Établir une liste de critères techniques à prendre en compte pour réutiliser les eaux usées traitées en irrigation agricole. Votre liste comprendra des critères quantitatifs et des critères qualitatifs.

14. Identifier les avantages et les inconvénients de la ressource en eau issue de l'aéroport pour une utilisation en irrigation agricole.

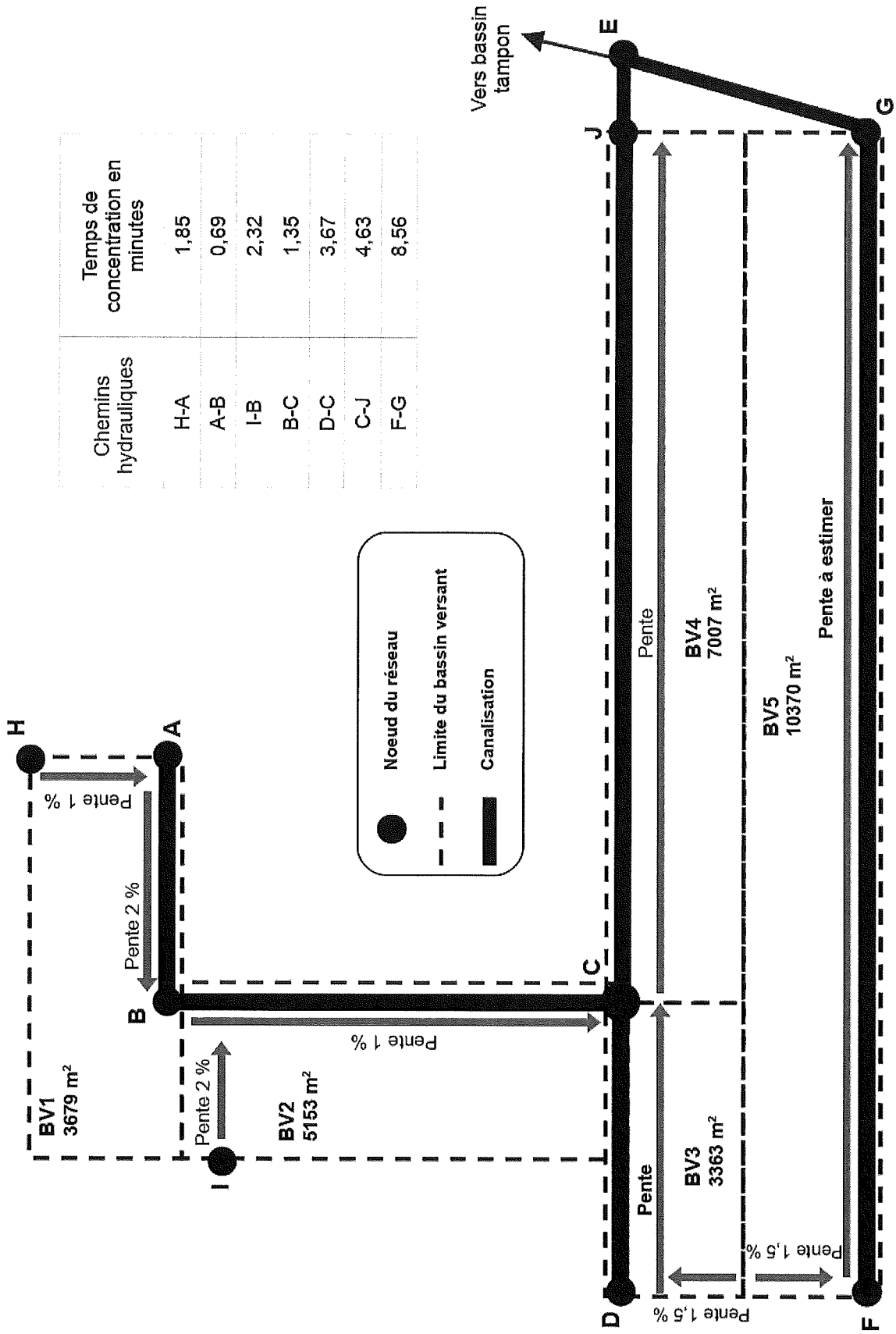
DOCUMENT 1

Plan de masse de l'aéroport intégrant le projet



DOCUMENT 2

Schéma de l'assemblage des bassins versants



Chemins hydrauliques	Temps de concentration en minutes
H-A	1,85
A-B	0,69
I-B	2,32
B-C	1,35
D-C	3,67
C-J	4,63
F-G	8,56

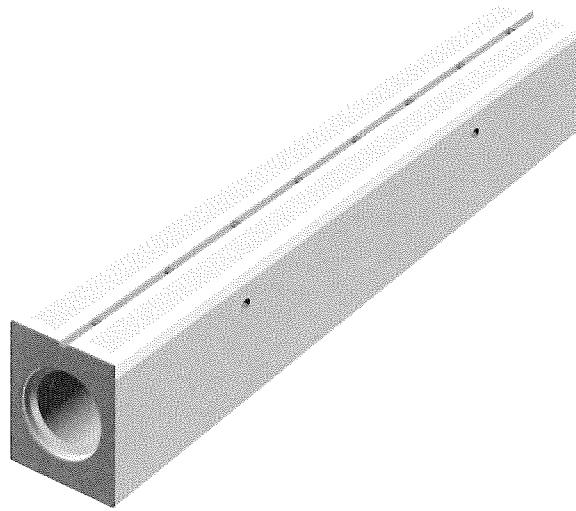
DOCUMENT 3

Caniveaux circulaires à fente

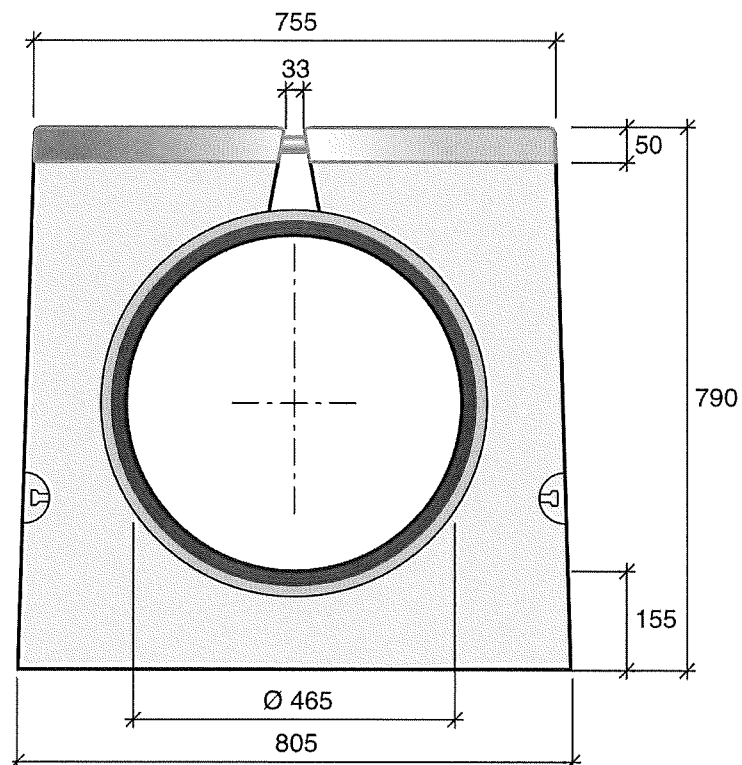
Source : documentation commerciale STRADAL (www.stradal-vrd.fr)

CF-FORTÉ® 500

Coefficient de Strickler $KS = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$



Les dimensions ci-dessous sont exprimées en mm



DOCUMENT 4

Formulaire d'hydrologie et d'hydraulique

Formule rationnelle : Calcul du débit produit par un bassin versant.

La formule rationnelle permet de calculer un débit produit sur une surface pour une durée de pluie et une période de retour données.

$$Q = 0,167 \cdot C \cdot i \cdot A$$

Q : débit produit par une pluie de période de retour T, en **m³/s**

C : coefficient de ruissellement du bassin versant

i : intensité d'une pluie de période de retour T et de durée d, en **mm/min**

A : superficie du bassin versant, en **ha**

Formule de Montana :

L'intensité d'une pluie de période de retour T et de durée d est estimée à partir des coefficients de Montana régionaux (a et b).

Pour une période de retour T donnée, la durée de pluie qui génère le débit maximal est en première approximation égale au temps de concentration t du bassin versant :

$$i = a \cdot t^{-b}$$

i : intensité de la pluie, en **mm/min**

t : temps de concentration, en **min**

a et b : coefficients régionaux de Montana

Formule de Manning-Strickler :

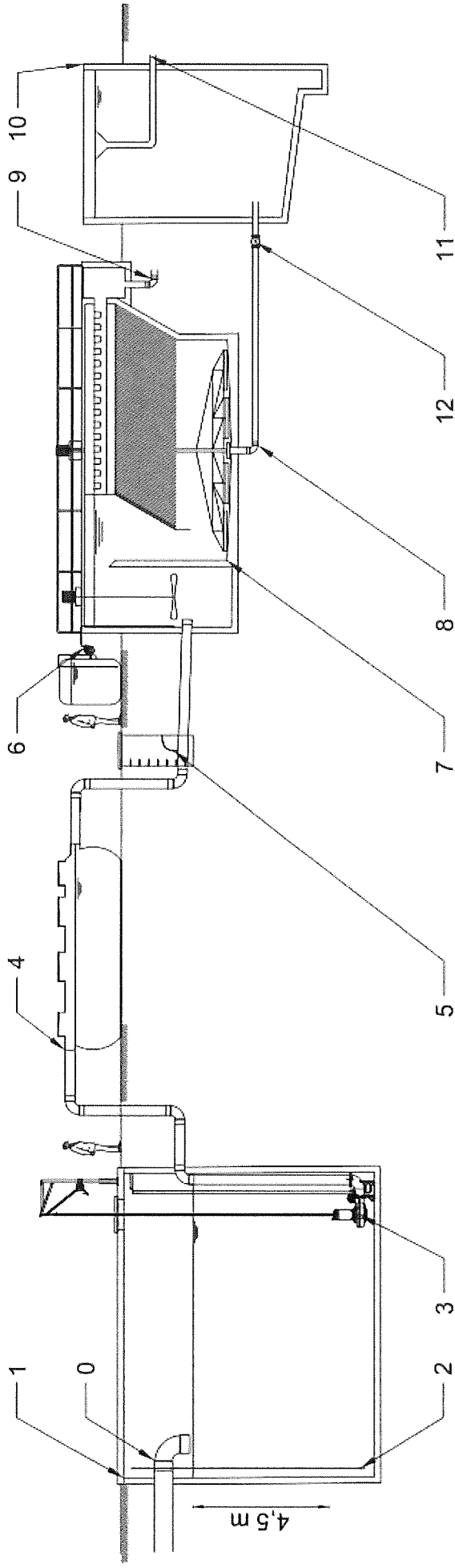
La formule de Manning-Strickler permet de calculer en régime uniforme le débit d'un écoulement à surface libre :

Formule de Manning-Strickler : $Q = K_s \cdot R_h^{2/3} \cdot S \cdot I^{1/2}$

Débit :	Q	en m ³ /s	
Coefficient de Strickler :	K_s	en m ^{1/3} /s	
Rayon hydraulique :	R_h	en m	(R _h = Section mouillée / Périmètre mouillé)
Surface mouillée :	S	en m ²	
Pente du radier :	I	en m/m	

DOCUMENT 5

Schéma général de la filière de traitement projetée



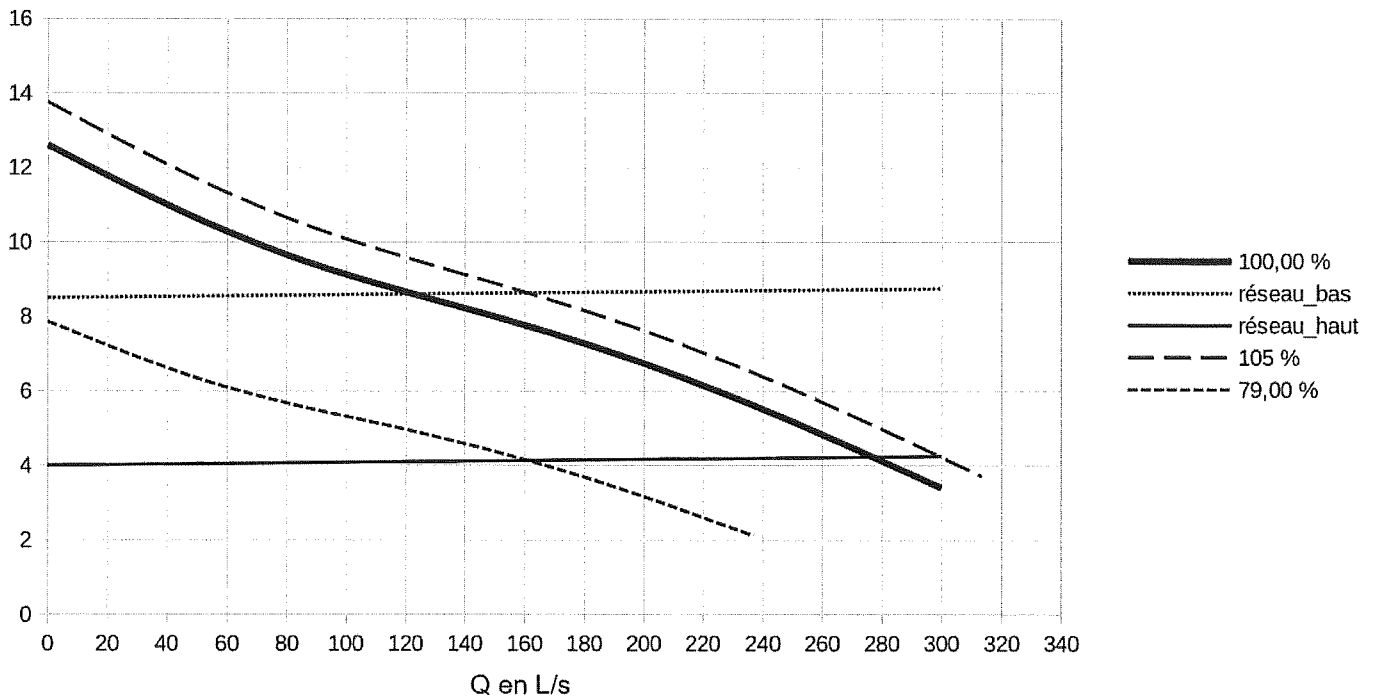
LEGENDE :

- 0 : alimentation filière traitement
- 1 : bassin tampon
- 2 : sonde piézométrique
- 3 : pompe de relèvement eau usée
- 4 : déboureur-séparateur hydrocarbures
- 5 : sonde absorbance UV 254 nm
- 6 : injection de coagulant décanteur lamellaire
- 7 : décanteur lamellaire
- 8 : extraction de boues
- 9 : sortie eau traitée
- 10 : ouvrage de stockage des boues
- 11 : surageant vers bassin d'infiltration
- 12 : vanne à manchon pneumatique

DOCUMENT 6

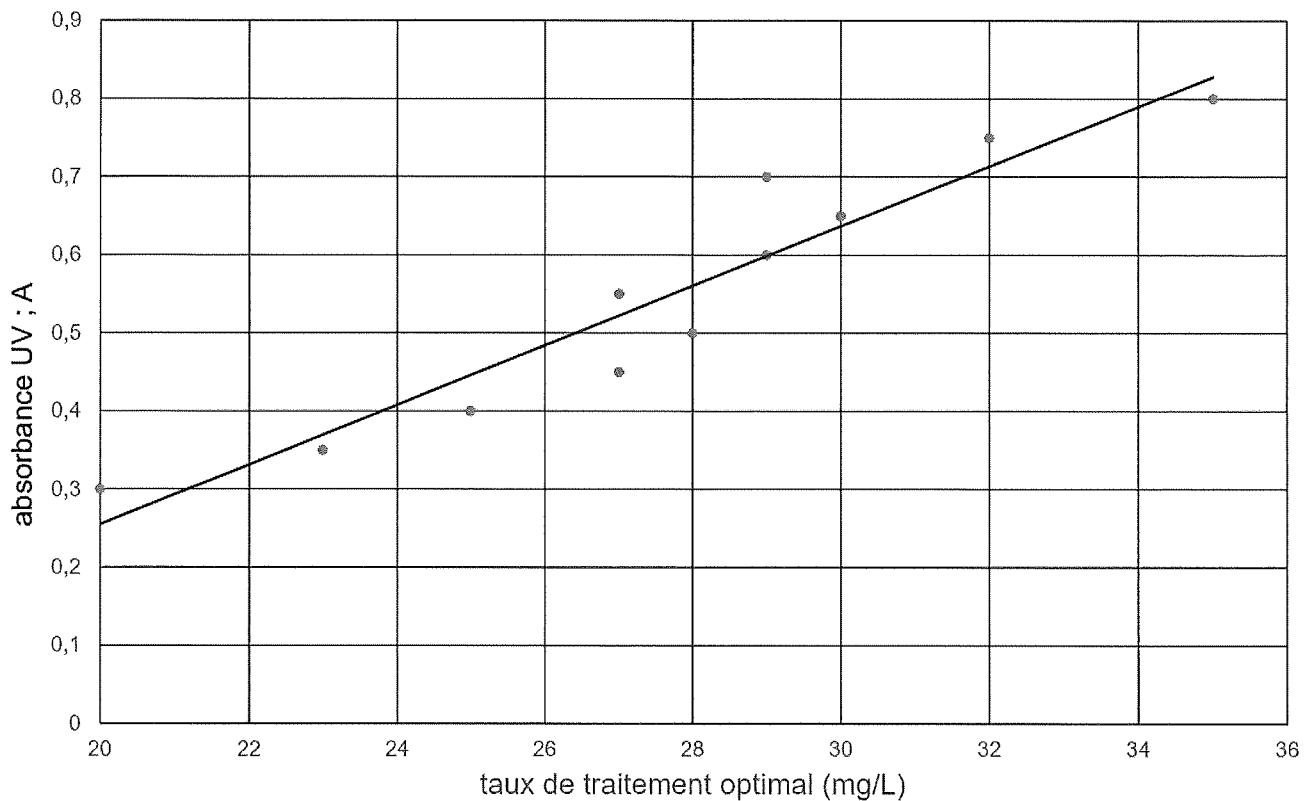
Courbes caractéristiques de la pompe du bassin tampon et courbes réseau

HMT en mCE



DOCUMENT 7

Corrélation absorbance UV 254 nm – taux de traitement en coagulant



DOCUMENT 8

Caractéristiques techniques des pompes doseuses électromagnétiques à membrane Prominent - gamme Beta® b

Caractéristiques techniques

Type de pompe	Débit de refoulement à contre-pression max.		Débit de refoulement à contre-pression moyenne		Fréquence d'impulsions imp./min.	Dimensions des raccords Ø ext. x Ø int. mm	Hauteur d'aspiration mCE	Puissance consommée moyenne W	
	bar	l/h	bar	l/h					ml/imp.*
Beta® b									
BT4b 1000***	10	0,74	0,07	0,82	0,08	180	6 x 4	6,0	7,2
BT4b 1601***	16	1,1	0,10	1,4	0,13	180	6 x 4	6,0	9,6
BT4b 1602***	16	2,2	0,20	2,5	0,24	180	6 x 4	6,0	11,2
BT4b 1604***	16	3,6	0,33	4,3	0,40	180	6 x 4	6,0	15,2
BT4b 0708***	7	7,1	0,66	8,4	0,78	180	8 x 5	6,0	15,2
BT4b 0413	4	12,3	1,14	14,2	1,31	180	8 x 5	3,0	15,2
BT4b 0220	2	19	1,76	20,9	1,94	180	12 x 9	2,0	15,2
BT5b 2504	25	2,9	0,27	5	0,46	180	8 x 4****	6,0	19,2
BT5b 1008	10	6,8	0,63	8,3	0,76	180	8 x 5	6,0	19,2
BT5b 0713	7	11	1,02	13,1	1,21	180	8 x 5	4,0	19,2
BT5b 0420	4	17,1	1,58	19,1	1,77	180	12 x 9	3,0	19,2
BT5b 0232	2	32	2,96	36,2	3,35	180	12 x 9	2,0	19,2
Beta® b Pompes doseuses avec tête doseuse à purge automatique sans dérivation									

* : volume injecté par impulsion pour une course de piston réglée à 100 %

*** : modèle en acier inoxydable

**** : pour les modèles en acier inoxydable, diamètre de raccordement 6mm

réglage de la fréquence d'impulsions par incréments de 10 %, de 10 % à 100 %, correspondant à 18 à 180 impulsions/minute
réglage progressif de la longueur de course de 0 à 100 % (conseillé 30 à 100 %)

DOCUMENT 9

Extrait d'un article : Les eaux usées traitées, un peu plus qu'une goutte d'eau pour irriguer

Publié par Pleinchamp le 24/08/2022 ; consulté le 19/12/2023

<https://www.pleinchamp.com/actualite/les-eaux-usees-traitees-un-peu-plus-qu-une-goutte-d-eau-pour-irriguer>

Encore embryonnaire en France, la réutilisation des eaux usées traitées (REUT) constitue une ressource potentielle éprouvée dans de nombreux pays. Même s'il ne faut pas en sous-estimer les limites, d'ordre financier et hydrologique, le recyclage des eaux usées peut apporter sa contribution à la sécurisation de la production agricole.

30 % : c'est l'économie d'eau générée par la réutilisation d'eaux usées traitées issues de la station d'Aureilhan (Hautes-Pyrénées) sur une surface de 8 ha de maïs, à laquelle il faut ajouter 10 % d'économie d'engrais. Mené depuis 2018 à titre expérimental par SEDE Environnement, avec le soutien des pouvoirs publics, le projet de recherche SmartFertiReuse, est l'un des rares exemples, en France, de réutilisation d'eaux usées traitées (REUT).

Possible en viticulture

Dans l'Aude, c'est la vigne qui profite de la REUT, dans le cadre d'un projet expérimental conduit par l'INRAE sur sa station de Pech-Rouge. Un démonstrateur de 80 ha reçoit les eaux sortant de la station d'épuration de Narbonne-Plage. Comparativement aux eaux usées rejetées dans l'environnement, qui subissent classiquement deux traitements, les eaux destinées à irriguer la vigne reçoivent un traitement tertiaire reposant sur la chloration et l'irradiation UV. Son but est d'éliminer de façon ciblée les micro-organismes pathogènes, bactéries ou virus, présentant des risques de contamination pour l'environnement, la santé humaine, animale et végétale. Ce traitement tertiaire est rigoureusement suivi par l'Agence régionale de la santé (ARS) qui réalise notamment le traçage de molécules dangereuses (comme celles présentes dans les médicaments) afin de vérifier que leur quantité ne dépasse pas le seuil autorisé dans l'eau potable. De nombreuses analyses de l'eau sont ainsi réalisées dès la sortie de la station d'épuration, puis au niveau du sol, des raisins et jusque dans le vin, afin que les exigences sanitaires soient strictement respectées. Résultats ? Le premier millésime est en bouteilles !

[...]

DOCUMENT 9 (suite et fin)

En 2019, les Assises de l'eau ont fixé un objectif de triplement de la REUT à l'horizon 2025. Dans le cadre du Varenne de l'eau, l'État s'est engagé à améliorer la connaissance des eaux non-conventionnelles via la création d'un observatoire dédié à la réutilisation des eaux usées traitées au sein du portail national de l'assainissement communal. L'objectif est de capitaliser les retours d'expérience et de faire connaître ces techniques auprès des collectivités territoriales. Les expérimentations locales devraient aussi se multiplier.

[...]

Des limites financières et hydrologiques

La REUT pourrait donc apporter sa contribution à la réduction des tensions sur la ressource et à la sécurisation de la production agricole. Dans un département comme la Charente-Maritime, selon la Chambre d'agriculture, les volumes d'eau usées équivalent aux volumes prélevés pour l'irrigation. Les eaux usées traitées représentent un gisement annuel de 8,4 milliards de m³ en France métropolitaine. Selon Eaufrance, l'agriculture prélève 3,6 milliards de m³ (2016) pour irriguer.

Sans compter les autres leviers d'adaptation (assolements, gestion des sols, pilotage de l'irrigation...), la REUT s'ajouterait aux autres infrastructures de stockage, existantes et potentielles, que sont les barrages, les retenues collinaires, les retenues de substitution collectives, les transferts d'eau entre bassins ou encore la réalimentation artificielle des nappes.

Cependant, selon l'INRAE, les procédés induits par les REUT sont coûteux, une problématique commune à tous les types d'infrastructures. Ils sont plutôt réservés à des zones péri-urbaines, proches des stations d'épuration, et à des zones côtières. Cependant, lorsqu'ils sont faibles, les volumes de rejet d'une station d'épuration urbaine peuvent représenter une part significative du débit d'un cours d'eau et leur réutilisation pour l'irrigation agricole, en réduction du rejet en cours d'eau, peut alors avoir un impact hydrologique dommageable. [...]

En dehors des zones urbaines et littorales, les rejets de stations d'épuration soutiennent l'étiage des cours d'eau. Les eaux usées ne sont donc jamais totalement « perdues ».

Un article de Raphaël Lecocq