

Journée de terrain Thème-MD:

Pollution des Eaux Résiduaires Urbaines & Traitements des Eaux Usées

Contents

Les questions qui vont nous concerner	2
A) L'EAU : Naturelle, Usée, Propre ou Traitée ?.....	2
B) Le Traitement par une STEP	2
Synopsis	2
Echantillonnage.....	2
Eventail des Mesures Analytiques	3
Déroulement de la journée – ToDo List.....	4
Matinée - STEP de Morges	4
Répartition.....	4
Visite technique de la STEP - Echantillonnage	4
Mesure de la Décantabilité des Boues Activées	4
Exercice de pipetage et droite de calibration (pour chaque étudiant)	4
Mesures de Turbidité et Transparence - Snellen (si possible)	4
Après-midi - EPFL - LBE	5
Stratégie de Dilution (Adaptation kit de mesure vs échantillon)	5
Organisation et répartition des mesures	7
Annexe 1: Notions de dilution & pipetage (S. Marquis)	9
Notions de dilution.....	9
Droite de Mesures (Dilutions & Pipetages)	10
Annexe 2 Recommandations de Traitement des résultats	11
Présentations des résultats.....	11
Documentations mise à disposition:	11
Annexe 3 – Informations Pratiques.....	13

Les questions qui vont nous concerner

A) L'EAU : Naturelle, Usée, Propre ou Traitée ?

Diagnostic sur la pollution des eaux: Différence entre une eau naturelle et une eau usée ERU (Eau Résiduaire Urbaine) ?

Recyclage/traitement d'une eau usée en une eau traitée, devenant « propre » ? Pour la nature, pour la consommation ?

Quel est l'impact d'une usée traitée sur le milieu naturel ?

B) Le Traitement par une STEP

La station d'épuration (STEP) de Morges a pour vocation de réaliser un traitement des Eaux Résiduaire Urbaines (ERU). Sa fonction est de transformer les eaux usées collectées par les égouts en eau traitée, avant déversement dans le milieu naturel (Lac).

Cette épuration est-elle satisfaisante par son efficacité et son rendement, vis-à-vis du milieu récepteur et des coûts qu'elle engendre ?

Synopsis

La journée de terrain aura pour but de répondre aux questions ci-dessus, à partir des mesures envisagées ci-dessous :

- Sur les échantillons prélevés de 3 eaux différentes sur la STEP (le long du trajet dans le procédé de traitement de l'eau usée), plus celle du milieu naturel (Lac)
- Sur l'éventail des mesures et analyses proposées (ci-dessus)

Même si ce choix vous est proposé a priori, il vous appartient de réfléchir au Pourquoi et à la Pertinence de ces choix...

Et ainsi :

- Ne pas mesurer d'abord et réfléchir ensuite...
- Mais bien, Mesurer en sachant POURQUOI...

Note : Cette réflexion est essentielle pour faciliter le traitement ultérieur des résultats...


Echantillonnage

Selon votre acquis du cours de lundi, pour répondre à ces questions, lors de la STEP, Nous prélèverons les échantillons suivants:

- Un échantillon d'eau usée brute (entrée de la STEP - **In**)
- Un échantillon d'eau usée décantée (sortie du décanteur primaire - **DP**)
- Un échantillon d'eau traitée (effluent de la STEP, à la sortie - **Out**)
- Un échantillon d'eau naturelle (milieu récepteur : **Lac**)

Note : Pourquoi ce choix d'échantillons pourrait-il être judicieux ?

Eventail des Mesures Analytiques

Les mesures suivantes seront mises à votre disposition pour cette journée (dont une majeure partie a été présentée au cours, et dans le document  [Caractérisation et analyses des Eaux Usées PDF document](#))

Paramètres MESURABLES
MeS / Turbidité
Matières décantables
DCO 15 – 150 mg/l O ₂ 100 – 2000 mg/L O ₂
N Total 0,5 – 15 mg/L N
N-NH ₄ ⁺ 0,01 – 3,00 mg/L N-NH ₄ ⁺
N-NO ₃ ⁻ 0,1 – 25,0 mg/L N-NO ₃
P-PO ₄ ⁻ 0,01 – 5,00 mg/L P-PO ₄
P _{Total} 0,0025 – 5,00 mg/L P-Total
pH / pO ₂ / Conductivité
Transparence (Snellen)...

Déroulement de la journée – ToDo List

Notre journée se déroulera en 2 phases et 2 lieux différents, coupés d'une pause déjeuner.

Matinée - STEP de Morges

Répartition

Le groupe se répartira en 3 sous-groupes (normalement arrêtés lors du cours, en respectant une mixité optimale de vos différentes sections dans chacun des sous-groupes).

Visite technique de la STEP & Echantillonnage

Pour information, autant qu'illustrer les concepts abordés au cours, une visite de la STEP sera présentée par l'un des responsables de la STEP

Ensemble, nous effectuerons les différentes prises d'échantillons sur la STEP et au Lac, où nous mesurerons aussi le pH, de la pO₂, de la turbidité et de la conductivité.

Une fois la visite terminée, sur les ateliers qui seront mis en place dans le hangar de la STEP, vous réaliserez :

Exercice de pipetage et droite de calibration (pour chaque étudiant)

Afin de vous entraîner à l'utilisation des micropipettes (que vous utiliserez beaucoup en après-midi) et la reproductibilité de vos prélèvements il vous sera proposé un exercice de dilution à partir d'une solution de bleu de méthylène.

Vous devrez diluer une solution mère à 20 [mg/L] pour faire 5 solutions plus diluées de concentrations croissantes.

Vous devrez ensuite mesurer l'absorbance de chaque échantillon à une longueur d'onde donnée.

La mise en relation graphique de l'absorbance en fonction de la concentration vous donnera une droite dont le coefficient de détermination mettra en évidence la reproductibilité de vos prélèvements. (Un R² de 0,9995 serait souhaitable)

Mesure de la Décantabilité des Boues Activées

Chaque groupe effectuera la mesure de la décantabilité des Boues Activées de la STEP de Morges. Rappel : La décantabilité des Boues Activées est un phénomène essentiel au fonctionnement d'un STEP (voir schéma d'une STEP à Boues Activées).

Mesures de Turbidité et Transparence - Snellen (si possible)

Suivant le temps disponible, pour anticiper les mesures de l'après-midi, effectuer ces mesures (chaque groupe) sur les 4 échantillons.

Après-midi - EPFL - LBE

Pour plus de confort, la suite des mesures s'effectuera au LBE (Laboratoire de Biotechnologie Environnementale) en CH C3 474, où des ateliers auront été préparés à votre attention.

Stratégie de Dilution (Adaptation kit de mesure vs échantillon)

Nous ne connaissons pas a priori les valeurs des mesures analytiques sur les échantillons qui seront pris le matin (Mesures DCO, N-Total, N-NH₄, N-NO₃, P-Total, P-PO₄)

Nous disposons cependant :

- Des gammes des kits analytiques (voir table des paramètres mesurables ci-dessus)
- D'une synthèse des mesures analytiques réalisées par la STEP, par le CESA (Service de Contrôle de l'État de Vaud et par les volées précédentes d'étudiants lors de cette semaine ENAC

Dilution : Gammes analytiques et concentrations d'échantillons attendues.

Il est impératif de vérifier l'adéquation entre les gammes des mesures mises à disposition avec les concentrations attendues pour les échantillons... Si la gamme d'une mesure considérée est plus petite par rapport à l'ordre de grandeur attendue, **il est nécessaire de réaliser une dilution de l'échantillon pour permettre une mesure analytique valide.**

Note : vous trouverez en annexe ci-dessous, une information sur la **Notion de Dilution** (par S. Marquis)

Pour chacune des 4 eaux échantillonnées, et pour toutes les mesures considérées il est nécessaire de vérifier cette adéquation entre les plages de mesures des kits analytiques et les valeurs de mesures attendus. À défaut, définir les dilutions requises. Vérifier que vous comprenez bien le tableau ci-dessous, n'hésitez pas à demander des précisions si nécessaires.

Synthèse des mesures analytiques par le CESA, STEP-ERM, SEMAINE ENAC (PENS-203) -> Choix des Dilutions nécessaires

	COD	N-Tot	N-NO3	N-NH4	P-Tot	P-PO4
Range Temps	150 mg/L ou 2000mg/L 2 :00 (2hr)	15 mg/L 1 :20 (1hr)	25 mg/L 10mn	3 mg/L 15mn	(=P-PO4) 5 mg/L 1:15 (1hr)	5 mg/L 8mn
SemENAC In	353 380 334 466 380 405 350 353 280	-- 10 40 – 48 47 50 69	-- 3 3 13 9 1.5	- 29 52 26 28 48 41 58	-- 20 5 6 2 7 5 5.4	5.4 3.4 16 2 4 7.8 3.9
SemENAC DP	232 345 349 255 185 195 232 240	-- 18 45 – 55 50 65 68	-- 3 2 11 6 1.7	-- 58 35 40 50 56 57	-- 5 6 3 4 4 4.5	1 -- 4 3.5 2.5 3.5
SemENAC Out	39 70 50 36 35 35 65 39	- 31 41 - 17 38 16 48 49 50	- 4 11 2 8 7 0.7	-- 22 13 31 16 33 43	-- 2 0.5 0.5 0.2 0.7 0.5 0.6	<1 <1 <1 <1 <1 0.38 0.39
SemENAC Lac	<17 <5 <5 <5 <5 6	- 0.3 - 2 – 3 0.9 2 1.5 2	- 6 3 2 8 5 1.2	-- 2.5 << 0.9 0.4 <	-- < 0.5 0.01 0.4 0.1 0.	<1 <1 <1 <1 <1 0.01 0.05
CESA In	228/522/613	42.87	2.89/1.17/0.55	16.4/41.7/43.2	2.71/5.3/7.4	2.34/2.99/2.9
CESA Out	29/59/41	36.39	2.02/1.19/1.94	16/35.2/36.1	0.47/0.49/0.56	0.12/.07/0.16
STEP In	850-350		1.6	45	->10	10
STEP DP	->400				2-7	2-6
STEP Out	->75		1	30	<1	<1
DILUTION In	6x, 4x ou rien	4x	1x	30x	3x, 2x	3x,2x
DILUTION DP	2x, 3x ou rien	4x	1x	30x	3x, 2x	3x,2x
DILUTION Out	1x	2x	1x	10x	1x	1x
DILUTION Lac	1x	1x	1x	1x	1x	1x

- EAU ENTREE (**In.**), EAU DECANTEE (**DP.**), EAU TRAITEE (**Out.**), EAU du LAC (**Lac.**)
- **SemENAC** : Mesures effectuées par les étudiants des Semaines ENAC, **CESA** : Mesures effectuées par le Service de Contrôle, **STEP** : Mesures effectuées par la STEP

Organisation et répartition des mesures

Compte tenu :

- Du nombre d'échantillons
- Du nombre de mesures à réaliser
- Du temps nécessaire pour chaque mesure
- Sur la base du tableau de données de dilution
- Du nombre d'étudiants


Mesures attendues :

DCO	N-Tot.	P-Tot.	NH4	NO3	PO4	Turbidité	Snellen
4 Éch.	4 Éch.	4 Éch.	4 Éch.	4 Éch.	4 Éch.	4 Éch.	4 Éch. ?

Répartition par groupe

	Analyses à réalisés
Groupe A	DCO 4 Ech. / NH4 4 Ech.
Groupe B	PTot 4 Ech. / PO4 4 Ech.
Groupe C	NTot 4 Ech. / NO3 4 Ech.

Groupe A		Groupe B		Groupe C	
NOM	Section	NOM	Section	NOM	Section
Barberis Esther	SIE	Cosson Clément Alain René	SIE	Dross Camille Marie Léa	SIE
Boutros Théo Antoine Michel	SIE	Abdeljalil Saad	GC	Garcia Pablo	GC
Desboeufs Mathieu Joseph	GC	Clerc Aurélien	GC	Voide Timon	AR
Kramer Tristan	AR	Seljmani Vlora	AR	Economidis Leon Lucas	AR
Ribadeau Dumas Evan François Jacques	AR	Toktas Sözdar	AR		

Note : **Chaque groupe, aura impérativement pris connaissance des protocoles analytiques** correspondant aux mesures dont il a la charge ( [Protocoles analytiques TP et semaine ENAC](#)) **AVANT** la journée de terrain. Si nécessaire, veuillez demander les précisions dès que possible.

Pour chacun des 4 échantillons d'eau (STEP In, DP, Out et Lac), **3 mesures seront réalisées (triplicata)** pour tous les paramètres proposés, ce qui permettra le calcul d'une moyenne avec écart-type auto-validant les mesures.

Note 1 : **Les mesures DCO, N-Tot. Et P-Tot. nécessitent une minéralisation** par une incubation dans un four. Ces mesures, plus longues, **devront être initiées en priorité.**

Note 2 : La répartition proposée implique 24 mesures, à répartir au sein du groupe... **Vous avez toute liberté de vous organiser et répartir les mesures.** En un mot, partagez-vous les analyses à faire, selon votre intérêt et dextérité.

Attention : **Toutes vos analyses et prises de résultats devront être terminées en fin de journée.** Le travail de manipulation, même s'il est compatible avec le temps disponible dans cette journée de terrain, est conséquent. **Veillez à ne pas perdre inutilement le temps disponible.**

Annexe 1: Notions de dilution & pipetage (S. Marquis)

Notions de dilution

Définition :

La dilution est un procédé consistant à obtenir une solution finale (solution fille) de concentration inférieure à celle de départ (solution mère), soit par ajout de solvant, soit par prélèvement d'une partie de la solution (prise) et en complétant avec du solvant à un volume cible choisi. La dilution se caractérise par son facteur de dilution (f_{dil}). Cette notion présuppose que le corps dilué soit soluble dans le solvant utilisé.

Utilité concrète de la dilution dans le travail qui vous est demandé :

Les kits d'analyse que vous utiliserez ont, ce qui est communément appelé, une plage d'analyse. Cette plage est l'intervalle, en terme de concentration (mg/L p.ex.) dans lequel l'analyse est certifiée fiable par le fabricant. Il se trouve que les substrats que vous allez analyser n'ont pas nécessairement une concentration initiale directement compatible avec le kit. Ils sont souvent plus concentrés que ce que la plage d'analyse peut accepter. Dans ce cas on doit procéder à une dilution pour que le substrat puisse être analysé.

Voici une explication pas-à-pas sur un cas concret :

Soit une eau d'épuration pour laquelle on doit procéder à une analyse de P-PO₄. Cette eau est classiquement réputée pour avoir une concentration fluctuant entre 50 et 75 [mg/L] de P-PO₄. Le kit d'analyse que l'on utilise permet une analyse se situant entre 0,01 et 5,0 [mg/L] de P-PO₄. Il est donc clair que l'eau ne peut pas être analysée directement. On devra donc procéder à une dilution.

1. Déterminer le facteur de dilution à appliquer :

$$f_{dil} = \frac{\text{concentration}_{mère}}{\text{concentration}_{cible}} = \frac{60}{2,5} = 24 \approx 25$$

60 = milieu approximatif de la plage de concentration de l'eau

2,5 = milieu approximatif de la plage de concentration de la plage de mesure du kit

24 = facteur exact

25 = facteur approximatif facile à effectuer.

On dira donc que la solution doit être diluée 25 fois.

2. Déterminer le volume cible de la solution fille :

Ce volume est souvent à déduire du mode opératoire. Le mode opératoire du kit demande

une prise de 2,00 [mL] de substrat à analyser. Vous devez donc avoir au minimum 2,00 [mL], mais par plus de sécurité et de commodité on va préparer 10,0 [mL] de solution diluée. Le but sera donc maintenant de déterminer le volume de l'eau à prélever pour que, une fois dilué à 10,0 [mL], la solution tombe dans la plage de mesure :

$$V_{prise} = \frac{V_{fille}}{f_{dil}} = \frac{10,0}{25} = 0,4 \text{ [mL]}$$

On devra donc prélever 0,4 [ml] d'eau à analyser et compléter à 10,0 [mL] avec de l'eau pure dans un récipient jaugé (ballon ou Falcon).

3. Analyse de l'eau diluée :

En suivant le protocole du kit, vous pourrez donc analyser l'eau diluée qui sera probablement adéquate au niveau de sa concentration en P-PO₄ pour pouvoir être analysée. Après analyse, supposons que vous obtenez une concentration d'eau diluée à 3,86 [mg/L] de P-PO₄. Ce résultat ne représente pas le résultat que vous attendez dans la mesure où on vous demande la concentration en P-PO₄ de l'eau et non de la dilution. Il faut donc calculer la concentration de la solution mère.

4. Expression du résultat :

$$f_{dil} = \frac{\text{concentration}_{mère}}{\text{concentration}_{fille}} \rightarrow \text{concentration}_{mère} = \text{concentration}_{fille} \cdot f_{dil} \\ = 3,86 \cdot 25 = 96,5 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Le résultat que vous devrez reporter est donc de **96,5 [mg/L] de P-PO₄** dans cette eau.

Droite de Mesures (Dilutions & Pipetages)

But :

Établir une droite d'étalonnage à l'aide d'une solution-mère de bleu de méthylène de concentration connue. Procéder à différentes dilutions selon le protocole ci-dessous.

Matériel :

- Solution-mère 20 mg/L
- Micropipette 1mL
- Tubes Falcon 15 ml
- Eau milliQ (ultrapure)

Mode opératoire :

- Vous disposez d'une solution-mère de concentration contenant 20 [mg/L] de bleu de méthylène.
- A partir de celle-ci, veuillez créer des échantillons de concentration = 0.5-1-2-3 et 4 [mg/L] par dilution dans des tubes Falcon de 15 [mL] selon le tableau ci-dessous :

Concentration [mg/L]	Volume prélevé [mL]
0.5	
1	
2	
3	
4	

- Diluer en ajustant le volume de solution à 10 [mL] dans des tubes Falcon.
- Pour mesurer l'absorbance et créer votre courbe d'étalonnage, vous utilisez un spectrophotomètre. L'appareil sera pré réglé à 664 [nm]
- Commencer par faire un blanc à l'eau du robinet.
- Pour chaque dilution, mesurer l'absorbance de l'échantillon dans une cuvette à spectroscopie, en la remplissant à 80% de solution diluée.

Grâce aux mesures effectuées, vous pouvez créer un graphique d'étalonnage, avec l'absorbance en fonction de la concentration des échantillons.

À partir de ces résultats, déterminer l'équation de droite et le coefficient de détermination de votre expérience.

Annexe 2 Recommandations de Traitement des résultats

Présentations des résultats

Vous devez commencer à encoder vos données sous tableur Excel ou autre, sur **vos ordinateurs personnels que nous vous avons recommandé de prendre...** (au moins 1 par sous-groupe).

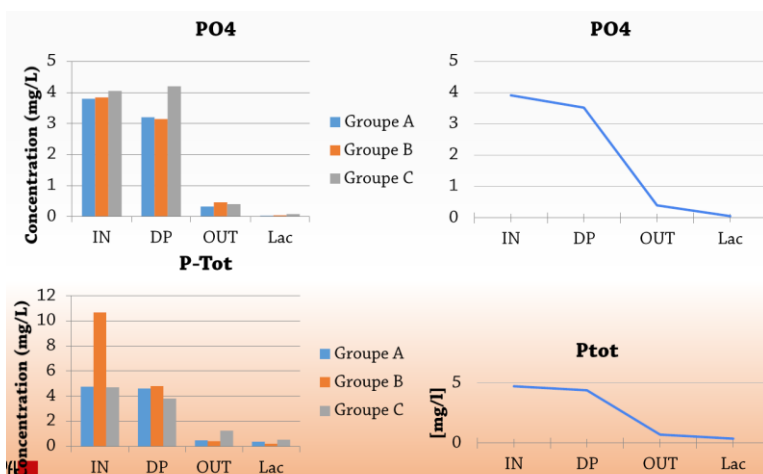
Après, voire plus judicieusement pendant, cette journée de terrain, et dès que vous le pourrez, **nous vous incitons à commencer le traitement des résultats obtenus et leur mise en forme.** N'attendez pas jeudi soir ou vendredi matin pour commencer ce travail (il sera un peu tard...)

Nous vous demandons d'exploiter votre capacité de réflexion et de concentration. Nous vous rappelons, que **nous nous adressons aussi à votre « bon sens » d'ingénieurs !**

Note 1 : Pour la mise en forme des résultats, l'utilisation de tableur (Excel) ne doit pas vous conduire à produire une mise en forme médiocre des résultats...

Veillez mieux faire
que :


Si vous ne comprenez
pas pourquoi ou
comment... demandez !



Note 2 : Par ailleurs, vous allez effectuer des mesures analytiques grâce auxquelles vous devrez tirer des conclusions. Cela n'est possible que si vous pouvez évaluer la qualité de vos mesures... En effet, comment pourrez-vous affirmer qu'un **abattement de 15%** entre l'entrée STEP In et la sortie STEP Out, mesuré sur un paramètre tel que la DCO (Demande Chimique en Oxygène) est significatif si vous ne pouvez pas justifier que la **précision de cette mesure est de l'ordre de moins de 10%** (à moins de vouloir révéler une médiocrité évidente de votre démarche...). **En d'autres termes, interdisez-vous de produire des données chiffrés (souvent des moyennes) sans estimation de leur erreur (écart-type) !!!** Sous Excel il est possible d'ajouter les écarts-types des moyennes représentées sur les graphiques (Important !).




Documentations mise à disposition:

- **Notes du cours** de présentation « Pollution des eaux et Traitement des eaux usées (Introduction aux Bioprocédés / STEP) **à apporter pour la journée de terrain**

-  [Protocoles analytiques TP et semaine ENAC](#) **1 exemplaire, à imprimer par étudiant...**

- « METHODES ANALYTIQUES POUR AFFLUENTS / EFFLUENTS DE BIOREACTEURS OU DE STATIONS D'EPURATION – Parties théorique et pratique » 1 exemplaire sera mis à votre disposition par sous-groupe...

Vous disposez par ailleurs de ressources complémentaires :

- Sur <http://moodle.epfl.ch>
 -  [Caractérisation et analyses des Eaux Usées PDF document](#)
 -  [Traitement des Eaux Usées PDF document](#)
 -  [Rapport STEP Morges PDF document](#)
- <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/accueil.html>

Annexe 3 – Informations Pratiques

Le repas sera pris en commun au restaurant de l'Etoile de Préverenges. Déplacement si possible en covoiturage.

Il vous est toujours possible de me contacter au 021 6934734 (redirigé sur natel professionnel).

Lieu: ERM Épuration des eaux usées de la région morgienne
Rue de Lausanne 72 - 1110 Morges
Téléphone [021 804 70 30](tel:0218047030) Fax 021 804 70 35

Plan :

(Possibilité de parking à la STEP mais penser à covoiturer -. SVP. Il n'y a pas la place pour 1 véhicule par personne)



Transports Publics de Morges – Parc Vertou <http://www.mbc.ch>



701 Lausanne, Bourdonnette – St-Sulpice – Préverenges – Morges ©

