

# Logiciel de diagnostic automatique pour le traitement primaire et les boues activées : vers une gestion intelligente des eaux usées au Maroc

Zineb Benqassaba, Jamal Eddine Jellal. Laboratoire de Génie Civil – Structure Traitement des Eaux, Ecole Mohammedia d'Ingénieurs – Rabat (Maroc)



## Abstract

### AUTOMATIC DIAGNOSTIC CODE FOR PRIMARY TREATMENT AND ACTIVATED SLUDGE TOWARDS INTELLIGENT WASTEWATER MANAGEMENT IN MOROCCO

Morocco, facing increasing water scarcity due to water stress and climate change, is actively exploring solutions such as desalination and wastewater reuse. However, the development of these alternatives is hindered by significant challenges. Current treatment capacities are overwhelmed by the growing volume of wastewater, exacerbating the situation of often obsolete sewage treatment plants. To address this, a thorough diagnostic of sewage treatment plants needs to be conducted; in a previous article, this was applied at the pretreatment stage. To complete this process and ensure effective wastewater management, extending the diagnostic to the critical primary treatment stage, particularly in plants using

Le Maroc, confronté à une rareté croissante de l'eau due au stress hydrique et au changement climatique, explore activement des solutions comme le dessalement et la réutilisation des eaux usées. Cependant, le développement de ces alternatives est entravé par des défis significatifs. Les capacités de traitement actuelles sont dépassées par le volume croissant d'eaux usées, aggravant la situation de stations d'épuration souvent obsolètes. Pour remédier à cela, un diagnostic approfondi des stations d'épuration doit être effectué; dans un précédent article cela était appliqué au niveau du prétraitement. Pour compléter cette démarche et garantir une gestion efficace des eaux usées, il est indispensable d'étendre le diagnostic à l'étape cruciale du traitement primaire, en particulier dans les stations utilisant le procédé des boues activées. Afin d'automatiser les résultats, un code programme [ou logiciel] de diagnostic a été élaboré sur Visual studio en suivant rigoureusement les étapes spécifiées pour chaque scénario, conformément aux organigrammes des divers éléments de la station d'épuration. Cette application permet la saisie de données, le calcul des équations et donne les instructions à suivre. Le diagnostic identifie les points critiques et guide une optimisation globale du traitement des eaux usées selon trois axes: évaluation des infrastructures, analyse de l'efficacité des procédés de traitement et amélioration des pratiques de suivi et d'entretien.

**Mots clés:** Réutilisation des eaux usées, stations d'épuration, diagnostic, prétraitement, traitement primaire, boues activées, Visual Studio, code, automatisation, organigrammes, saisie de données, optimisation, surveillance.

## INTRODUCTION

La crise de l'eau touche de nombreux pays, et le Maroc n'y échappe pas. Avec une population croissante et des activités économiques en expansion, la pression sur les ressources naturelles en eau est de plus en plus forte [1,2]. Selon les

dernières évaluations, le potentiel des ressources naturelles en eau au Maroc est estimé à près de 22 milliards de m<sup>3</sup>/an [3,4], répartis en 18 milliards de m<sup>3</sup>/an d'eaux de surface et 4 milliards de m<sup>3</sup>/an d'eaux souterraines [5,6,7], soit l'équivalent de près de 606 m<sup>3</sup>/habitant/

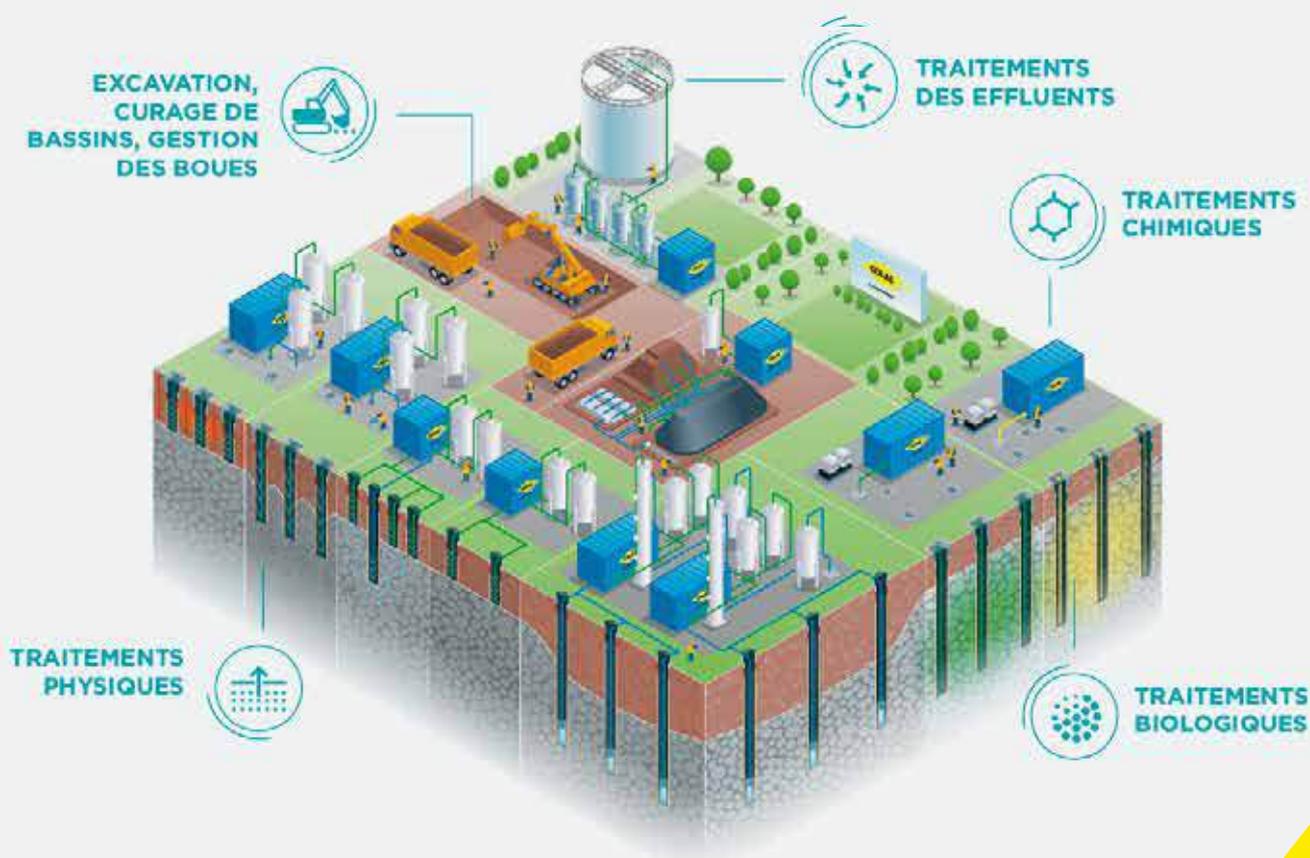
# DÉPOLLUER EN TOUTE TRANSPARENCE

Nos solutions :

- Réhabilitation et reconversion de friches industrielles
- Gestion de terres pollués, boues et/ou déchets dangereux
- Traitement sur site en activité
- Traitement des effluents



DES EXPERTS À VOS CÔTÉS



ENVIRONNEMENT



• MARSEILLE  
• LYON  
• LILLE  
• NANTES

• BORDEAUX  
• PARIS  
• STRASBOURG

[www.colas-environnement.com](http://www.colas-environnement.com)  
04 37 49 77 77  
[Info@cer.colas.fr](mailto:Info@cer.colas.fr)



MASE



the activated sludge process, is essential. To automate the results, a diagnostic code has been developed using Visual Studio, rigorously following specified steps for each scenario, in accordance with flowcharts of various elements of the treatment plant. This application facilitates data entry, equation calculation, and provides instructions. The diagnostic identifies critical points and guides a comprehensive optimization of wastewater treatment across three main areas: evaluating infrastructure, analyzing treatment process efficiency, and improving monitoring and maintenance practices.

**Keywords:** Wastewater reuse, treatment plants, diagnostic, pretreatment, primary treatment, activated sludge, Visual Studio, code, automation, flowcharts, data entry, optimization, monitoring.

an [8]. La durabilité des ressources en eau de l'eau et le stress hydrique sont devenus des défis majeurs pour de nombreux pays, en particulier les pays en développement, en raison de l'expansion rapide des activités agricoles et industrielles [9,10].

Le Maroc est confronté à un défi croissant en matière de traitement des eaux usées. Parmi les nombreuses stratégies possibles pour lutter contre la crise de l'eau, la réutilisation des eaux usées représente une solution prometteuse et largement étudiée: elle fournit un approvisionnement en eau fiable en période de pénurie régionale, elle stimule la croissance économique locale, réduit le prélèvement d'eau dans les aquifères et les rivières, ainsi que la consommation d'engrais dans l'agriculture et elle réduit l'eutrophisation [11].

Les stations d'épuration, piliers de la protection de l'environnement et de la santé publique, sont confrontées à des dysfonctionnements récurrents qui menacent l'efficacité du traitement et impactent négativement les milieux naturels. Elles ont un impact important sur les eaux réceptrices, tant sur le plan environnemental qu'économique [12]. Les coûts globaux et la qualité des effluents obtenus dépendent principalement du type et des caractéristiques de l'eau entrante, de la technologie de traitement utilisée et de la qualité d'effluent souhaitée [9,13]. Cette étude vise à analyser les causes et les conséquences des dysfonctionnements afin d'identifier les faiblesses du système de traitement, d'évaluer l'impact environnemental et de proposer des solutions d'amélioration.

Le traitement primaire constitue le fondement du processus d'épuration de l'eau. Il s'agit d'une étape mécanique qui vise à éliminer les matières en suspension grossières présentes dans les eaux usées, telles que les débris solides, les graisses et les huiles. Le processus de sédimentation, également appelé "décantation" ou "clarification", est utilisé dans les étapes de traitement primaire et secondaire de l'épuration des eaux usées. Les bassins de sédimentation peuvent être circulaires ou rectangulaires [14]. Le fonctionnement du décanteur primaire n'est considéré comme bon que s'il atteint une efficacité de plus de 30% en DBO5 [15,16] et

de 50% en matières en suspension (MES) [17]. Après le traitement primaire, les eaux usées passent à l'étape suivante: le traitement secondaire. Cette étape cruciale s'appuie sur des processus biologiques pour éliminer la pollution organique restante et les nutriments présents dans l'eau.

Au Maroc, la méthode la plus répandue pour le traitement secondaire est celle des boues activées. Ce procédé intensif met à profit des micro-organismes présents pour décomposer la matière organique en dioxyde de carbone et en eau. Dans le traitement par boues activées, la DBO5 (demande biologique en oxygène sur cinq jours) est réduite de 85 à 90%, améliorant ainsi la qualité des eaux avant leur rejet. De même, les matières en suspension (MES) sont généralement éliminées à hauteur de 85 à 95%. Le système de boues activées se compose de deux éléments principaux: un réacteur et clarificateur. Les réacteurs nécessitent une vérification et une optimisation de l'indice de Mohlman, charge massique, charge volumique, temps de rétention, âge des boues, besoin en oxygène et dimensions (hauteur, largeur, longueur). Pour les clarificateurs, il est essentiel de vérifier et d'optimiser la charge hydraulique, le débit massique, le temps de rétention des solides et la profondeur.

### MATÉRIELS ET MÉTHODES

Le taux d'élimination de la DBO5 et des MES seront calculés à la fois en traitement primaire (décanteur primaire) et en traitement secondaire (boues activées). Pour la DBO5, le taux d'élimination se calcule comme suit:

$$\text{Taux d'élimination DBO5 (\%)} = \frac{(\text{DBO5 influente} - \text{DBO5 effluent})}{\text{DBO5 influente}} \times 100$$

Avec:

DBO5 influente: Concentration en DBO5 de l'eau brute entrante en (mg/L)

DBO5 effluent: Concentration en DBO5 de l'eau sortante en (mg/L).

De même, le taux d'élimination des MES se calcule selon:

$$\text{Taux d'élimination MES (\%)} = \frac{(\text{MES influente} - \text{MES effluent})}{\text{MES influente}} \times 100$$

Avec:

MES influente: Concentration en MES de l'eau entrante en (mg/L)

# DIP-BOOSTER®



**Accélérateur  
anticrue !  
Prenez de  
vitesse les  
déluges !**



[www.dipsysteme.com](http://www.dipsysteme.com)



MES effluent : Concentration en MES de l'eau sortante en (mg/L)

**PARAMÈTRES CLÉS DE VÉRIFICATION ET DE DIMENSIONNEMENT**

**Traitement primaire:**

Les clarificateurs primaires dépendent de deux paramètres cruciaux: le taux de débordement (Td) qui est le débit en fonction de la surface, et le temps de rétention (Tr) qui est le volume du clarificateur en fonction du débit, qui peut également être évalué par le rapport entre la hauteur d'eau et le taux de débordement. Le tableau ci-dessous présente les valeurs du taux de débordement et du temps de rétention en fonction du processus de traitement secondaire:

Le choix entre un décanteur primaire rectangulaire ou circulaire dépend de plusieurs facteurs. Les dimensions et les pentes spécifiques varient ensuite en fonction de l'installation et des besoins. Pour les clarificateurs rectangulaires, la longueur (L) doit être comprise entre 3 et 100 mètres, la largeur (l) supérieure à 7,5 mètres, et la profondeur (H) entre 2,5 et 4 mètres. Le rapport L/l doit être compris entre 3 et 6, et la pente du fond doit varier de 1 à 3%. En revanche, pour les clarificateurs circulaires, la profondeur (H) doit être comprise entre 2 et

3,5 mètres, le diamètre (φ) inférieur à 30 mètres, et la pente du fond doit se situer entre 4 et 10%.

**Traitement secondaire: réacteur de boues activées**

Les paramètres clés de vérification dans le réacteur se présentent comme suit:

**Charge massique Cm et charge volumique Cv :**

La charge massique est définie comme étant le rapport entre la pollution journalière entrante en DBO5 et la masse bactérienne contenue dans la totalité des aérateurs [18]. Elle s'exprime généralement comme suit :

$$\text{Charge massique} = \frac{(\text{DBO5 influente} \times \text{Débit influent})}{\text{MESV} \times \text{Vr}} \times 100$$

Où:

Cm: Charge massique exprimée en kg DBO5/kg MESV/j

DBO5 influente: Concentration en DBO5 de l'eau brute à traiter (mg/L) Débit influent: Débit d'eau brute entrant dans le système (m³/j)

MESV: Concentration en matières en suspension volatiles (MESV) dans le bassin d'aération (mg/L)

Volume aérateur Vr: Volume du bassin d'aération (m³)

A cette charge massique on associe habituellement une charge volumique qui représente le rapport entre le flux journalier de la pollution entrante et le volume de l'aérateur [19, 20]. Elle est donnée par l'expression suivante:

$$\text{Charge volumique} = \frac{(\text{DBO5 influente} \times \text{Débit influent})}{\text{VR}}$$

Où:

Cv: Charge volumique exprimée en kg DBO5/m³.j

DBO5 influente: Concentration en DBO5 de l'eau brute à traiter (mg/L) Débit influent: Débit d'eau brute entrant dans le système (m³/jour)

Volume aérateur Vr: Volume du bassin d'aération (m³)

**Indice de Mohlman (IM)**

Il mesure la décantabilité de la boue. Il est défini comme étant le rapport entre le volume de boue activée décanté en 1/2 heure par rapport à la masse de résidu sec de cette boue [22].

- IM < 50 ml/g: Mauvaise décantation
- 50 ml/g < IM < 150 ml/g: Bonne décantation
- IM > 150 ml/g: Phénomène de Bulking

**Age de boues :**

L'âge des boues fait référence à la durée pendant laquelle les micro-organismes présents dans le système de traitement

**Tableau 1: Valeurs typiques du taux de débordement et du temps de rétention en fonction du processus de traitement secondaire.**

	Trickling filters	Activated sludge	Rotating biological contactors
Td (en m³/h.m²)	1-1.5	2-2.5	1-1.5
Tr (en h)	1.5-2	1-1.5	1.5-2

**Tableau 2: Classification des types de charge en fonction des valeurs de Cm et Cv [21]**

Type de charge	Charge massique en kg DBO5/kg MES	Charge volumique en kg/m³.j
Forte charge	≥0,5	≥1,5
Moyenne charge	0,25 à 0,5	0,7 à 1,5
Faible charge	0,1 à 0,25	0,3 à 0,7
Aération prolongée	≤ 0,1	≤0,3

**Tableau 3: Age de boues selon le type de charge**

Type de charge	Forte charge	Moyenne charge	Faible charge et aération prolongée
Age de boues	1 jour	2 et 5 jours	> 15 jours



## 90 ans d'expertise au service de solutions thermiques responsables



Incinération de déchets dangereux



Incinération de déchets médicaux



Revalorisation de métaux précieux, pyrolyse et décapage

Depuis 1930, ATI Industries accompagne les industries et les institutions dans la gestion responsable des déchets grâce à ses solutions thermiques de pointe. Avec plus de 90 ans d'expérience et 3500 projets réalisés à travers le monde, nous sommes les experts des incinérateurs de **déchets industriels**, fours de **pyrolyse**, fours de **décapage**, des systèmes de **filtration** des gaz, optimisés et adaptés aux enjeux environnementaux d'aujourd'hui.

Notre mission : « *Préserver l'Environnement en imaginant pour nos Clients des solutions thermiques innovantes et robustes pour répondre à leurs enjeux* »

pollutec  
paris

Retrouvez-nous  
stand J035  
26-27 nov. 2024



sont maintenus dans l'aérateur. C'est le rapport entre la production journalière de boues et la masse bactérienne contenue dans l'aérateur. Cette durée dépend de la charge :

#### Oxygénation :

Afin de favoriser la réaction aérobie, qui est plus rapide que la fermentation anaérobie, il est nécessaire que le milieu contienne une concentration adéquate en oxygène. Il est communément admis que les micro-organismes aérobies ne consomment pas directement l'oxygène, mais celui-ci doit être dissous dans l'eau pour être utilisé.

Le besoin en oxygène correspond essentiellement à la synthèse bactérienne, ainsi qu'à la respiration endogène de la biomasse. Les besoins journaliers en oxygène sont calculés par la formule suivante :

$$DJO = DO \text{ Mat Org} + DO \text{ endogène} = a'Le + b'Sv$$

- DJO : Demande journalière en oxygène (kg O<sub>2</sub>/j)
- Le : DBO ultime éliminée (Kg DBO<sub>5</sub>/j)
- Sv : Masse de matière vivante dans le bassin biologique (Kg MVS/j)
- a' : coefficient métabolique (fabrication de matière vivante) ou la quantité oxygène nécessaire pour oxyder 1 Kg de DBO<sub>5</sub>.
- b' : coefficient endogène ou quantité oxygène nécessaire au métabolisme endogène (minéralisation de la biomasse) de 1 Kg de matières volatiles en suspension (M.V.S) par jour.

#### Traitement secondaire : clarificateur de boues activées

Le bon fonctionnement d'un clarificateur repose sur trois paramètres clés et des contraintes géométriques. Le premier paramètre est la charge hydraulique (CH), maintenue entre 0,8 et 1,2 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h, qui contrôle le flux d'eau dans le clarificateur et empêche son colmatage. Le deuxième paramètre est le flux massique (fm), maintenu entre 2 et 6 kg MES/m<sup>2</sup>.h, qui gère la concentration de boues dans le clarificateur et facilite leur séparation de l'eau clarifiée. Enfin, le temps de rétention, maintenu entre 1,5 et 2,5 heures, permet aux boues de sédimenter efficacement avant le rejet de l'eau traitée. En plus de

ces paramètres, les contraintes géométriques jouent un rôle crucial. La vérification de ces contraintes repose sur deux aspects : le respect des limites des paramètres géométriques et la cohérence entre ces paramètres. Le choix entre un clarificateur rectangulaire et circulaire dépend de divers facteurs tels que l'espace disponible, le débit souhaité et les exigences spécifiques du traitement. Les clarificateurs rectangulaires peuvent être plus économes en espace dans certaines situations, tandis que les clarificateurs circulaires peuvent offrir de meilleures performances hydrauliques. Les dimensions typiques des clarificateurs rectangulaires et circulaires utilisés dans le traitement des eaux usées varient selon des plages spécifiques. Pour les clarificateurs rectangulaires, la longueur (L) est définie par 15 à 20 mètres lorsque la profondeur (H) est supérieure à 2 mètres, et par 20 à 50 mètres lorsque la profondeur (H) se situe entre 3 et 5 mètres. Pour les clarificateurs circulaires, le diamètre (φ) varie de 15 à 20 mètres lorsque la profondeur (H) est supérieure à 2 mètres, et de 20 à 50 mètres lorsque la profondeur (H) est comprise entre 3 et 5 mètres.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### ORGANIGRAMMES DE DIAGNOSTIC

Ces organigrammes présentent une approche méthodique pour la séquence des paramètres à examiner lors du diagnostic, ainsi qu'une série d'instructions et de solutions à mettre en œuvre en cas de détection d'anomalies.

#### Organigramme du traitement primaire :

L'organigramme suivant détaille la méthodologie pour identifier et résoudre les pannes potentielles des tamis dans une station de traitement des eaux usées.

#### Organigramme du traitement secondaire :

##### Boues activées (réacteur) :

Augmenter la fréquence d'extraction des boues

Cet organigramme illustre les étapes principales du processus de traitement

des eaux usées par réacteur à boues activées.

##### Boues activées (clarificateur) :

Le clarificateur des boues activées représente le processus crucial de séparation des eaux clarifiées des boues après le traitement biologique, les principaux paramètres de vérification et de dimensionnement sont contrôlés par l'organigramme suivant :

##### Autres problèmes liés aux boues activées :

Les traitements primaire et secondaire reposent sur le taux d'élimination de la DBO<sub>5</sub> et des matières en suspension. Ces derniers constituent le premier paramètre à vérifier, car leur respect conduit au diagnostic de l'étape suivante. L'organigramme du réacteur comprend plusieurs paramètres à vérifier, nécessitant un contrôle précis de la charge massique et volumique, ainsi que la maîtrise d'une oxygénation adéquate et de la recirculation des boues.

D'après l'organigramme représentant le clarificateur secondaire, les valeurs aberrantes sont rectifiées généralement en agissant sur le débit, la recirculation (r) ou par changement de paramètres géométriques. Les autres problèmes rencontrés au niveau des boues activées sont complémentaires et dépendent du réacteur et clarificateur.

### UTILISATION DE VISUAL STUDIO DANS LE PROCESSUS DE DÉVELOPPEMENT

Visual Studio, un puissant outil de gestion de base de données, rationalise le flux de travail en vous permettant d'entrer des données, des instructions et de suivre la logique représentée dans les organigrammes. Une fois ces éléments saisis, Visual Studio effectue les diagnostics nécessaires pour garantir leur applicabilité. Si les conditions sont remplies, des instructions claires ou des mesures correctives sont ensuite affichées directement dans une boîte de dialogue conviviale.

## KLEARIOS

Solutions de Traitement de l’Air et des Odeurs

**KLEARIOS** est spécialisé dans la conception, le design, le dimensionnement et la mise en œuvre de solutions techniques pour le traitement de l’air, des COV et des odeurs. Nous proposons une gamme complète de technologies et produits, développés en interne et en collaboration avec des sociétés technologiques.

### Solutions :

Campagne de mesures physico-chimiques / Mesure de l’H<sub>2</sub>S, du NH<sub>3</sub> gazeux grâce à notre parc de capteurs + diagnostics / Mesures Olfactométriques et Spectrométriques / Canalisation des odeurs / Traitement de l’air vicié / Traitement par l’injection de réactif / Neutralisation et abattement des odeurs



**LES AUTOMATES DU PROCÉDE BIODÉTERGENT**  
(Dosaklear / Muc)



**MyKlearSens**  
(capteurs H<sub>2</sub>S-NH<sub>3</sub>)



**CARBOKLEAR**  
(charbons actifs)

- Neutralisants d’odeurs :
  - Les produits **Klearex<sup>OV</sup>** mis en œuvre par la technologie **KlearTec<sup>OV</sup>**
  - Injection directe dans le système d’aération des bassins.

**KLEARTEC / KLEAREX**

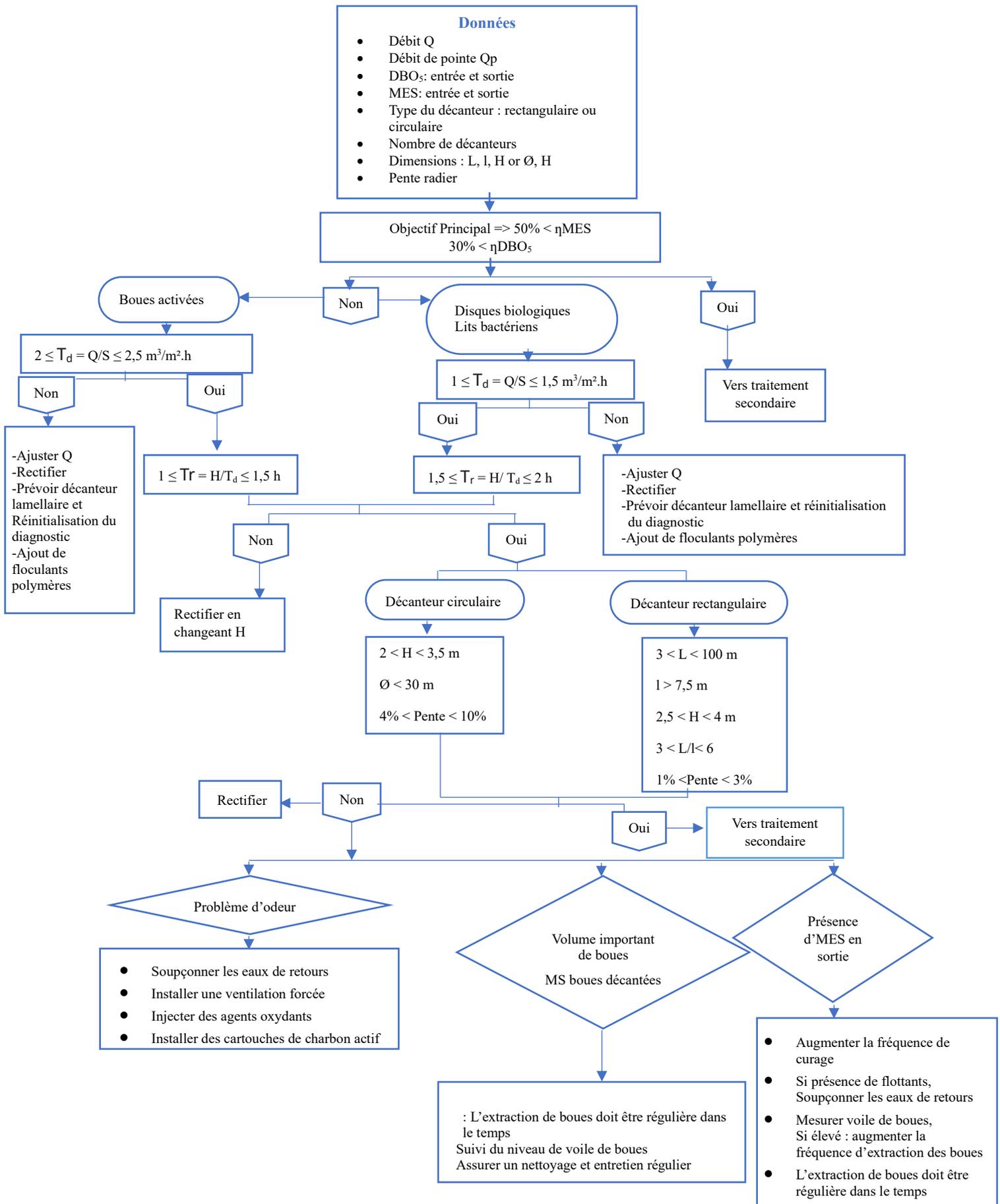


**BIODÉTERGENT  
FERRAKLEAR  
NITRAKLEAR**  
(réactifs neutralisants)



**KLEARGEL**  
(polymères)

Organigramme 1: Organigramme du décanteur primaire





## PRIMUS LINE®

### GAINE DE RÉHABILITATION FLEXIBLE

La seule gaine pour réhabiliter les réseaux d'eau avec Avis Technique.



**PRIMUS**  **LINE**

SAFE.RELIABLE.SUSTAINABLE.

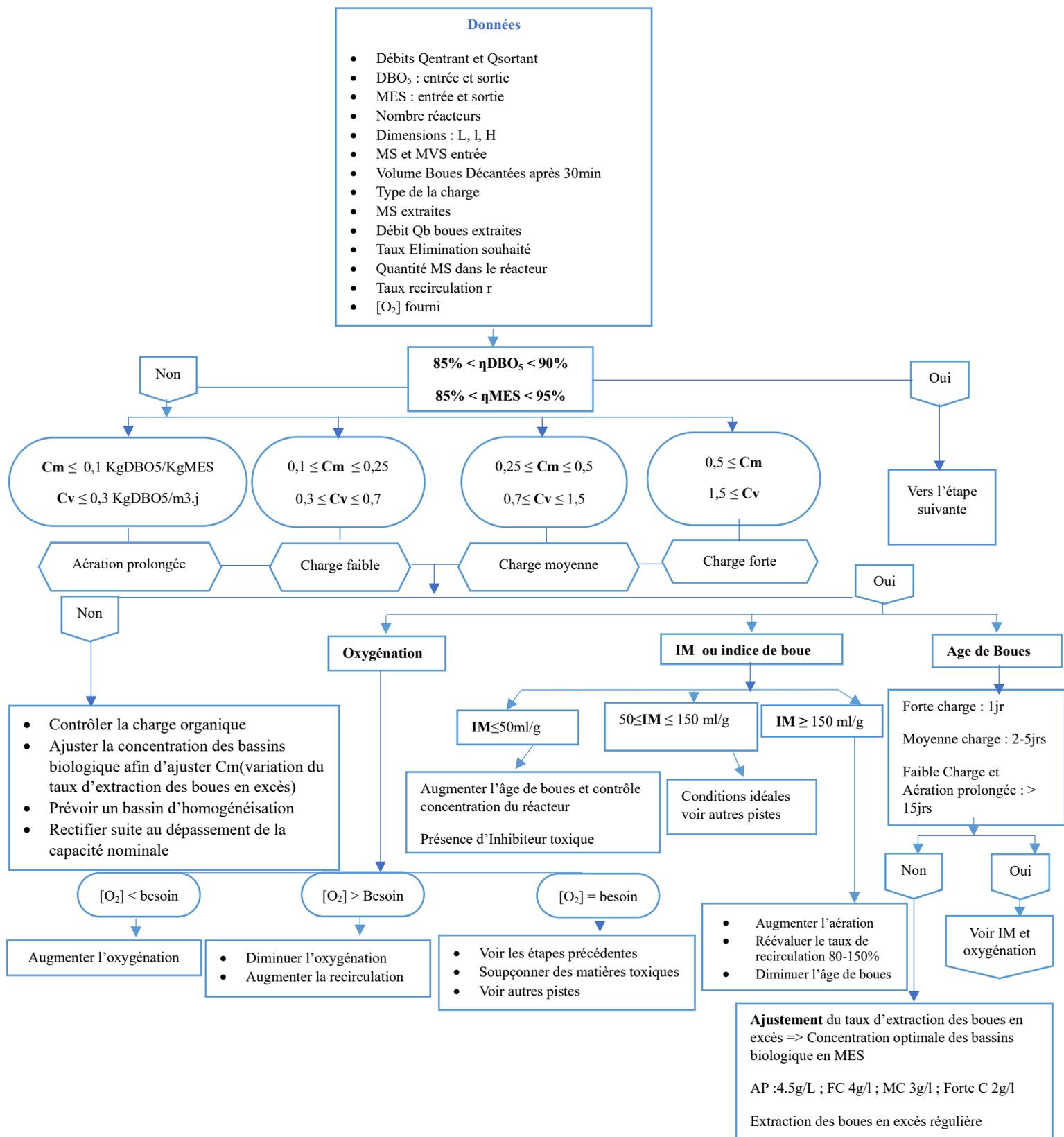
[www.primusline.com](http://www.primusline.com)

**DENIOS**  
PROTECTION DE  
L'ENVIRONNEMENT & SÉCURITÉ



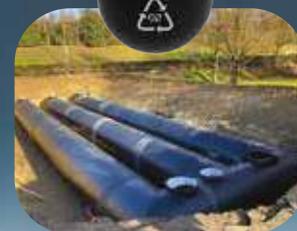
**SPILLGUARD CONNECT - DÉTECTION DES FUITES 2.0.**  
pour tout type de bac de rétention - envoie une alerte sur votre téléphone - adapté aux zones ATEX

Organigramme 2: Organigramme des boues activées (réacteur)



# TUBAO

Notre métier, c'est l'eau



Fabrication d'ouvrages sur mesure pour la gestion de l'eau de pluie en PEHD ou Acier Galvanisé  
Récupérateur d'eau de pluie | Infiltration | Tamponnement

## EAU PRO INDUSTRIE

### AQUAZONE

Les stations de traitement d'effluents AQUAZONE permettent de traiter jusqu'à 50 m<sup>3</sup>/jour d'effluents.

Elles permettent de traiter les eaux usées industrielles, agro-alimentaires, les lixiviats, etc. Conteneurisées, elles nécessitent peu de travaux de génie civil.



### OXYZONE

Le procédé OXYZONE est un procédé d'aération, ozonation et brassage spécialement conçu pour tous les bassins de stockages d'effluents, lixiviats, eaux pluviales, effluents vinicoles, bassins incendie, etc. Immergé, il est complètement insonore. Il permet la réduction des odeurs et du H2S.

Il allie performance environnementale et énergétique. Le procédé OXYZONE est écologique, respectueux de l'environnement, et économique - 5 kW pour un système complet comprenant 2 hydroéjecteurs et le générateur d'ozone.



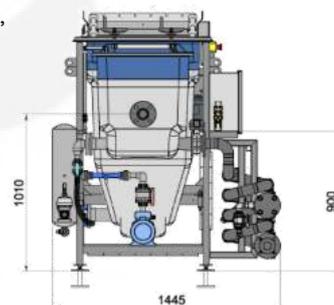
### OXYPR'EAU

Les aérateurs OXYPRE'EAU permettent d'oxygéner et brasser efficacement et à moindre coût bassins, lagunes, et plans d'eaux (bassins d'eaux pluviales, bassins de lixiviats, bassins d'effluents vinicoles, bassins d'agrumes, etc.).

Leur grande efficacité est liée à une très faible consommation électrique (un aérateur = 2,2 kW), en font un système d'aération économique et écologique. Les hydroéjecteurs OXYPRE'EAU créent un fort courant dans les bassins ainsi qu'un fin micro-bullage qui permettent un traitement homogène de la totalité du volume d'eau.

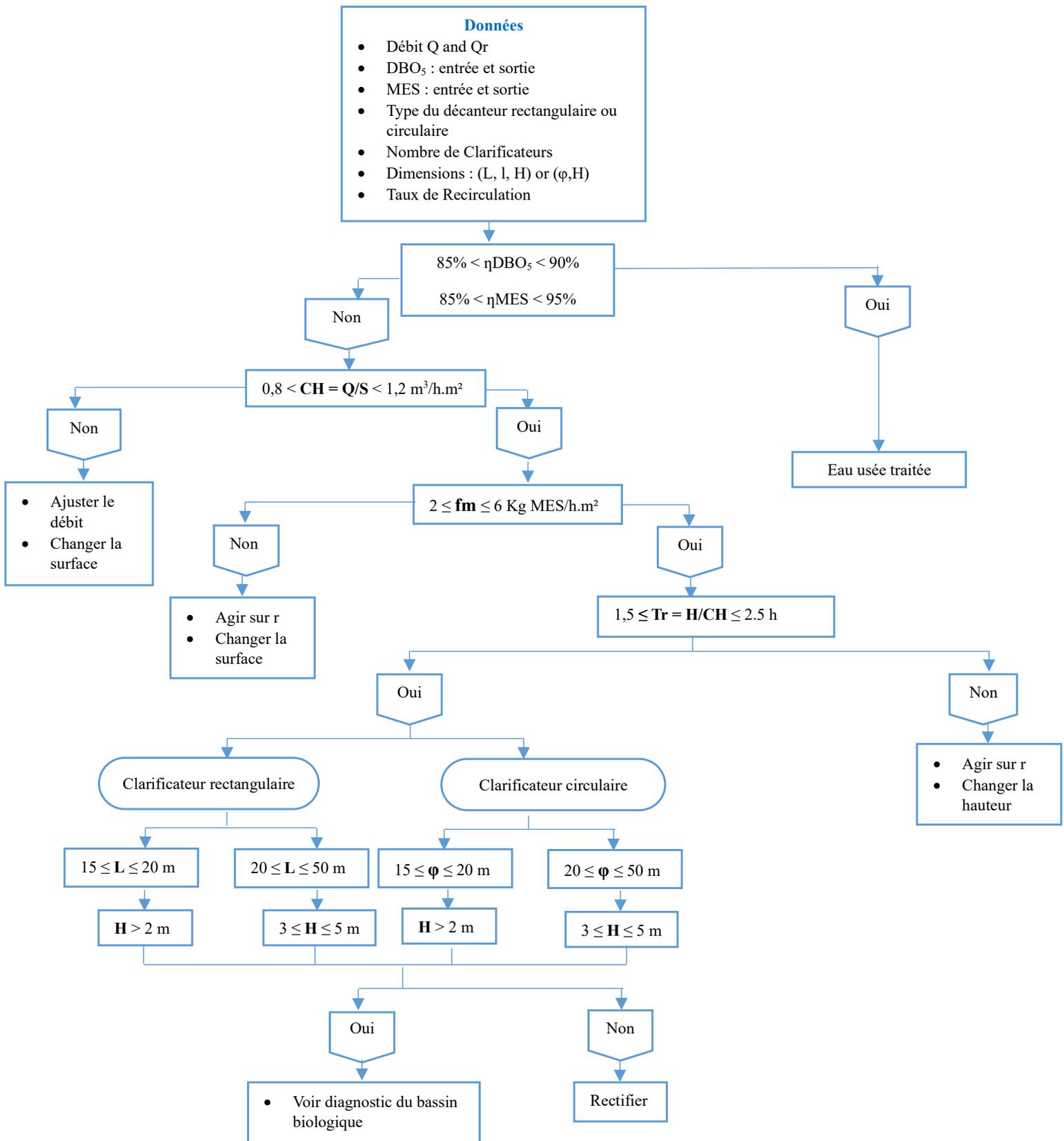
### FLOTTAZONE

FLOTTAZONE est un flottateur par air dissous. EAU PRO présente ce système de flottation par air dissous pour le traitement physico-chimique des eaux résiduaires urbaines et industrielles. Sa technologie avancée permet d'obtenir des rendements jusqu'à 99% d'extraction des solides.



EAU PRO - ZI de l'Habitarelle - 30110 Les Salles du Gardon - 04 66 24 22 15 - p.girgenti@eau-pro.com - 06 35 26 50 29

Organigramme 3 : Organigramme des boues activées (clarificateurs)





# EXPERT EN RÉUTILISATION DES EAUX USÉES

**INNOVATIVE & SUSTAINABLE  
SOLUTIONS**



Modulable



Compact



Clé en main



Conformité



Location

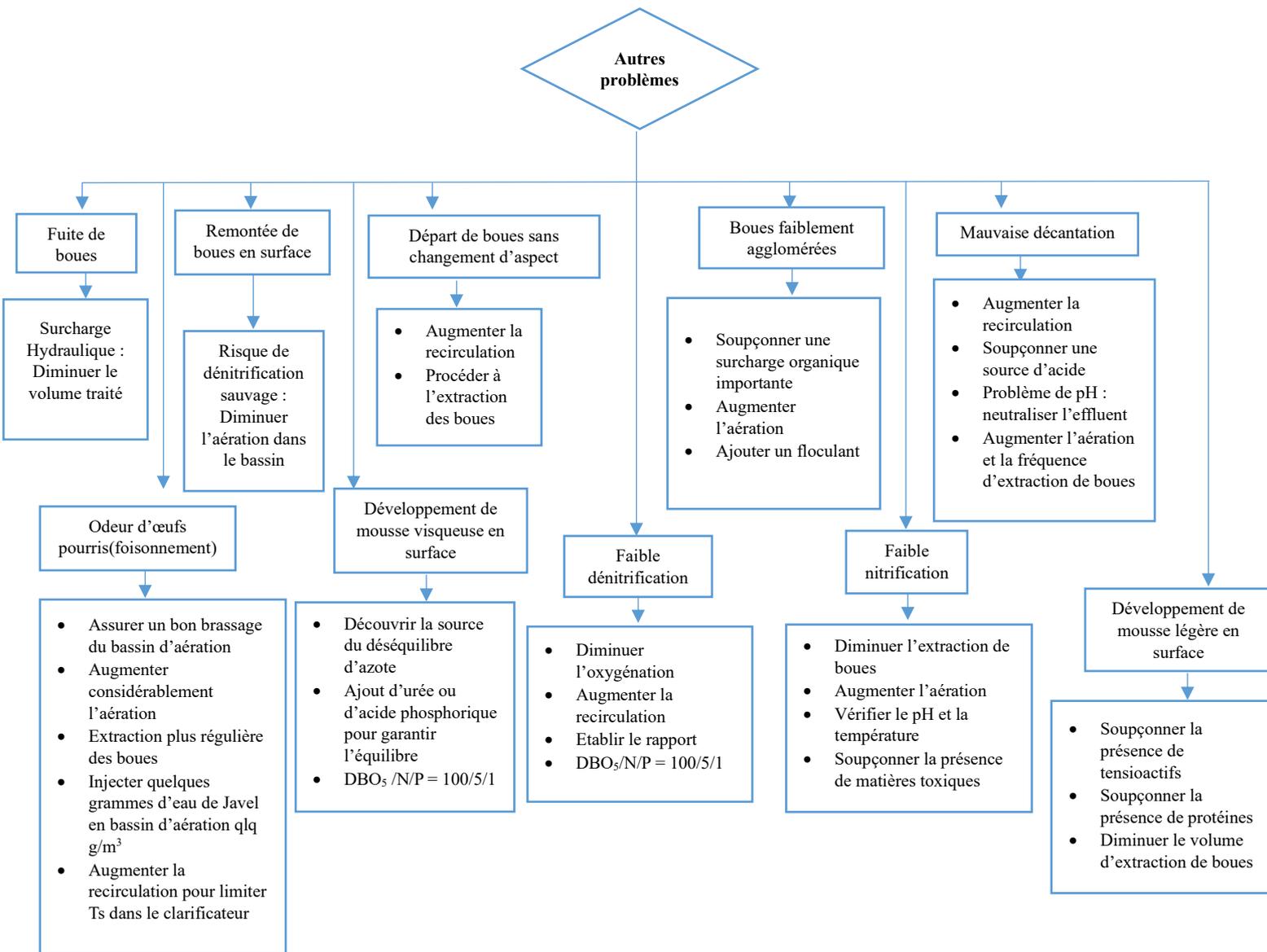


**UN BESOIN EN REUSE ?**

[www.ctp-environnement.com](http://www.ctp-environnement.com)

[contact@ctp-environnement.com](mailto:contact@ctp-environnement.com)

Organigramme 4: Organigramme des boues activées (autres problèmes)



**Codes de base de données et d'application**

**Code d'application pour décanteur primaire**

Visual Studio propose un environnement convivial pour le développement d'applications, en visant le diagnostic des stations d'épuration notamment la simulation de décanteurs primaires, se basant sur le raisonnement décrit dans les organigrammes. L'interface utilisateur intuitive facilite la saisie des paramètres opérationnels, tels que les caractéristiques de l'effluent et les exigences de performance. Cette approche permet de modéliser efficacement le comportement du décanteur et de prédire ses

performances dans différentes conditions d'exploitation. Le code intègre des modules de visualisation permettant de suivre en temps réel les principaux paramètres de performance du décanteur primaire. Ces paramètres incluent le débit de l'effluent traité, les taux d'élimination de la DBO5 et des MES, le taux de débordement ainsi que le temps de rétention. Le décanteur primaire peut avoir une forme de bassin circulaire ou rectangulaire, avec des dimensions spécifiques adaptées à chaque clarificateur. Ces visualisations prennent la forme de tableaux de bord dynamiques, offrant ainsi à l'opérateur une meilleure visibilité sur le

fonctionnement du système et facilitant la prise de décision pour optimiser la performance du décanteur.

**Code d'application pour les boues activées**

L'application développée dans Visual Studio pour le traitement des boues activées est dotée d'une interface utilisateur conviviale. Cette interface simplifie la saisie des paramètres opérationnels propres au processus. La figure suivante illustre le tableau de bord intégrant l'application dédiée au réacteur des boues activées. L'algorithme de base utilise les paramètres définis par l'utilisateur en conjonction avec un organigramme



# Analyseurs d'eau en ligne précision, tranquillité

- faible coût d'exploitation,  
pas de réactifs
- sans filtration
- maintenance réduite
- résultat immédiat

## Spectroscopie UV in situ par sonde immergée ou par prélèvement

- Ammonium
- Hydrocarbures
- UV DCO
- Chlorophylle - a
- Nitrates
- Phénols
- Chrome VI
- Traceurs fluorescents

## Méthode colorimétrique

- Phosphates

## Autres paramètres

- pH/Redox
- Conductivité
- O<sub>2</sub> dissous
- Turbidité
- COT

*datalink  
instruments*



***dtli.***

**www.datalink-instruments.com**  
tel: +33 (0)4 76 94 90 83  
fax: +33 (0)4 76 94 18 14  
mail: [contact@datalink-instruments.com](mailto:contact@datalink-instruments.com)

**Datalink Instruments**  
36A rue des Vingt Toises  
F-38950 Saint-Martin-le-Vinoux  
France

```

Fichiers divers
FrmPrimaryClarifier
FrmPrimaryClarifier_Load

Public Sub ValidateAndShowMessage()
    Dim msg As String = String.Empty
    Try
        If Cdbl(txtTSS_RemovalEfficiency.Text) > 50 And Cdbl(txtBOD5_RemovalEfficiency.Text) > 30 Then
            msg = "To secondary treatment."
        Else
            If cmbTypeSecTreatProcess.Text = "Activated sludge" Then
                Dim td As Double = Cdbl(txtFlowQ.Text) / Cdbl(txtTotalArea_s.Text)
                txtOverflowRate_Td.Text = td
                If Not (td >= 2 And td <= 2.5) Then
                    msg = "Adjust flow Q." & vbCrLf &
                        "Rectify." & vbCrLf &
                        "Provide lamellar clarifier and reset diagnosis." & vbCrLf &
                        "Add polymer flocculants."
                Else
                    Dim tr As Double = Cdbl(txtHeight_H.Text) / td
                    txt_Tr.Text = tr
                    If Not (tr >= 1 And tr <= 1.5) Then
                        msg = "Rectify by changing H."
                    Else
                        If cmbTypeDecanter.Text = "Circular" Then
                            If (Cdbl(txtHeight_H.Text) > 2 And Cdbl(txtHeight_H.Text) < 3.5) And (Cdbl(txtDiameter_fi.Text) < 30) And (Cdbl(txtGradient.Text) > 0.5) Then
                                msg = "To secondary treatment."
                            Else
                                msg = "Rectify."
                                MsgBox.Show(msg, "Recommendations", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Information)
                                msg = ""
                                FrmBoiteDialoguePrimaryClarifier.ShowDialog()
                            End If
                        ElseIf cmbTypeDecanter.Text = "Rectangular" Then
                            Dim Lsurl As Double = Cdbl(txtLength_L.Text) / Cdbl(txtWidth_L.Text)
                            txt_Lsurl.Text = Lsurl
                            If (Cdbl(txtLength_L.Text) > 3 And Cdbl(txtLength_L.Text) < 100) And (Cdbl(txtWidth_L.Text) > 7.5) And (Cdbl(txtHeight_H.Text) > 2) Then
                                msg = "To secondary treatment."
                            Else
                                msg = "Rectify."
                                MsgBox.Show(msg, "Recommendations", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Information)
                                msg = ""
                                FrmBoiteDialoguePrimaryClarifier.ShowDialog()
                            End If
                        End If
                    End If
                End If
            End If
            ElseIf cmbTypeSecTreatProcess.Text = "Rotating biological discs (RBD)" Or cmbTypeSecTreatProcess.Text = "Trickling filters" Then
                Dim td As Double = Cdbl(txtFlowQ.Text) / Cdbl(txtTotalArea_s.Text)
                txtOverflowRate_Td.Text = td
                If Not (td >= 1 And td <= 1.5) Then
                    msg = "Adjust flow Q." & vbCrLf &
                        "Rectify." & vbCrLf &
                        "Provide lamellar clarifier and reset diagnosis." & vbCrLf &
                        "Add polymer flocculants."
                Else
                    Dim tr As Double = Cdbl(txtHeight_H.Text) / td
                    txt_Tr.Text = tr
                    If Not (tr >= 1.5 And tr <= 2) Then
                        msg = "Rectify by changing H."
                    Else
                        If cmbTypeDecanter.Text = "Circular" Then
                            If (Cdbl(txtHeight_H.Text) > 2 And Cdbl(txtHeight_H.Text) < 3.5) And (Cdbl(txtDiameter_fi.Text) < 30) And (Cdbl(txtGradient.Text) > 0.5) Then
                                msg = "To secondary treatment."
                            Else
                                msg = "Rectify."
                                MsgBox.Show(msg, "Recommendations", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Information)
                                msg = ""
                                FrmBoiteDialoguePrimaryClarifier.ShowDialog()
                            End If
                        ElseIf cmbTypeDecanter.Text = "Rectangular" Then
                            Dim Lsurl As Double = Cdbl(txtLength_L.Text) / Cdbl(txtWidth_L.Text)
                            txt_Lsurl.Text = Lsurl
                            If (Cdbl(txtLength_L.Text) > 3 And Cdbl(txtLength_L.Text) < 100) And (Cdbl(txtWidth_L.Text) > 7.5) And (Cdbl(txtHeight_H.Text) > 2) Then
                                msg = "To secondary treatment."
                            Else
                                msg = "Rectify."
                                MsgBox.Show(msg, "Recommendations", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Information)
                                msg = ""
                                FrmBoiteDialoguePrimaryClarifier.ShowDialog()
                            End If
                        End If
                    End If
                End If
            Else
                MsgBox.Show("Please choose the Type of secondary treatment process.")
            End If
        End If
    End Try
End Sub

```

Figure 1: Code d'application pour décanteur primaire.

préétabli pour simuler le processus dans le réacteur. Cette simulation prend en compte plusieurs caractéristiques de l'effluent, telles que le débit d'entrée et de sortie, les taux d'élimination de la DBO5 et de MES, ainsi que la charge massique et volumique pour chaque type de charge (forte, moyenne, faible, aération prolongée). Le contrôle de l'oxygénation, l'indice de Mohlman et l'âge des boues sont gérés simultanément dans ce processus.

La saisie des données pour les paramètres du clarificateur a été effectuée aussi sur la même plateforme. En utilisant cet outil, nous avons pu non seulement entrer les valeurs nécessaires, mais aussi bénéficier d'outils de débogage et de validation pour assurer l'exactitude des données saisies. Cette approche a non seulement simplifié le processus de configuration, mais a également renforcé la fiabilité et les performances du système de clarificateur dans son ensemble.

La figure ci-dessus présente le codage appliqué au niveau du clarificateur, couvrant une gamme complète de paramètres incluant le débit de l'effluent et du recirculé, les taux d'élimination de la DBO5 et de la MES, la charge hydraulique, le flux massique, le temps de rétention, ainsi que les paramètres de dimensionnement qui dépendent de la forme du décanteur (circulaire ou rectangulaire).

*Ensemble préservons notre environnement !*

Fabrication Française



## Bacs de rétention souples, pliables, amovibles - MULTIFONCTION



**Bacs de rétention avec équerres amovibles**

**Bac de rétention autoportant**

- Usages permanents ou ponctuels
- Intérieur ou extérieur
- Formes & dimensions sur-mesure
- Compatibles multiples produits

*Protégez vos sols de tous déversements polluants  
(sites de production, zones d'interventions, chantiers ...)*

Voir notre site dédié : [www.bac-retention-souple.fr](http://www.bac-retention-souple.fr)

## Barrages anti-pollution pour hydrocarbures, plantes invasives ...



**Barrages PVC pour pollutions de surface et débris flottants**

**Barrage pour plantes invasives**

- Installations temporaires ou permanentes
- Mise en oeuvre simple et rapide
- Jupes géotextiles ou PVC
- Dimensions au choix

*Sécurisez, confinez et récupérez tous polluants  
(hydrocarbures, débris flottants, plantes invasives, MES...)*

Voir notre site dédié : [www.barrage-antipollution.fr](http://www.barrage-antipollution.fr)

## Abris de stockage sécurisés avec rétention pour l'extérieur



**Abris et bungalows de stockage sécurisés avec rétention - PEHD ou ACIER galvanisé**

- Abris sécurisés
- Compatibles tous produits
- Capacités de rétention variées

*Stockez en toute sécurité vos produits polluants  
en extérieur à l'abri des intempéries et du vandalisme*

Retrouvez tous nos produits sur : [www.difope.fr](http://www.difope.fr)

```

100 Private Sub btnValidate_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles btnValidate.Click
101 Dim msg As String = String.Empty
102 Try
103     Select Case TabControl1.SelectedTab.Name
104     Case "tabREACTOR"
105         Try
106             If CDB(txtBOX05_Rev_Efficiency.Text) > 95 And CDB(txtBOX05_Rev_Efficiency.Text) < 99 And CDB(txtBOX05_Rev_Efficiency.Text) > 85 And CDB(
107                 msg = "To the next stage."
108             Else
109                 If cmbTypeOfLoad.Text = "Prolonged aeration" And CDB(txtCn.Text) <= 0.3 And CDB(txtCv.Text) <= 0.3 Then
110                     msg = getMsg_REACTOR()
111                 ElseIf cmbTypeOfLoad.Text = "Low load" And CDB(txtCn.Text) >= 0.1 And CDB(txtCv.Text) <= 0.25 And CDB(txtCv.Text) >= 0.1 And CDB(
112                     msg = getMsg_REACTOR()
113                 ElseIf cmbTypeOfLoad.Text = "Medium load" And CDB(txtCn.Text) >= 0.25 And CDB(txtCv.Text) <= 0.5 And CDB(txtCv.Text) >= 0.7 And
114                     msg = getMsg_REACTOR()
115                 ElseIf cmbTypeOfLoad.Text = "High load" And CDB(txtCn.Text) >= 0.5 And CDB(txtCv.Text) >= 1.0 Then
116                     msg = getMsg_REACTOR()
117                 Else
118                     msg = "Control the organic load." & vbCrLf &
119                         "Adjust biological tank concentration to adjust R (variation in excess sludge extraction rate)." & vbCrLf &
120                         "Provide a homogenization tank." & vbCrLf &
121                         "Resize if nominal capacity is exceeded."
122                 End If
123             End Try
124         Catch ex As InvalidCastException
125             MessageBox.Show("Invalid input. Please ensure all numerical values are entered correctly.", "Message", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Warning)
126         Catch ex As Exception
127             Dim controlsWidths As List(Of Control) = GetMirControlsWidths(Me)
128             If controlsWidths.Count > 0 Then
129                 MessageBox.Show("Some fields are not filled in.", "Message", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Warning)
130                 controlsWidths(controlsWidths.Count - 1).Focus()
131             Else
132                 MessageBox.Show("An unexpected error occurred: " & ex.Message, "Message", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Warning)
133             End Try
134         End Try
135     Case "tabCLARIFIER"
136         If CDB(txtBOX06_Rev_Efficiency_Clarifier.Text) > 85 And CDB(txtBOX06_Rev_Efficiency_Clarifier.Text) < 99 And CDB(txtBOX06_Rev_Efficiency_Clarifi
137             msg = "Repeat wastewater."
138         Else
139             msg = getMsg_CLARIFIER()
140         End If
141     Case Else
142         msg = "Please select a valid tab."
143     End Select
144 Catch ex As InvalidCastException
145     MessageBox.Show("Invalid input. Please ensure all numerical values are entered correctly.", "Message", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Warning)
146 Catch ex As Exception
147     Dim controlsWidths As List(Of Control) = GetMirControlsWidths(Me)
148     If controlsWidths.Count > 0 Then
149         MessageBox.Show("Some fields are not filled in.", "Message", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Warning)
150         controlsWidths(controlsWidths.Count - 1).Focus()
151     Else
152         MessageBox.Show("An unexpected error occurred: " & ex.Message, "Message", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Warning)
153     End Try
154 End Try
155 If msg && String.IsNullOrEmpty(msg) Then
156     MessageBox.Show(msg, "Recommendations", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Information)
157 End If
158 End Sub
159
160 Function getMsg_REACTOR() As String
161 Dim msg As String = String.Empty
162 Try
163     If RadcButtonREACTOR1.Checked Then
164         Dim a2 As Double = (CDB(txtA1Prime.Text) + CDB(txtA1a.Text)) + (CDB(txtA1Prime.Text) + CDB(txtA1v.Text))
165         txtA2.Text = a2.ToString()
166         If a2 < 12000 Then
167             msg = "Increase aeration"
168             ElseIf a2 > 12000 Then
169                 msg = "See previous steps." & vbCrLf &
170                     "Suspect their aeration." & vbCrLf &
171                     "See other leads."
172             Else
173                 msg = "Decrease aeration." & vbCrLf &
174                     "Increase recirculation."
175             End If
176         ElseIf RadcButtonREACTOR2.Checked Then
177             Dim R1 As Double = CDB(txtV1.Text) / CDB(txtA1.Text)
178             txtR1.Text = R1.ToString()
179             If R1 <= 50 Then
180                 msg = "Increase sludge age and control reactor concentration." & vbCrLf &
181                     "Presence of toxic inhibitors."
182             ElseIf R1 >= 50 And R1 <= 150 Then
183                 msg = "Optimal conditions, explore other options."
184             ElseIf R1 >= 150 Then
185                 msg = "Increase aeration." & vbCrLf &
186                     "Recirculation rate 60-100% re-evaluated." & vbCrLf &
187                     "Reduce sludge age."
188             End If
189         ElseIf RadcButtonREACTOR3.Checked Then
190             Dim A As Double = CDB(txtA1.Text) / CDB(txtV1.Text)
191             txtA.Text = A.ToString()
192             If (A < 1 And cmbTypeOfLoad.Text = "High load") Or (A > 2 And A <= 5 And cmbTypeOfLoad.Text = "Medium load") Or (A > 15 And cmbTypeOfLoad.Text
193                 msg = "Refer to the Redmann index and aeration."
194             Else
195                 msg = "Adjustment of excess sludge extraction rate => Optimize TSS concentration in biological basin." & vbCrLf &
196                     "Prolonged aeration - 0.5h/d; Low load 0.5/d; Medium load 1.0/d; High load 1.5/d." & vbCrLf &
197                     "Regular extraction of excess sludge."
198             End If
199         Else
200             msg = "Please select..."
201         End If
202     Catch ex As InvalidCastException
203         MessageBox.Show("Invalid input. Please ensure all numerical values are entered correctly.", "Message", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Warning)
204     Catch ex As DivisionByZeroError
205         MessageBox.Show("Division by zero error. Please ensure all input values are appropriate.", "Message", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Warning)
206     Catch ex As Exception
207         Dim controlsWidths As List(Of Control) = GetMirControlsWidths(Me)
208         If controlsWidths.Count > 0 Then
209             MessageBox.Show("Some fields are not filled in.", "Message", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Warning)
210             controlsWidths(controlsWidths.Count - 1).Focus()
211         Else
212             MessageBox.Show("An unexpected error occurred: " & ex.Message, "Message", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Warning)
213         End Try
214     End Try
215 Return msg
216 End Function
217 End Namespace

```

Figure 2: Code d'application pour réacteur.

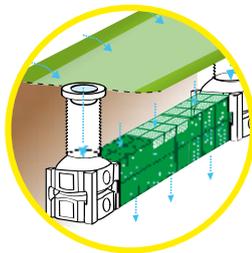
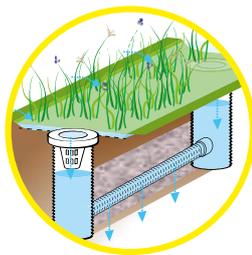


## Les + FRÄNKISCHE

### Solutions fondées sur la nature : de quoi parle-t-on ?

Dans le domaine de l'eau, ce concept désigne toutes les techniques qui s'appuient sur le végétal pour favoriser le ralentissement des écoulements et mieux gérer l'eau là où elle tombe. Zoom sur les principales innovations de Fraenkische en la matière !

#### Techniques d'infiltration des eaux pluviales avec Rigofill et MuriPipe



- **Gestion qualitative et quantitative** des eaux pluviales
- **Déconnexion du réseau** d'eaux pluviales
- **Stockage optimisé** compatible avec sols peu infiltrant
- **Adaptabilité aux espaces urbains** : solution polyvalente pour voiries, parcs, zones résidentielles ou espaces industriels, etc
- **Rafraîchissement de l'air** grâce à l'intégration paysagère
- **Réduction** des risques d'eau stagnante
- **Réduction** des risques de **prolifération des moustique**

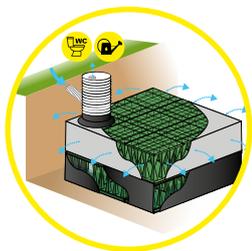
Leur principe est simple : l'eau de pluie est recueillie dans des fossés ouverts et végétalisés mais peu profonds, et s'infiltrate dans le sol.

En s'infiltrant, une partie des polluants qu'elles contiennent sont absorbés et dissous sur les premiers centimètres de la noue. Plus en profondeur sous la terre, des produits – gravier et drains d'infiltration MuriPipe ou SAUL Rigofill – sont chargés de récupérer par des grilles les flux importants, de stocker l'eau et de la libérer très lentement dans le milieu récepteur.

Ces solutions sont capables de gérer les pluies chroniques comme événementielles, y compris lorsqu'elles sont fortement polluées.



#### Module de gestion des eaux pluviales à la parcelle : le RigoDuo

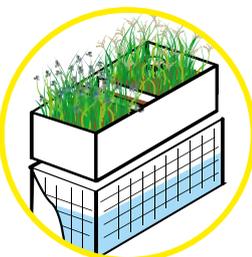


##### 1 installation, 2 fonctionnalités :

- Un espace de stockage des eaux de pluies pour la réutilisation
- Un espace de gestion des eaux pluviales par infiltration.

**L'eau est un bien précieux qu'il convient de respecter et d'économiser.** C'est pourquoi, il est parfois judicieux de gérer les excès des eaux et de les capter, les stocker, les utiliser pour différents usages : irrigations, lavage voiture, etc.

#### Module combiné de traitement et d'infiltration : RigoPlant



Le module en vidéo

- **Dépollue et améliore la qualité de l'eau** Gestion qualitative des pluies courantes
- **Réduit le risque d'inondations** Gestion quantitative
- **Protège le milieu naturel**
- **S'intègre facilement dans l'existant** Retour de la nature en ville
- **Dépollution visible** Prise de conscience par les habitants



**Vous savez maintenant pourquoi nos clients choisissent FRÄNKISCHE**



Bénéficiez de 50 ans  
d'expérience

Arrêtez de perdre du temps à  
déboucher vos pompes



Grâce à notre roue à vis centrifuge, ne faites plus le choix entre les rendements et les passages libres:

**Exigez les deux**

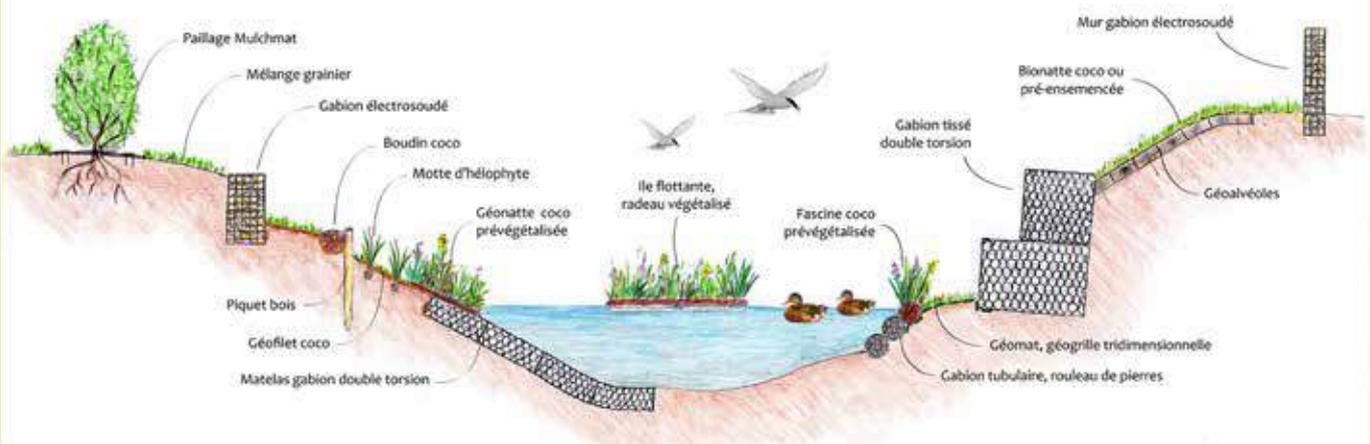


**CONTACT**

E-Mail : france@hidrostal.com  
Tél : 04 81 13 17 60  
www.hidrostal.com

**100 % des clients qui ont essayé nos pompes en ont commandé une dans le mois suivant**

*Pour vos études ou vos fournitures, trouvez le bon conseil*



*Nos experts et technico-commerciaux sont à votre service*

Abonnez-vous à notre page et suivez toute notre actualité

AquaTerra Solutions - 07250 LE POUZIN - Tel : 04 75 63 84 65 - contact@aquaterra-solutions.fr





Figure 5: Test de débogage pour traitement primaire.

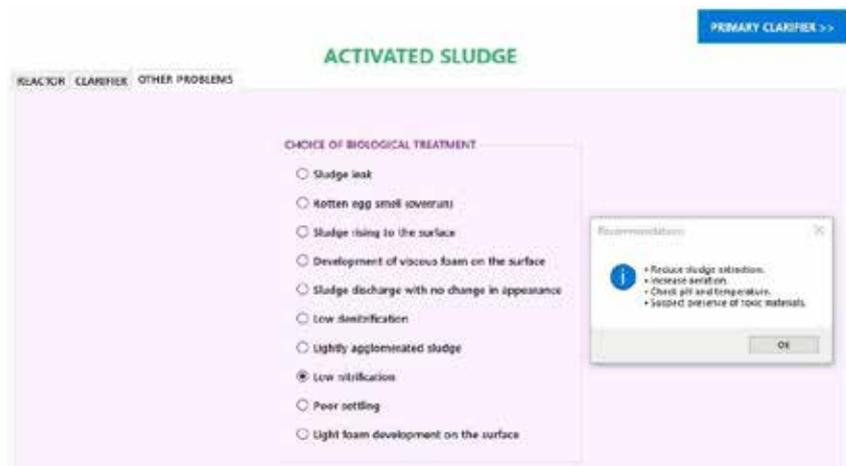


Figure 8: Test de débogage pour d'autres problèmes identifiés dans les boues activées.



Figure 6: Test de débogage pour réacteur des boues activées.



Figure 7: Test de débogage pour clarificateur secondaire.

L'intégration de cette application va bien au-delà de la simple analyse, elle permet une détection proactive des dysfonctionnements grâce à des vérifications rigoureuses des paramètres de contrôle et de dimensionnement. Cette approche proactive assure un examen minutieux à chaque étape, permettant d'identifier, de corriger et même d'anticiper d'éventuelles défaillances. Cette vigilance proactive garantit un fonctionnement optimal et continu des installations, assurant ainsi un traitement efficace des eaux usées sur le long terme.

Cette méthodologie offre des avantages étendus au-delà de l'efficacité du traitement. Elle entraîne une diminution notable des frais d'exploitation en raison de la détection anticipée des dysfonctionnements, minimisant ainsi les temps d'arrêt non planifiés et les réparations coûteuses. De plus, en assurant un fonctionnement optimal des installations, elle améliore la durabilité en réduisant la consommation d'énergie et la production de boues, favorisant ainsi un traitement plus respectueux de l'environnement. ●

du traitement primaire et des procédés intensifs comme les boues activées. Ces schémas précis permettent une analyse approfondie des paramètres critiques de chaque composant, du décanteur primaire au

décanteur secondaire en passant par le réacteur. Ils constituent une référence solide pour l'application Visual Studio, garantissant une collecte systématique des données et un calcul précis des équations.

# HORIBA

## PROCESS ET ENVIRONNEMENT

Appareils et systèmes d'analyse  
en ligne de la qualité de l'air et de l'eau



Air ambiant  
Gaz de combustion  
Gaz d'émissions  
Gaz de procédé  
Hydrogène  
Eau de process  
Eau naturelle

[www.horiba.com](http://www.horiba.com)

[info-sci.fr@horiba.com](mailto:info-sci.fr@horiba.com)

Explore the future

**HORIBA**



## Références bibliographiques

**EL GAROUANI, M., RADOINE, H., LAHRACH, A., JARAR OULIDI, H.** 2022. Spatiotemporal Analysis of Groundwater Resources in the Saïss Aquifer, Morocco. *Water* 15, 105. <https://doi.org/10.3390/w15010105>

World Water Council (Ed.), 2018. *Global Water Security, Water Resources Development and Management*. Springer Singapore, Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-7913-9> N.d.

**MANSIR, I., OERTLÉ, E., CHOUKR-ALLAH, R., 2021.** Evaluation of the Performance and Quality of Wastewater Treated by M'zar Plant in Agadir, Morocco. *Water* 13, 954. <https://doi.org/10.3390/w13070954>

**SALAMA, Y., CHENNAOUI, M., SYLLA, A., MOUNTADAR, M., RIHANI, M., ASSOBBHEI, O., 2014.** REVIEW OF WASTEWATER TREATMENT AND REUSE IN THE MOROCCO: ASPECTS AND PERSPECTIVES.

**MANDI, L., OUZZANI, N., N.D.** Water and wastewater management in Morocco: Biotechnologies application.

**CREM, 2018.** ETAT DES LIEUX DU SECTEUR DE L'EAU AU MAROC. Projet de Coopération Régionale pour une Gestion Durable des Ressources en Eau au Maghreb - CREM. Ministère de l'Équipement, du Transport, de la Logistique et de l'Eau- Département de l'Eau, Rabat-Agdal, Maroc.

**BENNOUNA, A., N.D.** Gestion de l'eau au Maroc et changement climatique.

**DIRECTION GÉNÉRALE DE L'HYDRAULIQUE, 2023.** L'HYDRAULIQUE EN CHIFFRES. Juin. Ministère de l'Équipement et de l'Eau, Royaume du Maroc.

**MORSY, KARIM M., ET AL.** "Life Cycle Assessment of Upgrading Primary Wastewater Treatment Plants to Secondary Treatment Including a Circular Economy Approach." *Air, Soil and Water Research*, vol. 13, Jan. 2020, p. 1178622120935857. [DOI.org \(Crossref\)](https://doi.org/10.1177/1178622120935857), <https://doi.org/10.1177/1178622120935857>.

**LI Q, MCGINNIS S, SYDNOR C, WONG A, RENNECKAR S.** Nanocellulose life cycle assessment. *ACS Sustain Chem Eng.* 2013;1:919-928. doi:10.1021/sc4000225.

**FRASCARI, DARIO, ET AL.** "Integrated Technological and Management Solutions for Wastewater Treatment and Efficient Agricultural Reuse in Egypt, Morocco, and Tunisia." *Integrated Environmental Assessment and Management*, vol. 14, no. 4, July 2018, pp. 447-62. [DOI.org \(Crossref\)](https://doi.org/10.1002/ieam.4045), <https://doi.org/10.1002/ieam.4045>.

**NAIDOO S, OLANIRAN AO.** Treated wastewater effluent as a source of microbial pollution of surface water resources. *Int J Environ Res Public Health.* 2014;11: 249-270

**RODRÍGUEZ C, CIROTH A.** GaBi databases in open LCA: update of datasets and LCIA methods. [https://www.openlca.org/wp-content/uploads/2015/11/GaBidatabases-in-openLCA\\_user-document.pdf](https://www.openlca.org/wp-content/uploads/2015/11/GaBidatabases-in-openLCA_user-document.pdf). Updated 2013.

**SPERLING, MARCOS VON.** *Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal*. IWA Publ. [u.a.], 2007.

**VOUTCHKOV, NIKOLAY STOJANOV.** *Clarifier Design*. WEF, 2009. [DOI.org \(Datacite\)](https://doi.org/10.13140/2.1.1230.8805), <https://doi.org/10.13140/2.1.1230.8805>.

**ODEGAARD, H. (1998)** Optimized Particle Separation in the Primary Step of Waste water Treatment. *Water Sci. Technol.*, 37, 43-53.; Wahlberg, E. J.; Wang, J. K.; Merrill, M. S.; Morris, J. L.; Kido, W. H.; Swanson, R. S.; Finger, D.; Phillips,

D. A. (1997) Primary Sedimentation: It's Performing Better Than You Think. In Proceedings of the 70th Annual Water Environment Federation Technical Exposition and Conference; Chicago, Illinois; Oct 18-20; Water Environment Federation: Alexandria, Virginia; 1, 731

**TAHRI, MERIEME, ET AL.** *ÉTUDE ET SUIVI DES PERFORMANCES DES TRAITEMENTS PRIMAIRE ET SECONDAIRE DES EAUX USEES DE LA STATION D'EPURATION DE MARRAKECH*. 2015.

**BOUMEDIENE, MAAMAR, ET AL.** "INDICATEURS DE PERFORMANCE D'UNE STATION D'EPURATION A BOUES ACTIVEES: CAS DE LA STEP DE BATNA BOUMEDIENE." *Air, Soil and Water Research*, vol. 13, no. 1, Jan. 2020, p. 1178622120935857. [DOI.org \(Crossref\)](https://doi.org/10.1177/1178622120935857), <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/01492063211002627>.

**EPNAC, 2006.** Fiche d'exploitation n°1 (novembre 2006): Quelques paramètres caractéristique des boues activées, document EPNAC, 70 p.

**GAÏD, ABDELKADER 2008.** Traitement des eaux résiduaires, Techniques de l'ingénieur, Référence c5220

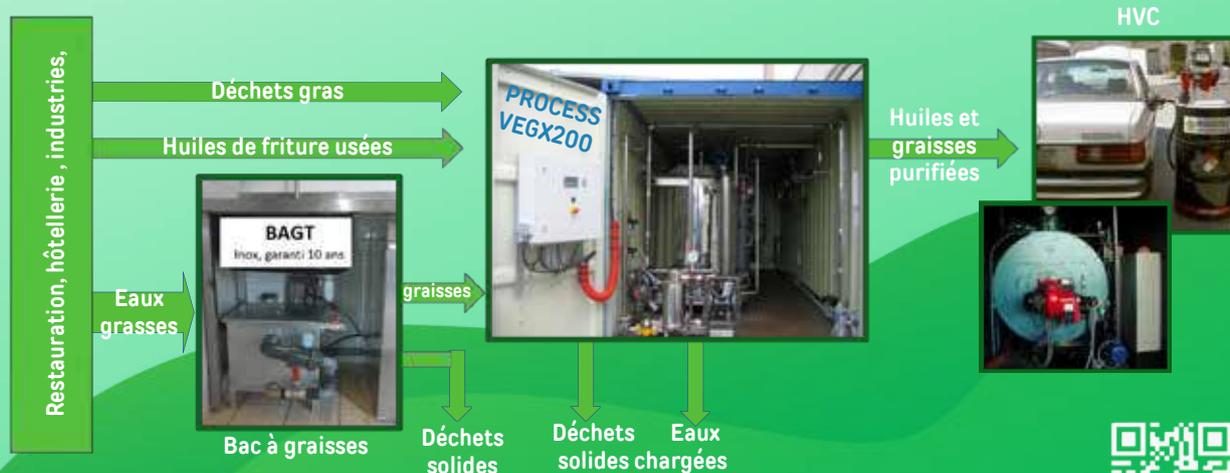
**MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE.** Le traitement du carbone et de l'azote pour des stations d'épuration de type boue activée confrontées à des fortes variations de charge et à des basses températures. Cas des stations touristiques hivernales de montagne. Document technique FNDAE, 2007.

*Dysfonctionnements biologiques des stations d'épuration: origines et solutions.* [Éd.] mise à jour, Ministère de l'agriculture et de la pêche; CEMAGREF, 2005.



DEVELOPPEMENT DURABLE SARL

## BAGT & VEGX200, les étapes de la valorisation des huiles et graisses usées



Sarl Développement Durable, [contact@sarl-developpementdurable.fr](mailto:contact@sarl-developpementdurable.fr) tél :+33 (0)5 61 32 15 12

