



INSTITUT AGRONOMIQUE ET VÉTÉRIINAIRE HASSAN II
FILIÈRE DE GÉNIE RURAL
DÉPARTEMENT EAU ENVIRONNEMENT ET INFRASTRUCTURES

2^{ème} Année CI

Traitement des eaux usées: **CARACTÉRISATION DES EAUX** **USÉES**

Pr. ELKHOUMSI WAFAE
2017/2018

1



Chapitre 1

CONCEPTS ET DÉFINITIONS

Introduction

Ces dessins, leçon qui vous aide,
à être réalisés avec le concours
de la FEDIA FLY337

Adapté et imprimé
le 20 décembre 1994
Imp: Mérie Centre Impression
Dépôt légal :
4^e trimestre 1994

Publié par FEDIA
rue de la Paix
75001 Paris
France
Téléphone : 01 42 96 10 10

Au début,
tout était calme.

Bien sûr, il fallait aller chercher
de l'eau avec son seau et les
vaches étaient au fond du jardin,
voire derrière la haie du jardin,
mais les poissons dans la rivière
étaient heureux : ils disposaient
de suffisamment d'oxygène
pour se développer - et se
nourrir les uns les autres.

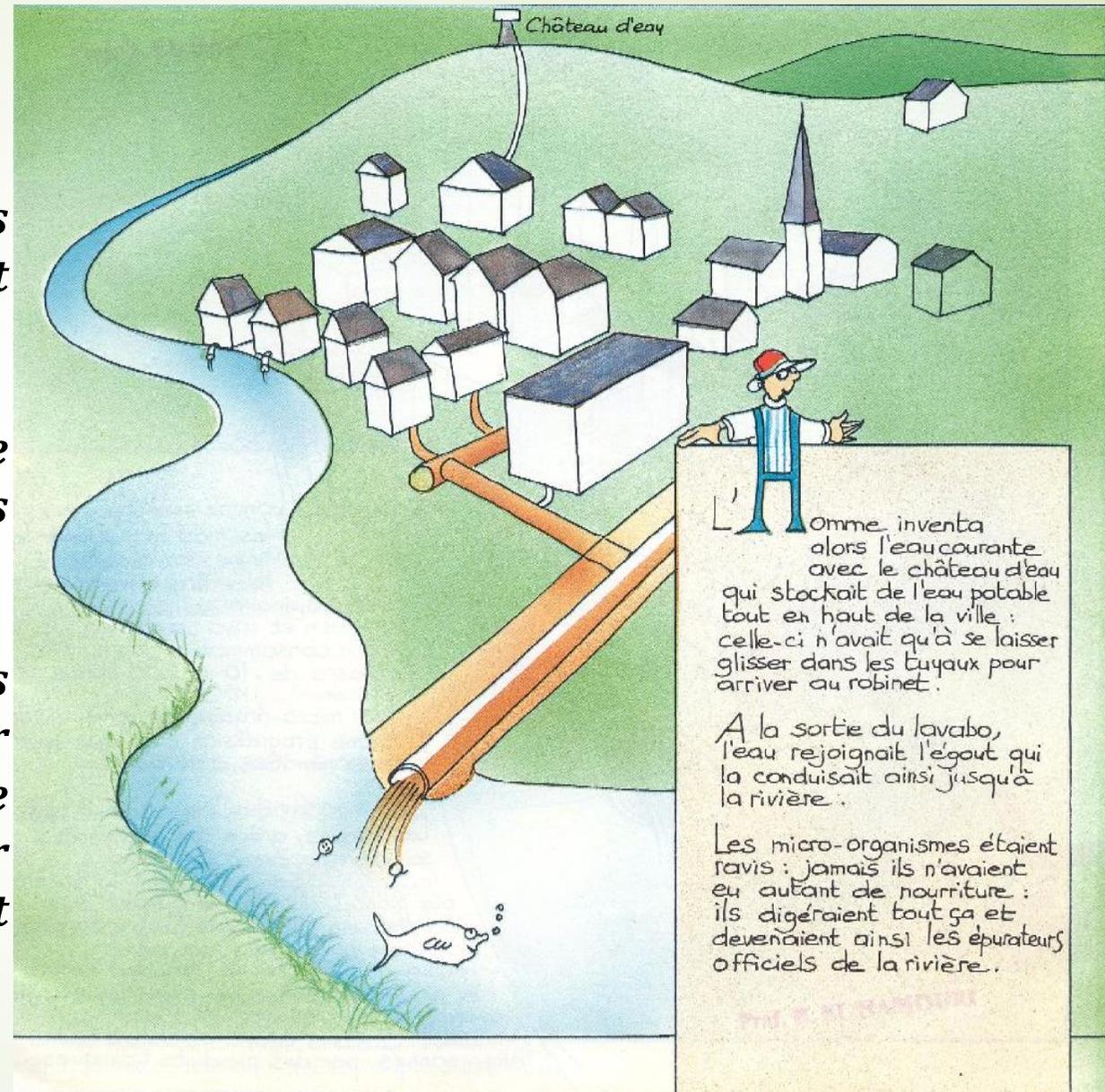
Les micro-organismes (bactéries)
vivaient tranquillement.

Les algues, la journée, par
photosynthèse, transformaient
le gaz carbonique ambiant en
oxygène.

Bref, poissons, plantes et
micro-organismes vivaient en
parfaite harmonie.

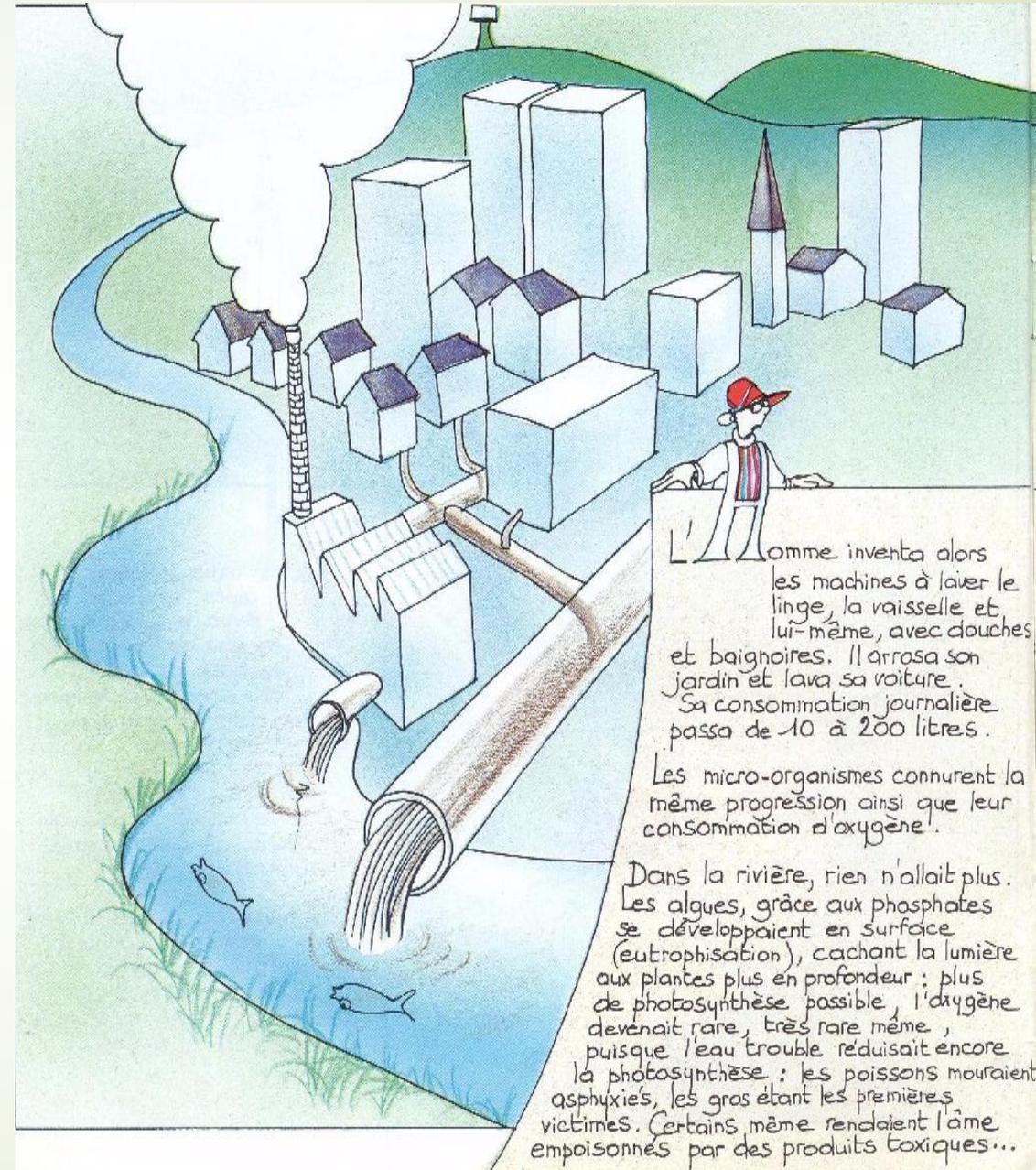
Introduction

- ❖ *Au départ et à leur apparition, les égouts assuraient l'assainissement d'un nombre limité de ménages.*
- ❖ *Ils améliorèrent, ce faisant et de manière sensible les conditions d'hygiène et de vie des populations.*
- ❖ *En fait et tels qu'ils étaient conçus, les égouts ils ne faisaient que transposer le problème des zones habitées vers le lac, la rivière, le cours d'eau ou la mer la plus proche où l'eau usée était rejetée.*



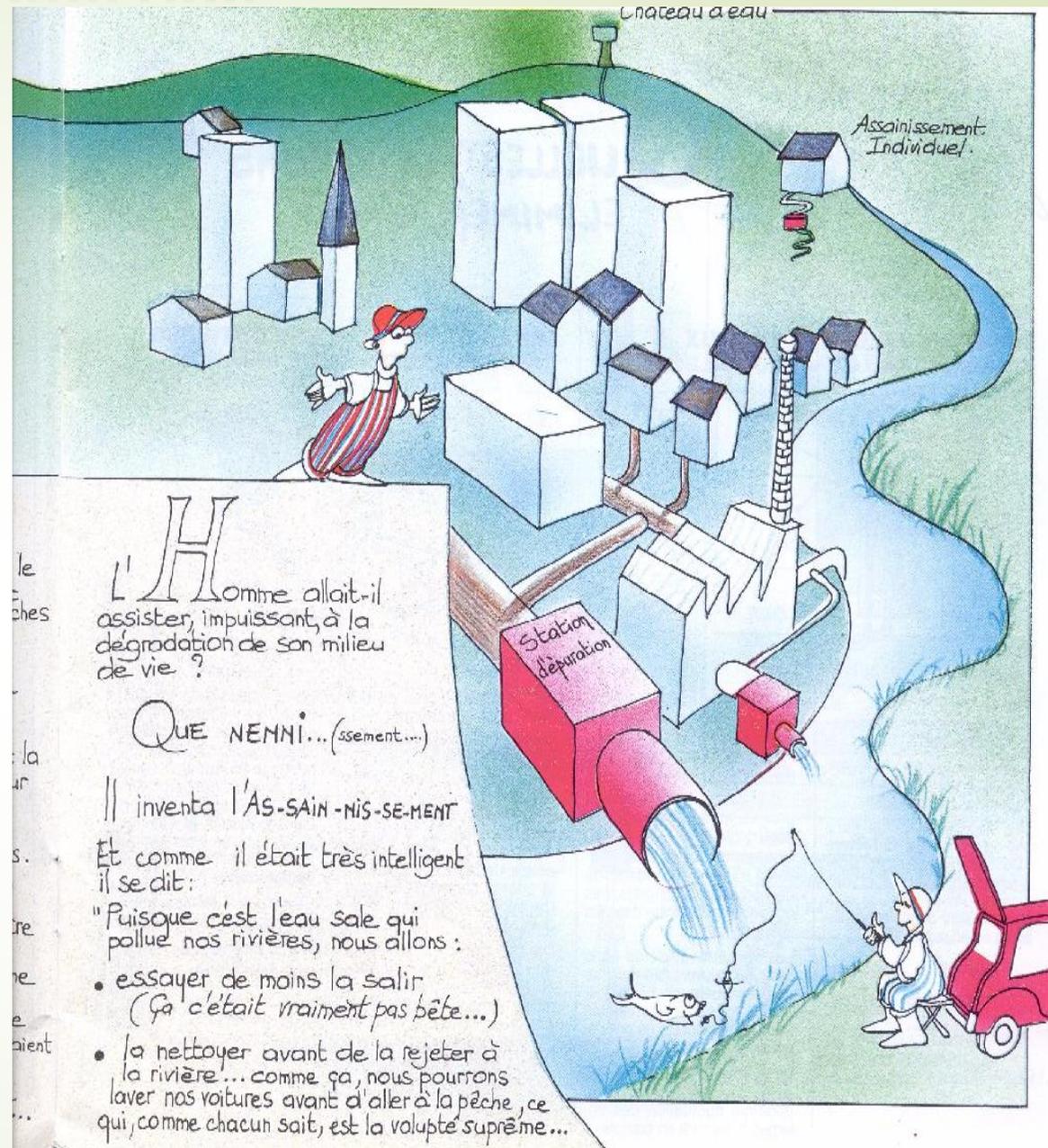
Introduction

- ❖ *La charge polluante finit rapidement par dépasser le pouvoir auto-épurateur du milieu récepteur.*
- ❖ *Dans ces conditions, l'oxygène se raréfie, car il est utilisé plus rapidement par les bactéries hétérotrophes qui vivent sur la matière organique des rejets qu'il n'est remplacé à partir de l'atmosphère (réoxygénation).*
- ❖ *Le déversement des substances toxiques contenues dans les rejets industriels contribue à son tour à l'appauvrissement de la faune et au déséquilibre de l'écosystème aquatique.*



Introduction

- ❖ **Malgré cela, l'épuration des eaux usées n'était devenue nécessaire que vers la fin du XIXème siècle, époque où le lien a été établi entre certaines maladies, comme le cholera, et la poliomyélite, et la contamination de l'eau par les excréta de personnes et/ou animaux malades.**





- Définition*
- Origines*
- Caractéristiques*
- Méthodes utilisées pour son épuration.*



- Définition*
- Origines*
- Caractéristiques*
- Méthodes utilisées pour son épuration.*

C'est quoi les eaux usées ?

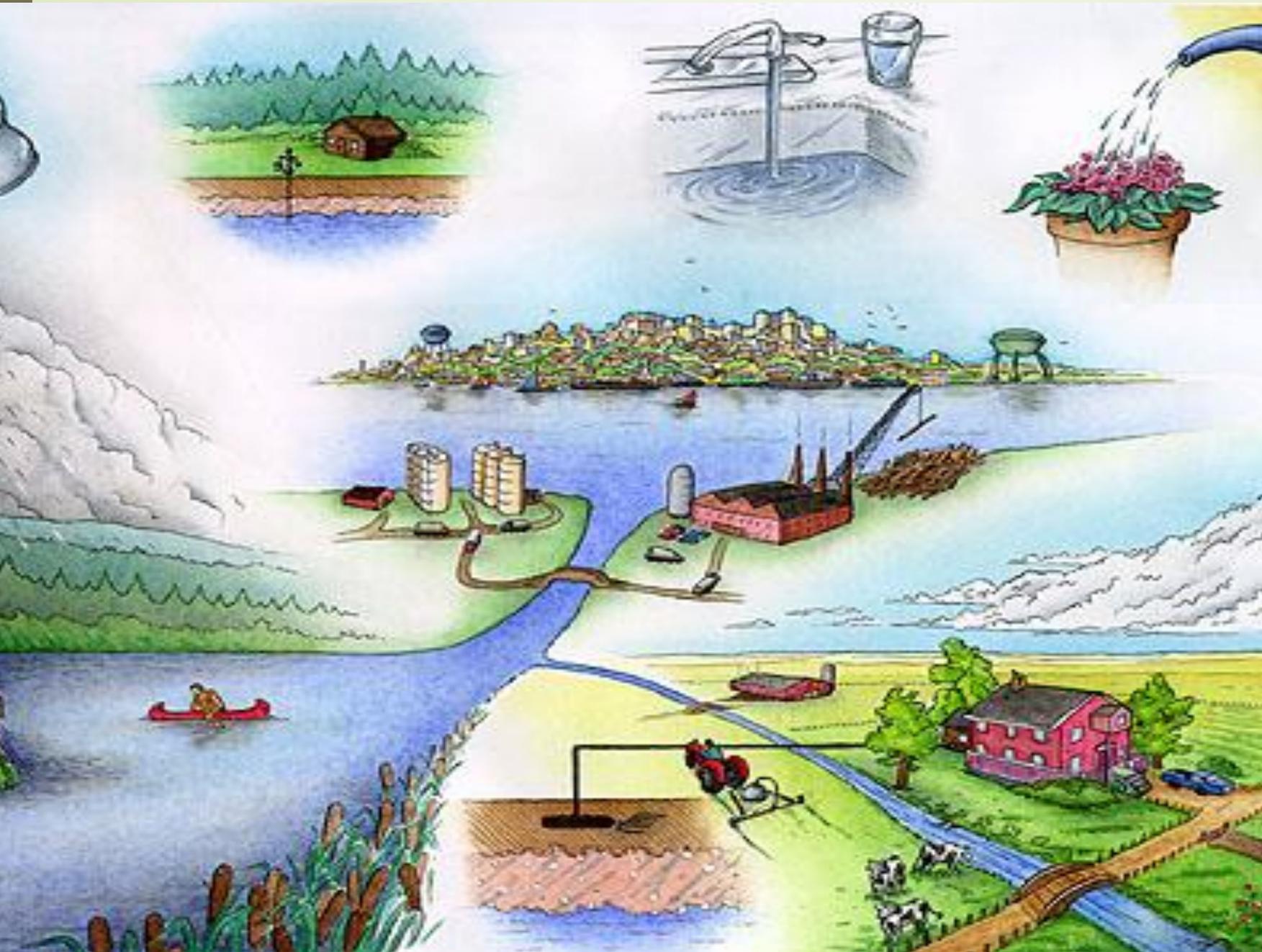
- Les eaux usées ou , eaux résiduaires urbaines (ERU) , sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine. **(REJSEK 2002)**
- Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes , dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels. **(GROSCLAUDE, 1999).**



Définition

Donc sous la terminologie d'eau résiduaire, on groupe des eaux d'origines très diverses qui ont perdu leurs puretés ; c'est-à-dire leurs propriétés naturelles par l'effet des polluants après avoir été utilisées dans des activités humaines (domestiques, industrielles ou agricoles).

Origines des eaux usées ?



Origines des eaux usées

❑ Origines des eaux usées urbaines

- *Eaux domestiques*
- *Eaux industrielles*
- *Eaux de ruissellement*

❑ Origines agricole



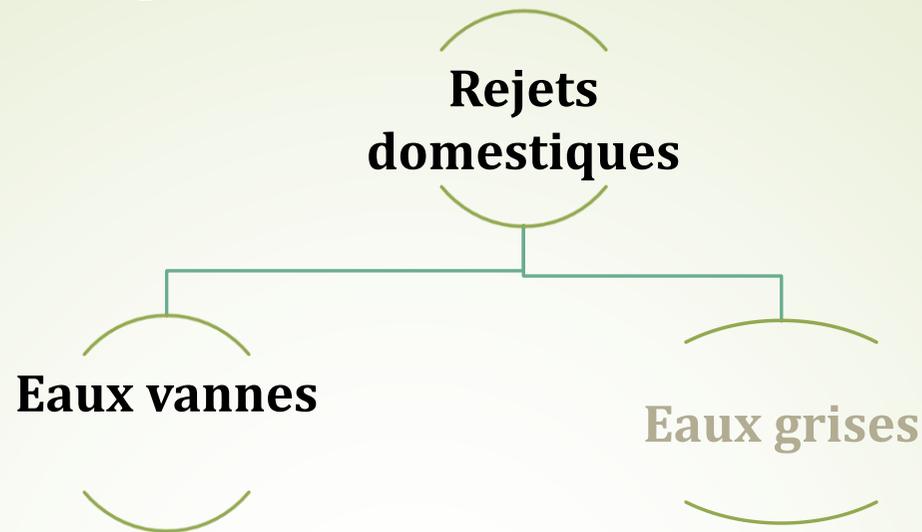
1. Les eaux usées domestiques

Elles proviennent essentiellement :



- **Des eaux de cuisine** qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, protides) et des produits détergents utilisés pour le lavage de la vaisselle et ayant pour effet la solubilisation des graisses ;
- **Des eaux de buanderie** contenant principalement des détergents ;
- **Des eaux de salle de bain** chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement des matières grasses hydrocarbonées ;
- **Des eaux de vannes** qui proviennent des sanitaires (w.c), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphatés et microorganismes.

1. Les eaux usées domestiques



- **Eaux grises** : ce sont des eaux peu chargées en matières toxiques ou à haut-risque du point de vue sanitaire, par exemple des eaux d'origine domestique, résultant du lavage de la vaisselle, des lessives, du lavage des mains, des bains ou des douches) ;
- **Eaux noires** : elles contiennent des matières polluantes ou plus difficiles à éliminer tels que des **matières fécales**, des produits **cosmétiques**, ou tout type de sous-produit industriel mélangé à l'eau

1. Les eaux usées domestiques

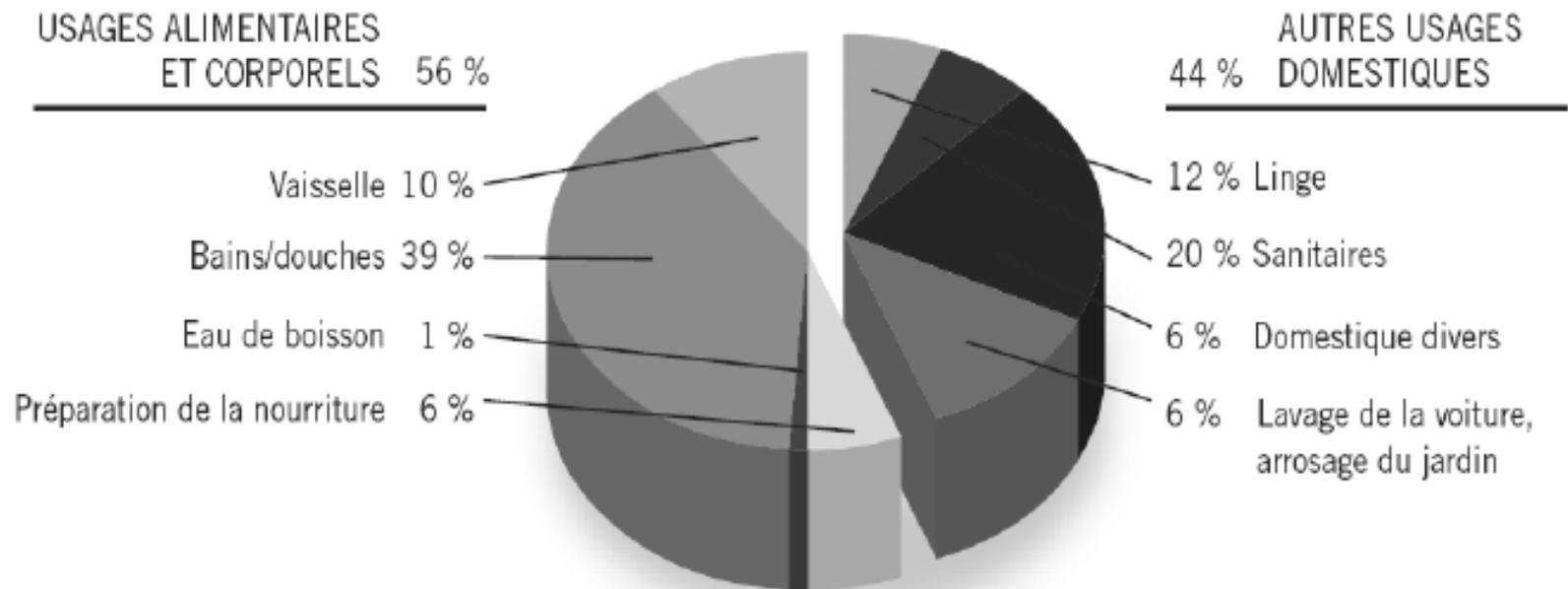
Composition extrêmement variable, et dépend de :

- la composition originelle de l'eau potable,
- les diverses utilisations (produits d'entretien, lessives, solvants, peintures, colle, etc.)
- les utilisateurs eux-mêmes : niveau socio-économique, état de santé...



1. Les eaux usées domestiques

Répartition de la consommation quotidienne d'eau selon ses différents usages domestiques



Source: C.I EAU

1. Les eaux usées domestiques

Par leur fréquente utilisation, les toilettes consomment à elles seules 20 % de l'eau des ménages. En revanche, l'eau utilisée pour la boisson ne représente que 1 % de la consommation.



7%

pour l'alimentation

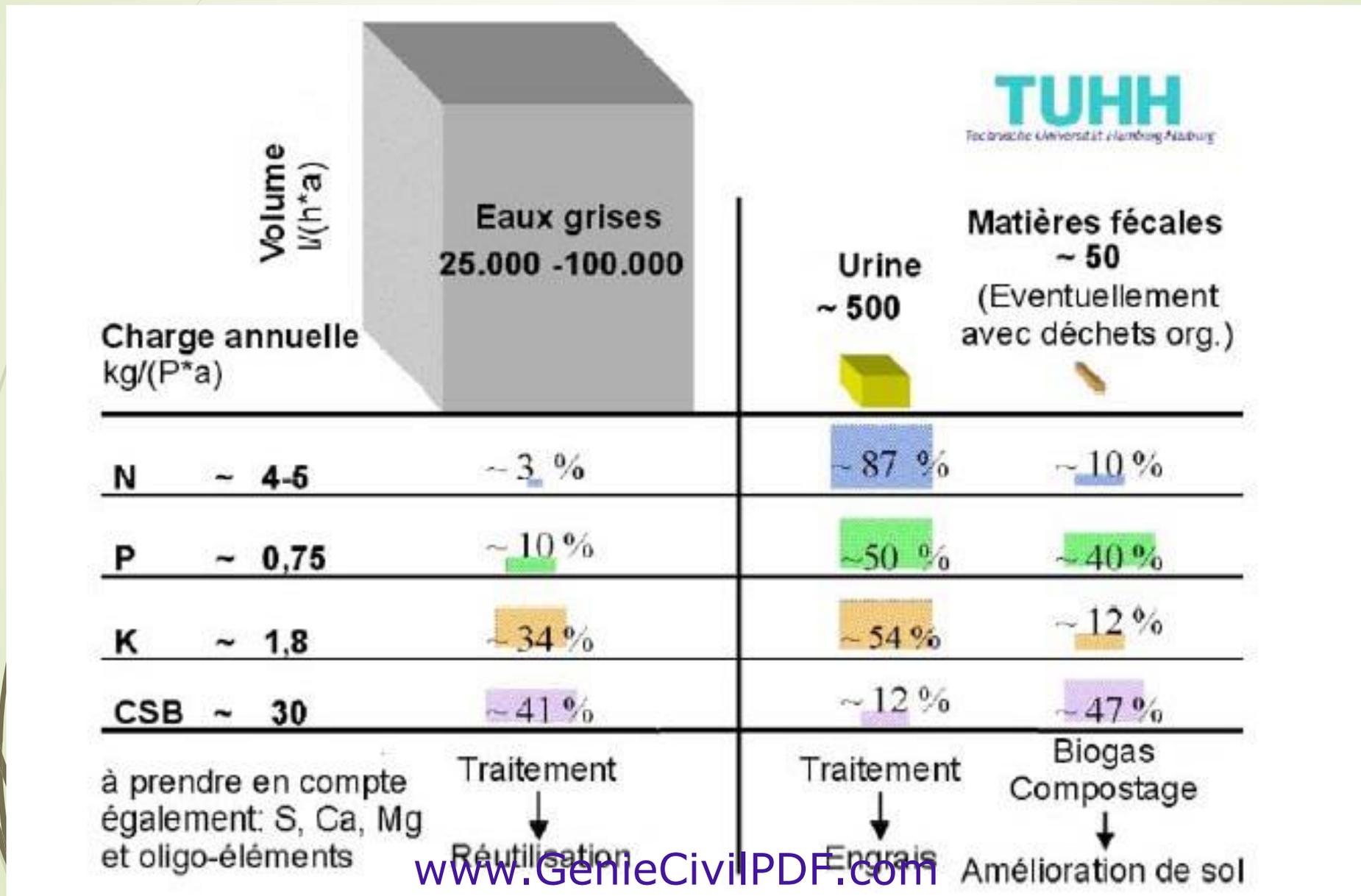
93%

pour l'hygiène et le nettoyage

www.GenieCivilPDF.com

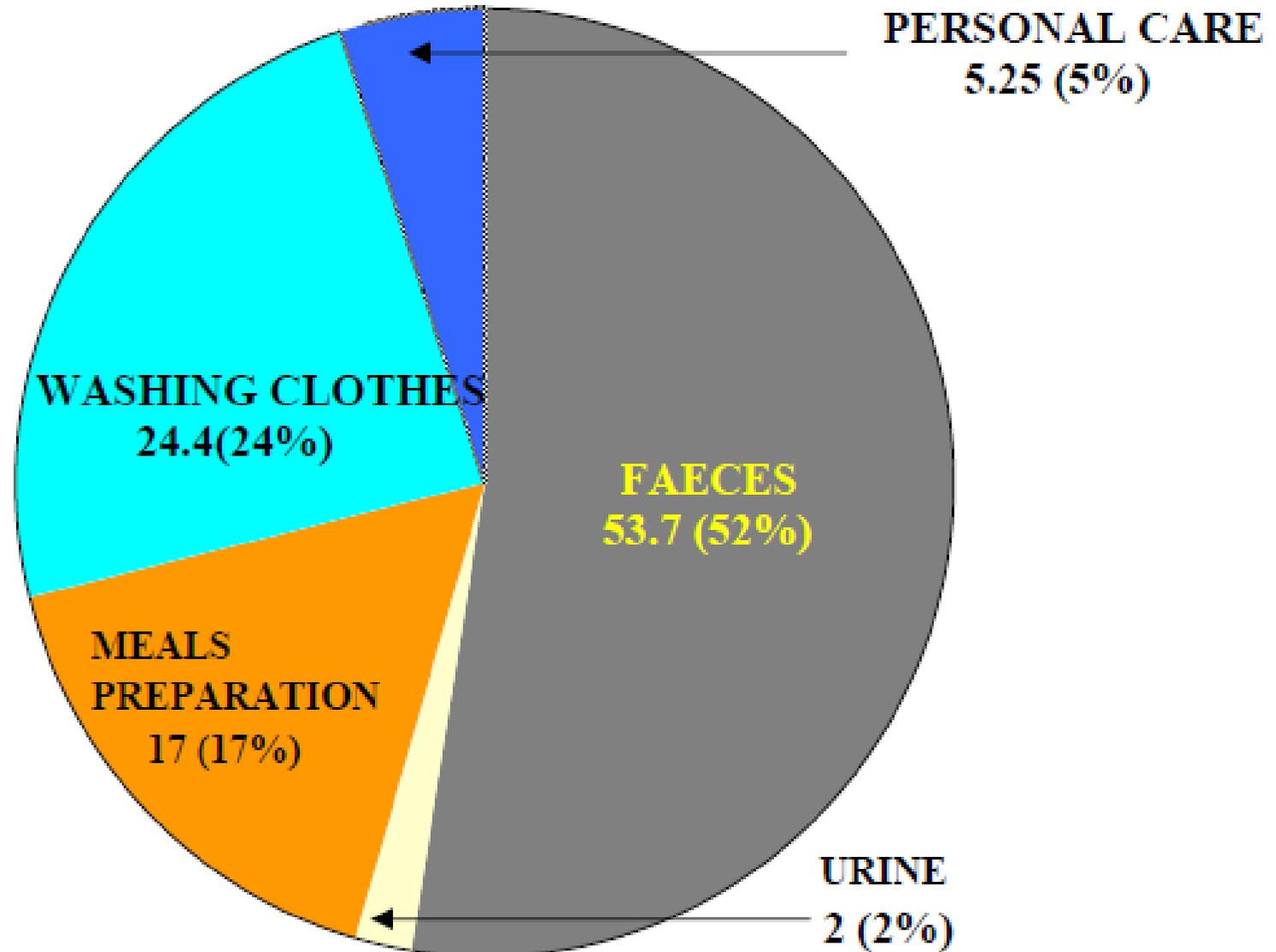
1. Les eaux usées domestiques

Composition des eaux usées domestiques



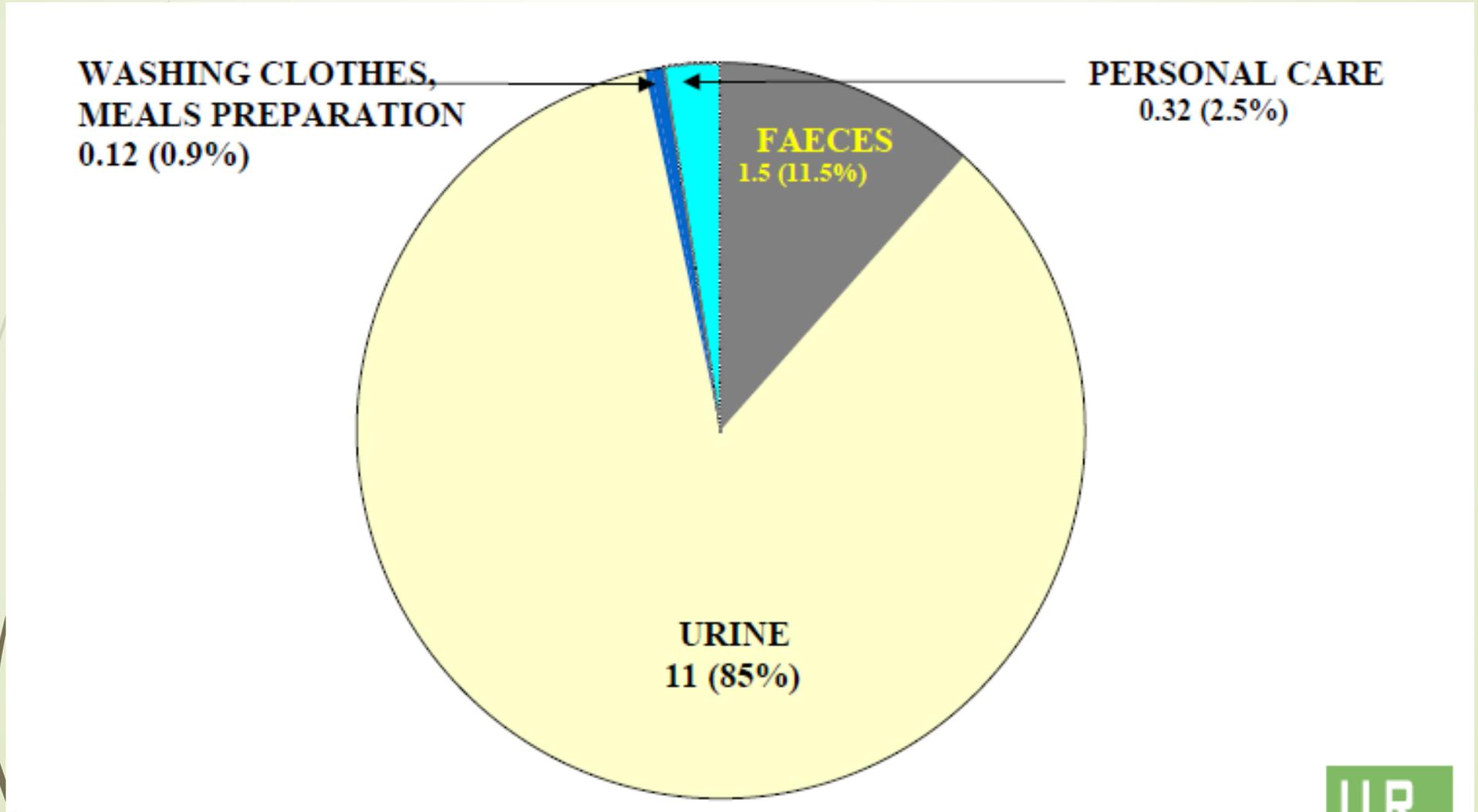
1. Les eaux usées domestiques

Composition organique des eaux usées domestiques



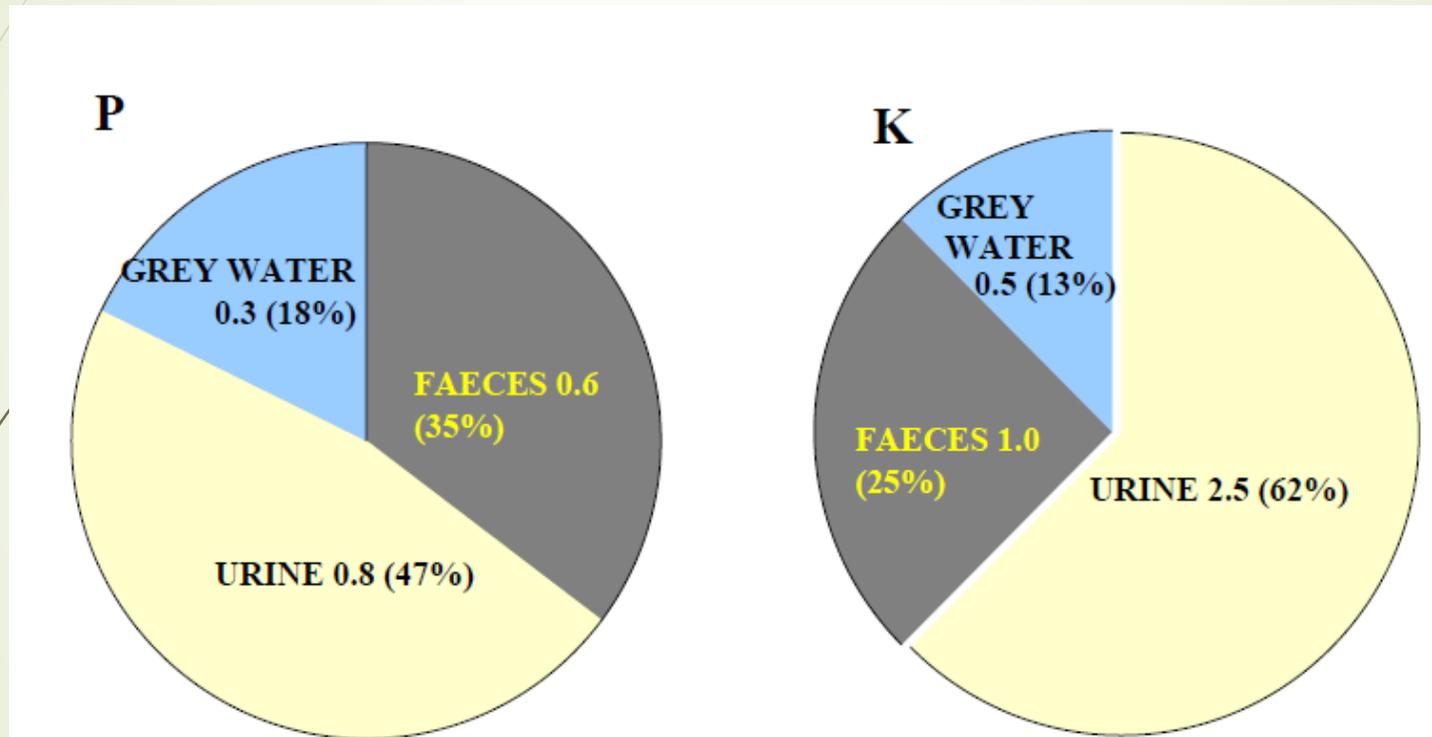
1. Les eaux usées domestiques

Composition azotée des eaux usées domestiques



1. Les eaux usées domestiques

Teneur en phosphore et en potassium dans les eaux usées domestiques



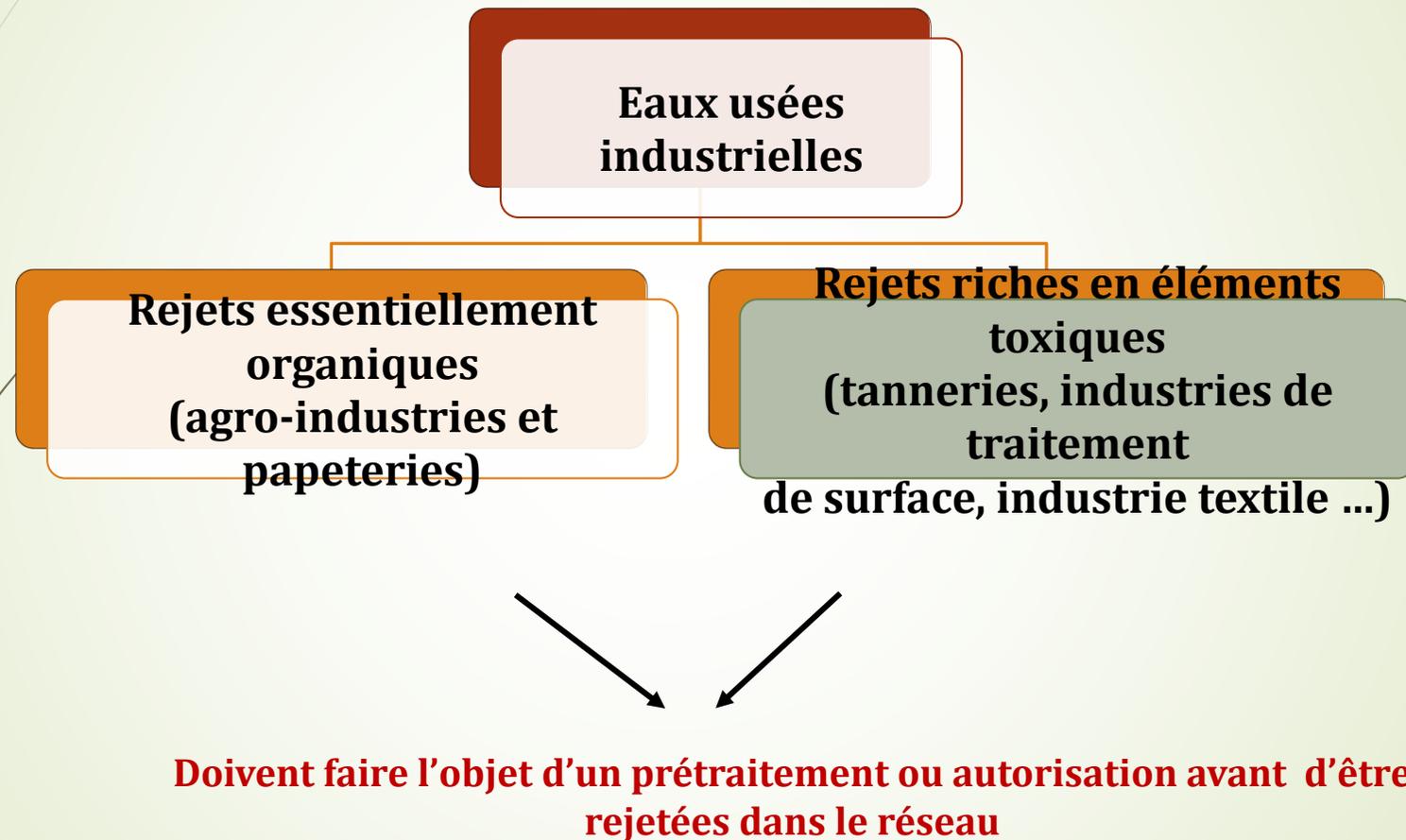
2. Les eaux usées industrielles

Tous les rejets autres que domestiques (Rejets d'activités artisanales, industrielles ou commerciales)

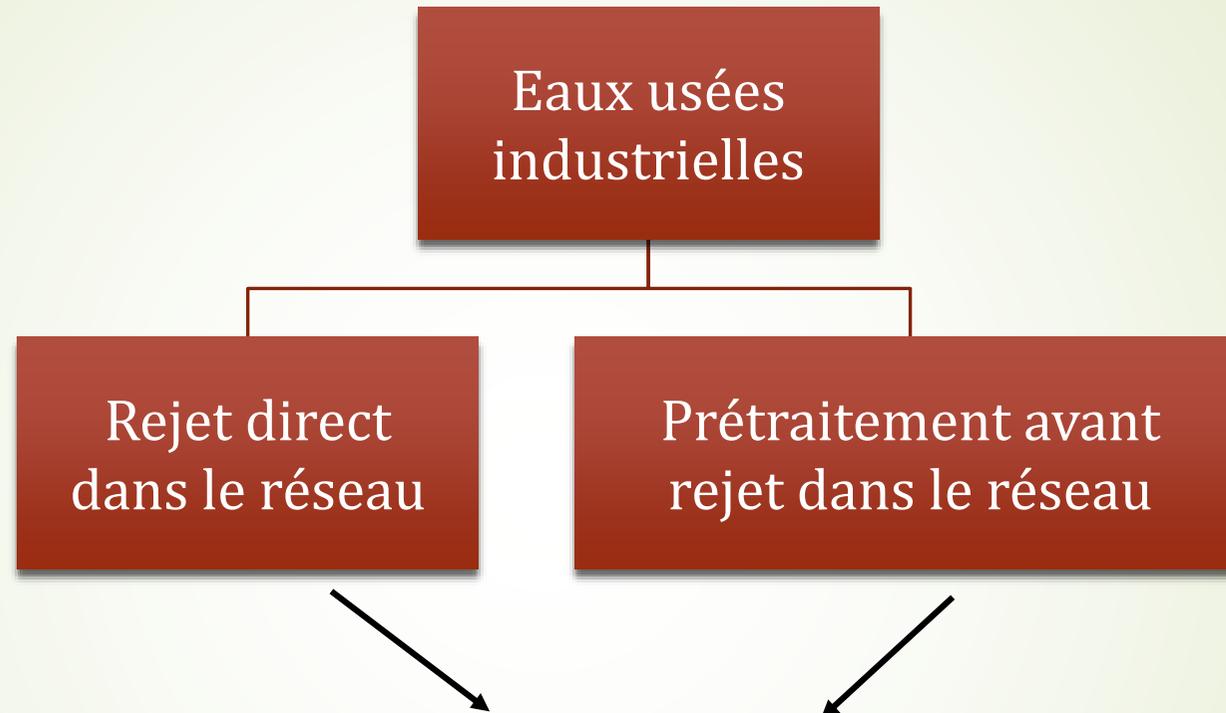
On peut néanmoins, faire un classement des principaux rejets industriels suivant la nature des inconvénients qu'ils déversent :

- ❖ **Pollution due aux matières en suspension minérales (Lavage de charbon, carrière, tamisage du sable et gravier, industries productrices d'engrais phosphatés....)**
- ❖ **Pollution due aux matières en solution minérales (usine de décapage, galvanisation...)**
- ❖ **Pollution due aux matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, équarrissages, pâte à papier...)**
- ❖ **Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers (raffineries de pétrole, porcherie, produits pharmaceutiques.....)**
- ❖ **Pollution due aux rejets toxiques (déchets radioactifs non traités, effluents radioactifs des industries nucléaires....).**

2. Les eaux usées industrielles



2. Les eaux usées industrielles



Forte modification de la composition des eaux usées.

- Diversité : il y a autant d'eaux usées industrielles que d'industries
- Contenir des produits toxiques, solvants, métaux lourds...

3. Les eaux de ruissellement

**Eaux de pluie qui ruissellent sur les surfaces imperméabilisées
Composition variable selon les activités de la région étudiée**

Réseau unitaire



- Variabilité de la qualité et du volume des eaux qui arrivent à la station d'épuration.
- Ouvrages de déviation nécessaires

Réseau séparatif



- Effluent brut de qualité relativement régulière et de débit relativement bien déterminé.

Charge liée à :

- dégradation des revêtements de surface,
- pollution issue des véhicules à moteur,
- pollution atmosphérique,
- débris végétaux,
- excréments animaux,
- produits de lutte contre le verglas,
- déchets divers,
- érosion des zones perméables et des chantiers.

4. Les eaux agricoles

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole.

Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement :

- ✓ *Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation) ;*
- ✓ *Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,...).*

Réseau unitaire



- Variabilité de la qualité et du volume des eaux qui arrivent à la station d'épuration.
- Ouvrages de déviation nécessaires

Réseau séparatif



- Effluent brut de qualité relativement régulière et de débit relativement bien déterminé.

4. Les eaux agricoles

Apports directs



Dus aux traitements des milieux aquatiques et semi-aquatiques tels que le désherbage des plans d'eau, des zones inondables (faucardage chimique) et des fossés, ainsi que la démoustication des plans d'eau et des zones inondables (étangs et marais).

Apports indirects



Dus en particulier à l'entraînement par ruissellement, aux eaux de rinçage des appareils de traitement, aux résidus présents dans des emballages non correctement rincés ou détruits, aux eaux résiduaires des usines de fabrication et de conditionnement



Chapitre 2

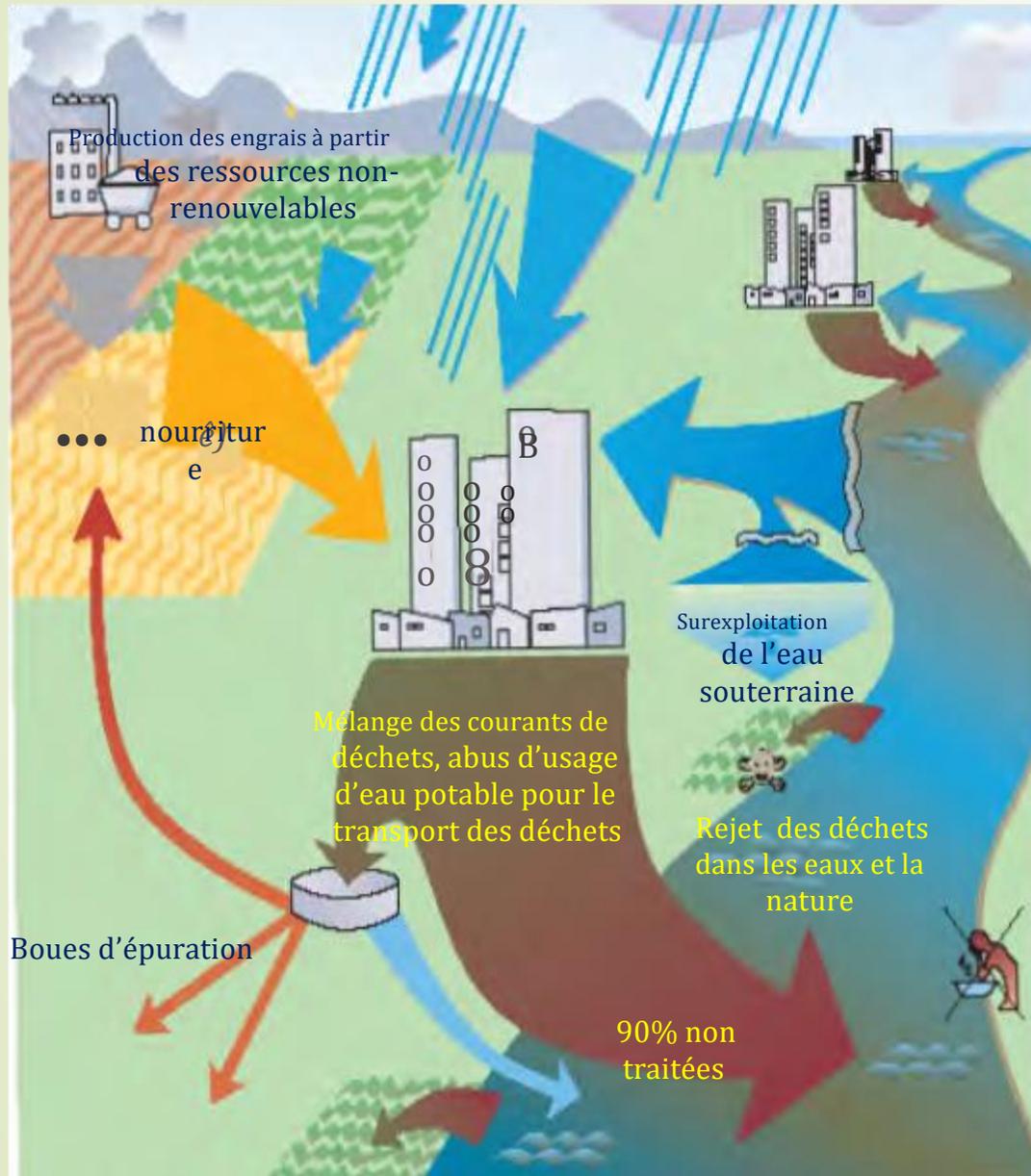
CONCEPT D'ASSAIANISSEMENT DURABLE

Les crises mondiales de l'eau, de l'assainissement et de l'environnement

- ❖ Pénurie croissante et dégradation de la qualité des eaux
- ❖ 1,1 milliard de personnes dans le monde n'ont pas accès à l'eau potable
- ❖ 2,6 milliards de personnes – quatre personnes sur dix dans le monde – n'ont pas accès aux toilettes
- ❖ 90 % des eaux usées du monde sont soit partiellement traitées seulement, soit pas du tout traitées avant leur décharge
- ❖ Chaque jour, les maladies diarrhéiques tuent 5.000 enfants. Chacun de ces décès est tragique – et évitable.
- ❖ Sans une action concertée, le manque d'assainissement continuera à influencer les vies de milliards d'êtres humains, à détruire l'environnement et à freiner le développement.



Contraintes de l'assainissement conventionnel centralisé



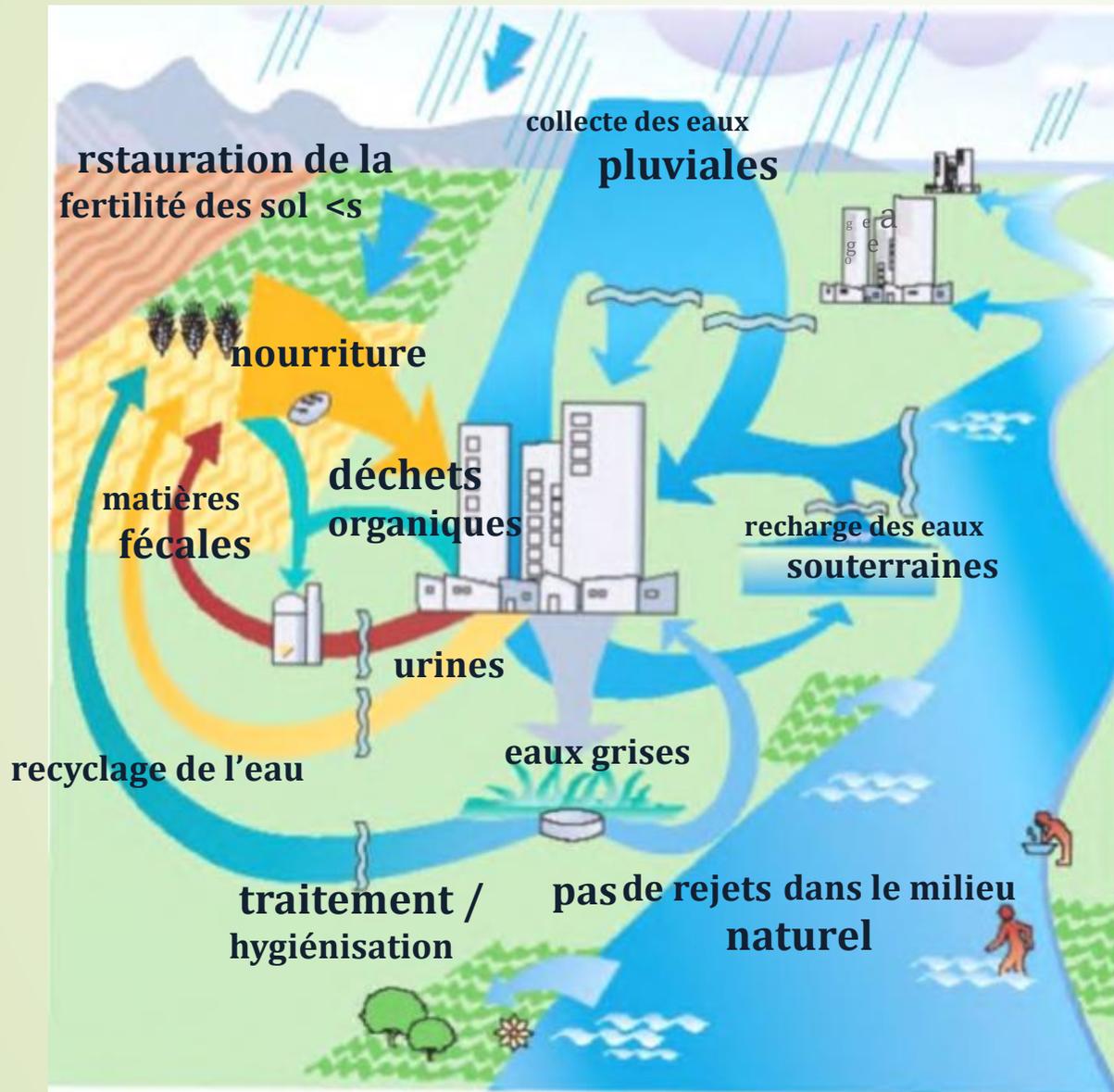
- ⚡ Traitement insuffisant ou rejet non traité d'environ 90 % des eaux usées dans le monde
- ⚡ Consommation de l'eau potable pour le transport des déchets
- ⚡ Pollution sévère des eaux et risques hygiéniques
- ⚡ Investissements très chers, coûts d'opération et de maintenance et consommation d'énergie élevés
- ⚡ Subvention fréquente des zones prospères et négligence au niveau des lotissements pauvres
- ⚡ Perte de nutriments contenus dans les excréta et perte de la productivité des sols agricoles
- ⚡ Manque de durabilité de l'approche linéaire « end of pipe »

Contraintes de l'assainissement conventionnel local



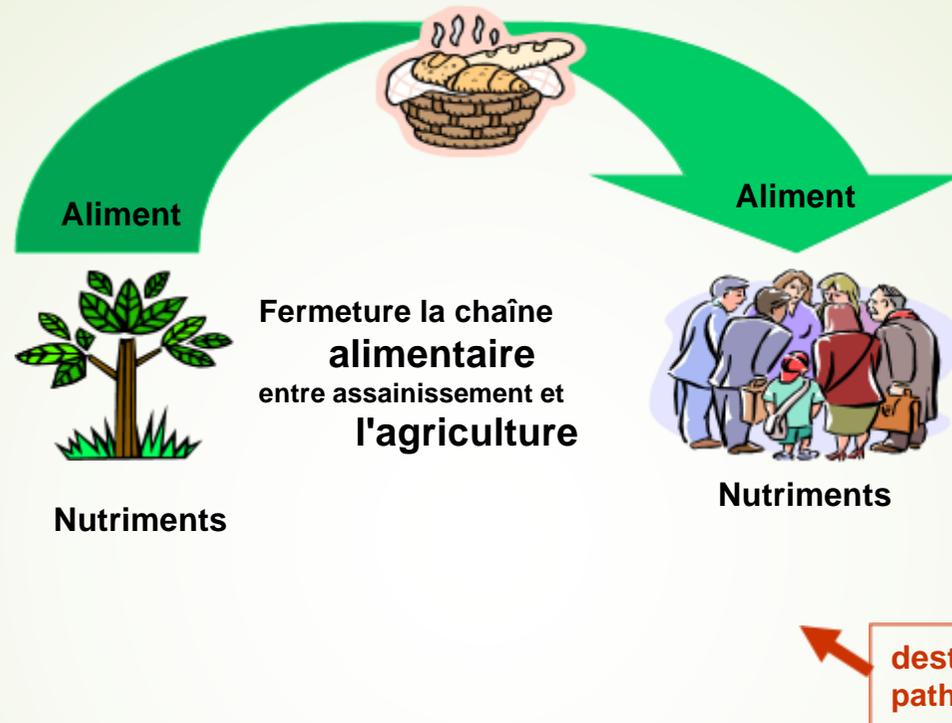
- ↳ Orientation vers l'infiltration des liquides, retenu des solides seulement
- ↳ Pollution des eaux souterraines (nitrates, virus...)
- ↳ Traitement insatisfaisant des boues et risques hygiéniques
- ↳ Mélange fréquent des boues avec déchets solides
- ↳ Evacuation des fosses difficile et chère
- ↳ Systèmes de gestion et de réutilisation hygiénique des boues n'existent guère
- ↳ Risque de débordement des boues dans les zones d'inondations et lors des pluies
- ↳ difficultés en régions rocheuses
- ↳ Manque de pérennité des constructions
- ↳ Intégration dans les maisons pas possible
- ↳ Nuisances d'odeur, insectes etc., peu de confort, peu de prestige

Avantages de l'assainissement durable



- Amélioration de la santé publique par la minimisation des apports de pathogènes des excréta humains dans le cycle de l'eau
- Favorisation de la réutilisation des eaux usées y compris les éléments nutritifs, les éléments traces et l'énergie renouvelable (p.ex. biogaz)
- Préservation de la fertilité des sols, amélioration de la productivité agricole
- Préservation des ressources
- Préférence pour les systèmes d'écoulement partiels modulaires décentralisés, pour des solutions plus appropriées et moins coûteuses
- Cycle d'écoulement des matières au lieu de rejet

Fermer la boucle entre l'assainissement et l'agriculture



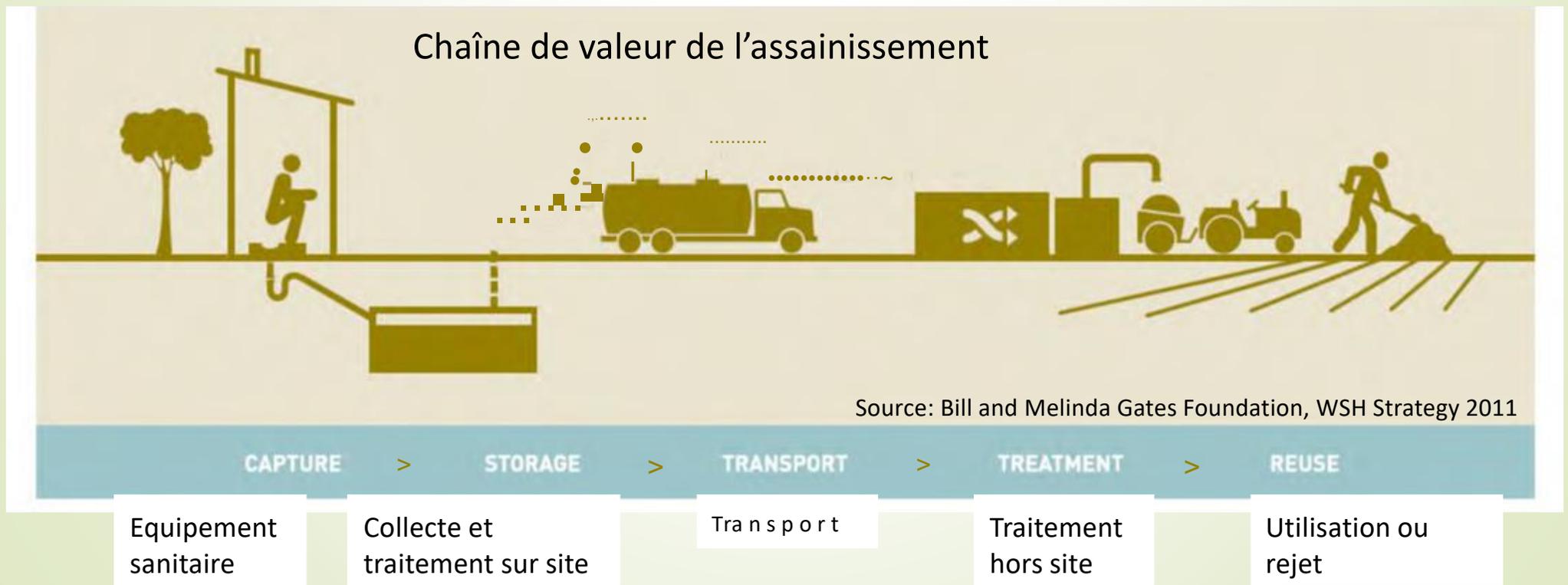
La valorisation des produits visent a:

- Améliorer la fertilité du sol
- Optimiser la gestion des ressources en eau et en aliments
- Améliorer la qualité des eaux de surfaces et souterraines
- Réduire le risque sanitaire lié à l'assainissement.

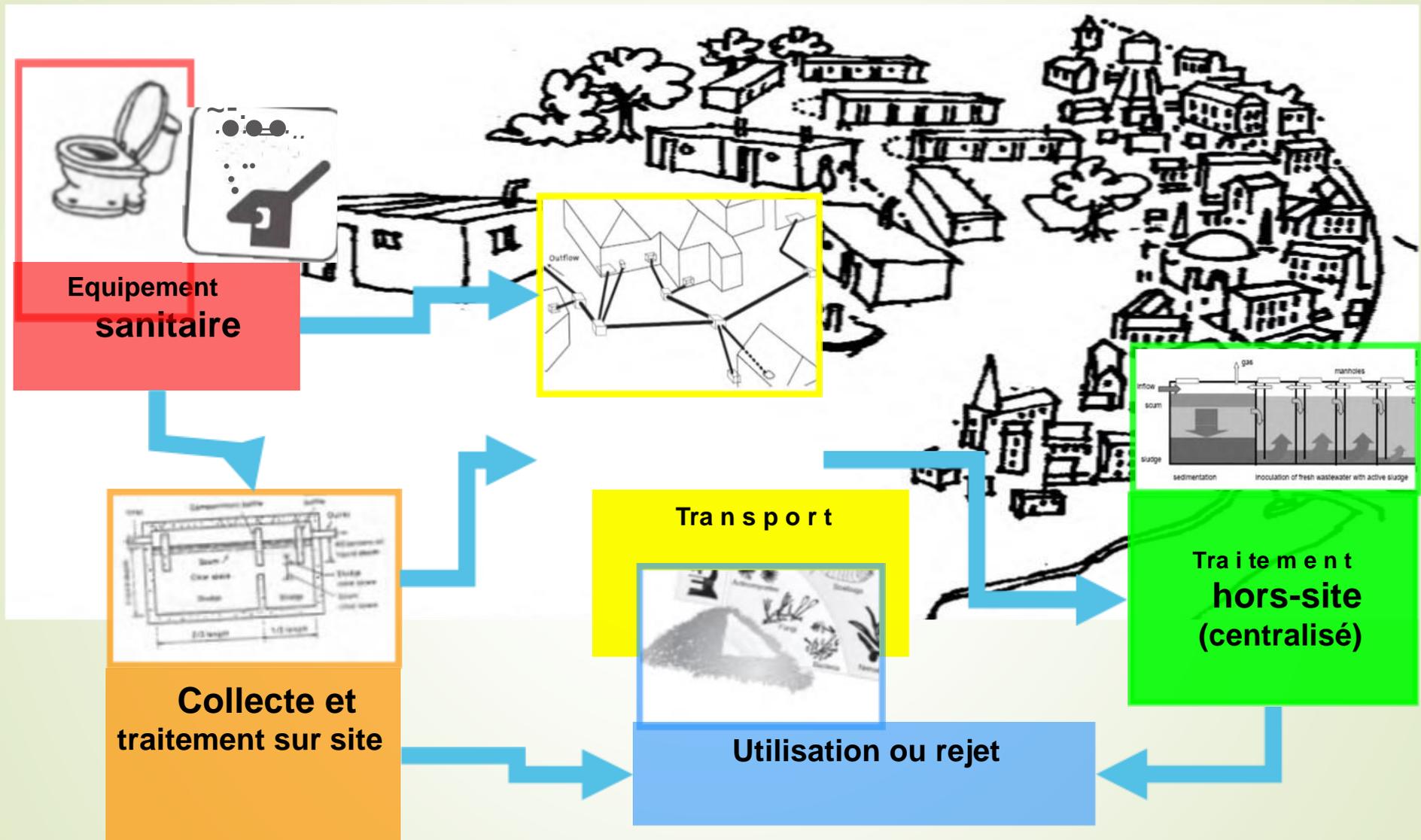
Les Systèmes d'assainissements

Qu'est-ce qu'un « system d'assainissement »?

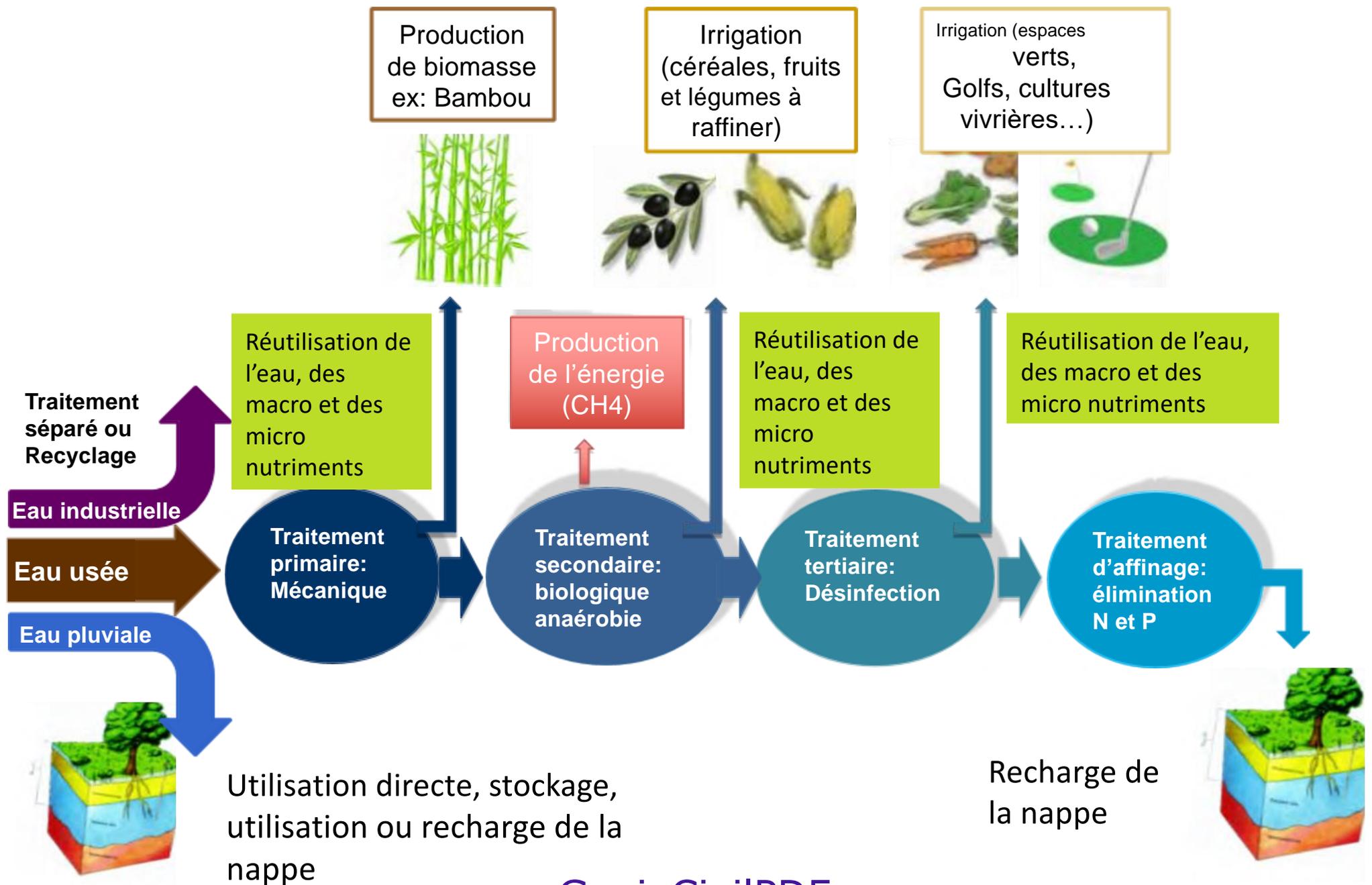
- Il comprend la collecte, le transport, le traitement, la réutilisation ou le rejet...
- ... des eaux usées et des excréta (et les eaux pluviales, eaux usées industrielles, déchets agricoles)
- Consiste en plusieurs composantes et éléments techniques



Filière d'assainissement



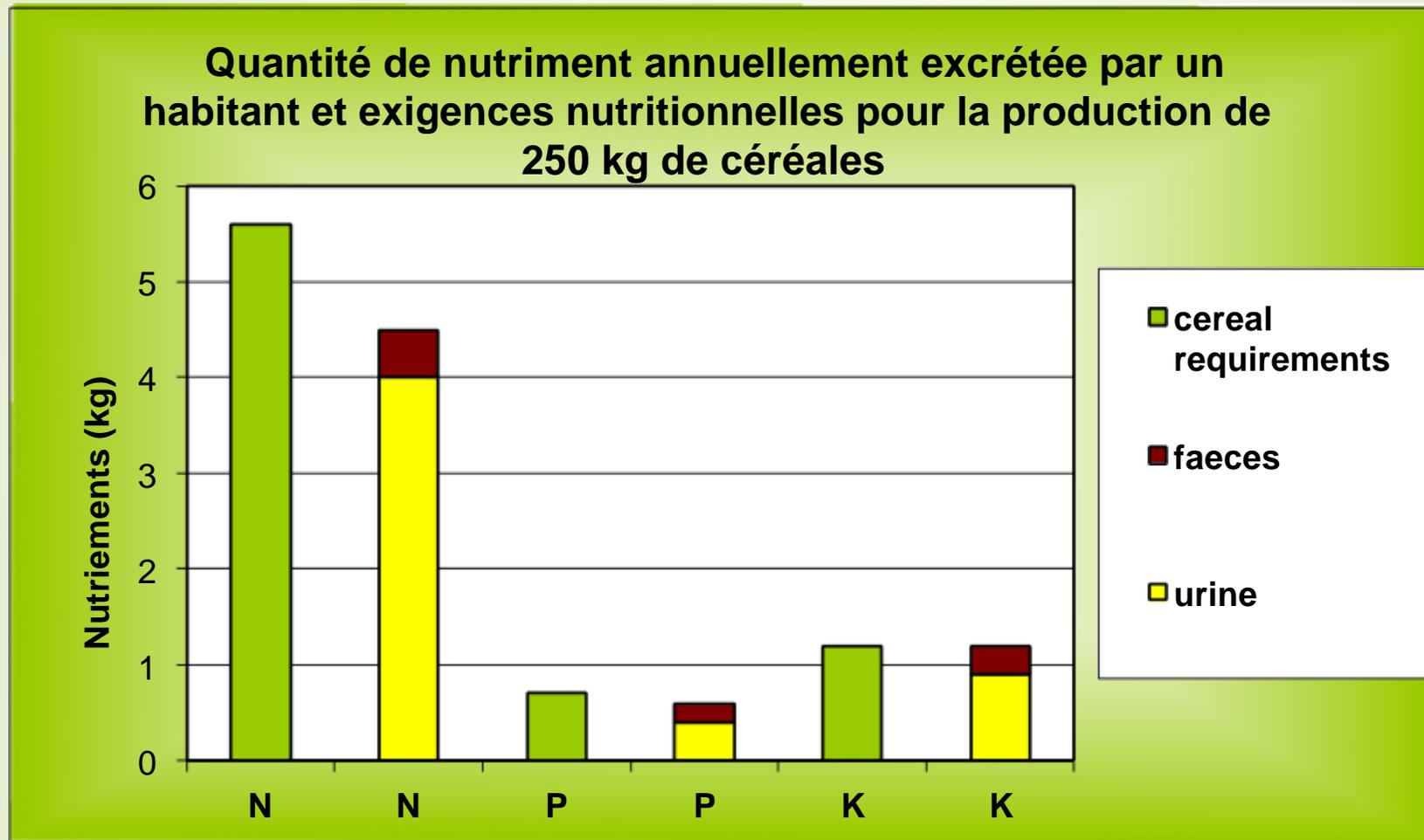
Vision intégrée de traitement et de réutilisation des eaux usées



Réutilisation des produits de l'assainissement individuel en milieu rural



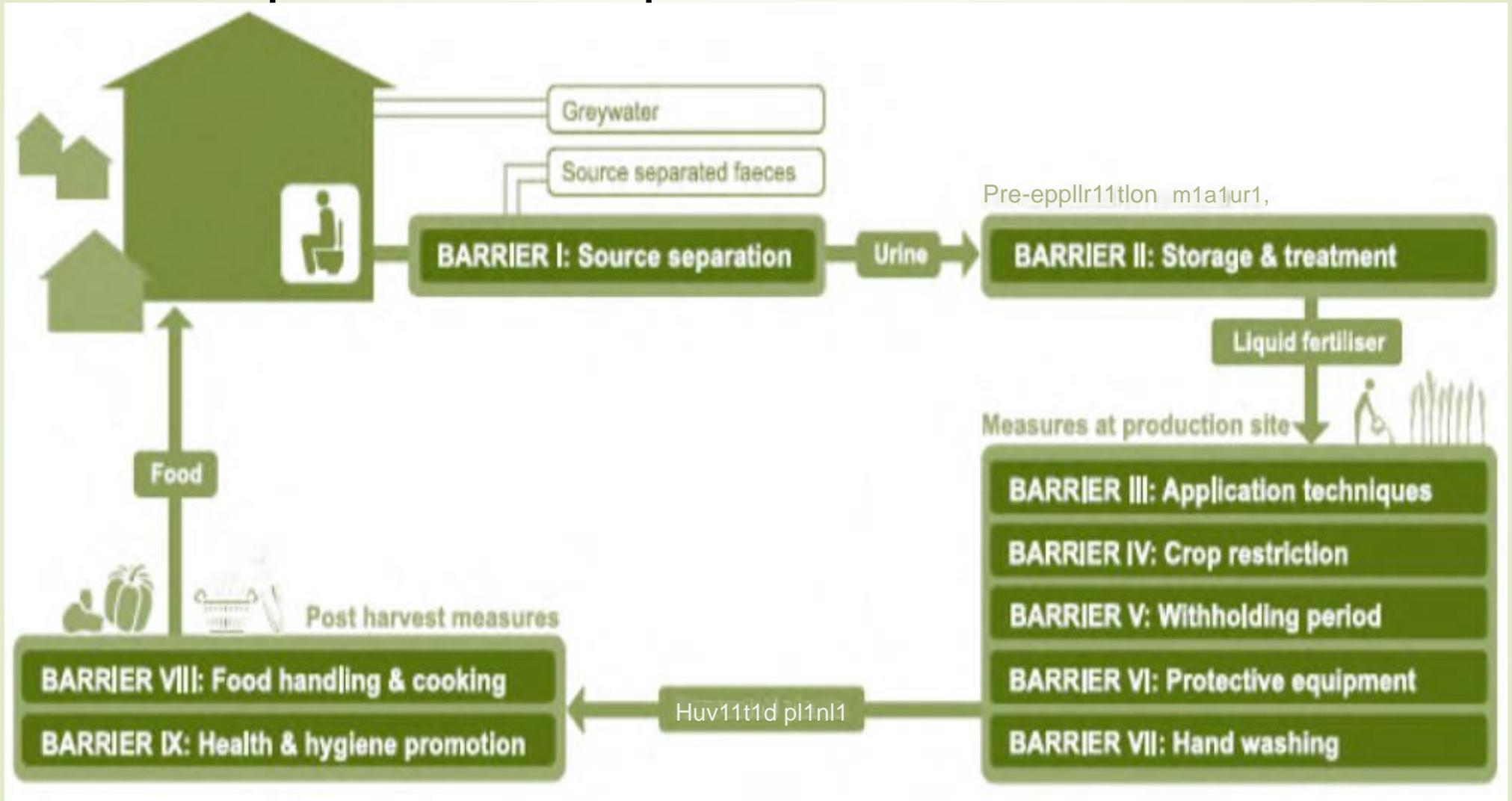
Comparaison de l'excrétion des matières nutritives à la demande en engrais



Une proportion élevée des besoins en engrais pour produire le besoin alimentaire d'une personne (environ 250 kg de céréales par an) peuvent être couverte par le recyclage de l'urine et des matières fécales de la même personne.

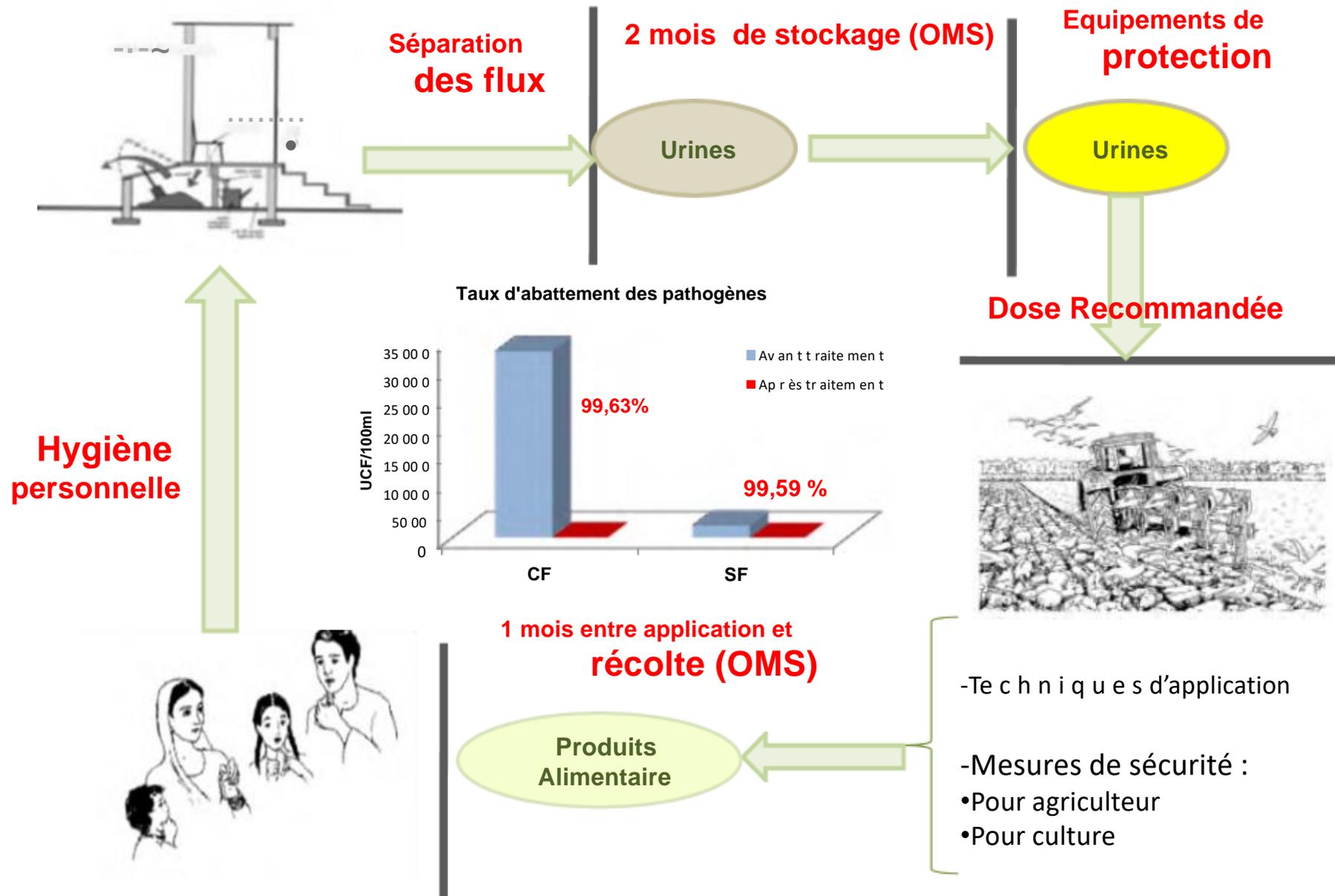
Précautions hygiéniques

♻️ Concept de barrières multiples



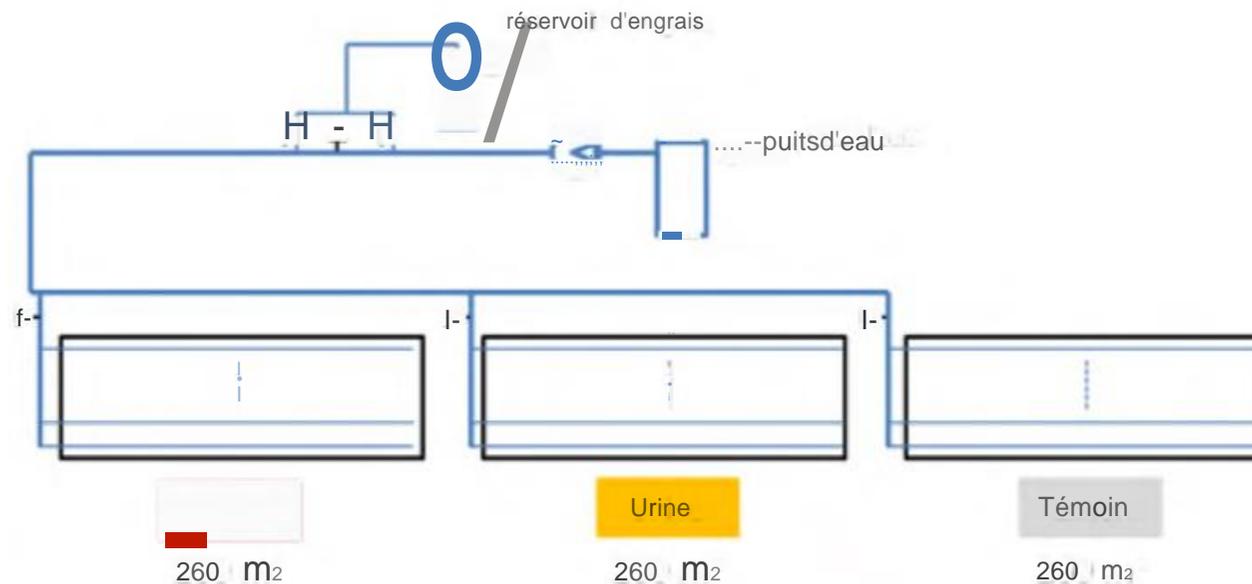
Concept de Barrières multiples pour l'utilisation saine de l'urine et des fèces comme fertilisant (RICHERT, 2010)

Réutilisation de l'urine – approche des barrières multiples selon l'OMS



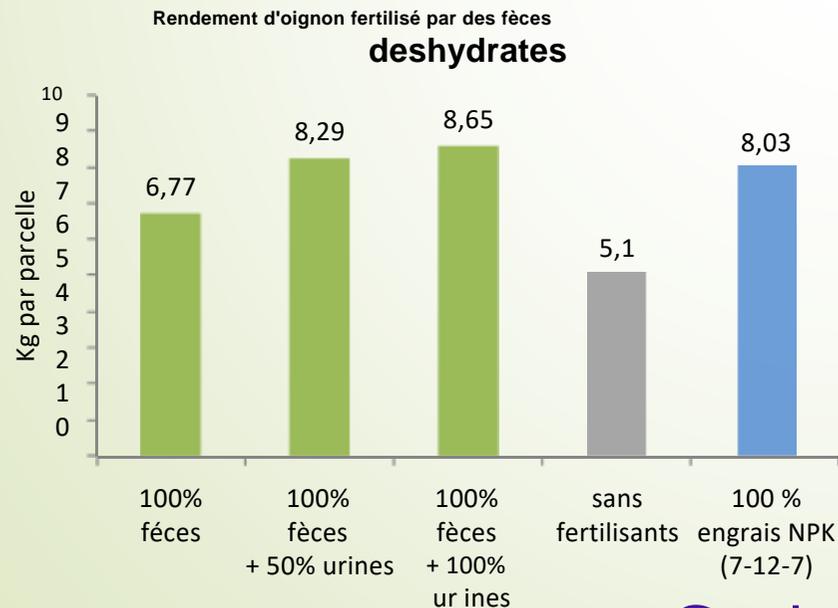
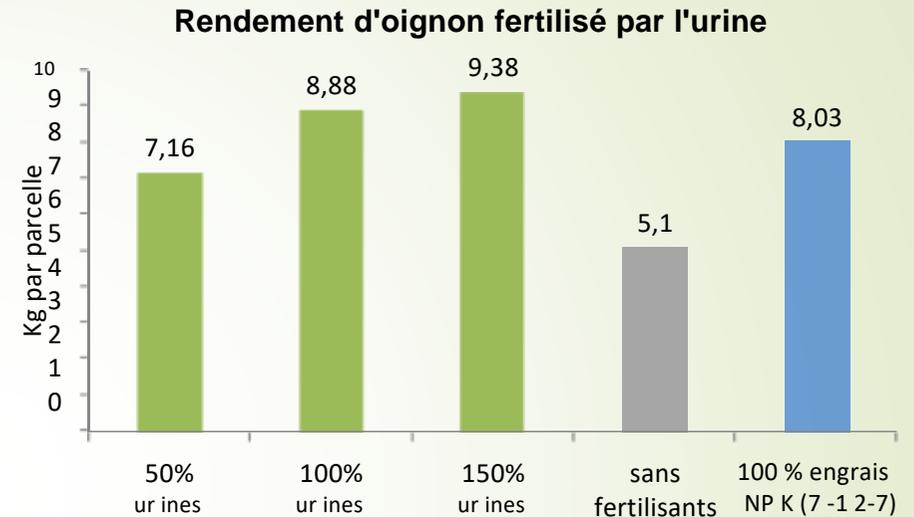
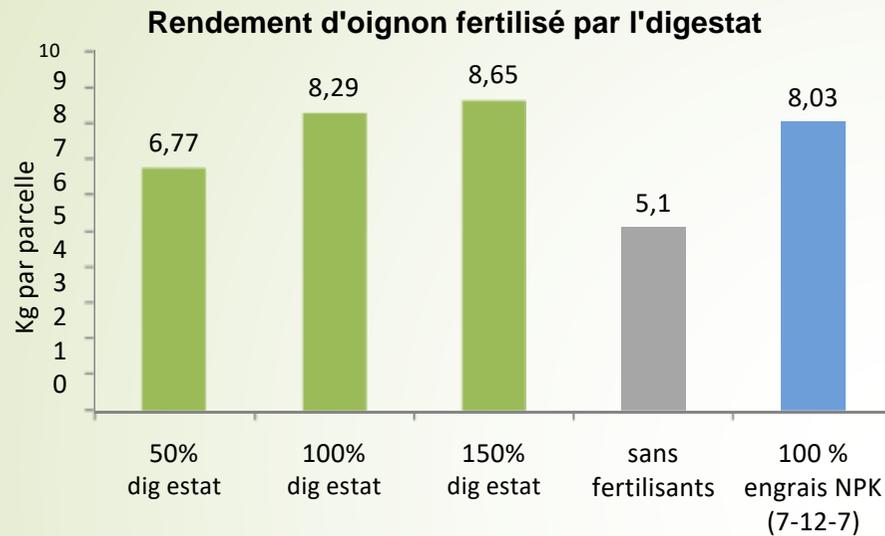
Exemple du jardin de la campagne 2014

- Avant: Application manuelle
- Neuf: Application d'urine avec le système d'irrigation de goutte-à-goutte
- Réduction de temps et travaille: 1 personne peut appliquer 140 L d'urine dans 30 minutes
- Essai à plus grande échelle: 3 x 260 m²



Réutilisation des urines, fèces et digestat

Comparaison des essais de fertilisation de 2012





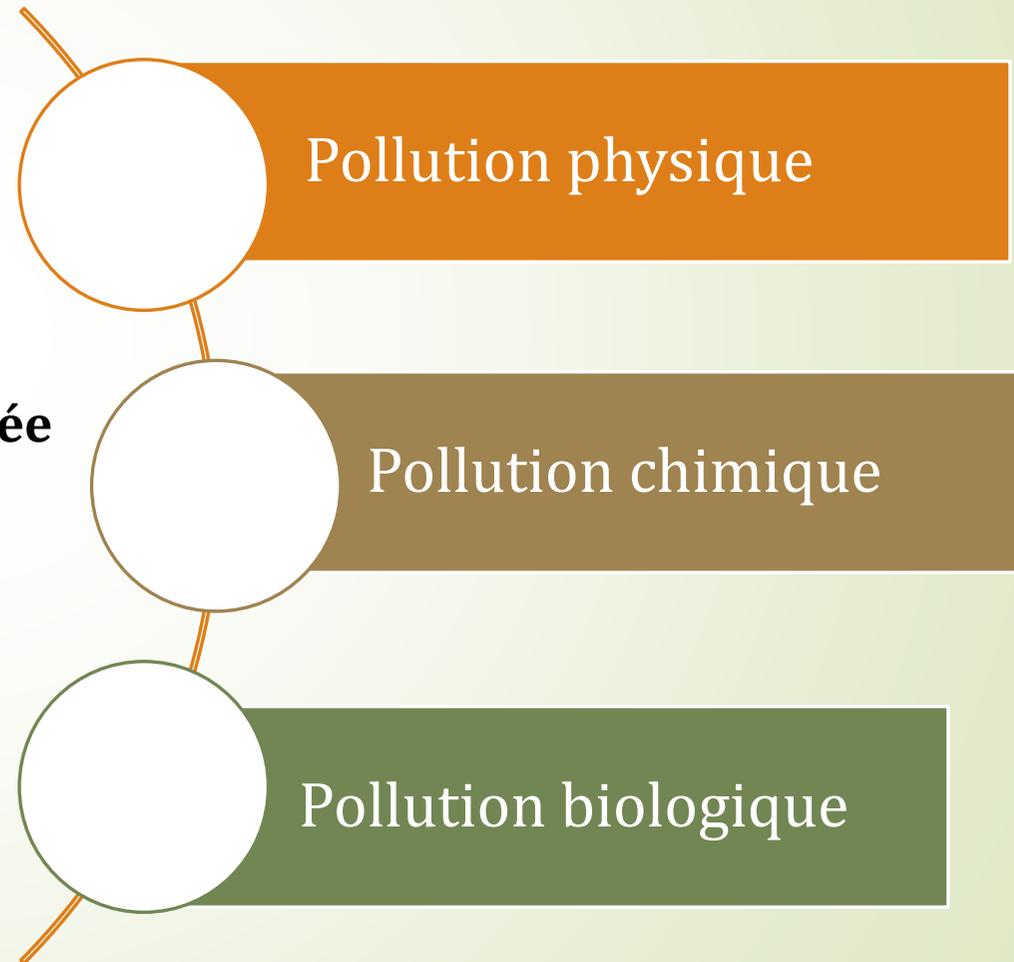
Chapitre 3

Caractérisation des effluents urbains

Comment caractériser un effluent ?

Différentes formes de pollutions associées aux ERU

- **Matières en suspension**
- **Matières organiques**
- **Nutriments: Pollution azotée, phosphorée**
- **Micropolluants: Minéraux, organiques**
- **Micro-organismes pathogènes**



1. Pollution physique

- IL s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variés dans l'eau, qui lui confèrent un caractère trouble.
- On distingue aussi

Les matières décantées (plus lourdes que l'eau)

Les matières flottables (plus légères que l'eau)

Les matières non séparables (de même densité que l'eau) .

- La pollution physique désigne l'autres types de pollution, telle que la pollution thermique due aux températures élevées qui cause une diminution de la teneur en oxygène dissous ainsi qu'une réduction de la solubilité des et la pollution radioactive

Comment caractériser un effluent ?

1. Pollution physique



2. Pollution chimique

- La pollution chimique de l'eau est due essentiellement aux déversements de polluants organiques et des sels de métaux lourds par les unités industrielles.
- L'enrichissement des sols pour intensifier l'agriculture par diverses catégories d'engrais et de pesticides est également à l'origine de la pollution chimique des sources et des nappes souterraines.
- Ces substances exercent un effet toxique sur les matières organiques et les rendent plus dangereuses. Les polluants chimiques sont classés en cinq catégories:
 - *Les polluants chimiques dits indésirables (nitrate, les composés phosphorés et les sels ammoniacaux).*
 - *Les polluants chimiques toxiques.*
 - *Les pesticides et produits apparentés.*
 - *Les hydrocarbures.*
 - *Les détergents.*

Comment caractériser un effluent ?

2. Pollution chimique



PHOTO: DAVID MATTINGLY/CNN



3. Pollution biologique

- Un grand nombre de microorganismes peut proliférer dans l'eau qui sert d'habitat naturel ou comme un simple moyen de transport pour ces microorganismes.
- L'importance de la pollution dépend également des conditions d'hygiène des populations, mais aussi des caractéristiques écologiques et épidémiologiques.
- Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient ou qui sont transportés dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites et les champignons. On parle ainsi de pollution bactérienne, virale ou parasitaire

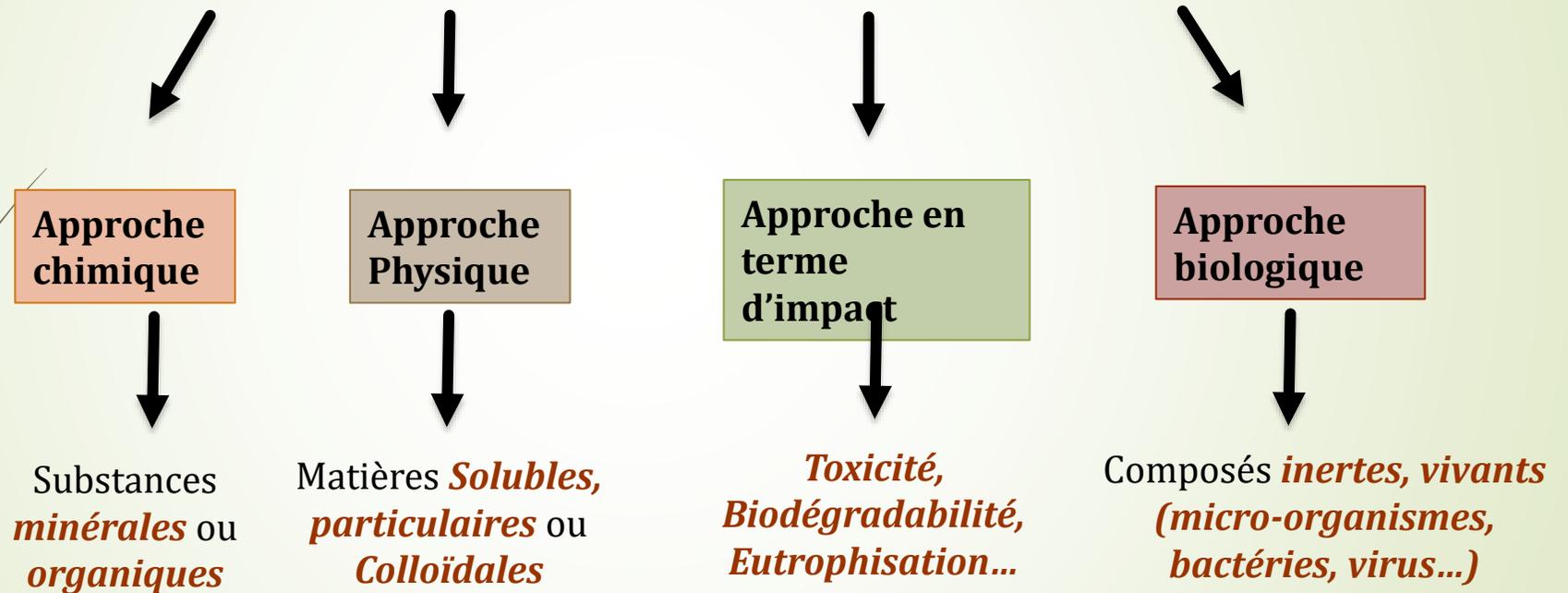
Comment caractériser un effluent ?

3. Pollution biologique



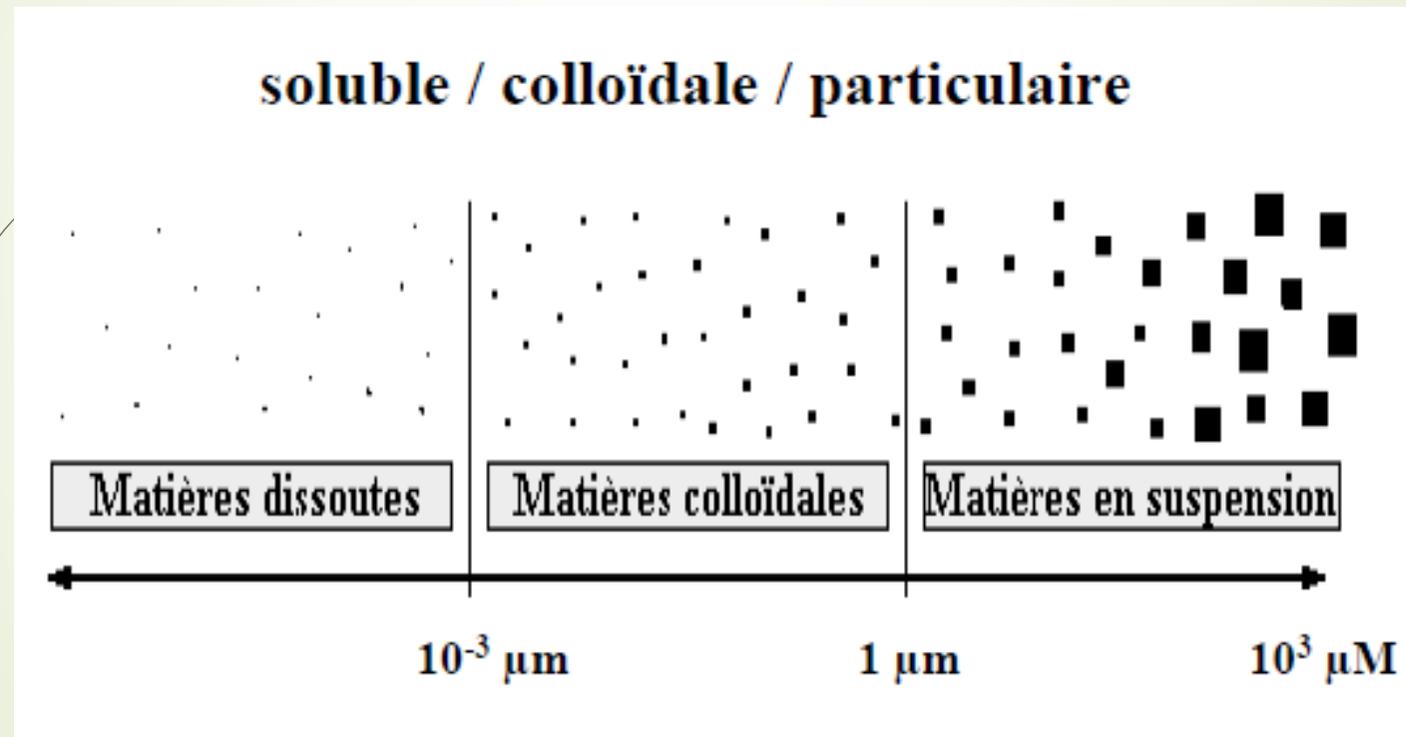
Comment caractériser un effluent ?

Approches de classification des substances présentes dans l'eau



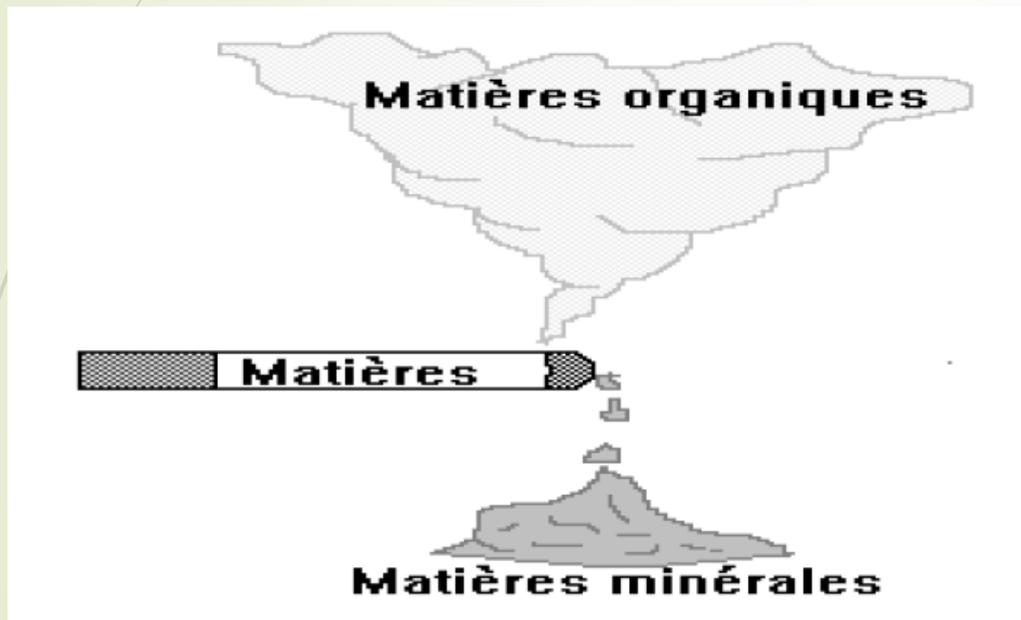
Paramètres de pollution: Notions de base

1. Aspect physique



Paramètres de pollution: notion de base

2. Aspect chimique

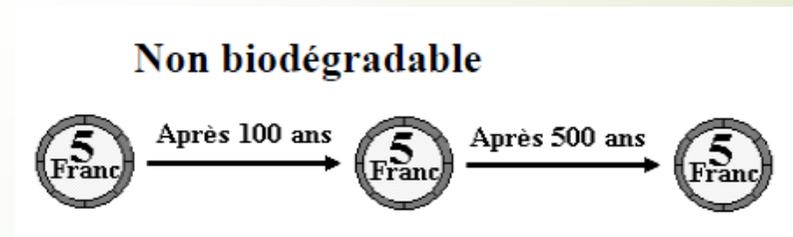
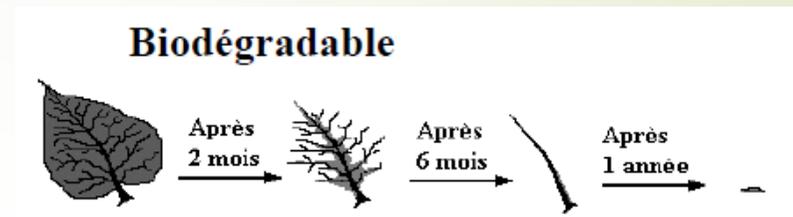
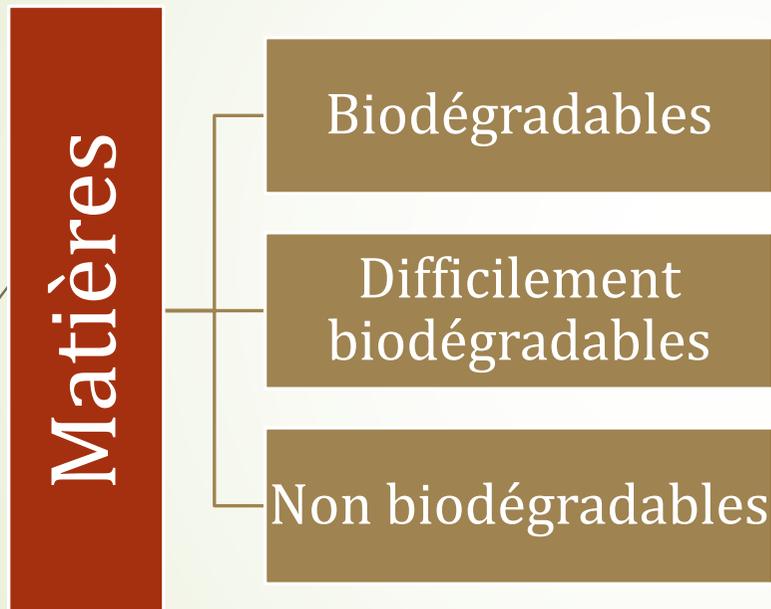


Se décompose plus ou moins rapidement

Elle est stable

Paramètres de pollution

Notion de Biodégradabilité



Paramètres de pollution

Quelques définitions....

La minéralisation correspond à la dégradation des molécules complexes en produits simples tels que H_2O , CO_2 , CH_4 , N_2 , O_2 qui retournent à l'atmosphère et seront utilisés par les êtres vivants pour former de nouvelles molécules organiques (Cycle de la matière)

La biodégradation processus selon lequel des composés chimique sont détruit par des organismes vivant

A. Paramètres Physiques

1 La température

- Elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels,...etc.

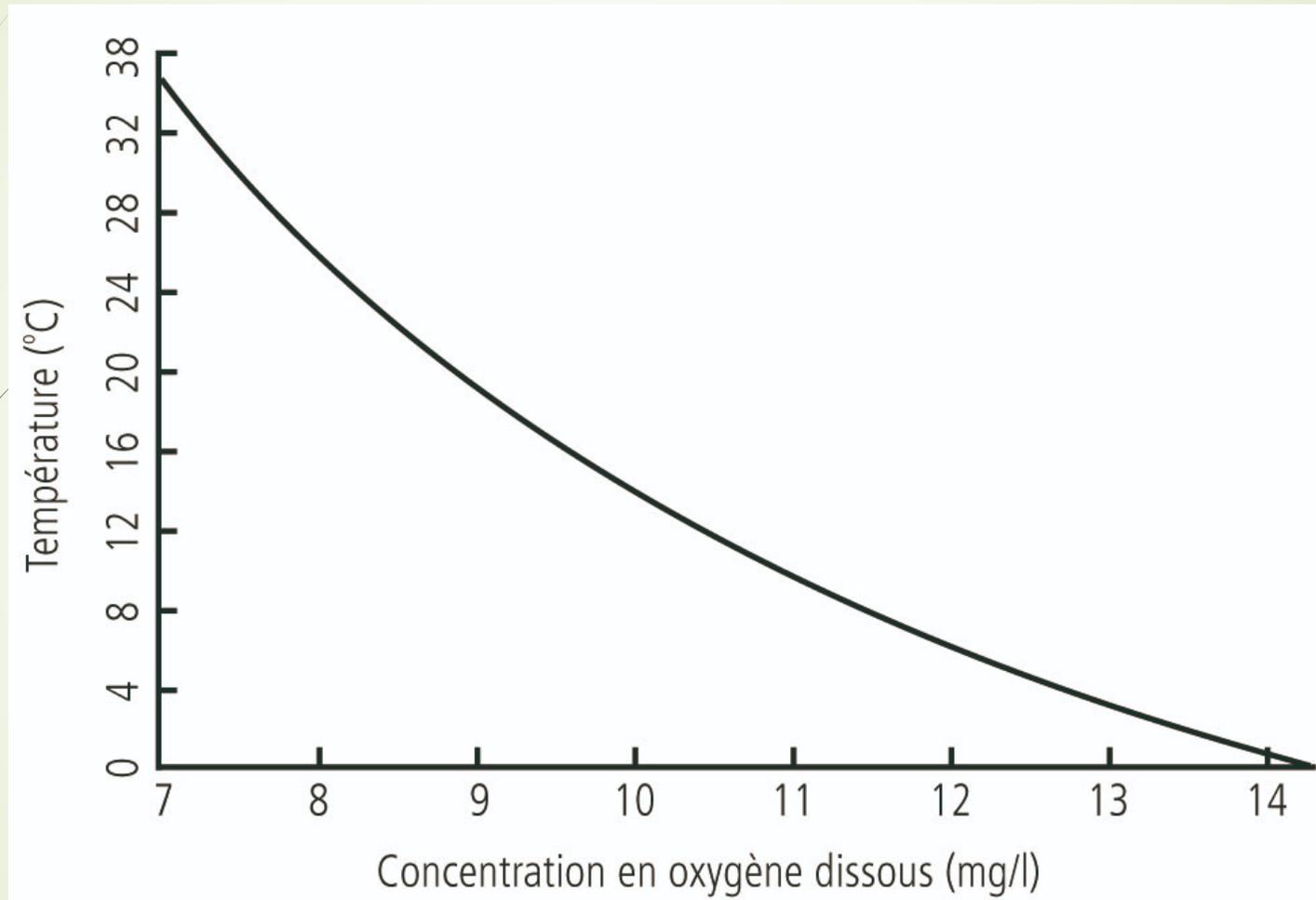
La température des effluents de certaines unités thermiques est souvent plus élevée que celle du milieu récepteur. Ceci peut induire des changements d'espèces et nuire à la biodiversité. Le réchauffement diminue la solubilité des gaz dans l'eau, surtout l'oxygène de l'atmosphère.



La température d'un échantillon d'eaux usées peut être mesurée à l'aide de mercure ordinaire ou thermomètre numérique.

A. Paramètres Physiques

1 La température



la température annuelle moyenne des eaux usées varie d'environ **10 à 21,1 ° C.**

A. Paramètres Physiques

2. La matière en suspension (MES)

- La pollution particulaire est due à la présence de particules de grande taille, supérieure à $10\mu\text{m}$, en suspension dans l'eau, et que l'on peut assimiler aux matières en suspension (MES).
- Les matières en suspension ne sont des particules solides véritablement en suspension que dans des conditions moyenne d'écoulement des effluents correspondant à une vitesse minimale de $0,5\text{ m/s}$.
- En fonction de la taille des particules, on distingue les matières **grossières ou décantables** (diamètre supérieur à $100\ \mu\text{m}$) et les **matières en suspension**.
- On peut également prendre en compte une partie des **matières colloïdales**, de dimension inférieure, qui constituent la limite entre la phase solide et la phase dissoute (entre 1 et $10^{-2}\ \mu\text{m}$).
- Ils sont également caractérisés comme étant volatils ou non volatils.



Les MES conduisent à une augmentation de la turbidité de l'eau et donc à une réduction de la quantité de lumière solaire reçue par les plantes aquatiques à la base de la

A. Paramètres Physiques

2. La matière en suspension (MES)

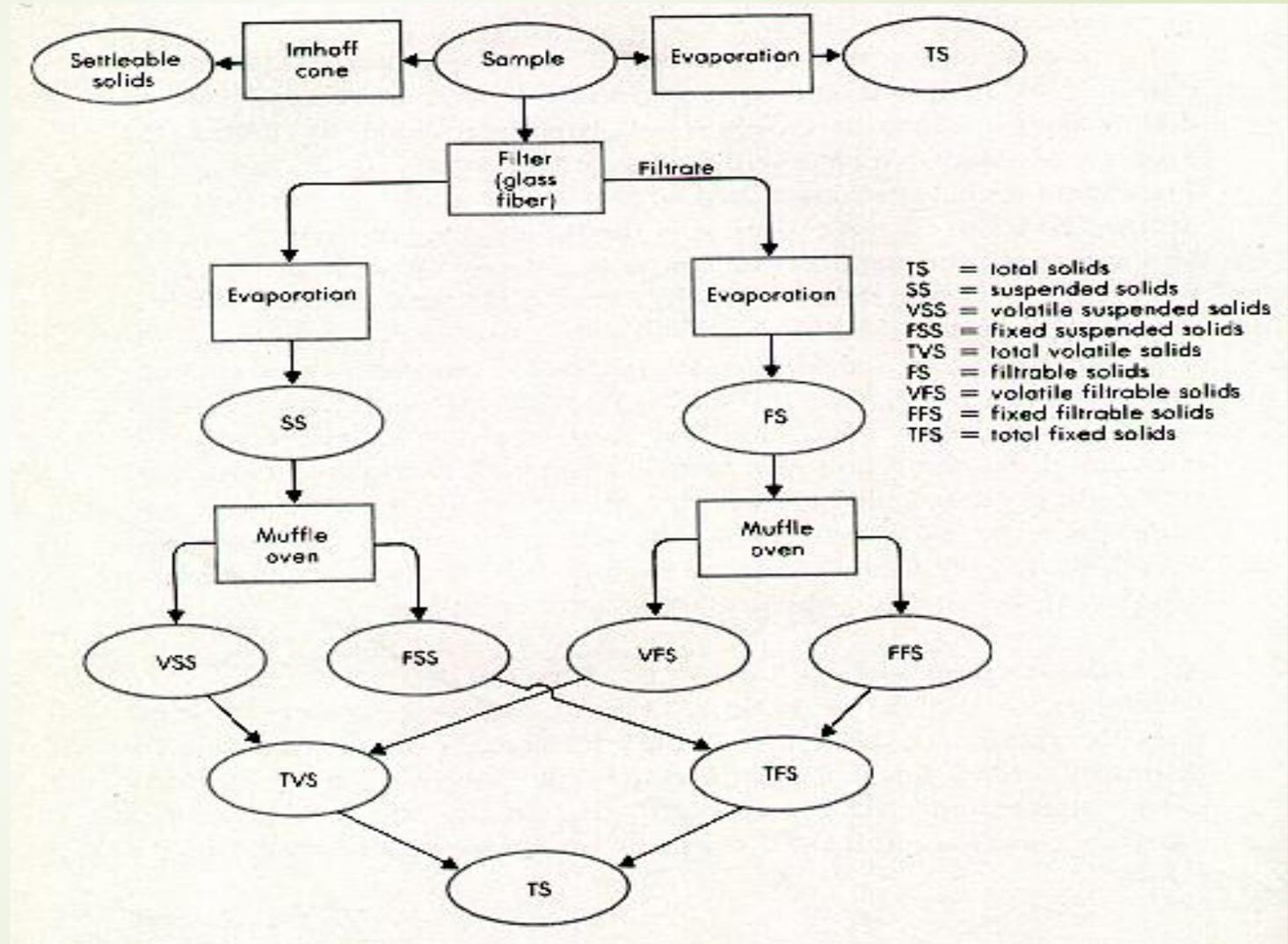
<u>Aspect physique</u>	<u>Tailles des particules</u>
● Matières dissoutes	: $0,1 \cdot 10^{-3} \mu\text{m} < \phi < 1 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}$
● Matières colloïdales	: $2 \cdot 10^{-3} \mu\text{m} < \phi < 0,2 \mu\text{m}$
● Argile - bactéries	: $0,1 \mu\text{m} < \phi < 1 \mu\text{m}$
● Limon	: $1 \mu\text{m} < \phi < 20 \mu\text{m}$
● Matières en suspension	: $20 \mu\text{m} < \phi < 1000 \mu\text{m} = 1 \text{ mm}$
● Sable fin	: $50 \mu\text{m} < \phi < 200 \mu\text{m}$
● Sable moyen	: $200 \mu\text{m} < \phi < 2000 \mu\text{m}$
● Sable gros	: $2 \text{ mm} < \phi < 10 \text{ mm}$

A. Paramètres Physiques

2. La matière en suspension (MES)

Procédures analytiques

- La décantation
- La filtration
- L'évaporation;



Relation entre les solides trouvés dans les eaux

A. Paramètres Physiques

2. La matière en suspension (MES)

Les solides totaux

- Les solides totaux (ST) sont déterminés en séchant un volume connu de l'échantillon dans un creuset pré-pesé à 105 ° C. Après refroidissement dans un dessiccateur, le creuset est à nouveau pesé. ST sont déterminés en utilisant la formule suivante:

$$TS = (M1 - M2) / V$$

Les solides volatils/matière volatile

- Les solides volatils (SV/MV) sont la quantité de solide qui se volatilise lorsqu'il est chauffé à 550 ° C. Ceci est une estimation utile pour la **matière organique** présente dans les eaux usées et est déterminée en brûlant le solide total à 550 ° C pendant environ 2 heures dans un four à moufle. Après refroidissement dans un dessiccateur à température ambiante, il est pesé. Les SV sont déterminés en utilisant la formule suivante:

$$SV = (M1 - M3) / V$$


$$SF \text{ (Les solides fixes)} = ST - SV$$

matière minérale⁶¹

A. Paramètres Physiques

2. L'odeur

Origines

Les odeurs sont générées par les gaz produits lors de la décomposition de la matière organique ou par des substances ajoutées aux eaux usées.

- ✓ **Le sulfure d'hydrogène (H₂S).**
- ✓ **L'ammoniac**
- ✓ **Les mercaptans**
- ✓ **Etc,**

Détection

Les composés malodorants responsables de produire des odeurs désagréables dans l'eau peuvent être détectés en diluant un échantillon avec de l'eau sans odeur jusqu'à ce que le niveau d'odeur le moins détectable est atteint.

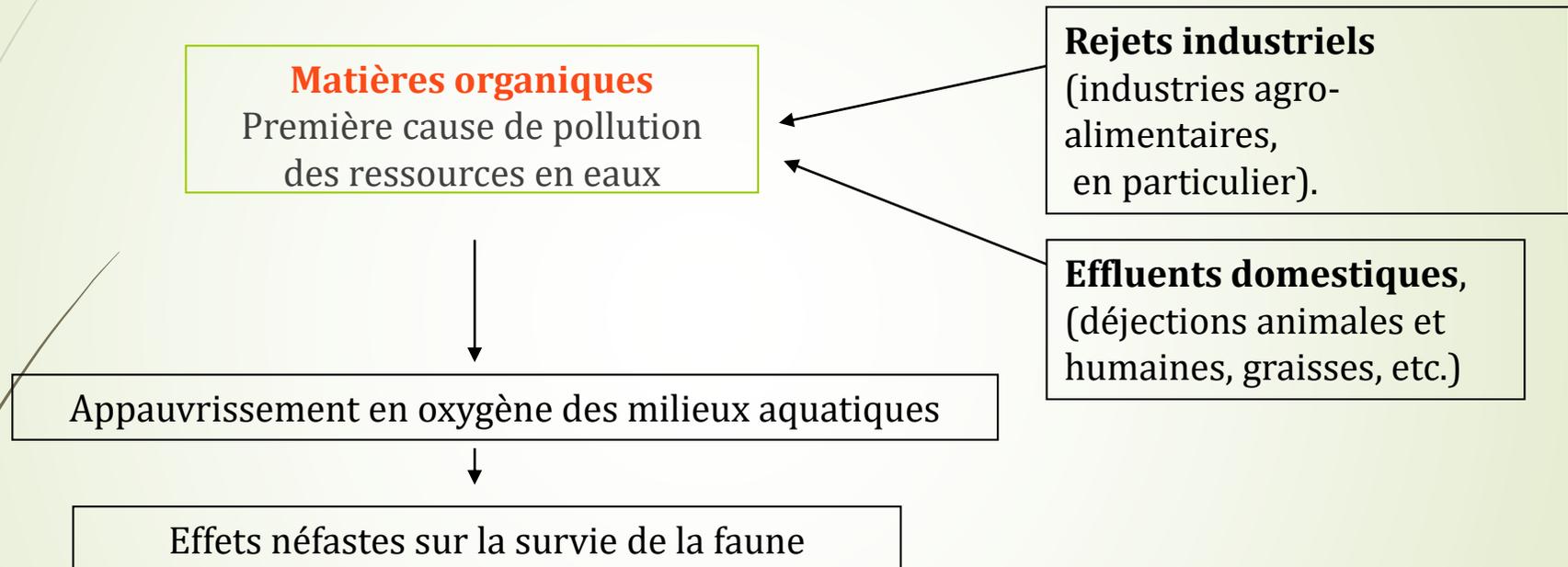
La concentration de gaz malodorants peut être mesurée par n'importe quel détecteur de gaz disponible dans le commerce.



Paramètres de pollution

1. Aspect chimique

➤ Matières organiques



Demande Chimique en Oxygène (DCO)

Demande Biochimique en Oxygène (DBO5)

Paramètres de pollution

1. Aspect chimique

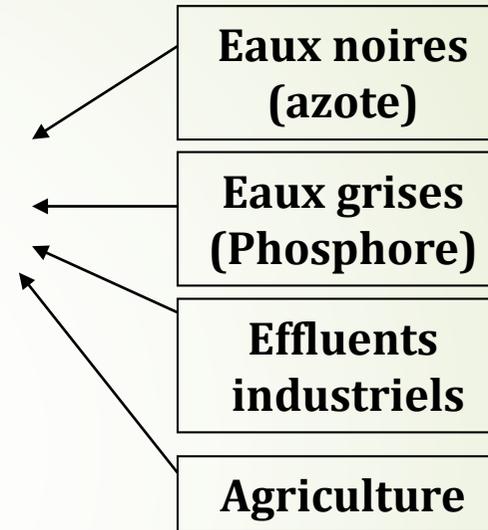
➤ Matières minérales

Les éléments minéraux nutritifs

↓
Prolifération algale,
Appauvrissement en oxygène

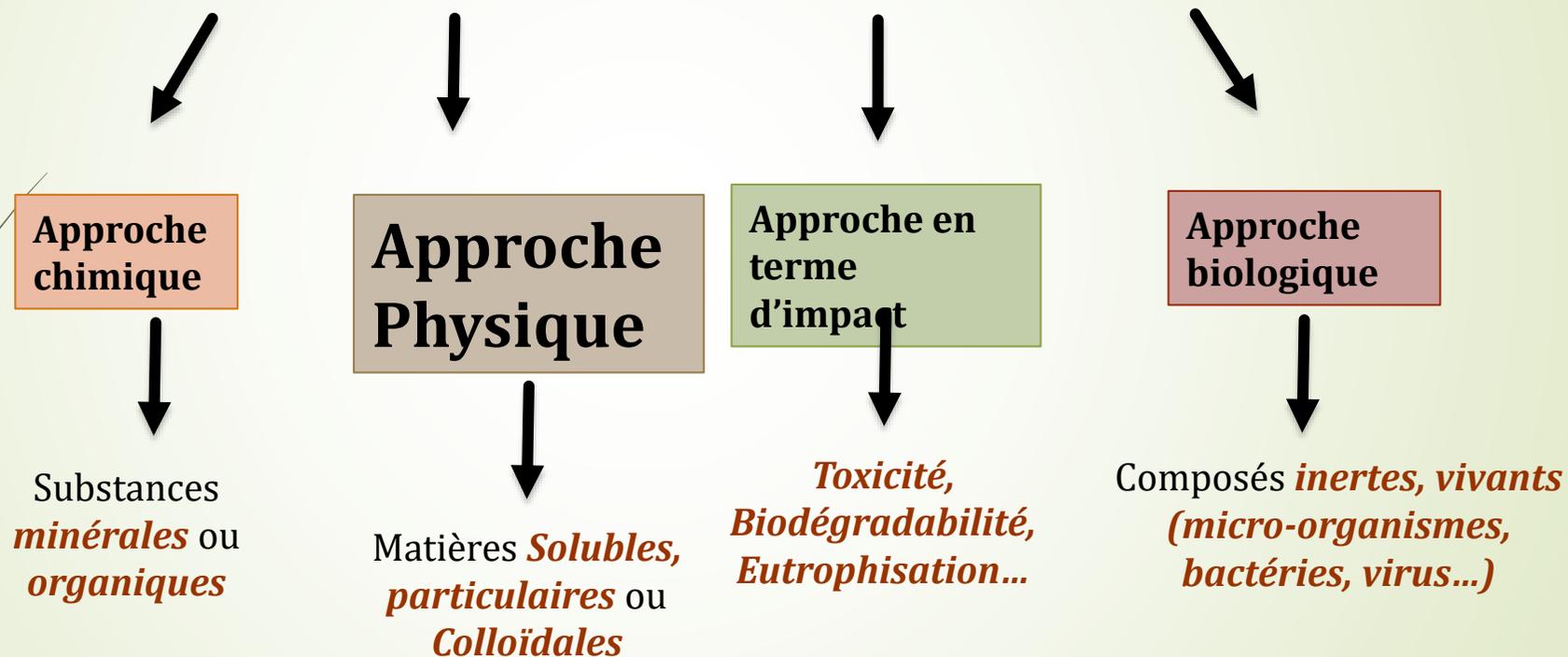
- ↓
- Impact négatif sur la biodiversité
 - Pollution des ressources en eau

Nitrates, P total



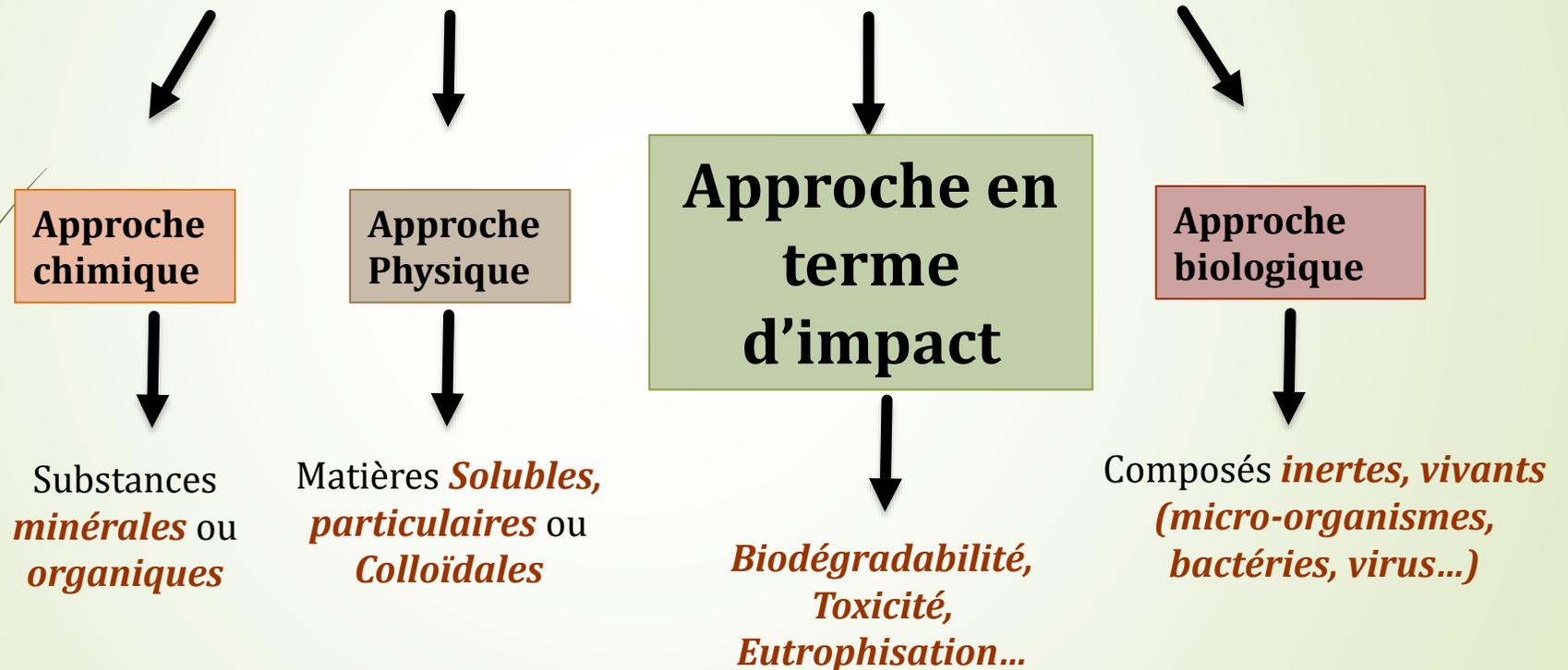
Comment caractériser un effluent ?

Approches de classification des substances présentes dans l'eau



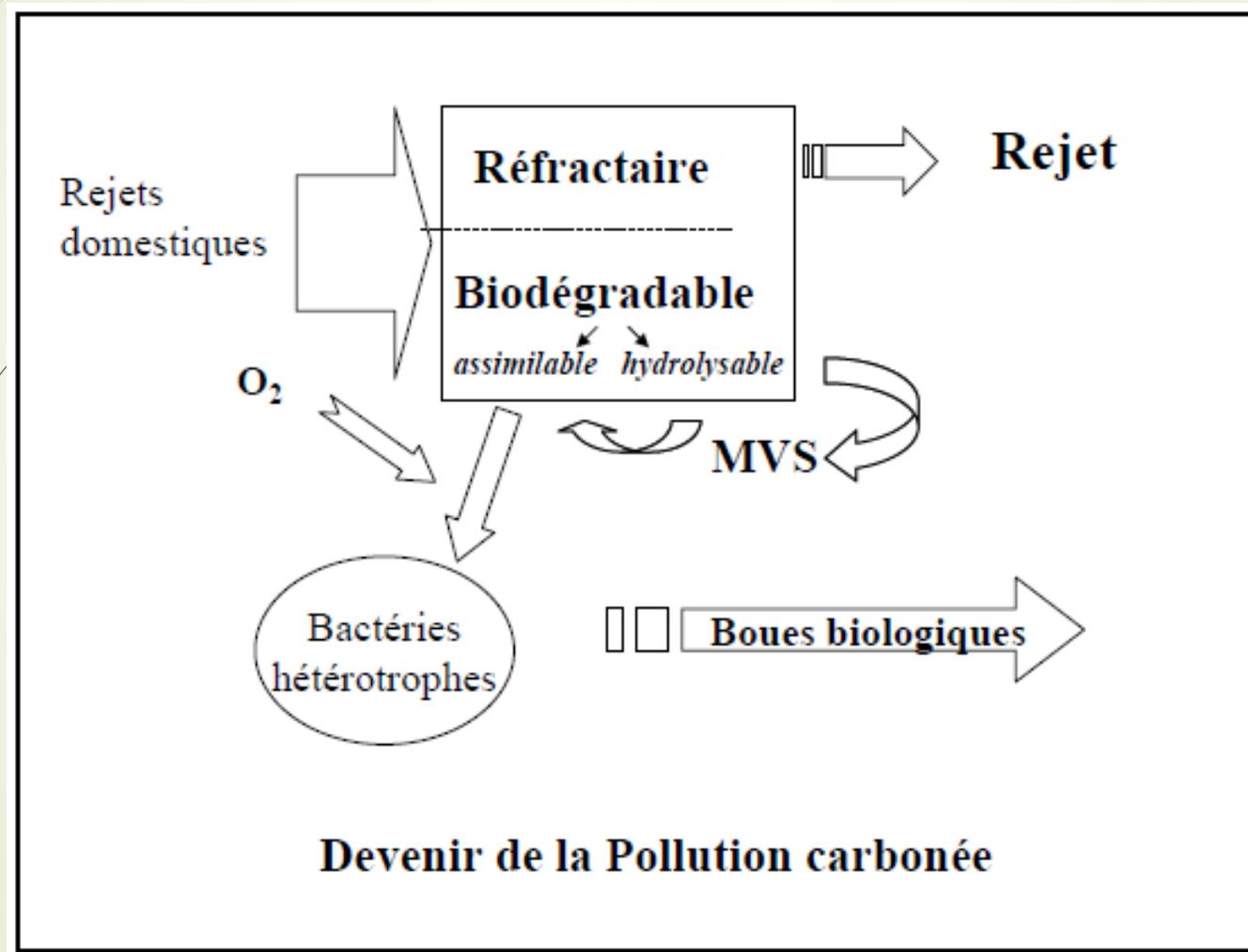
Comment caractériser un effluent ?

Approches de classification des substances présentes dans l'eau



Paramètres de pollution

Notion de Biodégradabilité



Paramètres de pollution

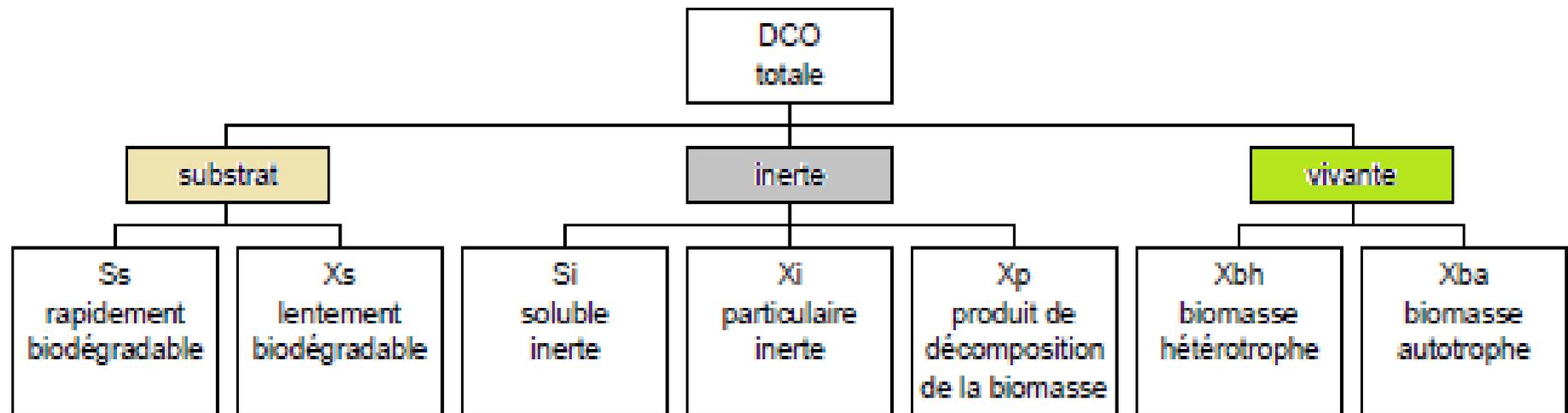
Le rapport DCO/DBO

Le rapport DCO/DBO5 donne une estimation de la biodégradabilité de la matière organique d'un effluent donnée.

- **DCO/DBO5 < 2**: effluent est facilement biodégradable correspond aux effluents des industries agroalimentaires;
- **2 < DCO/DBO5 < 3**: effluents à dominance domestique;
- **DCO/DBO5 > 3**: Effluents industriel plus ou moins difficilement biodégradables.

Paramètres de pollution

Fractionnement de la DCO



Paramètres de pollution

Fractionnement de la DCO

Matières rapidement biodégradables → DCO soluble + DCO fraction colloïdale

Matières lentement biodégradables → DCO colloïdale et particulaire MVS des MES

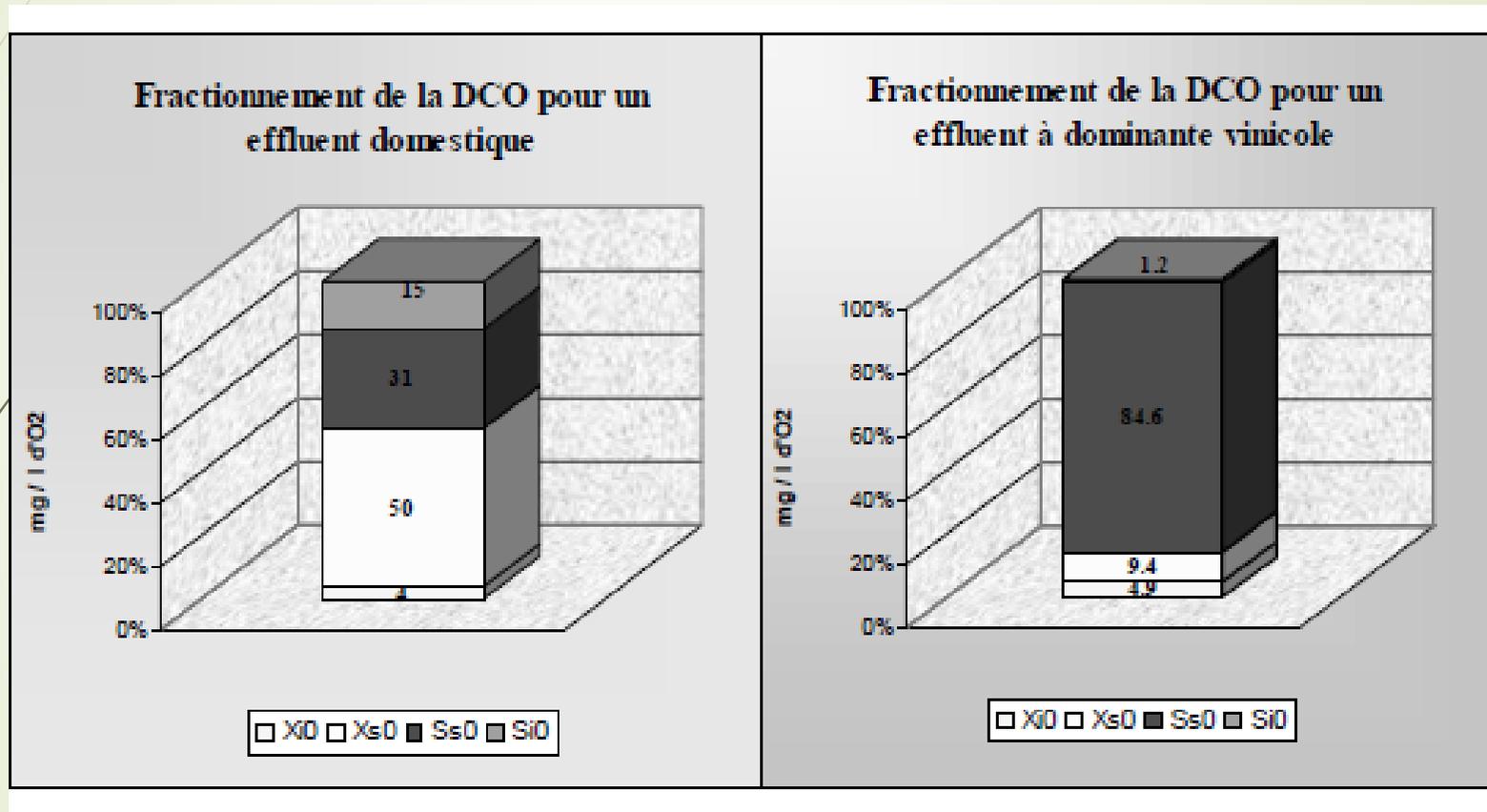
Matière non biodégradables → DCO réfractaire (Soluble, particulaire)

DCO_{Sol réf} = 6% à
8% DCO_{entrée}

Boues en
excès (15%)

Paramètres de pollution

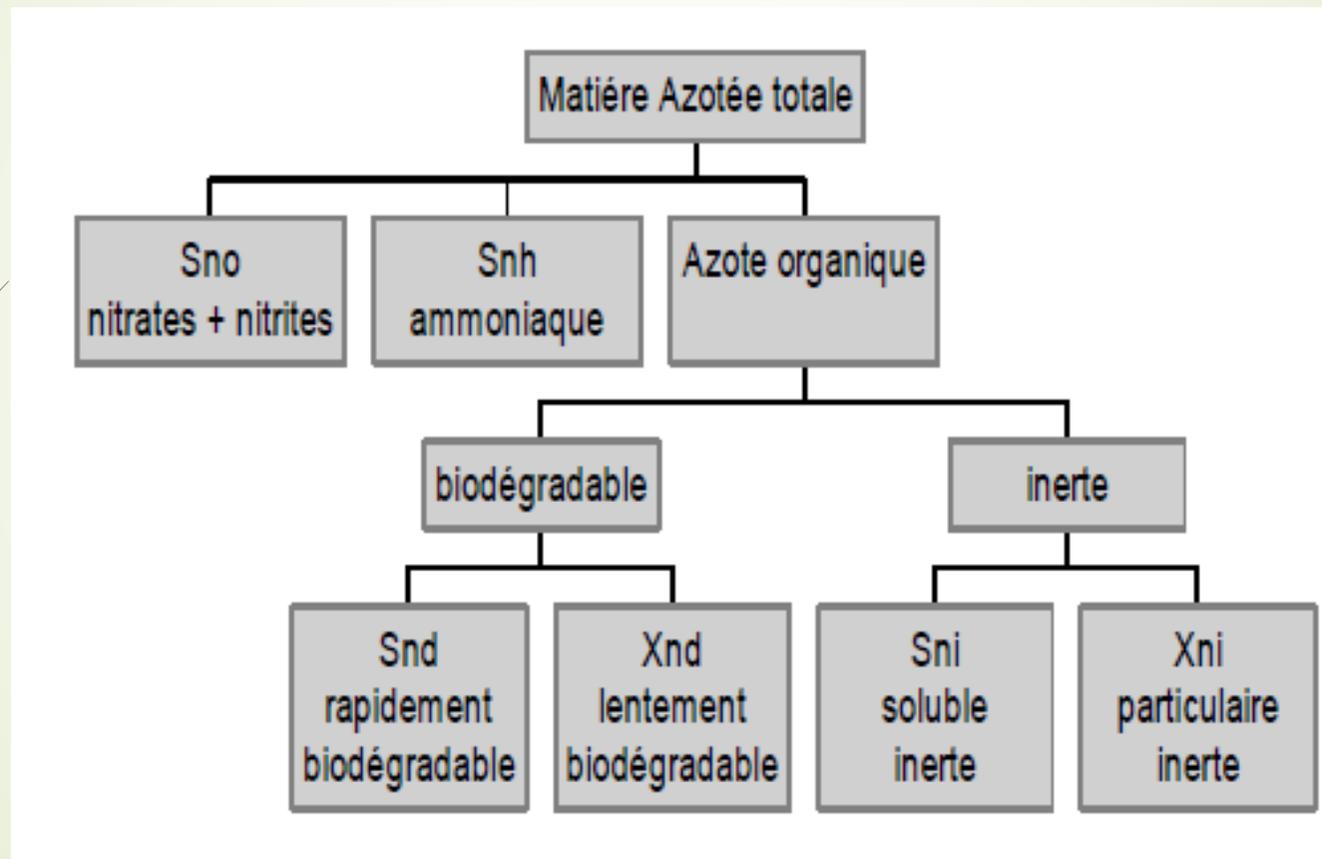
Fractionnement de la DCO



XiO : Particulaire inerte XsO : Lentement biodégradable SsO : rapidement biodégradable SiO : Soluble inerte

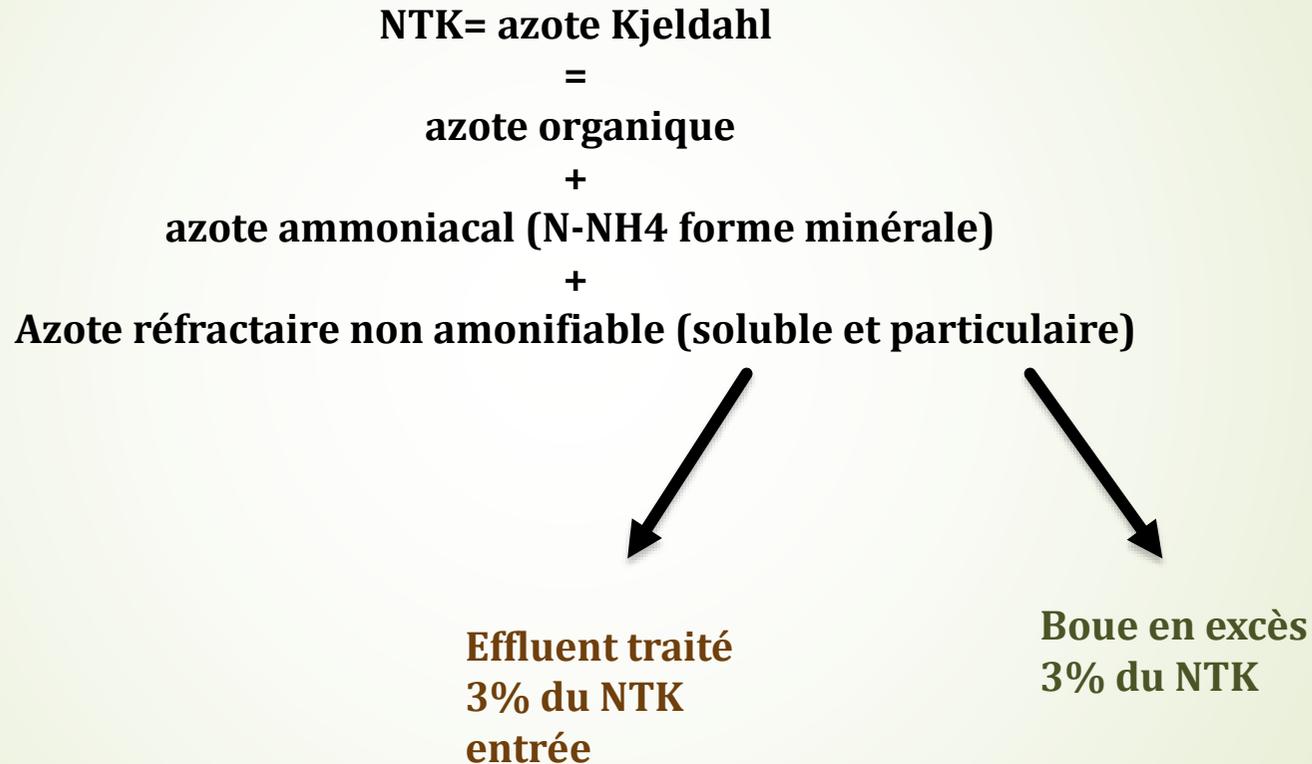
Paramètres de pollution

Fractionnement de l'azote



Paramètres de pollution

Fractionnement de l'azote



Paramètres de pollution

Fractionnement de la pollution phosphorée

$$\begin{aligned}\text{Phosphore Total } P_{\text{tot}} &= \text{P organique} + \text{P minéral} \\ &= \\ &\text{P soluble} + \text{P particulaire} \\ &= \\ &\text{P particulaire hydrolysable} + \text{P soluble} + \text{P particulaire non hydrolysable}\end{aligned}$$

Paramètres de pollution

Relation entre les paramètres de pollution

Ratio	Effluent Urbain strict	Signification
$\frac{DCO}{DBO_5}$	2,2 – 2,4	indiquera la mixité et la biodégradabilité relative de l'effluent
$\frac{MES}{DBO_5}$	0,8 – 1,2	aura une influence sur le % MVS de l'effluent et la production de boues en excès
$\frac{DBO_5}{NTK}$	4 - 5	indiquera la mixité relative de l'effluent et influencera le dimensionnement du réacteur biologique en cas de traitement de l'azote (nitrification)
$\frac{N - NH_4}{NTK}$	0,6 – 0,8	indiquera le degré d'ammonification réalisé durant le transfert de l'effluent dans le réseau ainsi que de la présence potentielle d'une situation "septique" (notamment lors de la présence de conduite de refoulement)
$\frac{DCO}{Pt}$	44 - 50	indiquera la mixité relative de l'effluent, les potentialités et la faisabilité d'un traitement biologique du phosphore

Paramètres de pollution

Relation entre les paramètres de pollution

$\frac{MVS}{MES}$	0,65 – 0,75	indiquera "l'organicité" de l'effluent ainsi que sa mixité relative, et aura une incidence importante sur : <ul style="list-style-type: none">- la production de boues biologiques en excès,- la qualité mécanique des boues activées (définie par son IM ou IB),- le taux de MVS dans le réacteur biologique,- le dimensionnement du réacteur biologique tant pour le traitement de la pollution carbonée que pour la nitrification et la dénitrification simultanée (dans le même bassin),- le dimensionnement du clarificateur (indirectement par l'influence sur l'IM),- le dimensionnement de la filière boue (directement par l'influence sur la production de boue et indirectement par l'influence sur l'IM)
$\frac{DCO}{NTK}$	8,8 - 12	indiquera la mixité relative de l'effluent et aura une influence sur la dénitrification et sur l'intérêt d'une zone d'anoxie dissociée du bassin d'aération

Paramètres de pollution

4. Paramètres de toxicité (Micropolluants)

Micropolluants

Le terme "micropolluants" désigne un ensemble de substances qui, en raison de leur toxicité, de leur persistance, de leur bio-accumulation, sont de nature à engendrer des nuisances même lorsqu'elles sont rejetées en très faibles quantités.

- Micropolluants organiques
- Micropolluants inorganiques

Ils provoquent des effets de 2 formes :

- Effet immédiat ou à court terme conduisant à un effet toxique brutal et donc à la mort rapide des différents organismes,
- Effet différé ou à long terme, par Bio-accumulation

Paramètres de pollution

4. Paramètres de toxicité (Micropolluants)

**Micropolluants organiques
(composés phénoliques,
organohalogénés, organophosphorés,
hydrocarbures,..)**

Rejets industriels
(hydrocarbures pesticides,...)

**Rejet domestique produits
pharmaceutiques**
(Eaux grises et noires)

Eaux de ruissellement
(zone urbaine ou agricole)
(hydrocarbures, produits
phytosanitaires)

Effet néfaste sur le milieu aquatique
Accumulation au fil de la chaîne alimentaire
et donc effets plus ou moins graves sur la santé
humaine.

**HPA : hydrocarbures polycycliques aromatiques produits de la
combustion des carburants**

PCB : polychlorobiphényles, contenus dans les pesticides et autres

Paramètres de pollution

4. Paramètres de toxicité (Micropolluants)

◇ Micropolluants
inorganiques Les métaux
lourds

Rejets industriels

Selon le secteur (ex. tanneries)

Rejet domestique : moy (mg/l)

Cd:3, Cu:150, Pb :100, Zn:500

(Eaux grises: cosmétiques, produits
d'entretien,..)

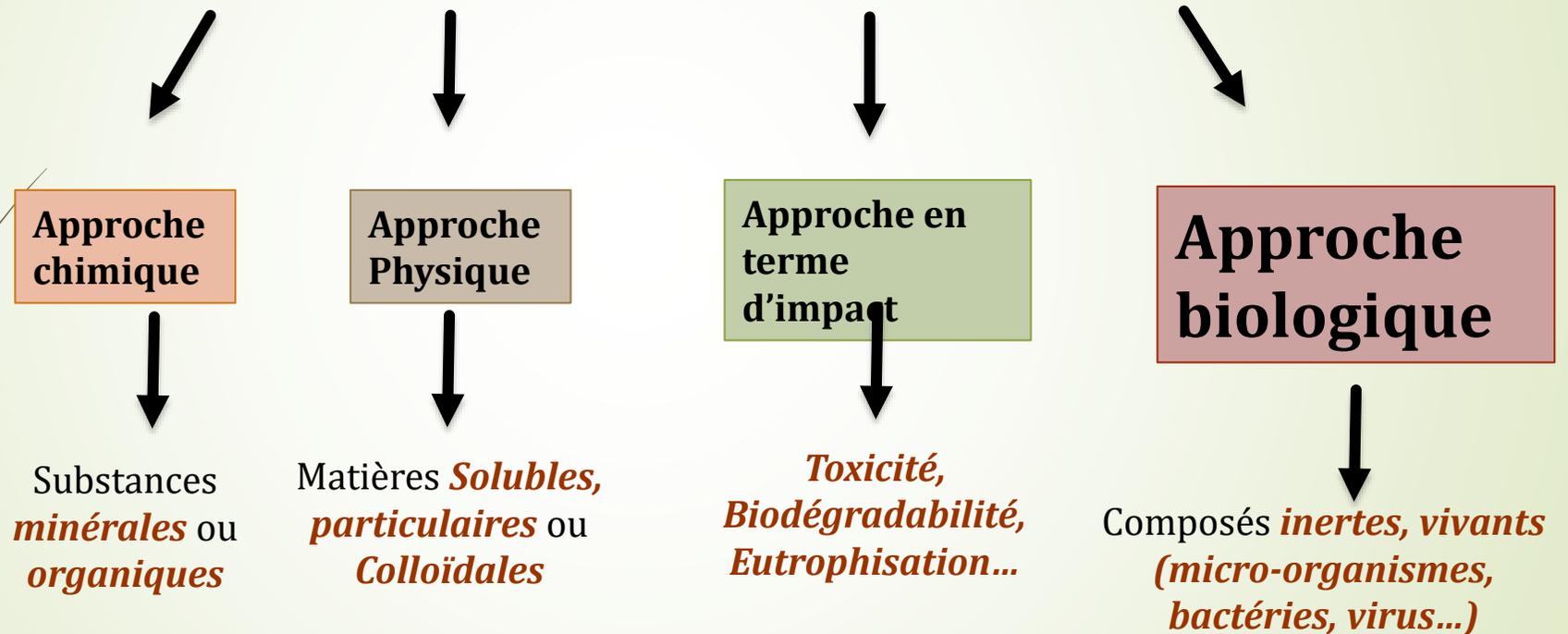
(Eaux noires : médicaments)

- Effet néfaste sur le milieu aquatique
- Accumulation au fil de la chaîne alimentaire et donc effets plus ou moins graves sur la santé humaine.

(mercure, cuivre, cadmium, Nickel, plomb, cyanure,... etc.)

Comment caractériser un effluent ?

Approches de classification des substances présentes dans l'eau



Paramètres de pollution

5. Paramètres biologiques

Les pathogènes

Rejet domestique
(Eaux grises et eaux
noires)

- Effet néfaste sur le milieu aquatique
- Accumulation au fil de la chaîne alimentaire et donc effets plus ou moins graves sur la santé humaine.
- Désordres intestinaux plus ou moins graves, affections respiratoires ou des muqueuses dans le cas de baignades

Coliformes fécaux; Coliformes totaux ;

Streptocoques fécaux

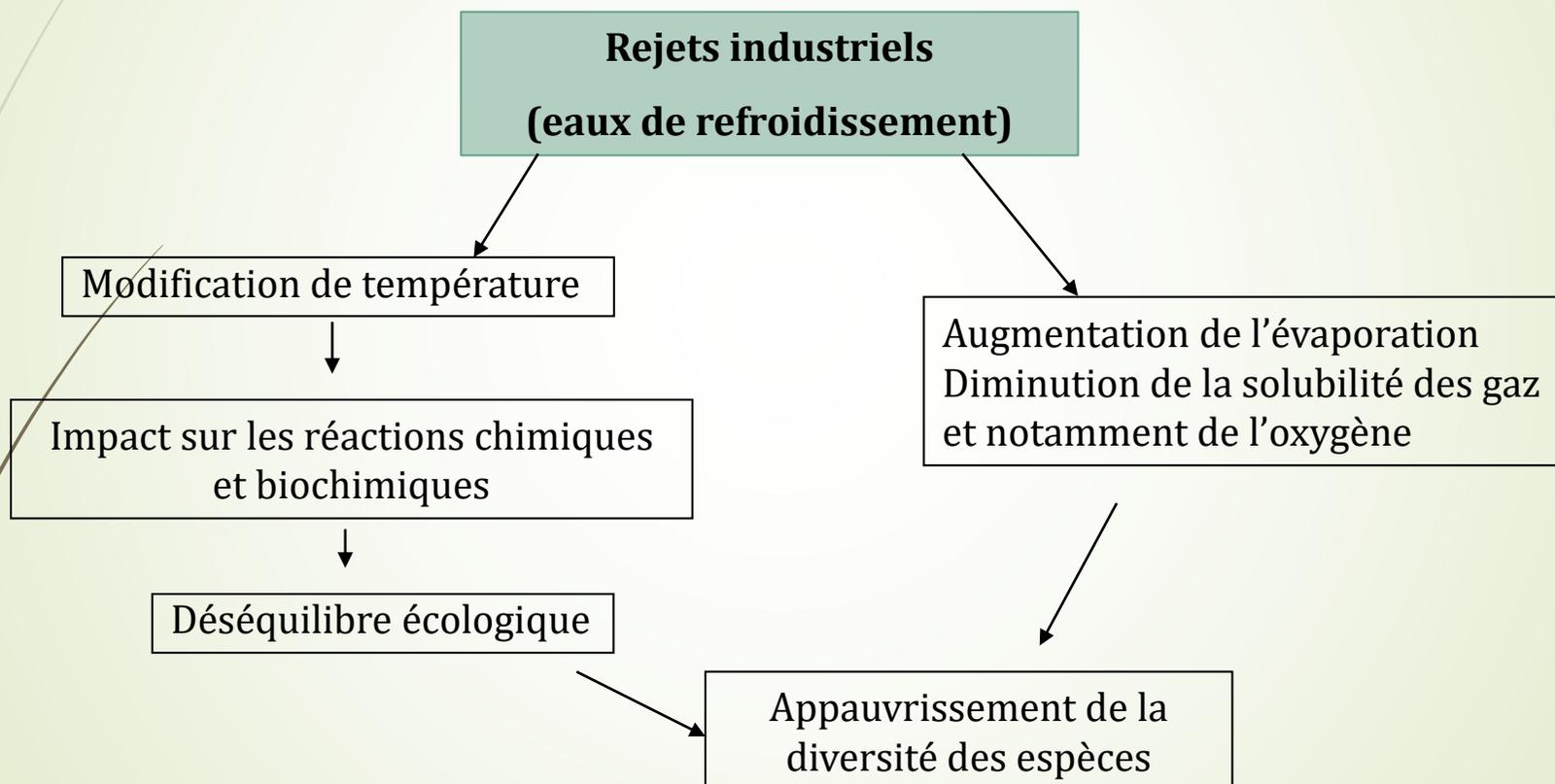
Parasites (œufs d'helminthes)

Paramètres de pollution

5. Paramètres biologiques

Type de faune	Principaux micro-organismes rencontrés	Maladies qu'ils provoquent
BACTERIES	<i>Intestin</i> E.coli Shigella Salmonella <i>Peau et muqueuses</i> Staphylococcus aureus Pseudomonas aeruginosa	Dysenterie Gastro-entérite Infections cutanées Septicémies
PROTOZOAIRES	Amibes Giarda	Dysenterie Gastro-entérite
LEVURES ET CHAMPIGNONS	Candida Albicans Moisissures	Infections cutanées
VIRUS	Virus de l'hépatite A Vibrion cholérique Enterovirus et rétrovirus	Hépatite A Choléra Poliomyélite et dysenterie

Paramètres de pollution



Paramètres de pollution

pH et CE

- **pH**

Modification importante de pH



Déséquilibres entre les molécules et les ions



Toxicité de certaines espèces chimiques

pH optimum pour un développement normal des organismes aquatiques 6,5 - 8,5

- **Conductivité électrique (CE)**

- La CE renseigne sur la salinité globale de l'eau.
- La CE dépend essentiellement de la qualité de l'eau potable et du régime alimentaire de la population et des activités industrielles.

Paramètres pour caractériser l'effluent à traiter

Charge polluante et charge hydraulique

Définitions...

- **Charge polluante** Correspond à la totalité de la pollution théorique produite. Elle représente la quantité de pollution rejetée par jour par un habitant (équivalent habitant*) calculé en temps sec.
- **Charge hydraulique:** Débit et charge produits par temps sec dans la zone d'assainissement collectif + la part due aux eaux pluviales retenues par la commune (cas des réseaux unitaire),

Rôle des différents paramètres

- Charge maxi journalière: volume réacteur
- Charge maxi horaire: besoin en oxygène
- Charge maxi hebdomadaire: filière boue

* 1 EH=60g DBO5/j

Paramètres pour caractériser l'effluent à traiter

Eaux usées - la notion de flux

Débit x [mg/l] → flux en g/j ou kg /h

Les flux sont caractérisés par :

- Des moyennes, max, min, Ecart-type
- Des ratios particuliers
- Des variation, etc...

Variation:

- Horaires,
- Périodique (nocturne, diurne, pointe))
- Journalière (jours ouvrés, scolaires, week end)
- Météorologique (temps sec, temps de pluie...)

Paramètres pour caractériser l'effluent à traiter

Eaux usées - Mesure des débits

- **Mesures de niveaux**
 - Limnimètre
 - Sondes de pression
 - Sondes à ultrason

- **Seuils et déversoirs**
 - Déversoir: rectangulaire ou triangulaire..
 - Seuils et canaux venturi

- **Autres méthodes**
 - Méthodes des dilutions
 - Mesure des vitesses de vidange des bâches

Paramètres pour caractériser l'effluent à traiter

Eaux usées - Mesure des débits



- Sondes à ultrason



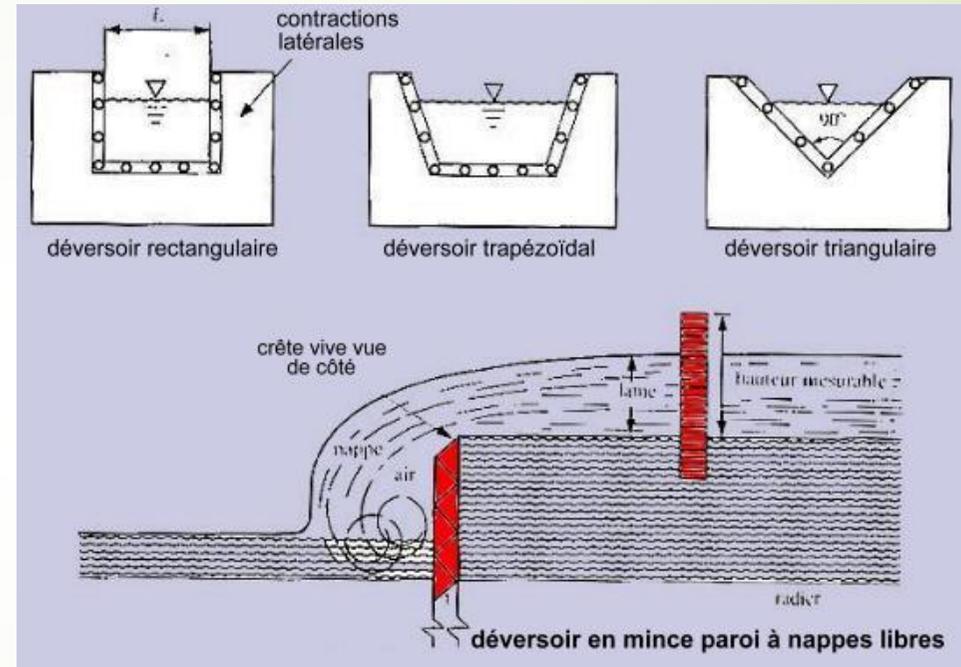
- Limnimètre

Paramètres pour caractériser l'effluent à traiter

Eaux usées - Mesure des débits

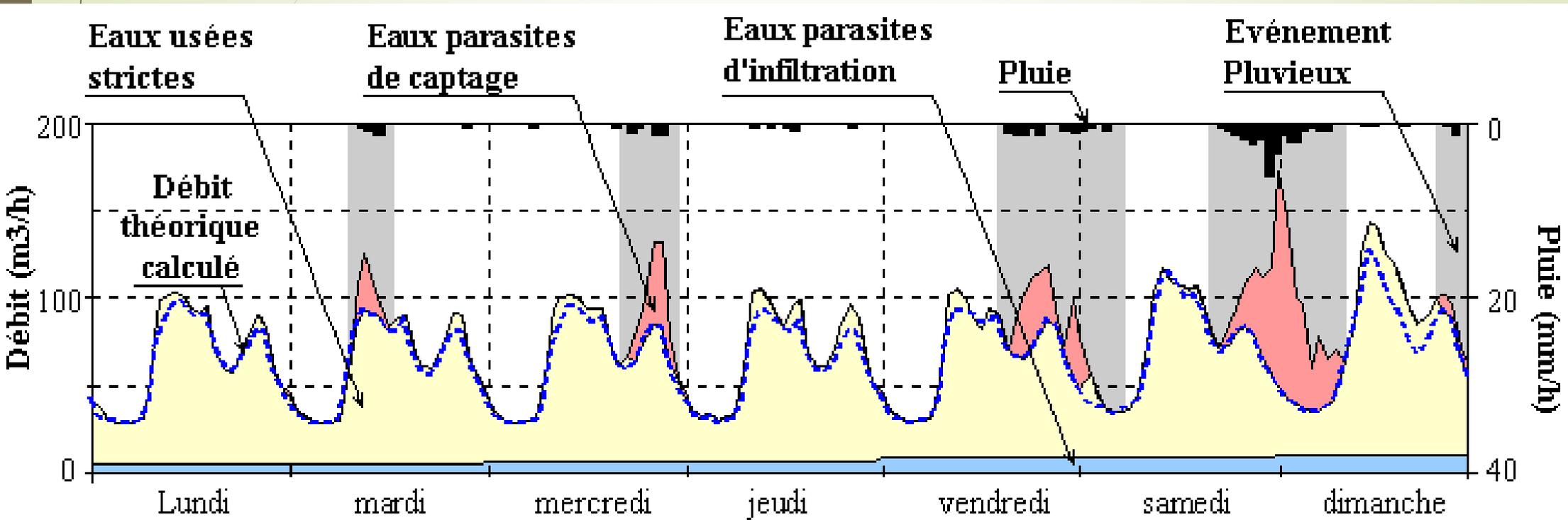


canal venturi



Déversoirs

Paramètres pour caractériser l'effluent à traiter



(Dauphin, 2014)

Concentrations de polluants dans les eaux usées urbaines

Paramètres de pollution

Caractérisation des effluents

Paramètres	Concentrations
MES	100 à 500 mg/L
DCO	250 à 1000 mg/L
DBO5	100 à 400 mg/L
Cadmium	1 à 10 mg/L
Cuivre	83 à 100 mg/L
Plomb	5 à 78 mg/L
Zinc	100 à 570 mg/L

(Grommaire-Mertz, 1998)

VALEURS DBO5 DES EAUX USEES DOMESTIQUES POUR QUELQUES REGIONS ET PAYS

Pays/Région	DBO5 (g/personne/jour)	Gamme
Afrique ¹	37	35 – 45
Egypte ¹	34	27 – 41
Asie, Moyen Orient, Amérique latine ¹	40	35 – 45
Inde ¹	34	27 – 41
Cisjordanie et Bande de Gaza (Palestine) ¹	50	32 – 68
Japon ¹	42	40 – 45
Brésil ²	50	45 – 55
Canada, Europe, Russie, Océanie ¹	60	50 – 70
Danemark ¹	62	55 – 68
Allemagne ¹	62	55 – 68
Grèce ¹	57	55 – 60
Italie ³	60	49 – 60
Suède ¹	75	68 – 82
Turquie ¹	38	27 – 50
États Unis	1 : Doorn & Liles (1999). 2 : Feachem <i>et al.</i> (1983). 3 : Masotti (1996). 4 : Metcalf & Eddy (2003).	50 – 120

Paramètres de pollution

Caractérisation des effluents

Paramètre	Petits centres (< 20.000 hab)	Centre moyens (20.000 - 100.000 hab)	Grandes villes (>100.000 hab)	Moyenne nationale
DBO ₅ (mg/l)	400	350	300	350
DCO (mg/l)	1000	950	850	900
MES (mg/l)	500	400	300	400

(ONEP-GTZ, 1998)

Les ratios retenus au Maroc pour l'évaluation des différents flux de pollution **domestique** sont les suivants :

- 76 g de MO/ hab/j
- 55 g de MES/ hab/j
- 9 g de matière azotée/ hab/j

Caractéristiques des eaux usées de quelques villes du Maroc

Paramètres de pollution

Caractérisation des effluents

Paramètres	Meknès (1)	Ouarzazate (1)	Skhirat (1)	Benslimane (2)	Marrakech (3)
pH	8,06	7,58	7,00	7,30	7,00
CE (mS/cm)	1,16	3,21	1,62	1,56	-
DBO ₅ (mgO ₂ /l)	263	296	292	190	250
DCO (mgO ₂ /l)	743	450	687	490	600
MES (mg/l)	314	321	538	200	113
NTK (mg/l)	40,3	-	74,4	-	76
Pt (mg/l)	20,6	-	12,1	-	10
Œuf d'helminthes/l	10	10,4	7	23	11,7
CF/100ml (10 ⁷)	27,1	0,25	5	0,3	-

(1): Unité d'Épuration des Eaux Usées de l'IAV. (2): Kourâa *et al.* (2000). (3): Ouazzani & Bouhoum (1995)

Valeurs des principaux paramètres de pollution des eaux usées du campus de l'IAV

Paramètre	minimum	maximum	moyenne	déviati on standard
pH	6,4	7,4	6,9	0,29
T (°C)	14,8	27,1	19,5	3,1
CE (µS/cm)	1130	1880	1290	260
MST (mg/l)	756	1248	1036	203
MVT (mg/l)	146	538	381	92
MES (mg/l)	146	476	330	85
MVS (mg/l)	95	302	190	57
DCO (mg/l)	480	1400	800	202
DBO₅ (mg/l)	200	780	390	139
NTK (mg/l)	28,2	104,1	72	25,3
N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	14,8	71,0	45,9	16,2
N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	0	0,34	0,12	0,12
N-NO ₂ ⁻ (mg/l)	0	0,29	0,08	0,11
P_T (mg/l)	4,3	12,1	8,2	2,3
P _T soluble (mg/l)	3,1	10,2	6,8	3,0
P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)	2,7	8,5	5,7	1,4
H & G (mg/l)	21	66	40	12
Cl ⁻ (mg/l)	240	310	287	28
CF (10⁷unité/100)	0,4	9,0	3,6	1,1
CT (10⁶unité/100)	0,23	5,0	1,12	1,02
Œufs helminthes/l	1,1	13,0	7,0	5,6

Teneurs des eaux usées de l'IAV en quelques métaux lourds

Paramètre	Minimum	Maximum	Moyenne	Déviatiion standard
Cu ($\mu\text{g/l}$)	22	42	32	18
Cr ($\mu\text{g/l}$)	8	59	27	22
Cd ($\mu\text{g/l}$)	0	1,2	0,93	0,3
Fe ($\mu\text{g/l}$)	142	412	246	103
Mg ($\mu\text{g/l}$)	20	36	29	5,9
Mn ($\mu\text{g/l}$)	35	126	85	44
Pb ($\mu\text{g/l}$)	0	21	15	8
Ni ($\mu\text{g/l}$)	0	0	0	0
Zn ($\mu\text{g/l}$)	123	390	250	87

Quels paramètres analyser?

Le choix des paramètres de caractérisation dépend de l'objectif:

- Évaluer le danger
- Choix du système de traitement (Biodégradabilité de l'effluent)
- Dimensionnement des ouvrages de traitement
- Réutilisation (type)

Choix des paramètres de caractérisation

Évaluer le danger



Paramètres à analyser

- Toxicité (Micropolluants)
- Paramètres biologiques (germes pathogènes)

Choix des paramètres de caractérisation

**Choix du procédé de traitement
(Traitabilité biologique)**

Paramètres à analyser

- Matière organique
- Matière organique biodégradable
- Éléments nutritifs
- pH

Pour évaluer la traitabilité d'une eau usée par voie biologique :

- ✓ Le ratio DCO/DBO5 qui ne doit pas excéder 3.
- ✓ Le ratio C/N/P qui idéalement devrait être 100/5/1 pour une digestion optimale par les biomasses épuratrices.

Choix des paramètres de caractérisation

**Conception et
dimensionnement des
installations de traitement
des eaux usées**



Paramètres à analyser

- Débit (charge hydraulique)
- Matière organique
- Matière organique biodégradable
- MES

Choix des paramètres de caractérisation

**Rejet des eaux usées
traitées dans le milieu
récepteur**

Paramètres à analyser

- Matière organique
- Matière organique biodégradable
- MES
- Micro-polluants
- Paramètres biologiques (risque sanitaire)

Pour les normes marocaines, les valeurs limites spécifiques de rejet domestique.

- • 120 mg/l de DB05
- • 250 mg/l de DCO
- • 150 mg/l de MES

Choix des paramètres de caractérisation

Traitement des boues



Paramètres à analyser

- Matière organique fermentescible
- Paramètres biologiques (œufs de parasites)
- Micropolluants (métaux lourds & autres)

Eaux usées urbaines

STEP

Eaux usées traitées

Boues

