



Université Batna 2
Faculté de Technologie
Département SCST
1^{eme} Année 2023/2024



MATIERE: DÉCOUVERTE 2

SCIENCES DE L'INGÉNIERIE HYDRAULIQUE

Dr. LAKEHAL RIDA
r.lakehal@univ-batna2.dz



Barrage Benharoun, Mila, ALGERIE

Definition:

L'hydraulique est une branche de l'ingénierie qui se focalise sur l'étude des fluides, en particulier de l'eau, et leur utilisation dans des applications pratiques.

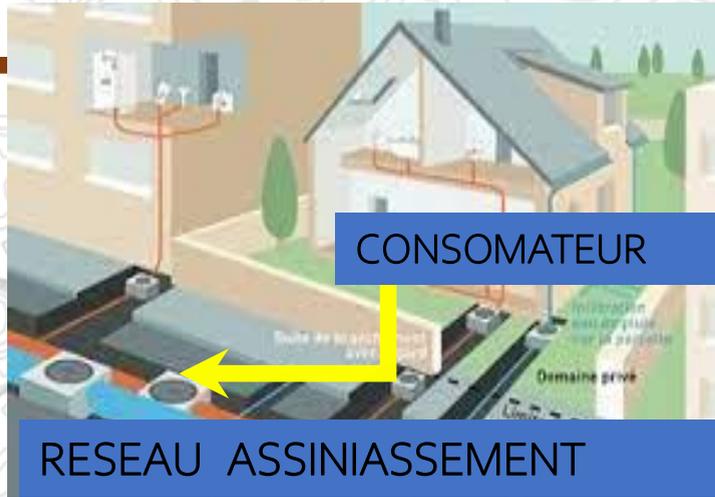
Cela inclut la conception de systèmes de canalisations, de barrages, d'écluses, de turbines hydrauliques, etc.

- **L'hydraulique** est essentielle pour la gestion des ressources en eau, l'approvisionnement en eau potable, la production d'énergie hydraulique..

L'Hydraulique dans Notre Vie Quotidienne



STEP



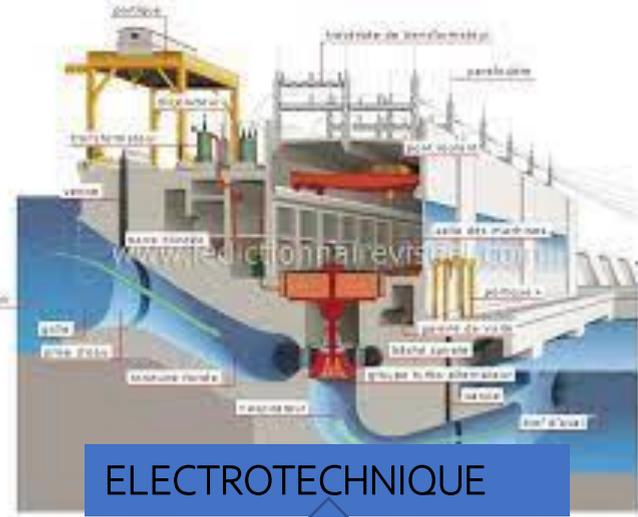
SANSTRAITEMENT

AVEC TRAITEMENT





CHEMIE



ELECTROTECHNIQUE

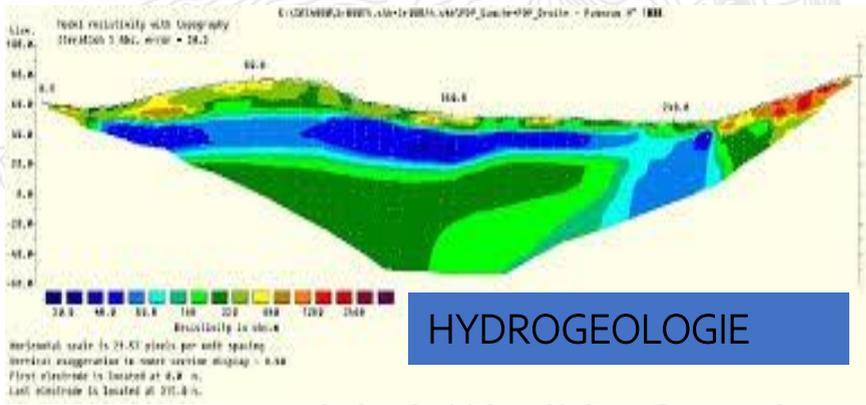


GEOLOGIE

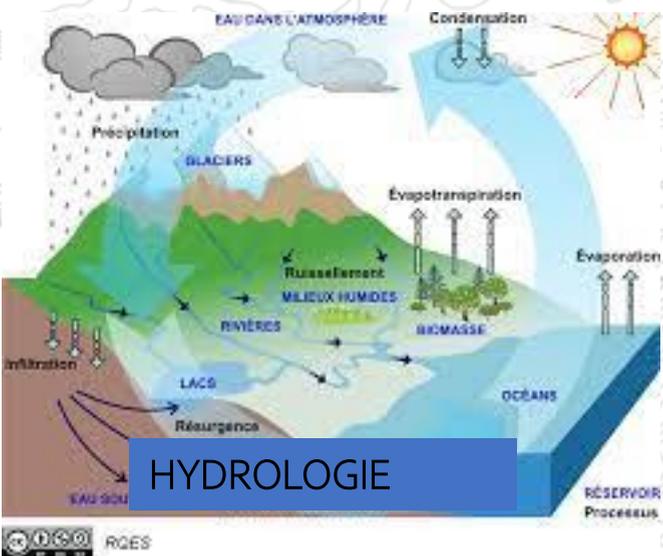
L'Hydraulique est liée avec tous les domaines



GENIE DES PROCÉDES



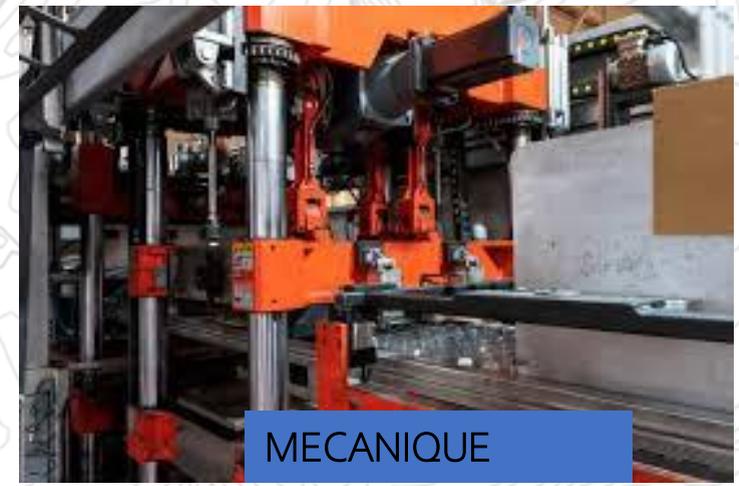
HYDROGÉOLOGIE



HYDROLOGIE



GENIE CIVIL

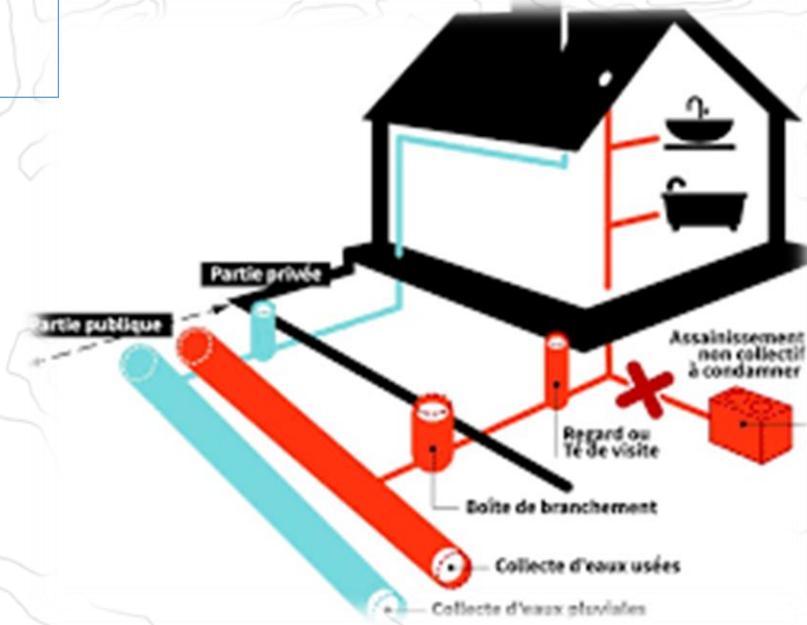


MECANIQUE

Applications Pratiques de L'hydraulique

➤ Dimensionnement des réseaux et réservoirs

Les ingénieurs hydrauliciens s'occupent de la conception, de la mise en service et de la gestion des stations de traitement, des réseaux, des réservoirs d'eau et de la distribution de cet élément vital.



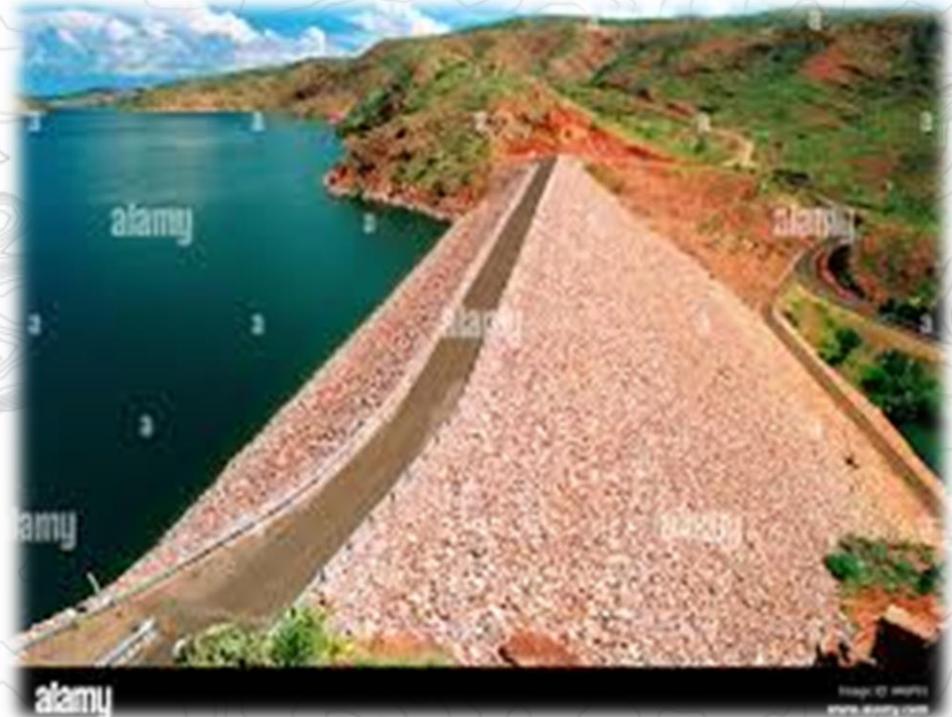
➤ Gestion des Inondations

Les principes hydrauliques servent à modéliser et à gérer les écoulements des rivières, afin de minimiser les risques et les catastrophes d'inondations.



➤ Conception de Barrages

Les ingénieurs hydrauliciens ont pour mission de concevoir et de gérer la construction de barrages afin de produire de l'énergie électrique, de gérer les crues et de réguler les débits d'eau.

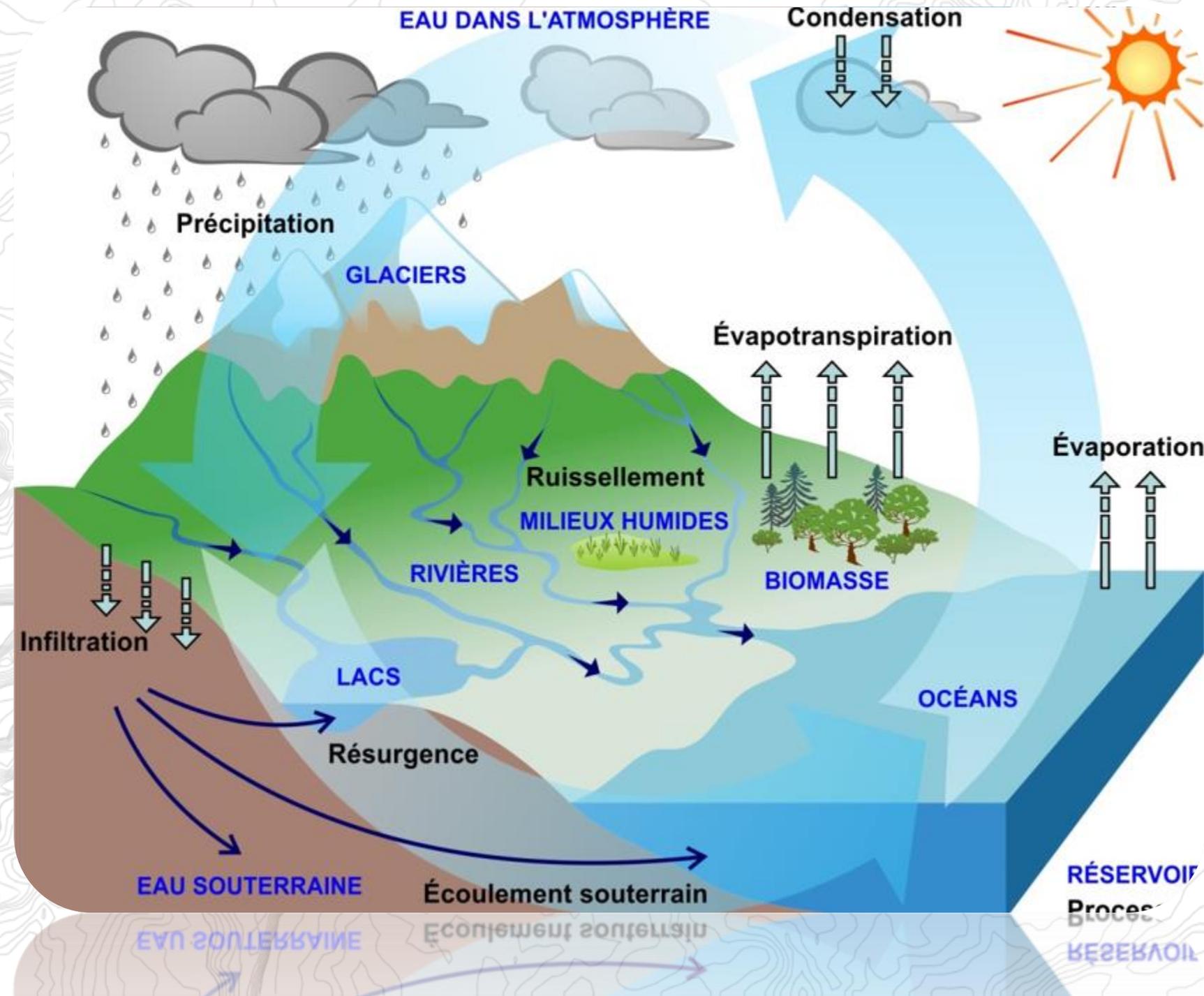


LES BRANCHES DE L'INGÉNIERIE HYDRAULIQUE

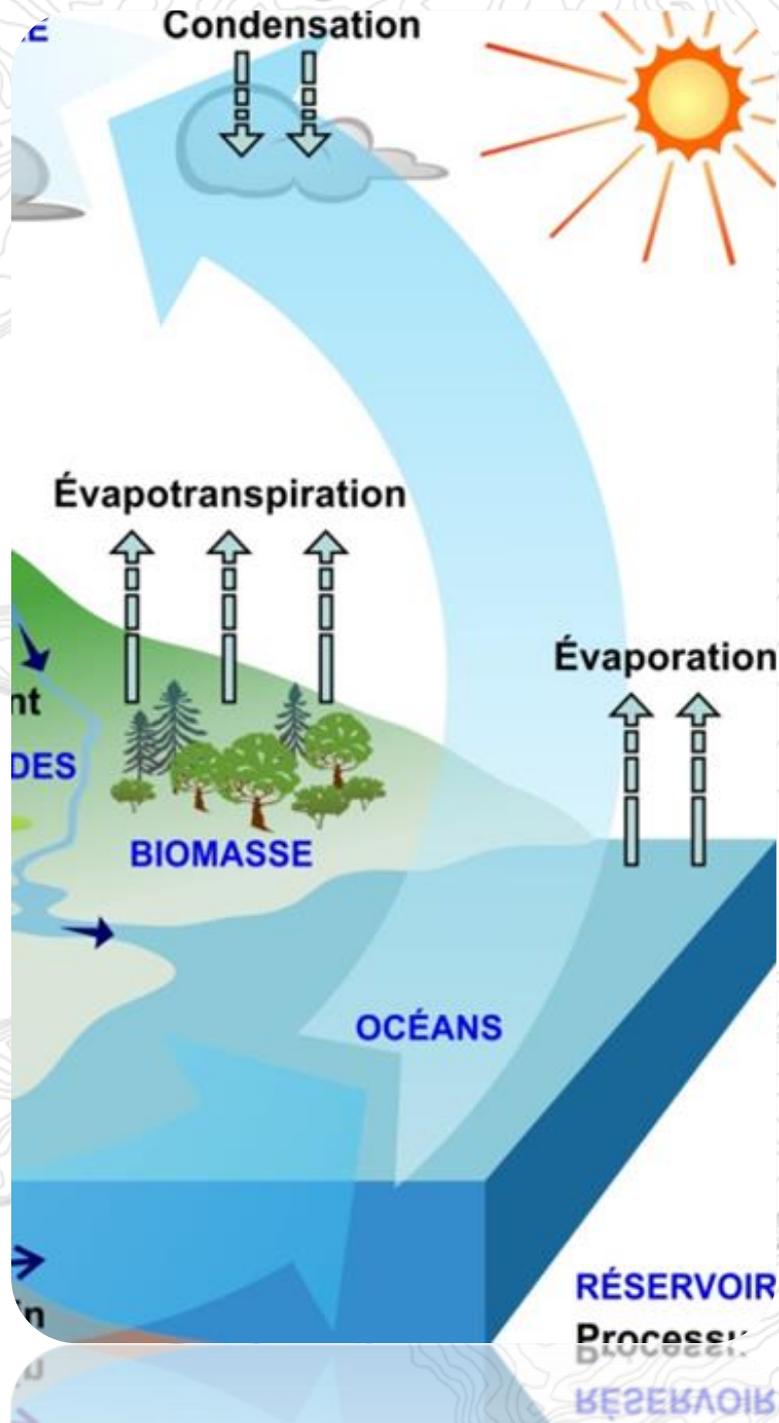
I-L'Hydrologie

Définition:

L'hydrologie est la science qui traite de la distribution, du mouvement et de la qualité de l'eau sur Terre. Cela comprend l'examen des précipitations, de l'évaporation, du ruissellement, des processus de stockage et la modélisation des systèmes hydrologiques.



Importance de l'hydrologie dans l'ingénierie hydraulique



1

Prévention des Inondations

L'hydrologie aide à évaluer les risques d'inondations et à concevoir des systèmes de gestion des eaux pour minimiser les dommages.

2

Gestion des Ressources

Cette discipline elle intervient dans la planification et la gestion des ressources hydriques pour répondre aux besoins humains, industriels et environnementaux.

3

Conception des Infrastructures

Les connaissances hydrologiques sont nécessaires pour concevoir des ouvrages hydrauliques efficaces et résilients.

II-LES OUVRAGES HYDRAULIQUES

- **Definition:**

Les ouvrages hydrauliques regroupent plusieurs familles d'ouvrages : les barrages, les canaux, les digues, les systèmes de protection contre les crues et les aménagements hydrauliques.

- **Les Barrages.**

La forme de la vallée, la nature du sol, les matériaux à disposition sur le site déterminent le type de barrage. Les barrages sont construits en béton ou en maçonnerie; les digues (ou barrages en remblais) sont en terre ou en enrochement.

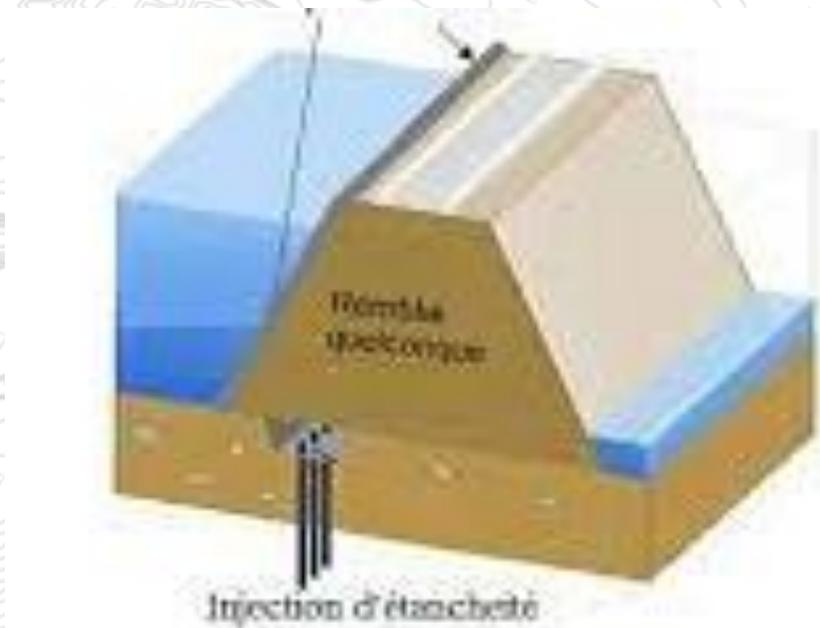


- *Barrages en terre*

Barrage en matériaux naturels composé généralement d'un noyau étanche, de recharges amont et aval maintenant le noyau et assurant la stabilité d'ensemble, de systèmes de drainage et d'étanchéité complémentaires.

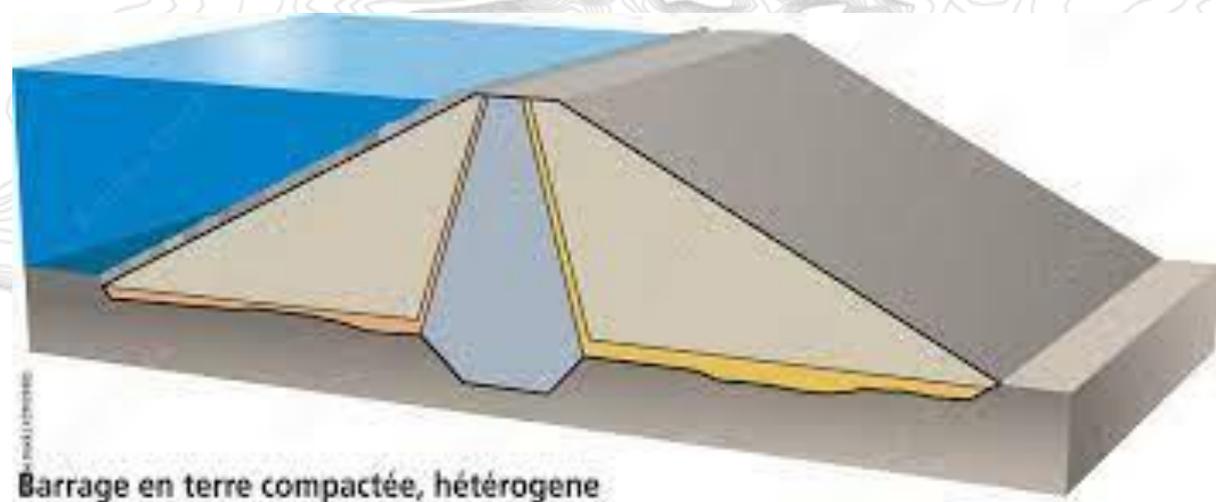
- *Barrages homogènes*

Le barrage homogène est un barrage en remblai construit avec un matériau suffisamment étanche (argile, limon). C'est la technique la plus ancienne de construction des barrages.

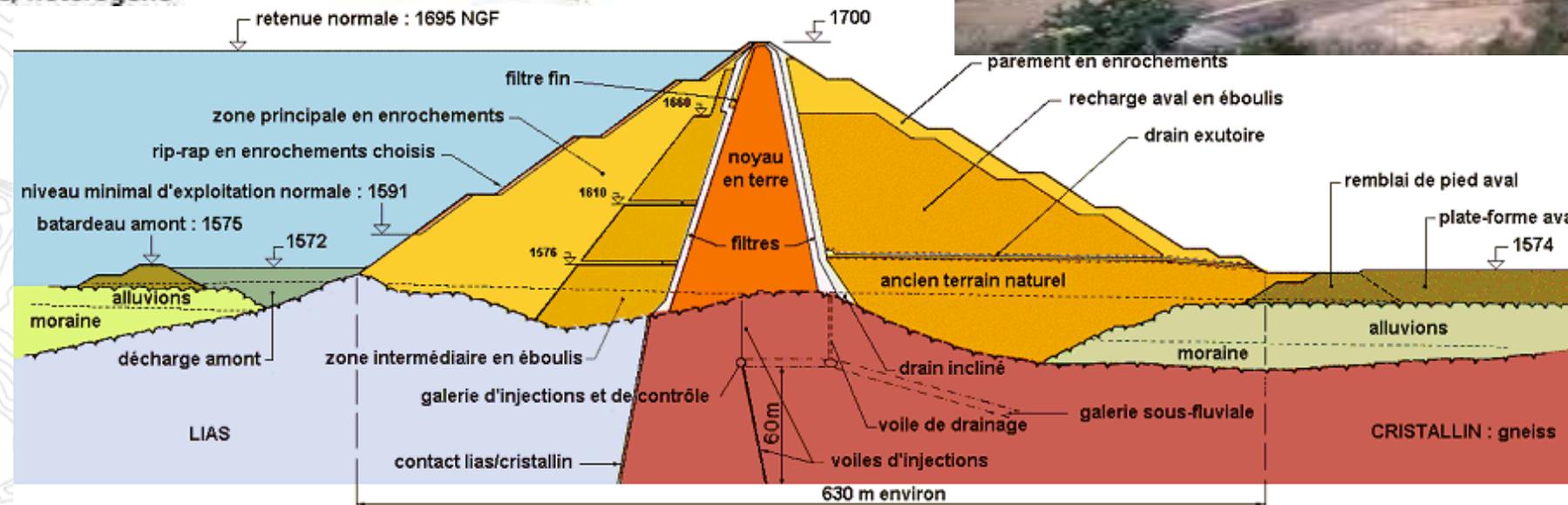


• *Barrages non homogènes*

Les barrages zonés sont d'une conception bien plus récente et moderne que les barrages simples en terre. Ils séparent les fonctions principales dans des matériaux distincts : une zone centrale, appelée noyau, assure le rôle d'étanchéité. Placée au cœur du remblai, elle est constituée de matériaux argileux, imperméable.



Barrage en terre compactée, hétérogène

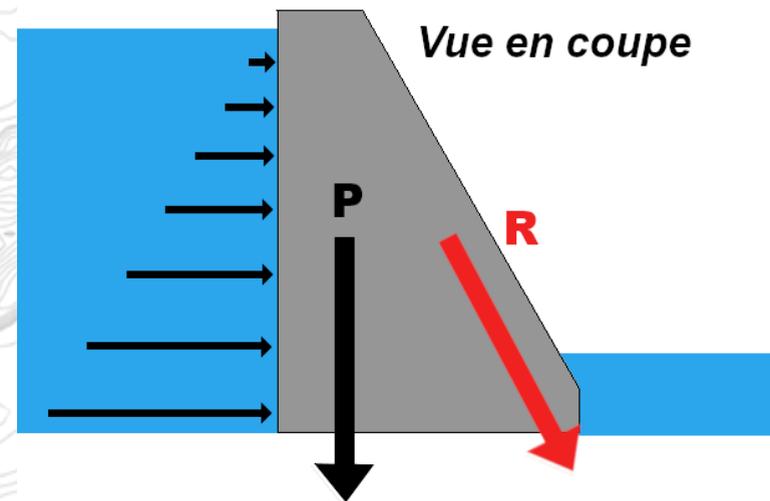


- ***Barrages en Béton***

Sont des ouvrages hydrauliques composé d'un seul matériaux de construction, le béton qui assure la stabilité et l'étanchéité de l'ouvrage.

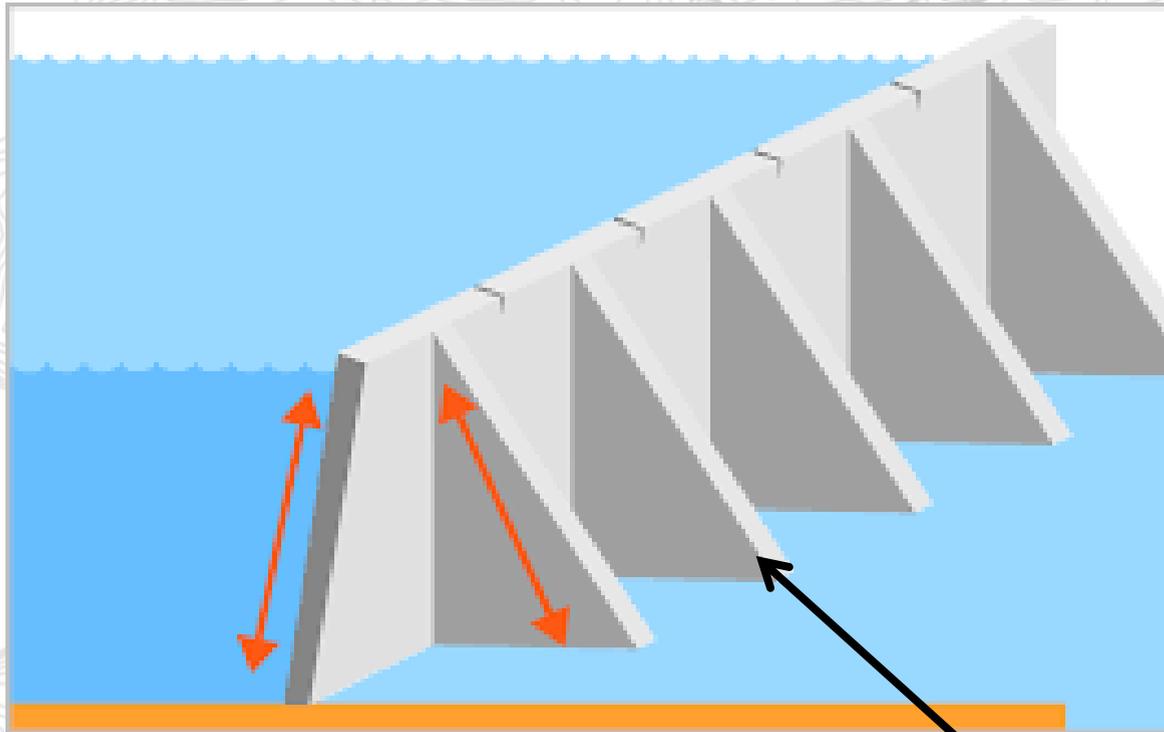
- ***Barrages Poids***

un barrage-poids est un bloc (en maçonnerie ou en béton), assez lourd pour résister à la poussée qui cherche à le faire glisser sur sa base ou à la faire basculer.



- ***Barrages contreforts***

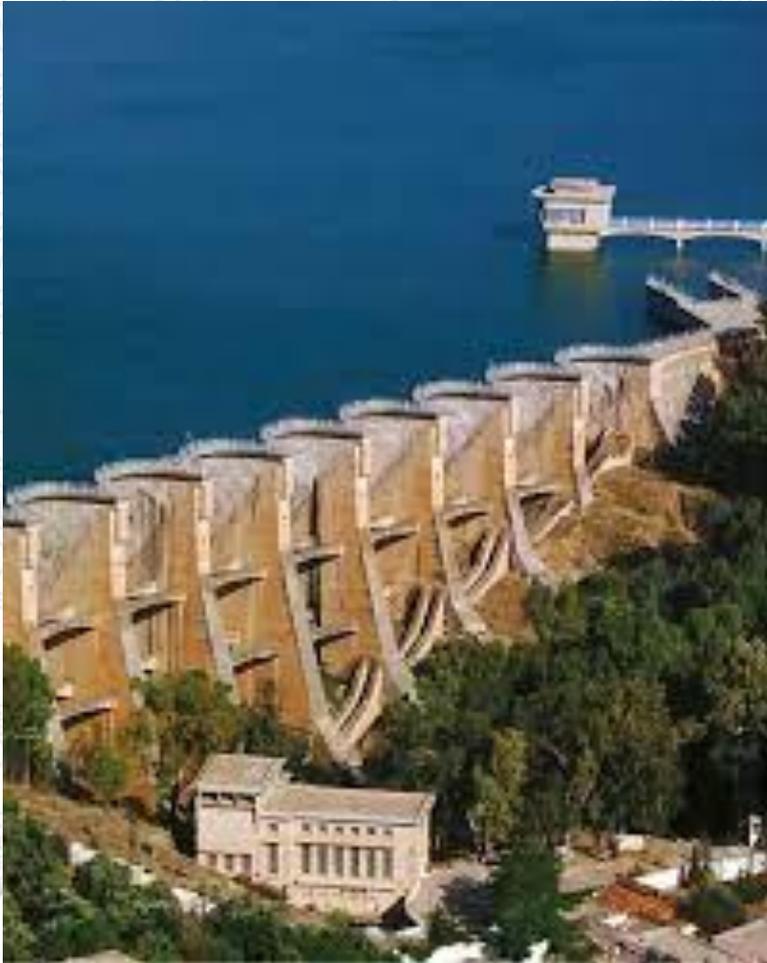
C'est un grand mur en béton qui s'appuie sur des contreforts en laissant des évidements, économisant ainsi du béton. Les contreforts, relativement minces, conduisent les efforts jusqu'aux fondations.



Contreforts

- ***Barrages voutes***

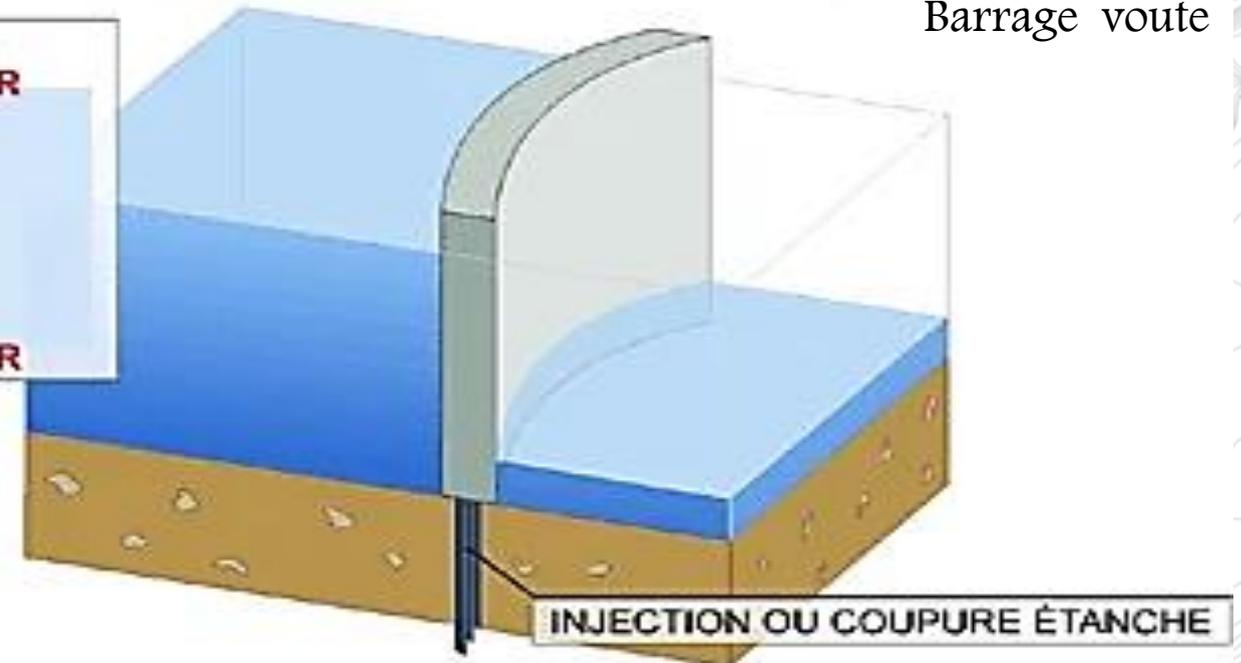
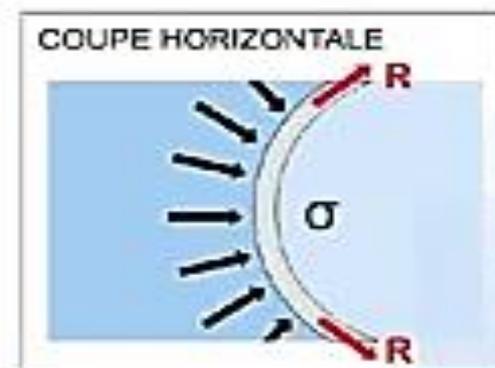
Comme son nom l'indique, un barrage-voûte résiste à la pression de l'eau par l'effet voûte, c'est à dire en s'arc-boutant sur les flancs de la vallée.



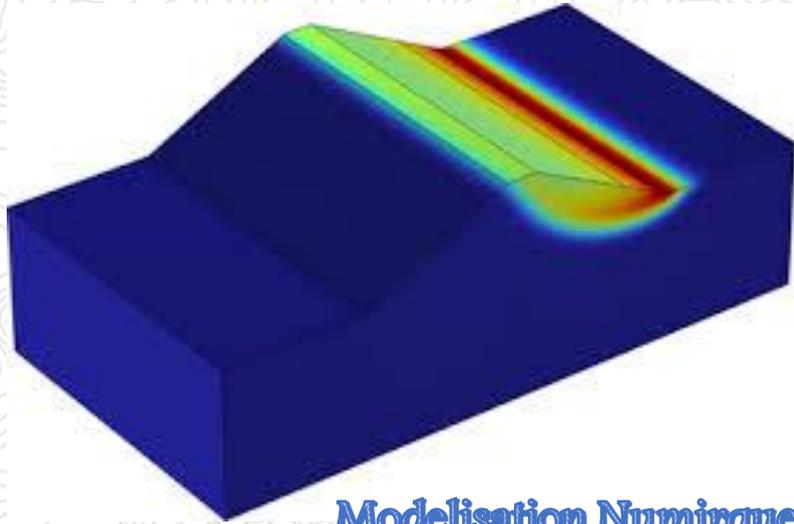
Barrage multi-voutes



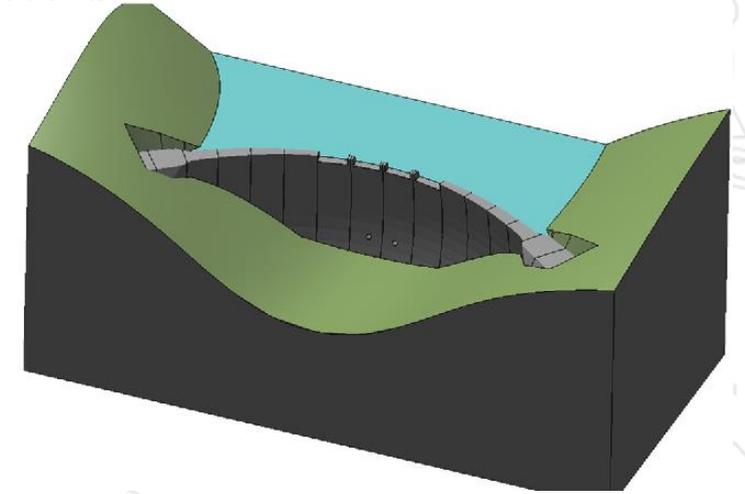
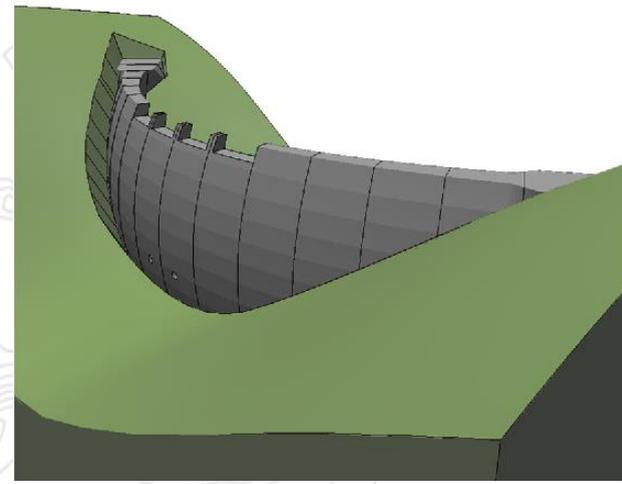
Barrage voûte



- **Modelisation des Ouvrages Hydrauliques (Barrages)**



Modelisation Numirque Barrage en Terre



Modelisation Numirque – Barrage Voute

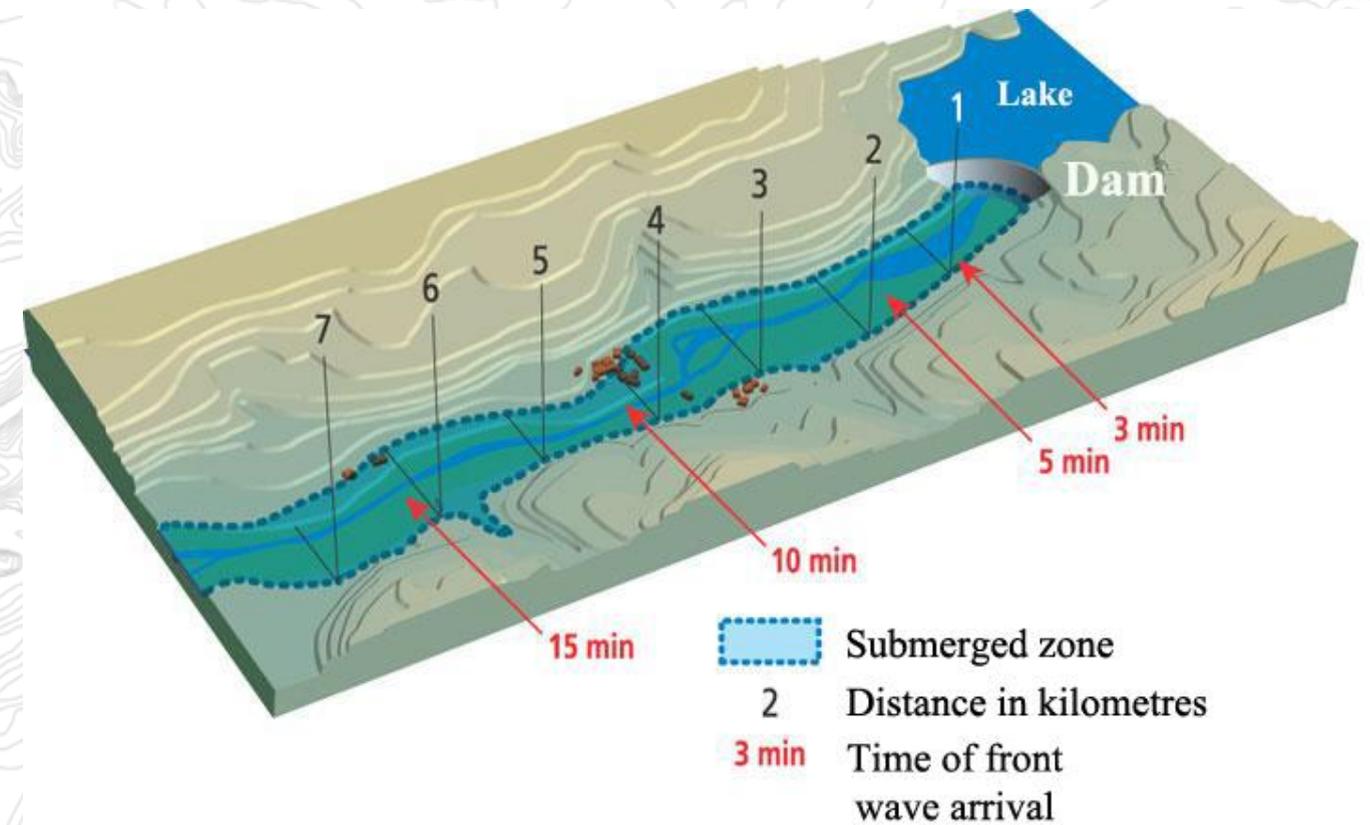
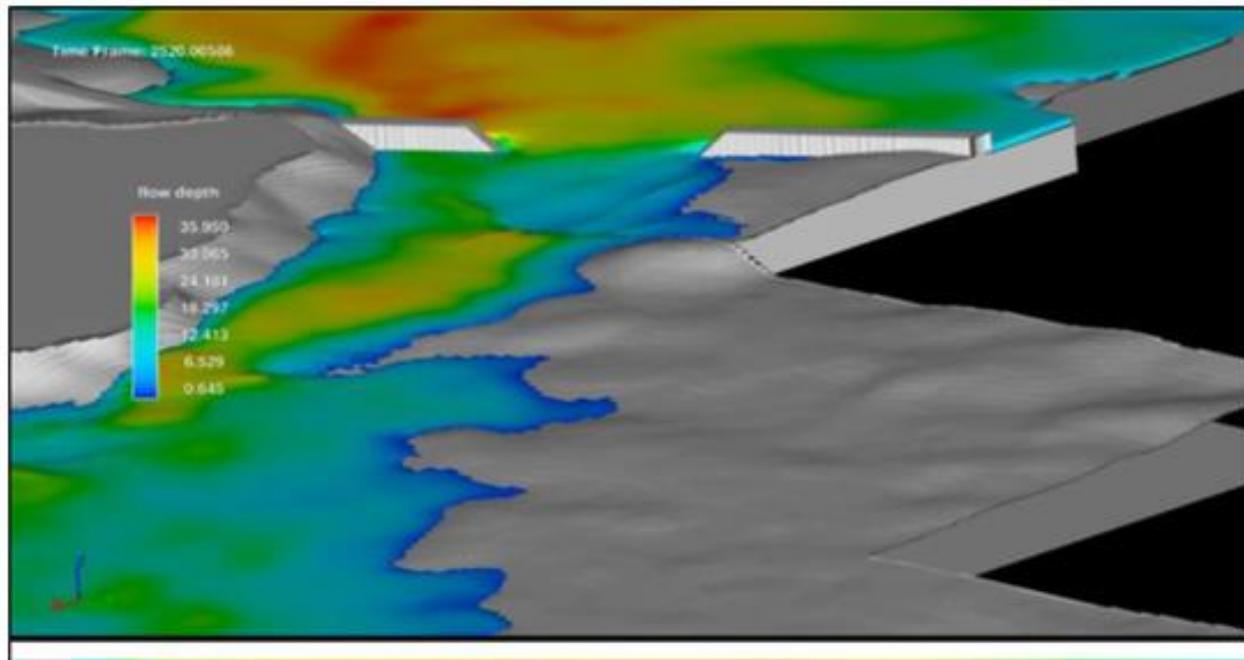


Modelisation Physique Barrage en Beton



Modelisation Physique Barrage en Terre

Modelisation des consequences de Rupture des barrages



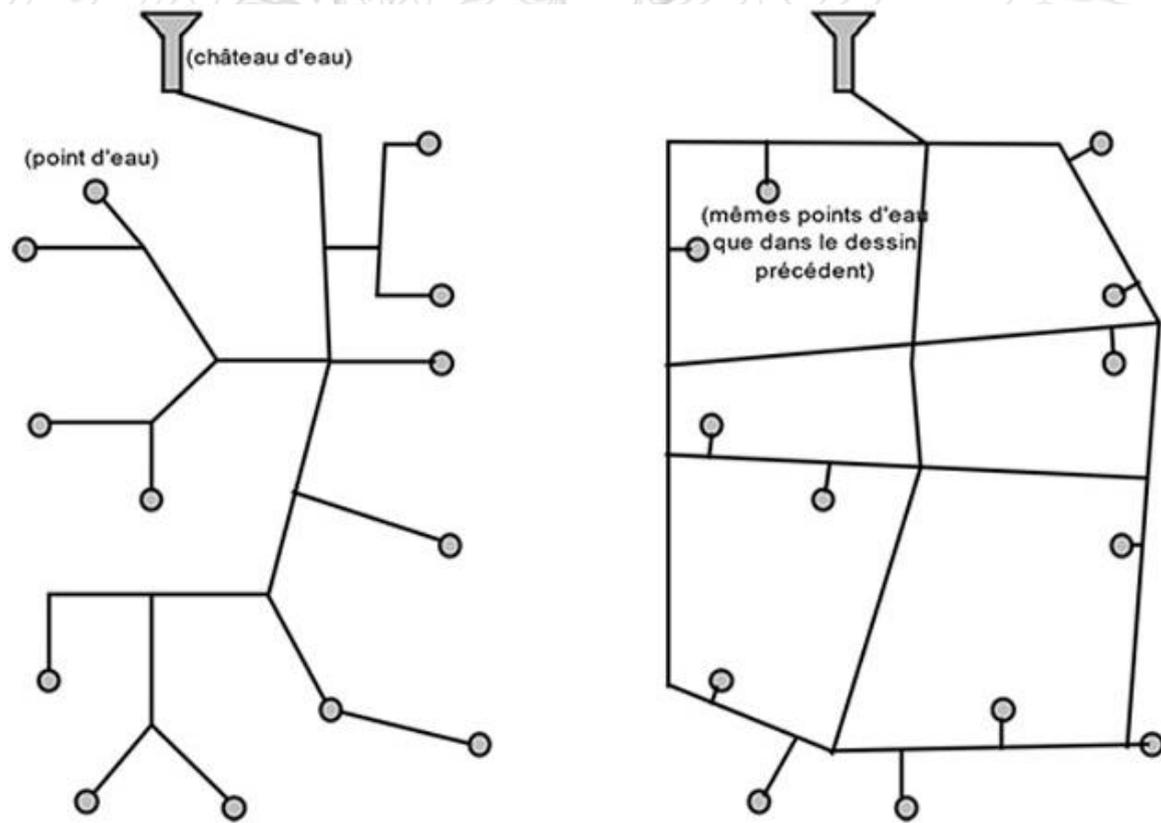
III Les Réseaux Hydrauliques

- Réseaux AEP (Adduction en eau potable)

Branche ou tronçon d'un circuit : tube de même nature, de diamètre constant et parcouru par un même débit d'eau.

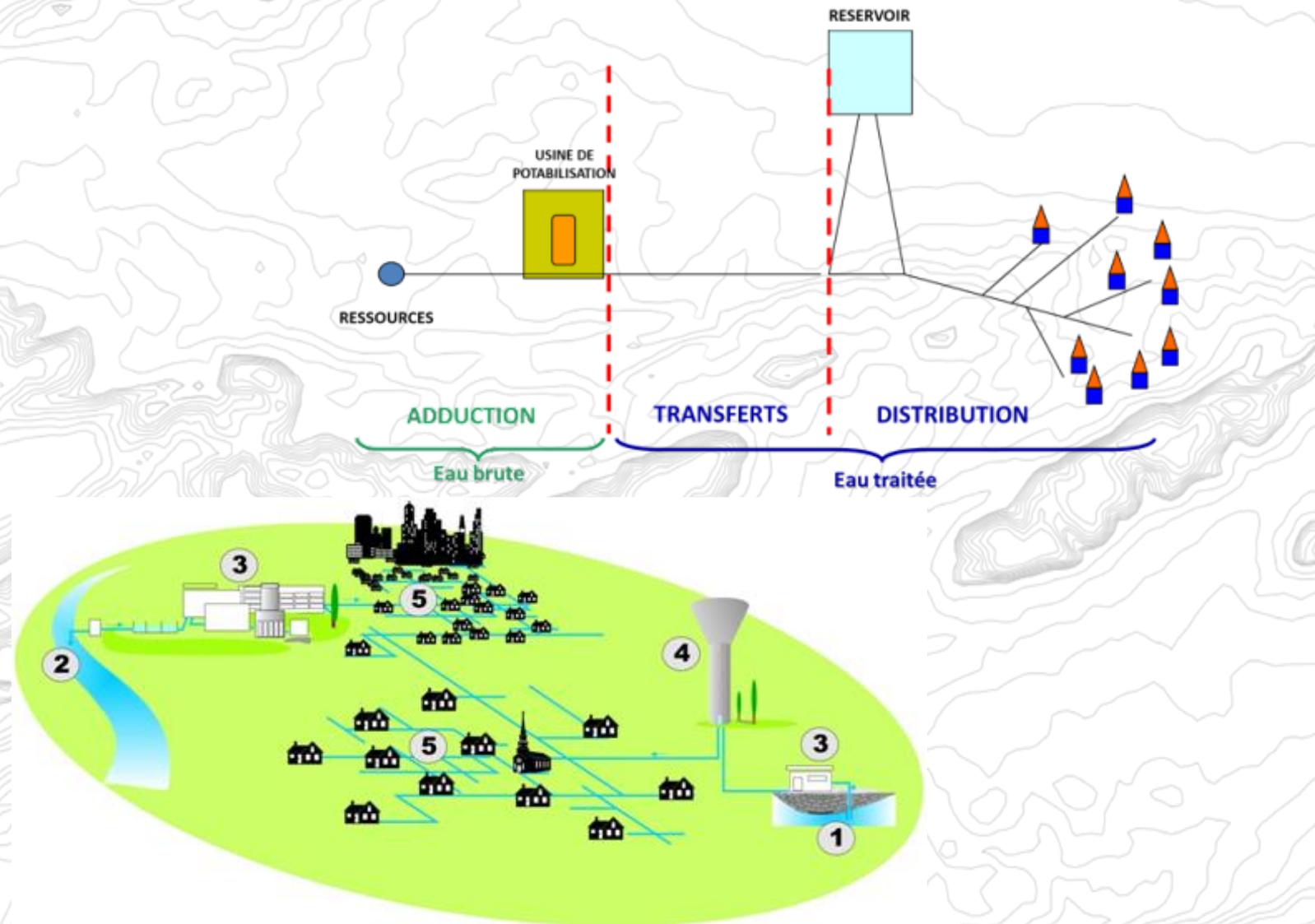
Ces conditions sont nécessaires pour le calcul hydraulique des circuits.

➤ On distingue deux type de réseaux AEP :



Réseau ramifiée

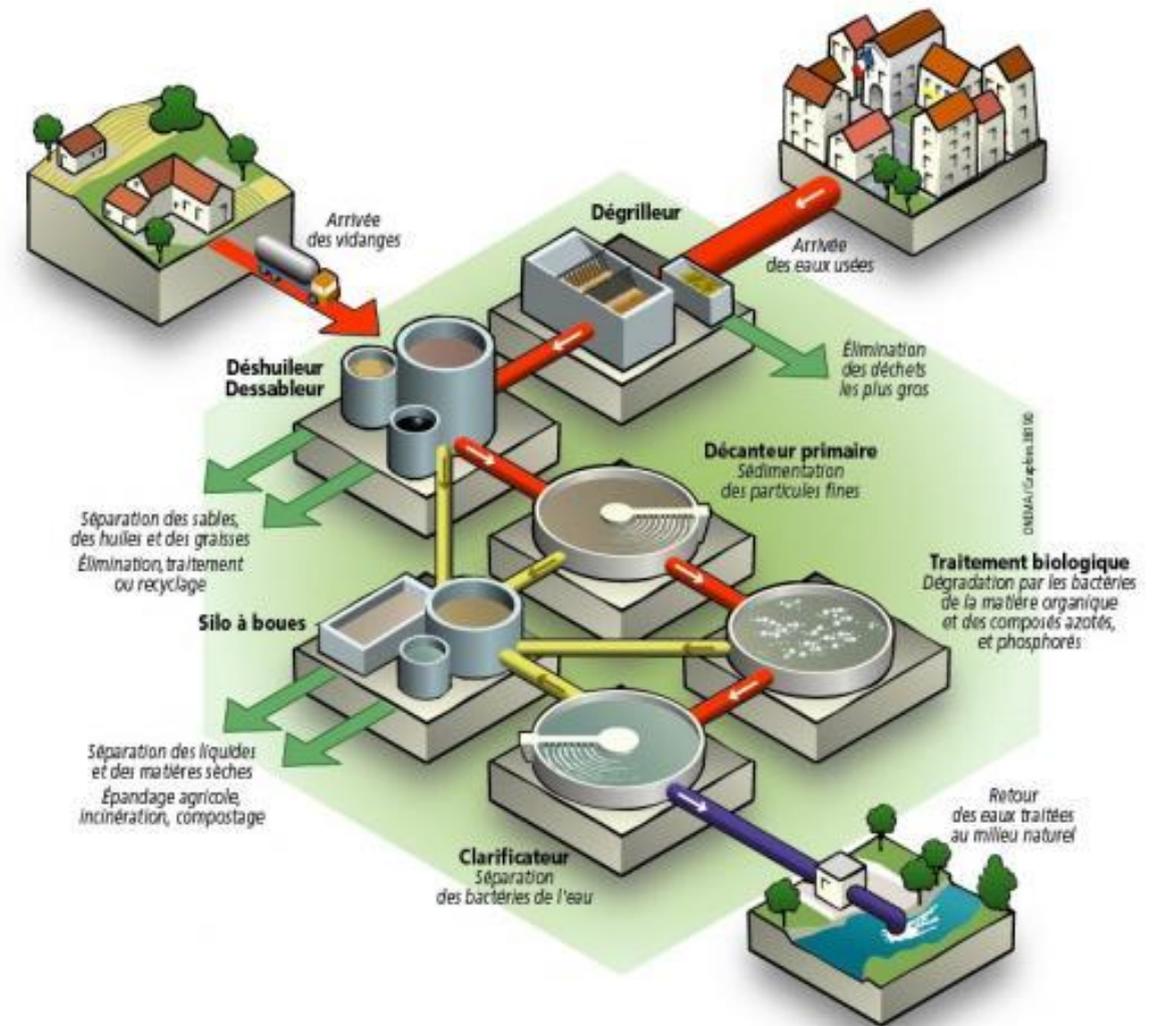
Réseau maillé



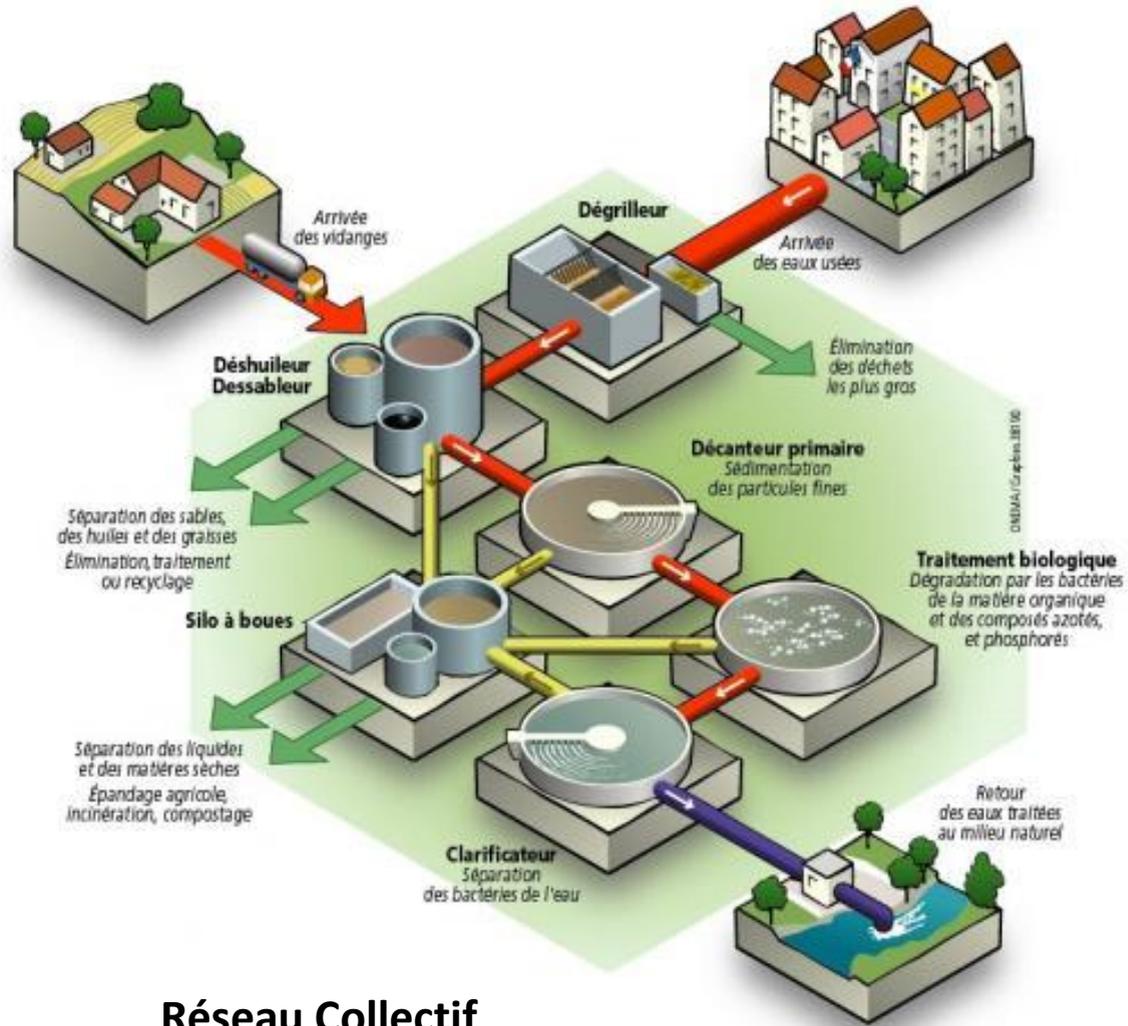
• Réseaux Assainissement

Un réseau d'assainissement est un réseau qui :

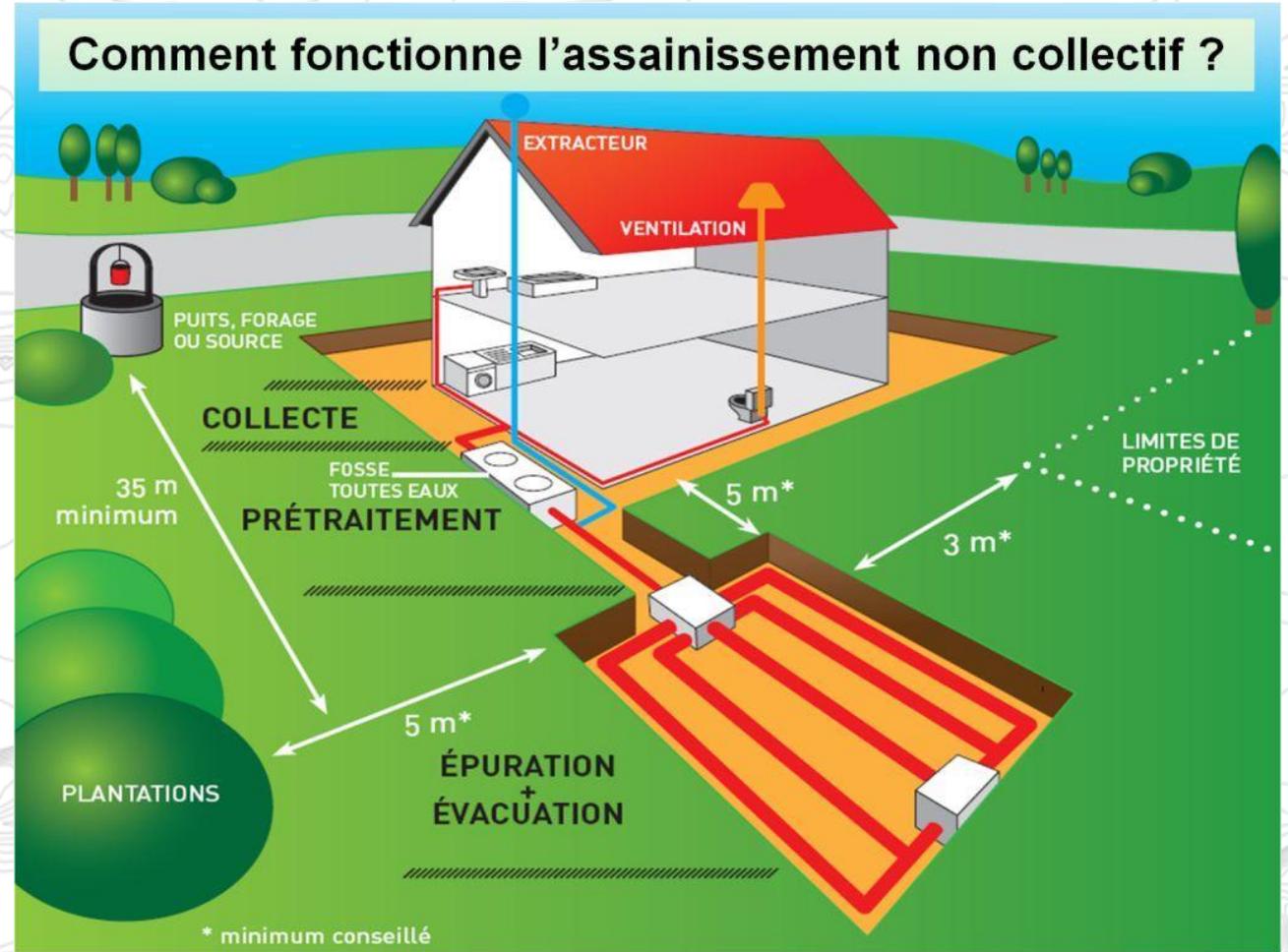
- ✓ collecte les eaux usées et pluviales sur les sites de production (habitations, industries, commerces, lieux publics)
- ✓ transfère les eaux usées et pluviales vers une station d'épuration
- ✓ assure le traitement des eaux usées et pluviales avant leur rejet dans le biotope (milieu naturel)
- ✓ Dans un réseau d'assainissement, les effluents (eaux usées) s'écoulent par gravité (à l'aide d'une pente naturelle).
- ✓ Le réseau d'assainissement est conçu et dimensionné en fonction de la quantité d'eaux usées qu'il doit véhiculer.



❑ On distingue deux type de réseaux d'assainissement :



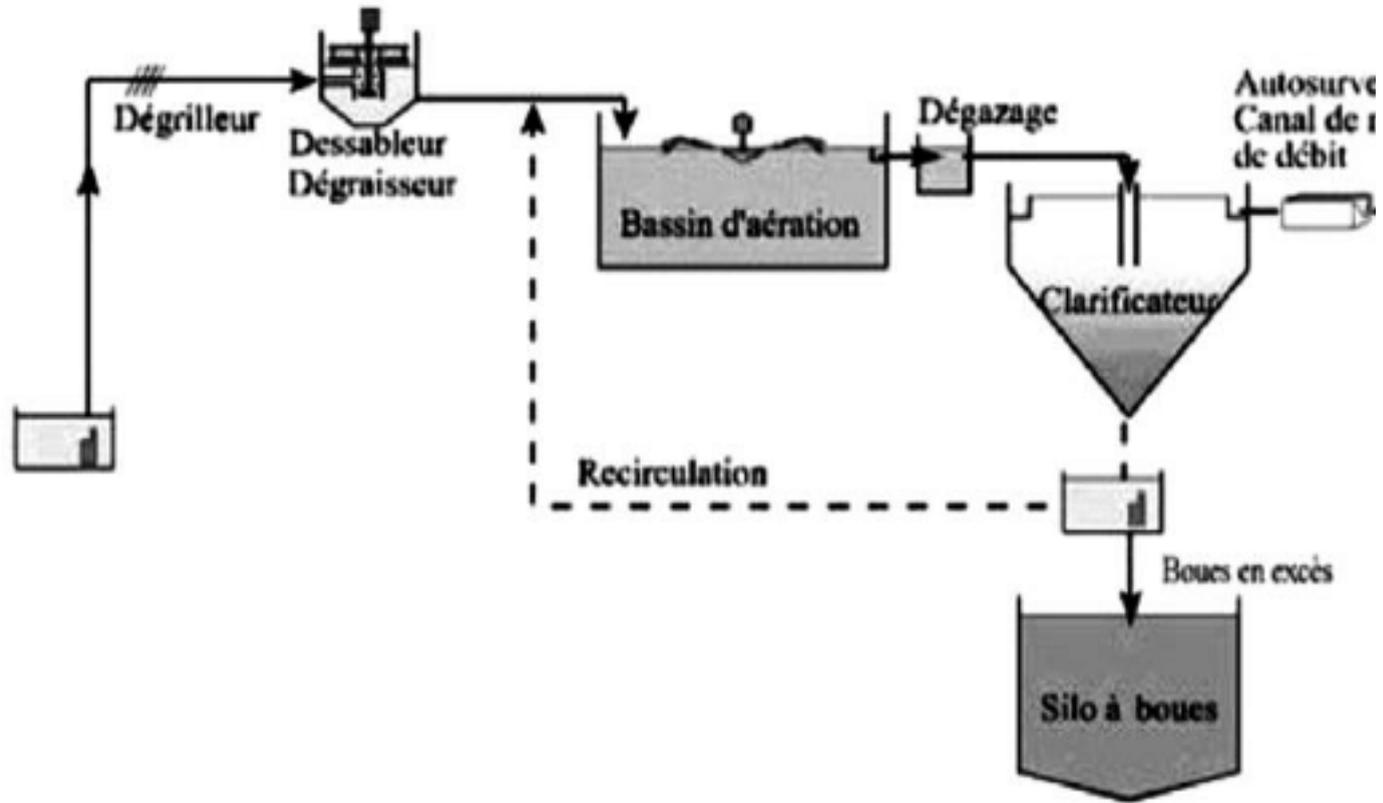
Réseau Collectif



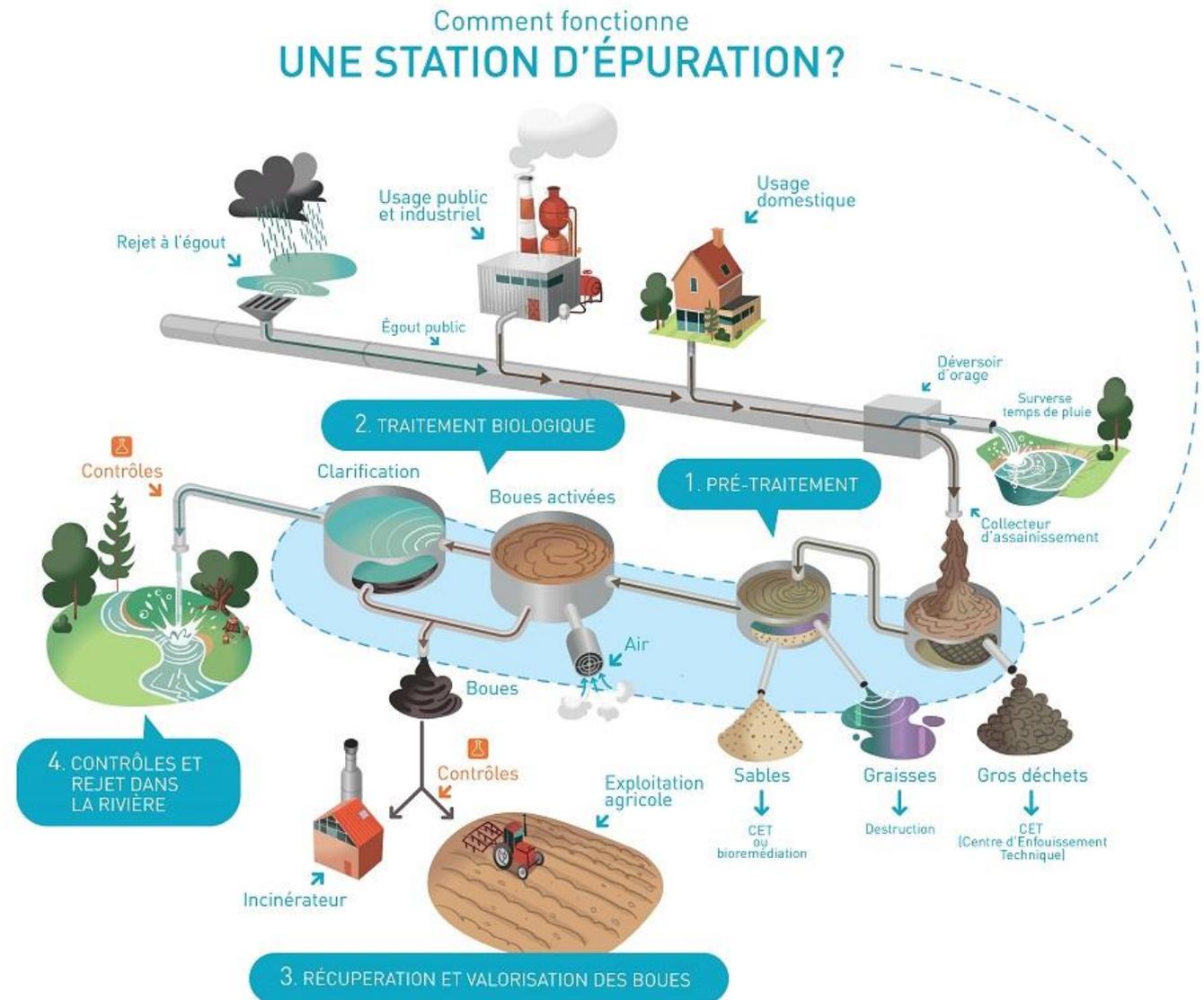
Réseau non collectif

- **La Station d'épuration**

- **Etapas d'épuration d'eau usée**



- **schéma d'une station d'épuration**



Les Ecoulements Hydrauliques

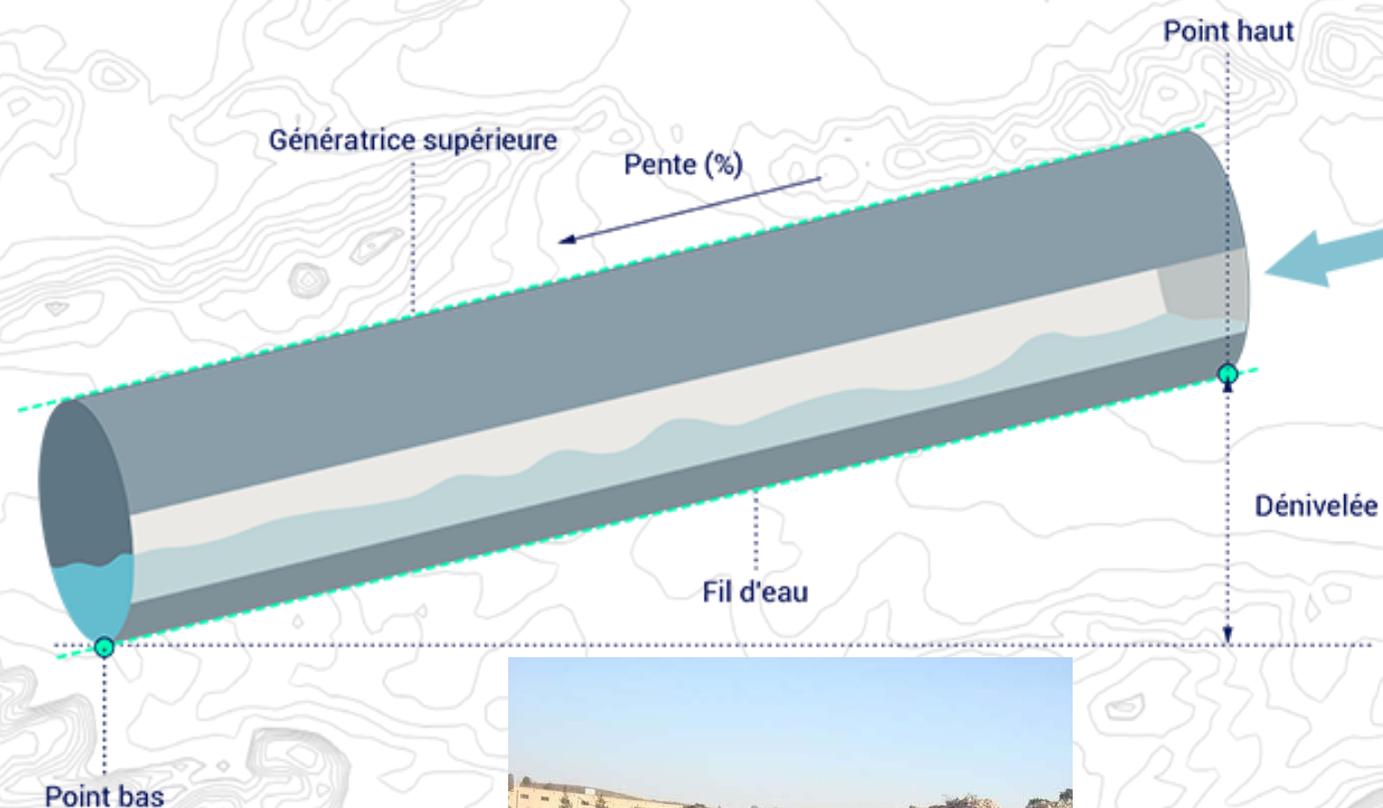
Les écoulements d'un fluide dans une conduite sont étudiés par la branche de l'hydraulique dite "en charge". L'hydraulique en charge s'applique notamment aux canalisations intégralement remplies. A l'opposée, l'hydraulique à surface libre s'applique aux canaux ouverts comme les rivières ou les conduites non-remplies.



Les Différents Types D'écoulements

- **L'écoulement gravitaire.**

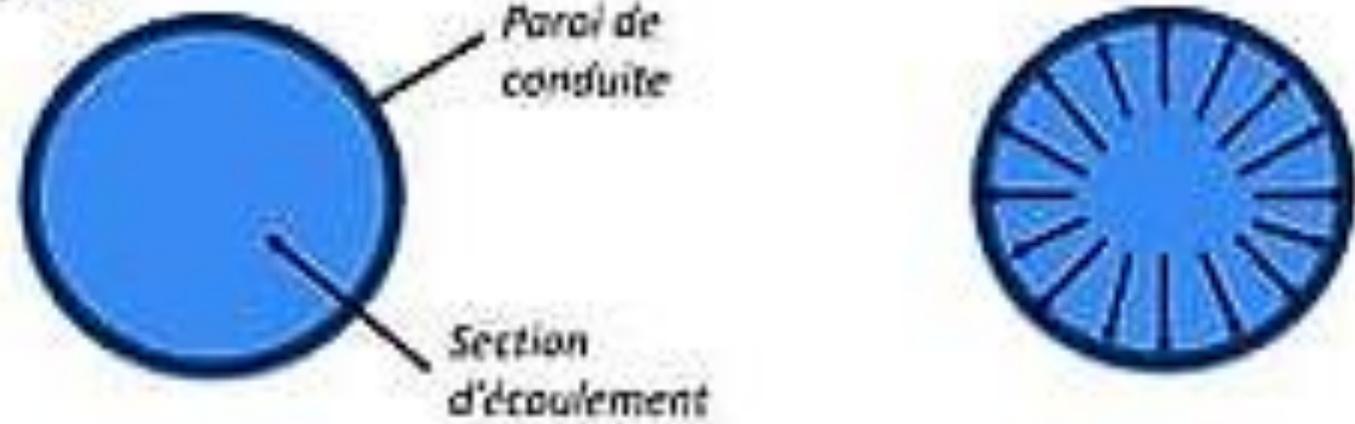
Désigne le mouvement d'un fluide sous la seule action de la gravité. Dans une conduite gravitaire, le liquide circule de l'amont vers l'aval grâce à la pente de la canalisation et sans aucun pompage. La plupart des conduites d'assainissement fonctionnent sauf exception selon ce principe hydraulique.



- **L'écoulement en Charge.**

La plupart des écoulements en charge sont contenus dans les conduites circulaires, Lorsque le débit est petit, l'écoulement est laminaire et le profil de vitesse est parabolique

- **Écoulement en charge** : écoulement à section pleine. La section intérieure droite de conduite est **entièrement remplie** par la veine liquide.

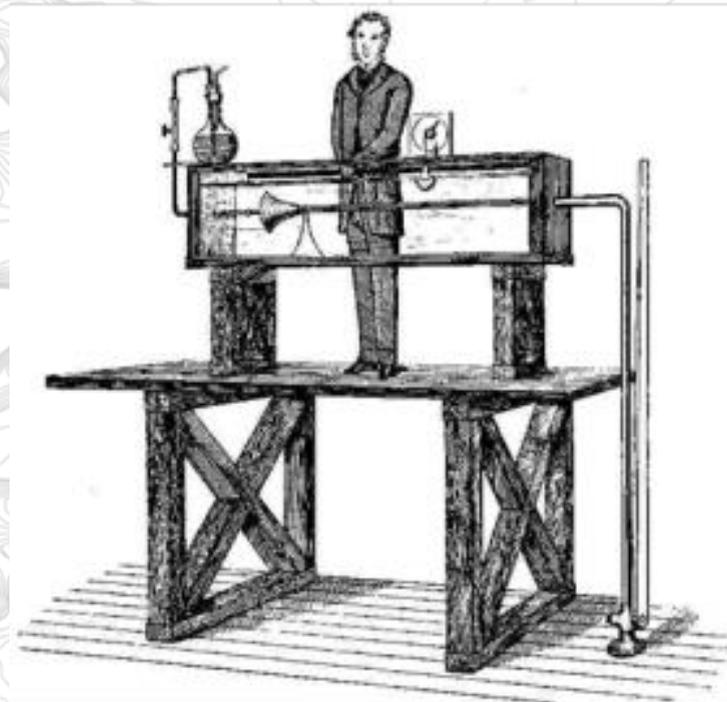
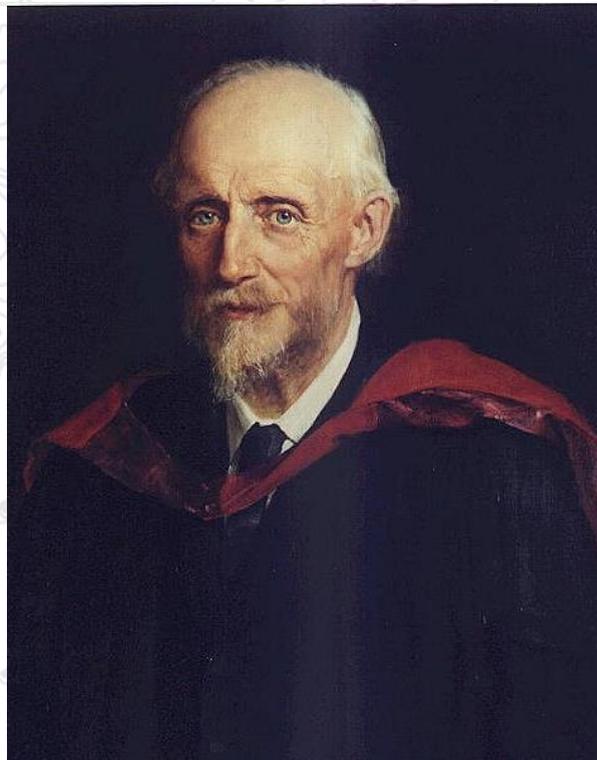


- Formes rencontrées : circulaire, rectangulaire, triangulaire...
- La **forme circulaire est optimale** et plus répandue : répartition homogène de la pression à l'intérieur du tube.

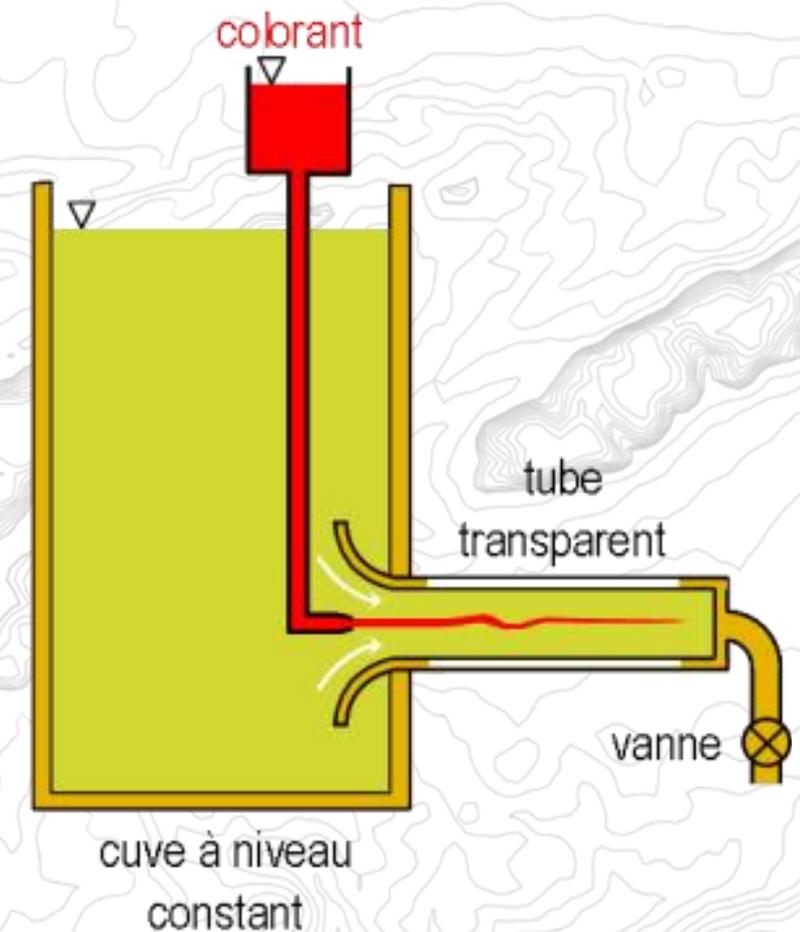
- **Régimes d'écoulement**

La connaissance du régime d'écoulement d'un fluide est un point clé en génie des procédés, car il a une influence sur la plupart des phénomènes, en particulier les transferts de chaleur, de matière, les pertes de charges etc...

Trois grands régimes d'écoulement ont été définis par Osborne Reynolds (1883) :



O. Reynolds (1883)



- **Expériences de Reynolds (1883)**

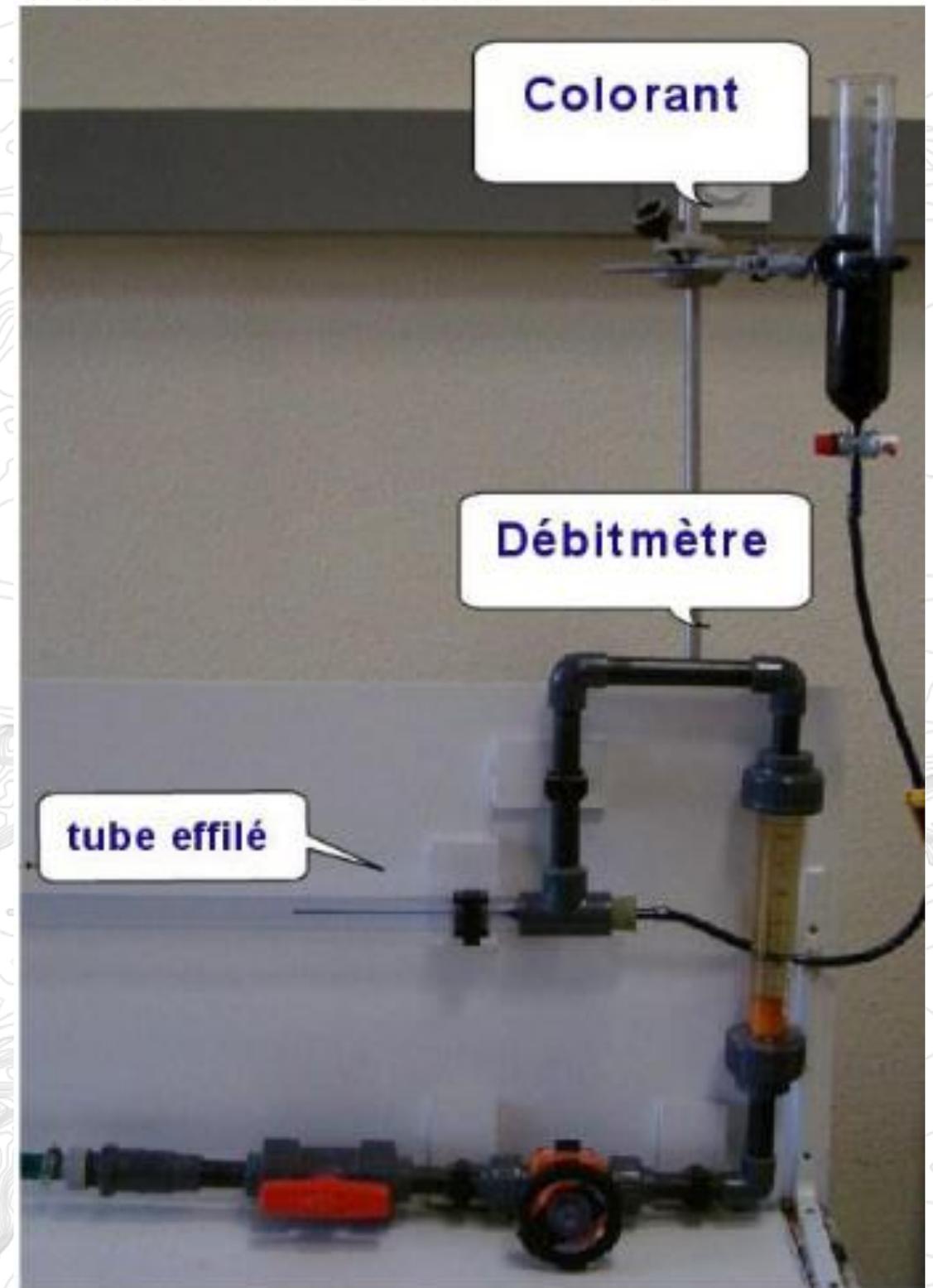
Les expériences réalisées par Reynolds (1883) lors de l'écoulement d'un fluide dans une conduite cylindrique rectiligne, ont montré l'existence de deux régimes d'écoulement : laminaire et turbulent.

En utilisant des fluides divers (viscosité différente), en faisant varier le débit et le diamètre de la canalisation, Reynolds a montré que le paramètre qui permettait de déterminer si l'écoulement est laminaire ou turbulent est un nombre sans dimension appelé nombre de Reynolds Re donné par la relation

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\eta}$$

ou

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$



- ρ = masse volumique du fluide
- v = vitesse moyenne
- D = diamètre de la conduite
- η = viscosité dynamique du fluide
- ν = viscosité cinématique

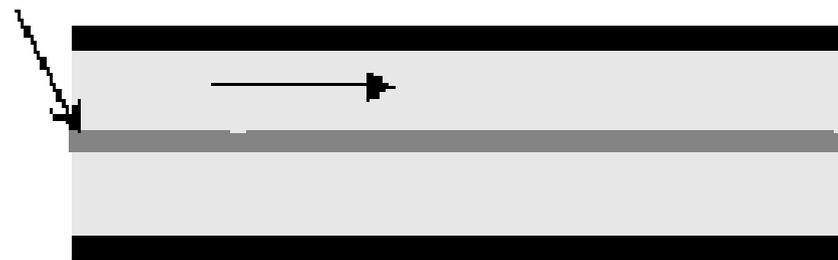
L'expérience montre que :

si $Re < 2000$ le régime est LAMINAIRE

si $2000 < Re < 3000$ le régime est intermédiaire

si $Re > 3000$ le régime est TURBULENT

filet
coloré



écoulement laminaire

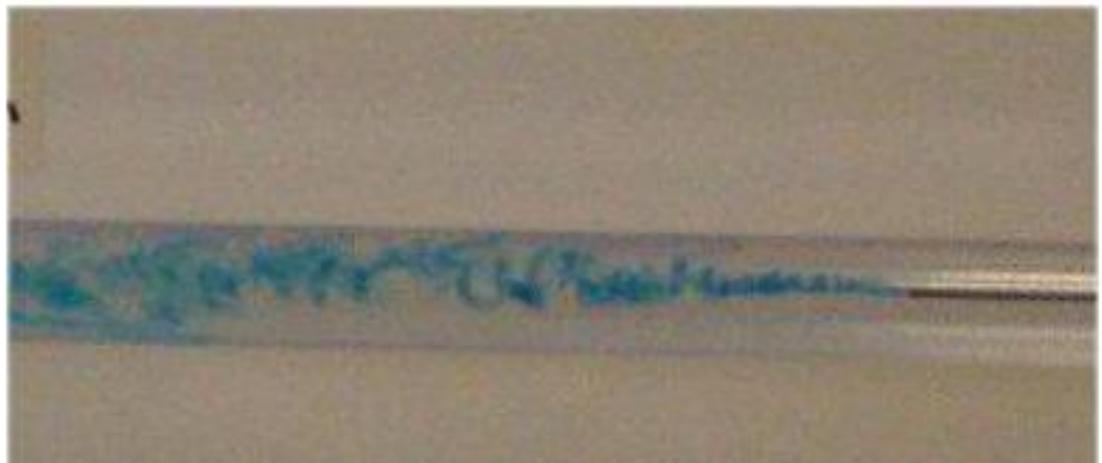
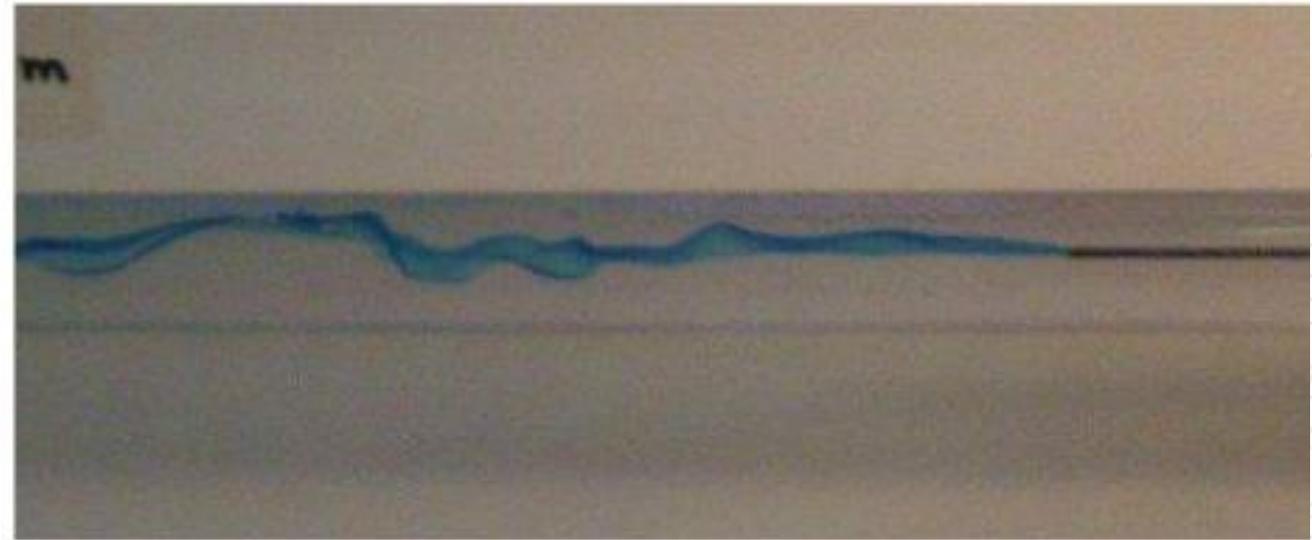
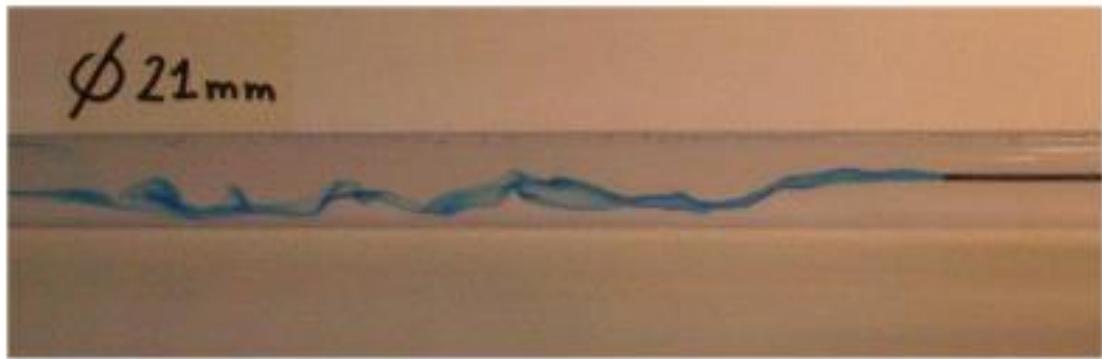
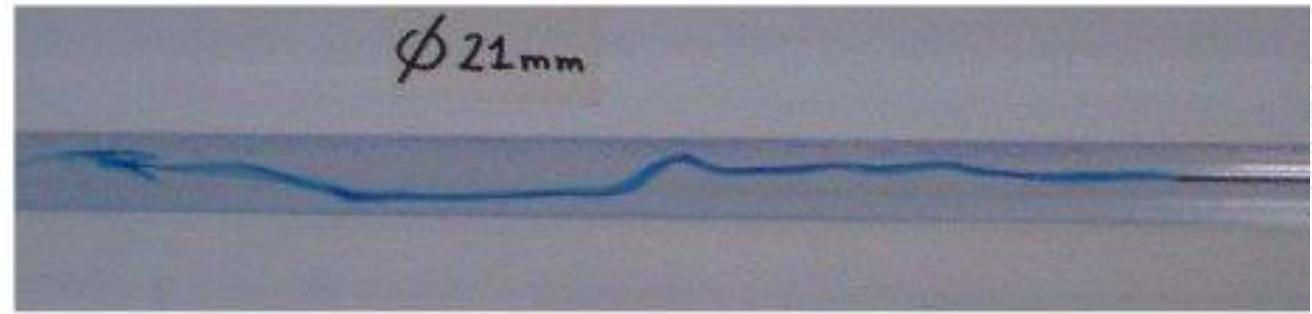
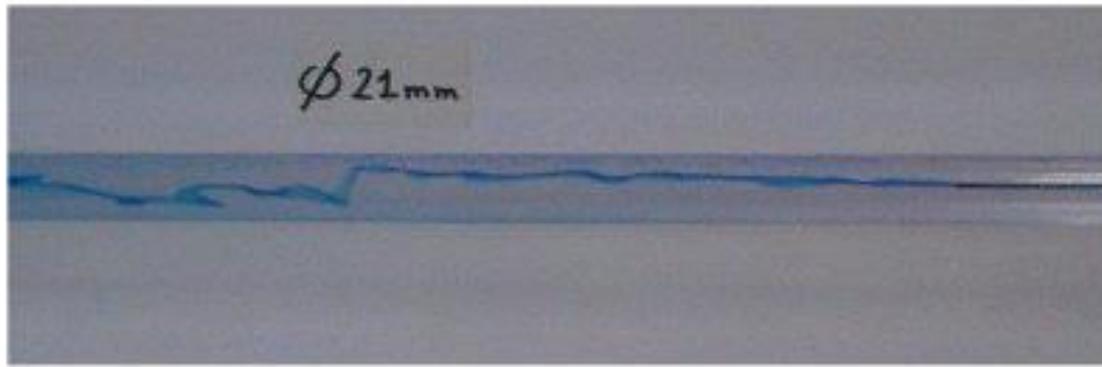


écoulement turbulent
vue instantanée



écoulement turbulent
vue en pose

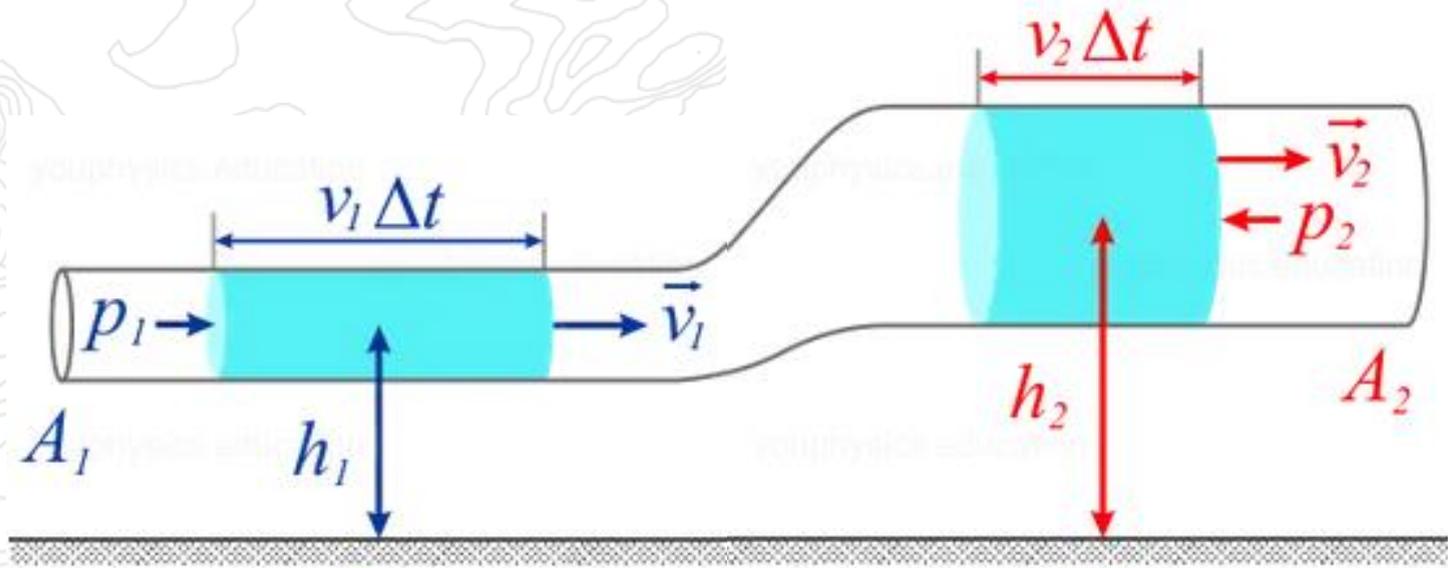
Images : laminaire ---> turbulent



• EQUATION DE BERNOULLI



Daniel Bernoulli 1700 – 1782



$$p_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \rho g h_2$$

La somme des énergies au point A = La somme des énergies au point B

$$P_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 + \rho g h_A = P_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2 + \rho g h_B$$

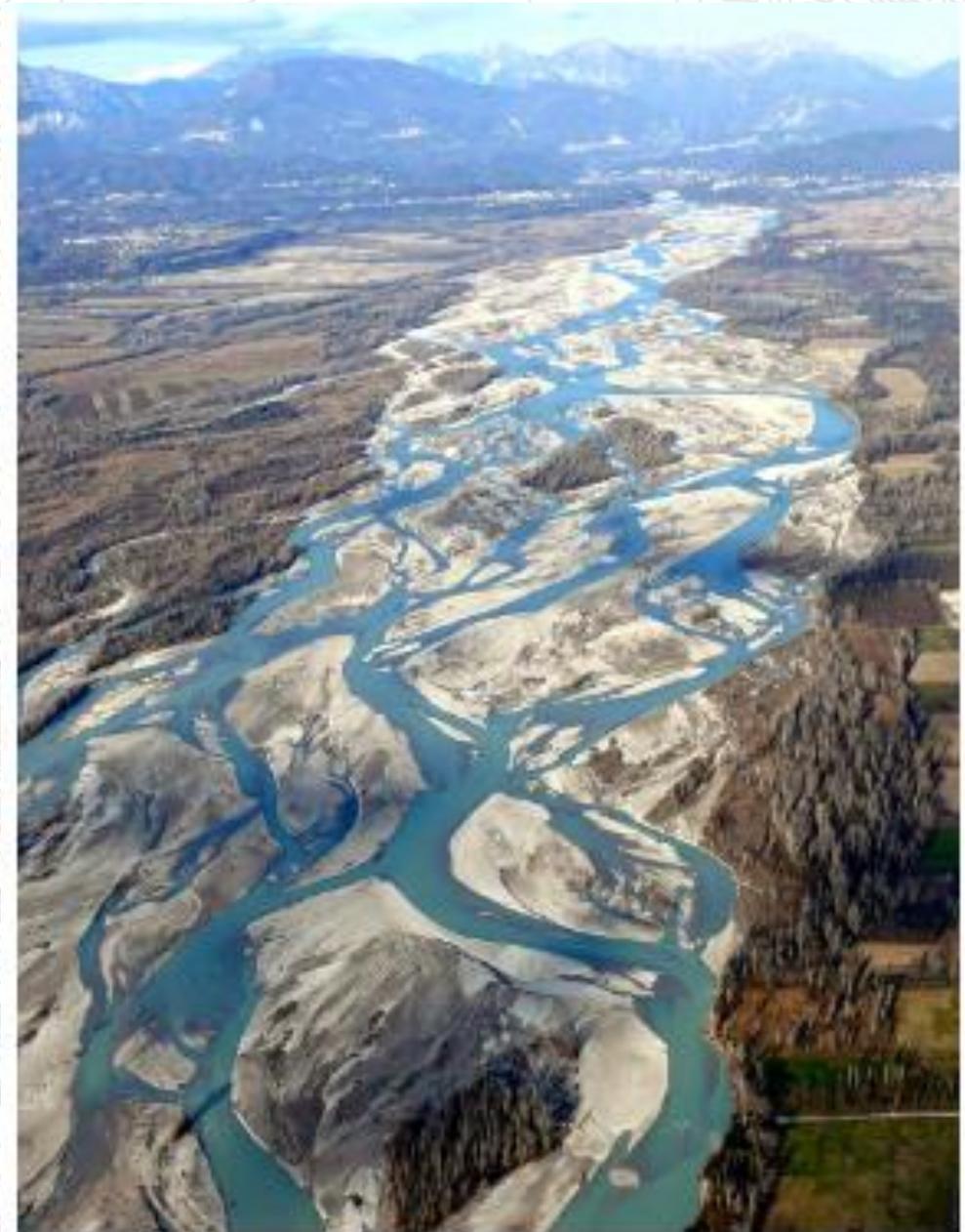
Energie de pression

Energie cinétique

Energie potentielle

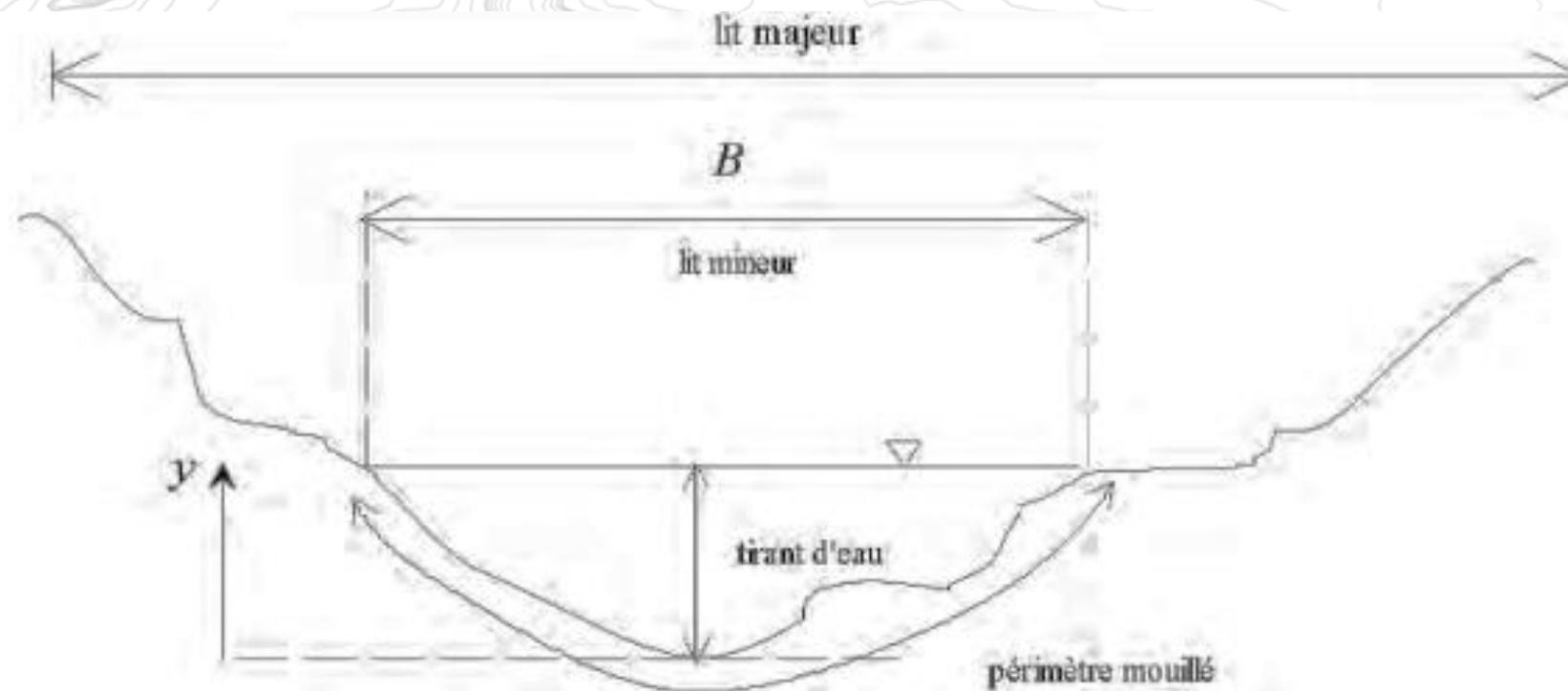
- **L'écoulement de surface :**

Un écoulement en surface libre désigne un écoulement avec une interface libre entre l'air et l'eau, comme dans une rivière, par opposition à un écoulement en charge, où cette interface est absente dans une conduite sous pression

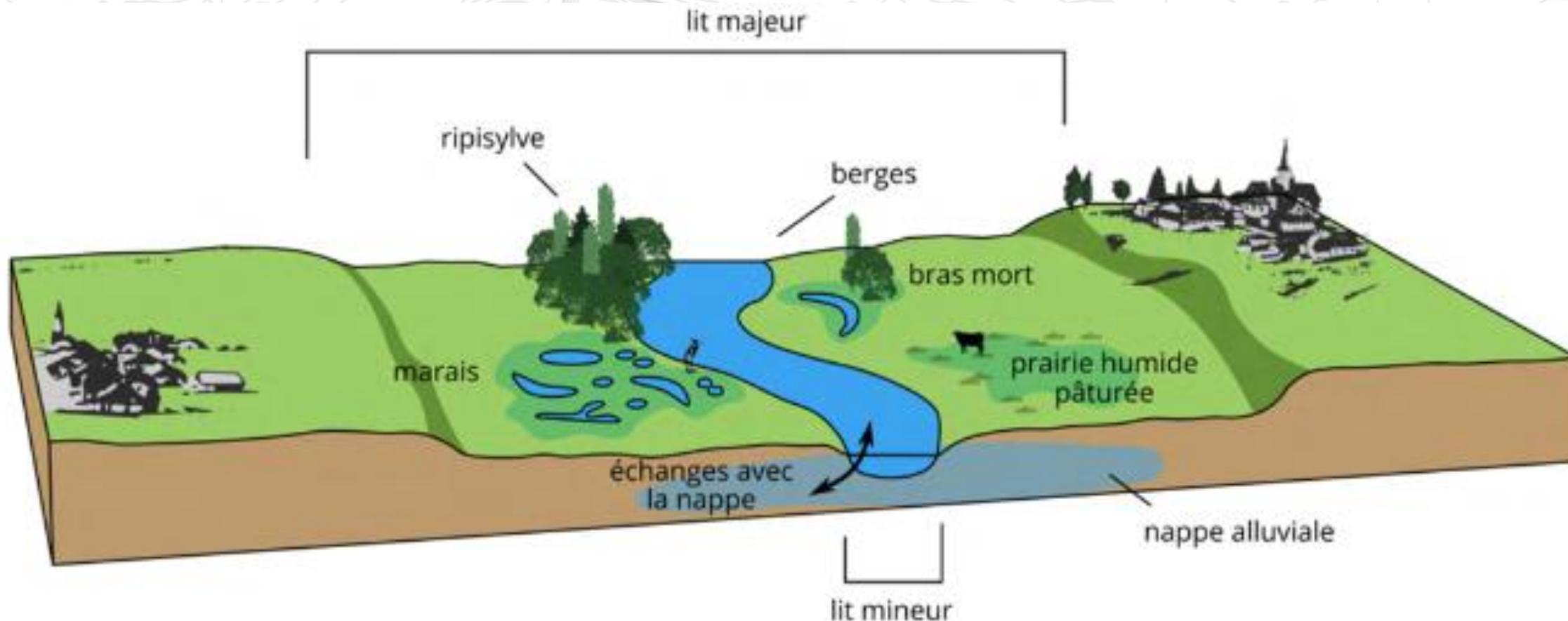


- **Vocabulaires d'écoulement de surface :**

- **périmètre mouillé χ** : longueur de la surface d'écoulement en contact avec le lit
- **section d'écoulement (ou section mouillée) S** : partie de la section du canal limitée par les parois et la surface libre



- **Lit mineur** : lit occupé ordinairement par un cours d'eau par opposition au lit majeur qui correspond à l'emprise maximale historique d'un cours d'eau ou à la plaine inondable.
- **Niveau des plus hautes eaux (PHE)** : pour désigner la cote maximale atteinte par la surface libre d'un cours d'eau

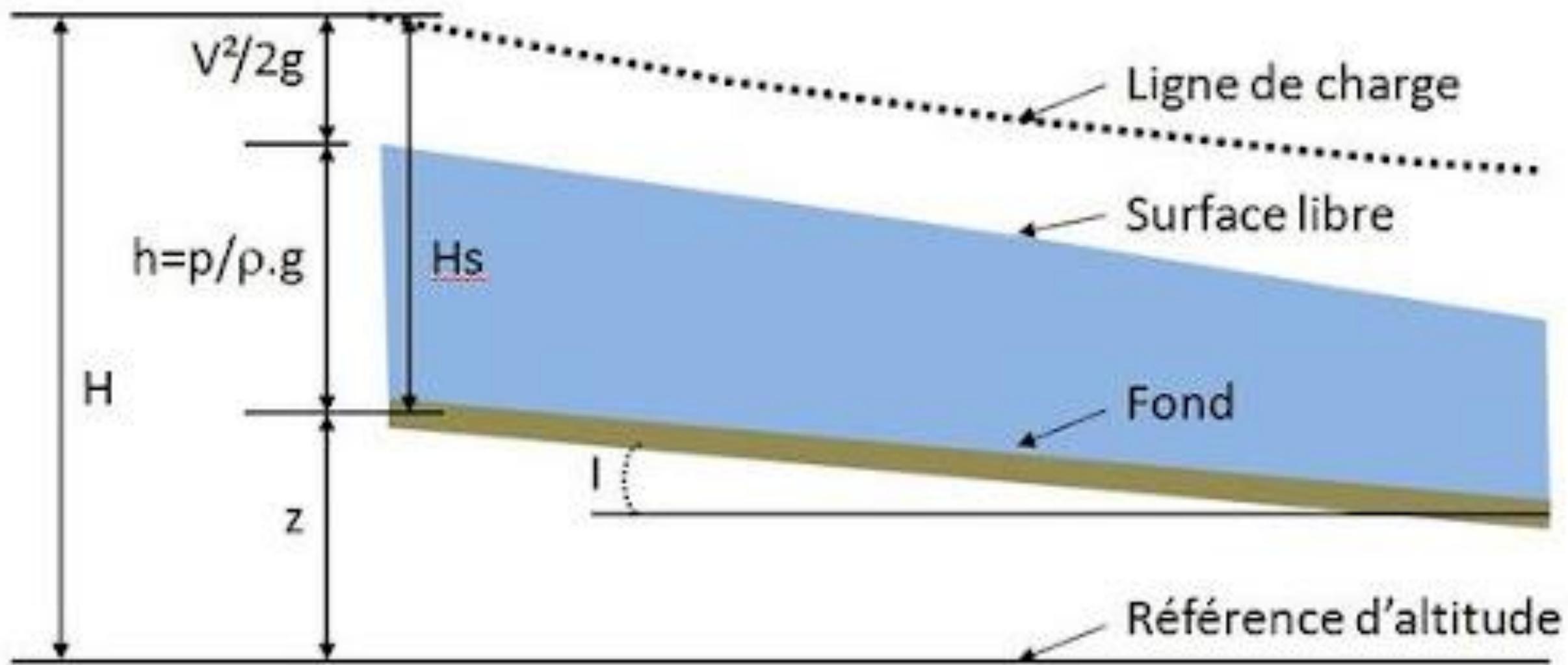


- **Écoulement uniforme**

L'écoulement uniforme peut être laminaire ou turbulent : seul ce dernier cas est d'utilisation courante pour l'ingénieur.

L'écoulement uniforme au sens strict est très rare, mais certains écoulements dans des canaux artificiels peuvent être considérés comme tels. Par exemple, dans un canal artificiel de section et de pente constantes et à condition de se placer suffisamment loin de toute singularité, l'écoulement qui se présente est "à peu près uniforme". C'est souvent le cas dans les canaux d'irrigation.





Profile d'écoulement à surface libre

Écoulement fluvial Régime d'écoulement tel que la hauteur d'eau soit supérieure à la hauteur critique (nombre de Froude < 1) ; on parle également d'écoulement critique

Écoulements torrentiels Régime d'écoulement tel que la hauteur d'eau soit inférieure à la hauteur critique (nombre de Froude > 1)

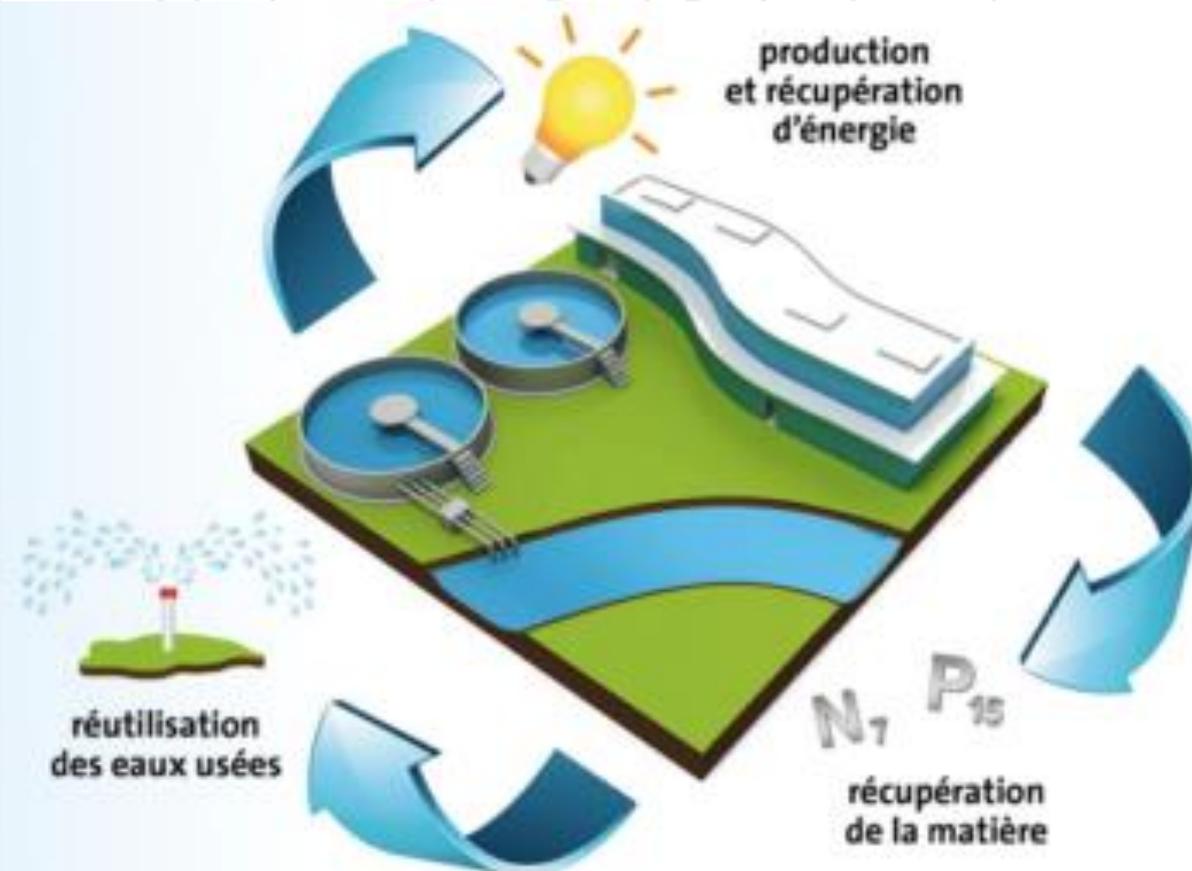
Le nombre de Froude Nombre sans dimension qui est le rapport de la force d'inertie à la force de pesanteur dans un fluide en mouvement : $Fr = V^2/hg$, où V est une vitesse caractéristique; h , une hauteur caractéristique; et g , l'accélération de la pesanteur.

Perspectives d'avenir de l'ingénierie hydraulique

LA REUTILISATION DES EAUX USEES.

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle de l'eau, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnant.

La station d'épuration devient une véritable usine de valorisation des eaux usées. Dans l'ère de l'économie circulaire !



Quels peuvent être les nouveaux usages des eaux usées traitées ?

La Réutilisation des Eaux Usées Traitées consiste à la fois à traiter puis à réutiliser les eaux usées. Lorsqu'elles sont traitées, ces eaux peuvent être valorisées de diverses manières.

- La production d'énergie
- L'utilisation par les collectivités
- La REUT est également pratiquée par les collectivités qui peuvent ainsi arroser leurs espaces verts, les golfes, nettoyer les espaces publics et lutter contre les incendies.
- Le nettoyage pour les industries

Les industries peuvent également réutiliser les eaux usées pour nettoyer leurs équipements.

- La recharge des nappes phréatiques

Dans certains cas, la réutilisation des eaux usées dépolluées peut servir à recharger les nappes phréatiques dont le niveau a baissé consécutivement à des épisodes de sécheresse.

Les stations flottante sur le plan d'eau des barrages:

Une solution pour la production de l'énergie électrique et la réduction de l'évaporation des eaux dans les barrages : une stratégie pour augmenter le stockage de l'eau.



L'énergie solaire coule à flots sur un barrage hydroélectrique au Portugal

Energie solaire : La première station flottante au barrage de Beni-Haroun

Le barrage de Beni Haroun dans la Wilaya de Mila est apte à accueillir le projet de construction de la première centrale solaire flottante d'Algérie, d'une capacité de production de 500 mégawatts «Les centrales solaires flottantes, l'énergie propre et une économie durable», plan d'eau et ses caractéristiques en termes de superficie et de capacité « le rendent apte à accueillir le projet d'implantation d'une centrale solaire flottante pour la production et le stockage de électricité ».



The background of the slide is a detailed topographic map with contour lines, showing a complex terrain with various peaks and valleys. The map is rendered in a light gray color against a white background.

MERCI

Dr. LAKEHAL RIDA

r.lakehal@univ-batna2.dz