

Chapitre II : Approvisionnement en eau en aquaculture

Introduction :

L'approvisionnement en eau est un élément essentiel de la ferme aquacole d'eau douce ou salée. L'évaluation des quantités et de des qualités d'eau diffère suivant les espèces, nous nous proposons de rappeler les valeurs admises ou établies, valeurs qui nous seront indispensables pour aborder l'étude des différentes parties du circuit hydraulique d'un élevage en milieu aquatique, qu'il soit en milieu ouvert ou contrôlé.

1- Critères quantitatifs et qualitatifs pour l'approvisionnement en eau d'un élevage aquacole :**1-1- Débit d'eau à l'approvisionnement :**

Le cas limite est représenté lorsque l'approvisionnement en eau doit compenser les pertes par infiltration ou évaporation, et satisfaire des besoins de remplissage après vidange partielle ou totale de l'installation. Ce cas se rencontre dans deux situations très différentes :

- a) Les élevages extensifs en étangs.
- b) Les élevages où l'on pratique un taux de recyclage complet de l'eau (aquarium, écloserie avec thermorégulation, élevage de laboratoire). Ces élevages comportent uniquement des animaux et le maintien des équilibres biologiques est confié à des procédés artificiels : pompage, filtration, etc....

En élevage intensif, le débit d'eau nécessaire sera plus important que les établissements seront peu mécanisés (pompage, aération, oxygénation, épuration) limitent les prélèvements d'eau au milieu extérieur (fig.1).

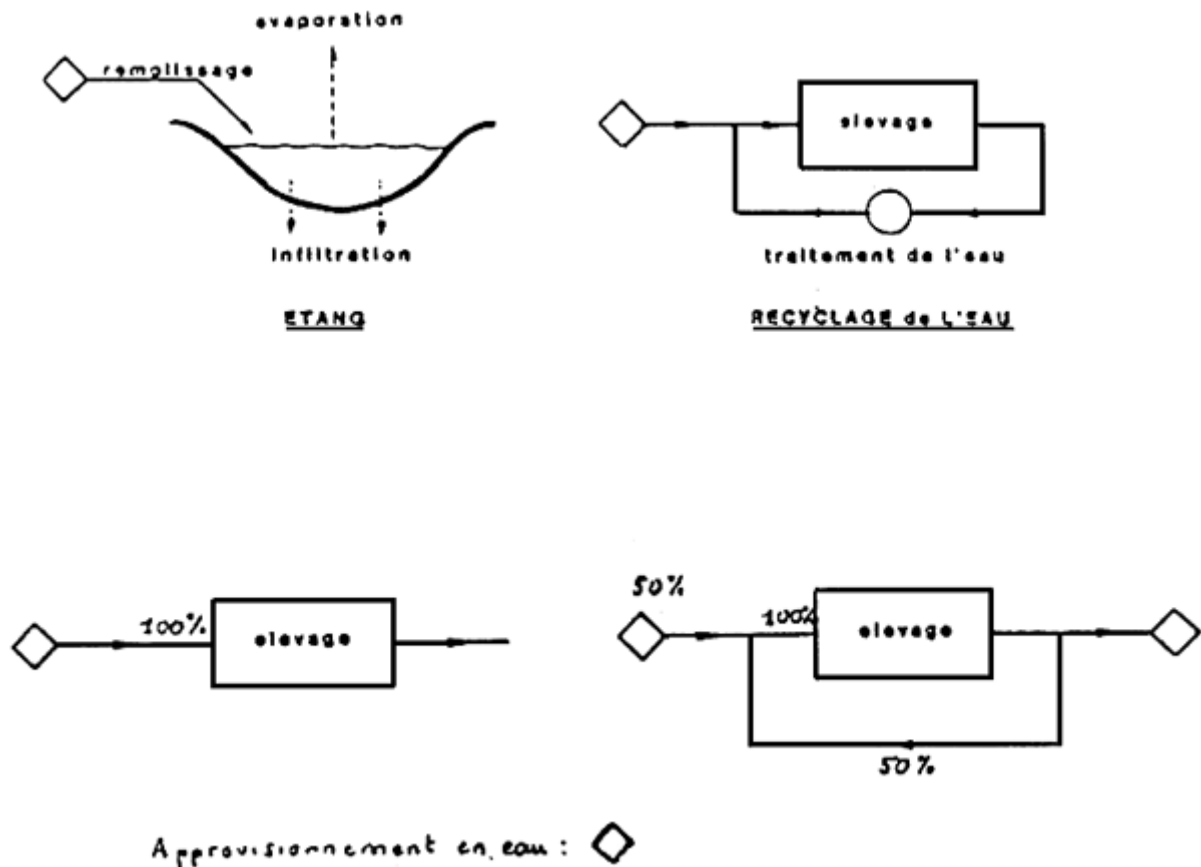


Figure 1 : approvisionnement en eau ; l'étang et la recirculation de l'eau à 100% sont les deux cas de systèmes en équilibre ne demandant qu'un appoint d'eau. Le 1^{er} cas fait appel à des équilibres naturels, le second dépend des procédés d'oxygénation et d'épuration mis en place. En élevage intensif sans recirculation, le débit demandé en approvisionnement sera maximum (FAO, 1986).

1-2- Débit d'eau dans l'élevage : fonction de l'eau en élevage

L'eau est nécessaire comme :

- Milieu d'élevage : le maintien du volume d'élevage suppose (exige et réclame) le maintien d'un débit compensant les pertes naturelles (évaporation et infiltration) et volontaire : renouvellement d'eau dus aux traitements sanitaires, aux nettoyages des installations...etc.

Le choix des structures (bassin en terre, en béton), la possibilité de couverture influenceront sur les besoins.

Les valeurs à affecter à des différents types de perte dépendent en effet des caractéristiques climatiques et pédologiques locales (température, hygrométrie, perméabilité...etc.).

- Transporteur d'oxygène : l'eau sert de transporteur d'oxygène dissous en amont de l'élevage, cette fonction, dans la pratique, peut être assurée en totalité par la mécanisation (aération, oxygénation).

En tant que transporteur d'oxygène, nous aurons à déterminer deux paramètres de l'eau de l'élevage :

- a) *La quantité d'oxygène* qu'il sera nécessaire d'introduire dans l'eau pour satisfaire les besoins des animaux (respiration, métabolisme...) (kg d'O₂/ heure).
- b) *La teneur en oxygène* à maintenir pour le confort des animaux (seuil en dessous duquel la croissance, la reproduction sont perturbées), il s'agit donc d'une concentration (gramme d'O₂/m³d'eau).

Ces deux paramètres varient avec l'espèce, la taille, la température, l'alimentation et l'activité des animaux.

Leur calcul va servir à dimensionner l'ensemble de système d'oxygénation qui comporte : l'eau d'apport, les dispositifs et machines de production d'O₂ dissous.

- Transporteur des résidus de l'exploitation : l'eau sert ensuite, en aval, de transporteur des résidus d'élevage (alimentaire ou de produits de métabolisme) limitant ainsi leur accumulation dans le milieu ; ces déchets sont évacués dans le milieu extérieur ou détruits à l'intérieur de l'élevage par des dispositifs d'épuration. Cette dernière peut être assurée, dans les petits élevages (aquarium, laboratoire, éclosion), par la mécanisation (recyclage de l'eau avec traitement)
- Signalant enfin que l'eau peut être un transporteur de nourriture, dans les élevages des bivalves, par exemple (fig.2).

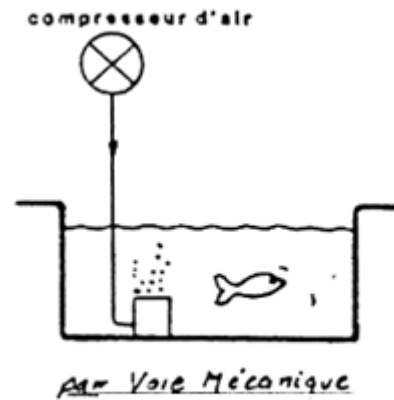
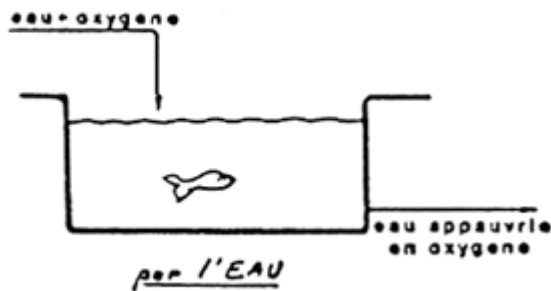
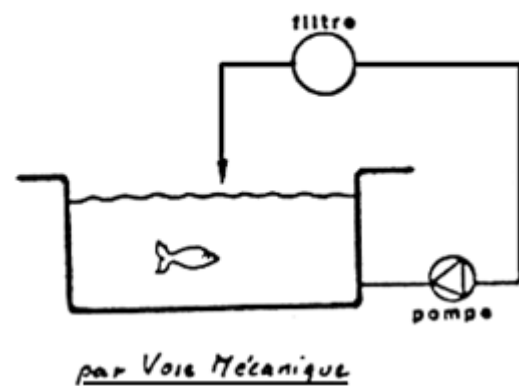
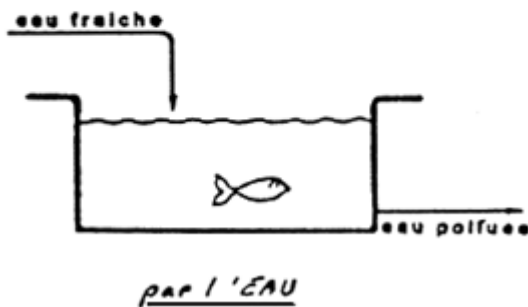
1) APPORT D'OXYGÈNE:2) EVACUATION DES RÉSIDUS:

Figure. 2 : Les fonctions de l'eau et leur équivalent mécanique (FAO, 1986).

2- Débit et besoin en oxygène :

2-1- Besoin moyen en oxygène :

La plupart des modèles de calcul se basent sur la taille des animaux et la température de l'eau pour évaluer la demande moyenne en oxygène. Comme ces deux paramètres servent également à déterminer la ration alimentaire, il est possible dans un élevage nourri, d'évaluer la quantité d'oxygène à fournir à partir de la quantité d'aliment distribué.

Pour obtenir une évaluation des besoins moyens journaliers en O_2 , il suffit de multiplier la quantité d'aliment déversé par un coefficient donné (voir la formule de Liao, 1971).

2-2- Besoin instantané en oxygène :

La connaissance des besoins moyens ne suffit pas pour dimensionner l'installation d'aération : par exemple, on observe après les repas, de fortes variations de la demande en O₂. D'autres facteurs entraînent des dépassements de la consommation de base, notamment toutes les baisses de la qualité d'eau (oxygène, ammoniac...etc.) et conduisent à avoir une oxygénation d'appoint par rapport à l'oxygénation principale.

3- Les objectifs de qualité d'eau dans l'élevage :

L'évaluation des quantités d'oxygène et de la quantité de déchets à évacuer permet de déterminer le débit d'eau requis (demandé) et la machinerie à acquérir (obtenir ou avoir). Le choix du site et du matériel suppose la connaissance précise des caractéristiques physicochimiques que l'on souhaite voir maintenues au niveau de l'eau des bassins. Ces paramètres mesurables avec des moyens relativement simples sont au nombre de 10 : la température, l'oxygène, le gaz carbonique, l'ammoniaque, le nitrite, le nitrate, le pH, l'alcalinité, les matières en suspension et la matière organique. Pour les eaux salées, il s'y ajoute la salinité.

D'autres paramètres sont à contrôler lors de l'évaluation du site : polluants de toute nature, métaux lourds...etc.

4- Maitrise de l'eau : Aménagement et matériel.

4-1- L'aération et l'oxygénation :

Nous réservons le terme « Aération » aux procédés utilisant l'air, et le terme « Oxygénation » aux appareils utilisant l'oxygène industriel.

L'aération est un poste énergétique important en élevage intensif : 13 à 15% pour le grossissement de truite en bassin, 23% dans une station d'alevinage.

L'objectif de l'aération est de faire passer l'oxygène gazeux contenu dans l'air à l'état dissous. L'avantage, c'est que l'air utilisé est gratuit. A cet avantage, s'associent deux inconvénients :

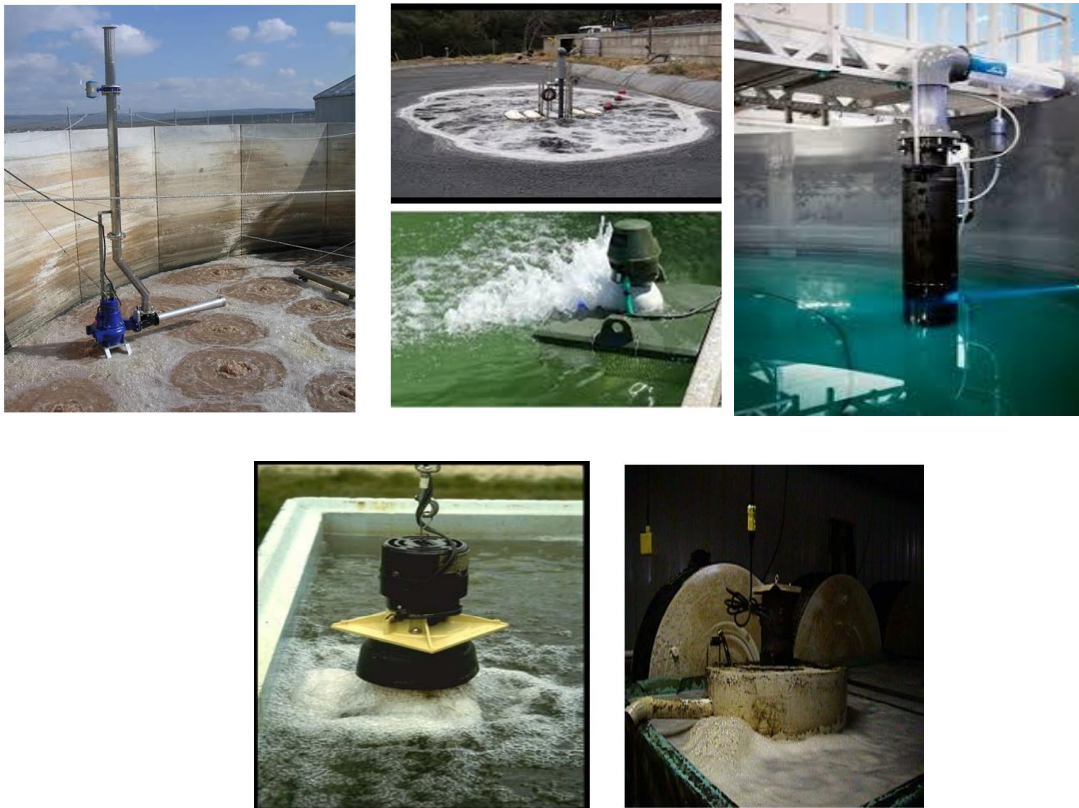
- L'air ne contient que 21% d'oxygène.
- L'air contient 78% d'azote.

En conséquence, l'appareil doit être efficace, puisque il travaille avec un gaz pauvre en O_2 , mais pas « trop efficace » car il peut dissoudre une quantité importante d'azote.

La dissolution d'oxygène résulte d'un ensemble de phénomènes dont chacun d'eux est utilisé de façon plus ou moins importante suivant les procédés :

- Enrichissement de l'air à l'aide d'oxygène industriel.
- Agitation de l'interface gaz-liquide : en effet, il existe un « film » s'opposant au passage des gaz dont l'épaisseur diminue avec l'agitation.
- Temps du contact gaz-liquide : plus les bulles resteront longtemps dans l'eau ou les gouttelettes d'eau dans l'air, plus l'oxygénation sera importante.
- Surface du contacte gaz-liquide : plus les gouttelettes ou les bulles seront petites, plus l'efficacité du dispositif sera grande.
- Plus le renouvellement de l'eau dans le volume de travail de l'aération sera importante plus le rapport kg d' O_2 dissous produit/ heure dépensé sera important.

Exemple : hydro-éjecteur, turbine, diffuseur, cascade,...etc (fig. 13)



Agitateur

Agitateur à bulles

Figure 13 : Quelques dispositifs d'aération en aquaculture (Ifremer Palavas - G. Lemarié 2009).

4-2- L'épuration des eaux :

Se pratique essentiellement en éclosérie. Les procédés mis en œuvre sont :

- a) **La décantation** : c'est l'élimination des particules solides par captage et dépôt sur un support, ex : décanteur cyclonique, décanteur lamellaire, bassin en terre naturel aménagé (couloir) « → Obtenir une sédimentation » (fig. 14 a et b).



Figure 14.a : décanteur cyclonique et lamellaire (Ifremer Palavas - G. Lemarié 2009).



Figure 14.b : décanteur circulaire et à plat (Ifremer Palavas - G. Lemarié 2009).

- b) **La filtration** : on distingue deux types de filtration :

- ❖ **Filtration biologique** : On désigne sous le terme filtration biologique des méthodes utilisant la propriété de certaines souches de bactéries (mitrosomonas, nitrobacter) de transformer certains polluants (fig. 15). En aquaculture, c'est la transformation de l'ammoniac toxique en nitrate qui est visée.

Les conséquences pour l'élevage sont :

- 1- Des difficultés importantes pour traiter les animaux en cas de maladies, la plupart des produits de traitement étant toxiques pour les bactéries épuratrices.
- 2- Une maintenance assez lourde ; le développement du film bactérien sur le support implique des lavages si on veut garder son efficacité et éviter l'apparition de processus anaérobie dangereux pour les poissons. Le pH doit être contrôlé et maintenu au-dessus de 6,8.

Le gain retiré de la mise en place de tel système c'est les résultats en élevage (croissance et reproduction).



Figure 15 : Filtre biologique (Ifremer Palavas - G. Lemarié 2009).

❖ **Filtration mécanique** : exemple :

- Filtre à sable : construit en polyester ou en acier avec revêtement spéciaux. Ils sont chargés d'une couche filtrante unique composée de sable naturel non concassé d'une granulométrie entre 0.5 - 1 mm sur hauteur d'environ 1m (l'eau passe de haut en bas).
- μ-filtre pression : utilisé en pré-filtration comme filtre à poche en plastique → l'eau passe de l'intérieur de la poche qui est nettoyable et réutilisable.



Figure 16 : Filtration mécanique : filtre à tambour (Ifremer Palavas - G. Lemarié 2009).

c) **Ecumage :**

Par définition, l'écumage est une technique retrait des impuretés pour purifier (un liquide ou son contenant) en retirant la mousse formée à la surface d'un fluide.

Donc le principe de cette technique consiste à provoquer l'apparition d'une mousse, qui est riche en composés azotés et qui peut contenir une quantité notable de particules.

Les eaux à la sortie des décanteurs sont récupérées sur des canaux semi-circulaires à ciel ouvert, ce qui favorise la ré-oxygénation puis après un parcours à vitesse accélérée (pente 3cm/m), elles passent à travers une chambre de flottation et d'écumage, où elles sont mises violemment en contact avec un nuage de microbulles d'air. Les particules en suspension trop légères pour être piégées dans les décanteurs sont alors partiellement récupérées et évacuées avec l'écume.

4-3- **La désinfection des eaux :**

- ❖ La stérilisation des eaux par les radiations U.V est l'une des méthodes de traitement les plus rencontrées en aquaculture.

Principe : l'eau circule au voisinage d'une lampe (longueur d'onde 2537Å°)

Condition : eau peu chargée de MES et en fer.

Cette technique se caractérise par certains avantages :

- Aucun composé toxique n'est formé par la désinfection U.V.
- Capacité de traitement de stérilisation U.V (1 à 1000 m³/heure).
- Temps de contact très court (quelque seconde suffira).
- Les coûts d'investissement et de fonctionnement sont faibles.

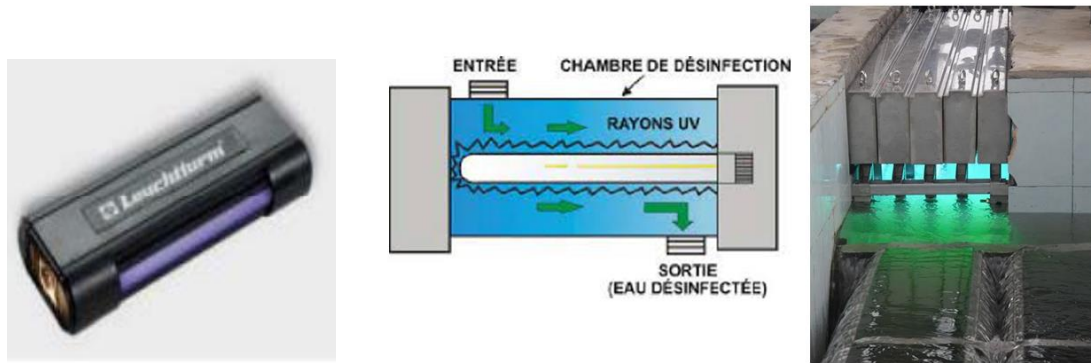


Figure 17 : Désinfection de l'eau par les radiations U.V

- ❖ L'Ozone (O_3) : utilisé pour les coquillages, reste d'application limitée vue la sensibilité des poissons aux résidus d'ozone (ex : la truite soumise à 0.01-0.06mg/l d' O_3 meurt en 24h).

Principe : l'eau réagit avec la matière organique pour l'oxyder rapidement :

5-8 mg $O_3/l \rightarrow$ 10 minutes stérilisation virale.

- ❖ Chlore : la stérilisation de l'eau d'apport par le chlore est également pratiquée en éclosion.

Principe : réagit avec la matière organique et favorise l'apparition d'halogène.

Problème : élément toxique pour les animaux aquatiques. Il faut que le résiduel chlore soit inférieur à 0.06 mg/l pour la vie aquacole.

Cependant une neutralisation au sulfite gazeux, facile à réaliser, évite le problème de toxicité.

4-4- Thermorégulation :

Principe : consiste à maintenir la température du local d'élevage à un niveau tel que l'eau qui y circule atteigne la température volue.

Moyen : les résistances électriques chauffantes offrent d'excellents rendements de 90% ex : pompe à chaleur, capteurs solaires...etc.

4-5- Le recyclage :

La réutilisation de l'eau permet d'accroître les stocks en place. Ce système présente certains avantages : économie d'espace et d'eau, meilleur contrôle de la qualité d'eau, possibilité de forte densité et taux élevé de production.

Cependant, il exige un système de filtration et d'aération très élaboré, alimentation de poissons coûteuse et de 1^{ère} qualité, matériels pour le traitement de l'eau d'un prix élevé.

En conclusion : la circulation de l'eau en circuit fermé se fait de la manière suivante : l'eau de bassin est recueilli dans une cuve de prise où une pompe en charge fait circuler l'eau au travers d'un filtre mécanique, d'un stérilisateur U.V, un filtre biologique et d'une régulation thermique avant d'alimenter le bassin (fig. 18).

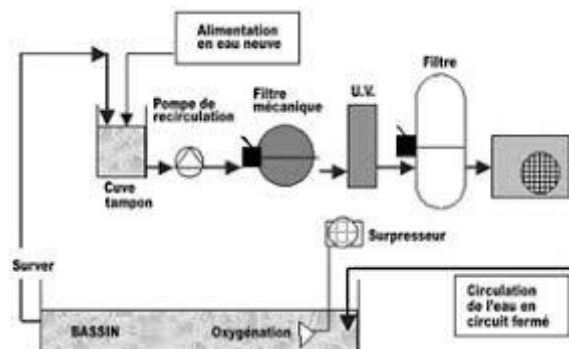


Figure 18 : Circulation de l'eau en circuit fermé.

5- Les prises d'eau :

Les besoins en eau étant établis, il convient de déterminer les ouvrages nécessaires pour amener l'eau dans l'élevage.

L'eau, milieu d'élevage, est utilisée de deux manières :

→ Sur place : la structure d'élevage est implantée dans le milieu (ex : cages).

→ Transportée à terre dans la structure d'élevage, soit naturellement par gravité soit artificiellement par pompage.

5-1- Les prises d'eau gravitaires :

Chaque fois que la topographie le permet, on cherche tout naturellement à exploiter au mieux le dénivelé (différence de niveau) sur le site pour éviter les frais de pompage.

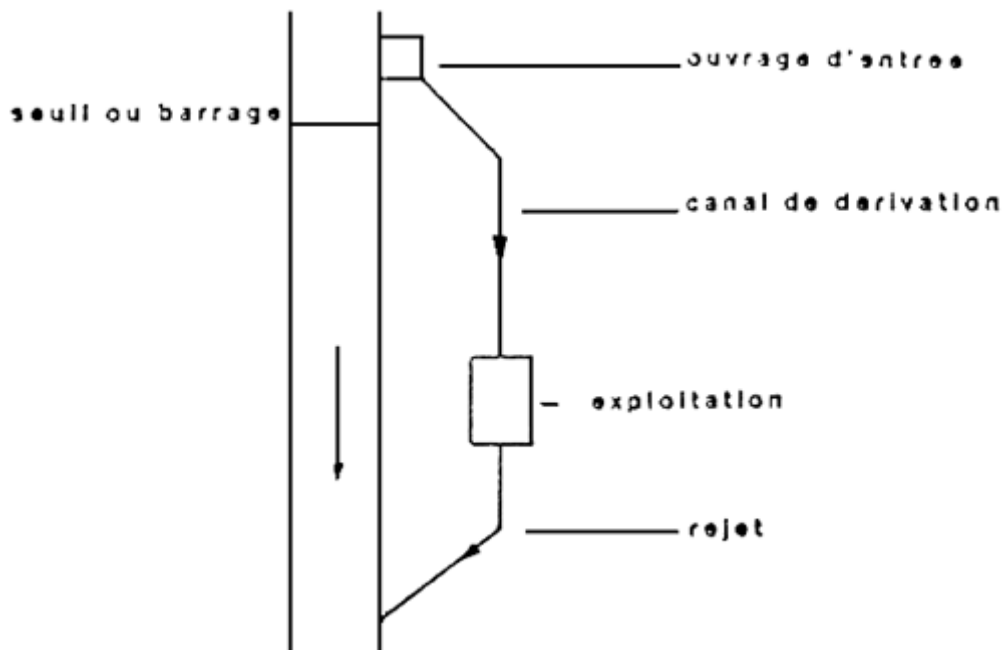
❖ Prise d'eau en rivière :

Figure 19 : Alimentation en dérivation (FAO, 1986).

Elle alimente l'exploitation à partir d'un ouvrage d'entrée suivi d'un canal ou d'une canalisation de dérivation.

Les éléments constitutifs de la prise d'eau sont :

- Un barrage ou un seuil édifié (construit, bâti) à l'aval de l'ouvrage d'entrée est pourvu d'un déversoir. Cet ouvrage est destiné à réguler le niveau du cours d'eau et assurer la charge nécessaire à la dérivation de l'eau.
- L'ouvrage d'entrée ; constitué par un élément de canal ou une base limitée par un seuil. L'emplacement est sur la rive extérieure de la rivière. Cet emplacement permet de capter essentiellement les eaux de surface et d'éviter l'apport de matériaux charriés par la rivière.
- Canal ou conduite de dérivation : généralement des canaux en terre, dans ce type de prise, qui alimentent les étangs. Les vitesses maximales de l'eau pour éviter l'érosion des parois se situent entre 0.15 à 1 m/s.
- Les organes de réglages du débit dérivé : vannes, planchettes amovibles...etc.
- Les ouvrages de protection : contre les éléments charriés (feuilles, branches...) par le cours d'eau. Ces derniers peuvent obstruer les entrées dans les bassins ce qui diminue le débit dans le canal de dérivation. A cet effet, on trouve sur le canal de dérivation des grilles et des organes de dessablage. La grille la plus en amont, délimite l'enclos piscicole et isole les poissons d'élevage du milieu naturel.

5-2- Les prises d'eau par pompage :

L'utilisation du pompage peut permettre d'atteindre des ressources en eau intéressantes, mais inaccessibles par prise d'eau gravitaire : nappe phréatique, puits...etc.

a) Généralité sur les installations de pompage :

Une installation de pompage se compose de quatre éléments qui sont :

- Le groupe de pompage comprenant la pompe proprement dite et le moteur qui l'actionne.
- Les modes d'énergie à retenir pour leur fonctionnement (généralement c'est le courant électrique).
- L'appareillage de mise en œuvre (vanne, capets, alarme...).
- Eventuellement le bâtiment abritant les équipements (le ou les groupes de pompage ainsi que les divers équipements annexes ex : armoire de commande, transformateur ou groupe électrogène de secours...).
- La prise d'eau.
- La conduite de refoulement ou de rejet assurant la liaison entre la pompe et les ouvrages d'alimentation des bassins d'élevage.

b) Différents types de pompe utilisés en aquaculture :

Généralement, les pompes les plus fréquents utilisées en aquaculture sont :

- **Les pompes centrifuges** : Lorsque l'élévation atteint ou dépasse la dizaine de mètres (hauteur > 15m), ou pour les faibles débits.
- **Pompe à hélice** : lorsque l'élévation ne dépasse pas quelques mètres (hauteur < 15m) et que les débits sont importants (quelques centaines de m³/heure et plus).
- **Les élévateur à hélice ou Vis d'Archimède** : permet l'élévation de débit important (2m³/s) à des faibles profondeurs (hauteur < 10m).

c) Élément de base pour le calcul et le choix des pompes :

1- **Le débit** : désigné par **Q**, le débit de la machine est le volume de liquide élevé pendant l'unité de temps s'exprime le plus souvent en l/s ou en m³/h.

2- **Hauteur géométrique (Hg)** : mesure la distance verticale qui sépare deux niveaux (en mètre). Selon la position de la pompe, on distingue :

→ La hauteur géométrique d'aspiration (Hg.a) : entre le plan d'eau et la pompe.

→ La hauteur géométrique de refoulement (Hg.r) : entre la pompe et le niveau d'utilisation.

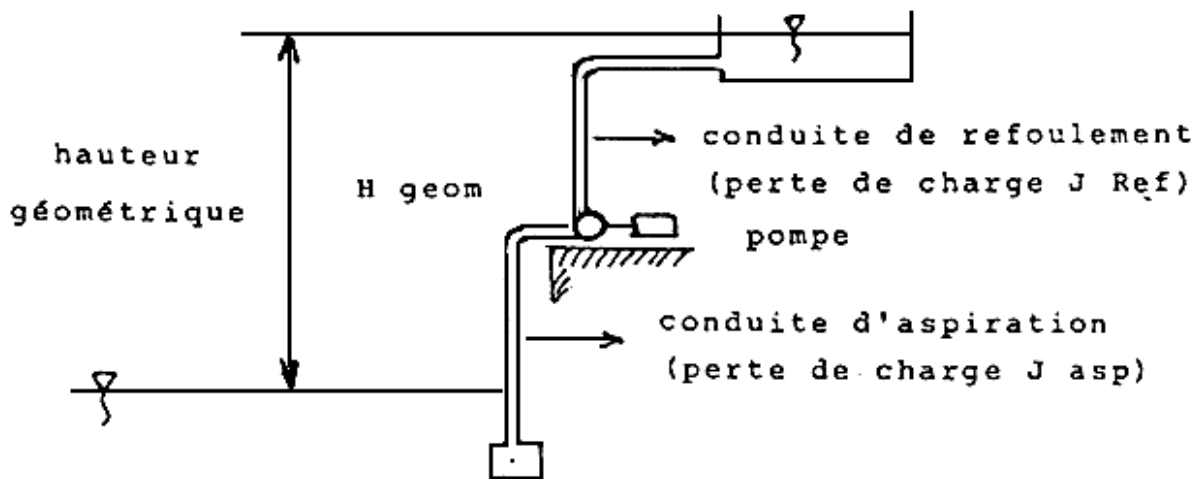


Figure 20 : Hauteur géométrique (FAO, 1986).

3- Perte de charge : représente les pertes de pression dues aux différents obstacles s'opposant au déplacement de fluide pompé. On distingue deux types de perte :

→ Les pertes de charge en ligne (J) : produites par le frottement du fluide sur les parois des conduites (noté en pratique en mètre de hauteur d'eau par mètre linéaire de canalisation).

→ Les pertes de charge singulière (Dh) : Certains obstacles (coudes, vanne...) freinent le passage de l'eau et créent des pertes de charge singulières (Dh en m/m).

Les pertes de charge en ligne sont déterminées par des abaques ou tableaux fournis par les fabricant de canalisation, les pertes de charges singulières figurent dans des ouvrages spécialisés.

4- Hauteur manométrique : La hauteur Manométrique totale (HMT) est la somme de la hauteur géométrique et de perte de charge.

$$\text{HMT} = \text{Hg} + \text{J} + \text{Dh} \quad (\text{en m})$$

5- Puissance-Rendement : le travail effectué par la machine dans l'unité de temps ; c'est-à-dire la puissance hydraulique (PH) qu'elle manifeste, s'exprime comme suit :

$$\text{PH} = \text{W} \cdot \text{Q} \cdot \text{HMT}$$

PH : puissance hydraulique en kg m/s (le kg m/s = 9.8 w)

W : poids spécifique de l'eau en kg/m³.

Q : débit à transité en m³/s.

HMT : hauteur manométrique total.

On appelle rendement du groupe motopompe le rapport :

$$\Gamma = \frac{\text{PH}}{\text{P}}$$

P : étant la puissance globale.

Les rendements des pompes classiques varient de 0.5 à 0.8.

Quelques formules pratiques permettant de calculer la puissance d'une installation :

$$P = \frac{Q (H_g + J + D_h)}{366 \cdot r}$$

P : puissance en kw.

H_g : hauteur géométrique total en m.

Q : débit en m³

J+D_h : perte de charge total en m

r : rendement de la pompe.

$$P = \frac{Q (H_g + J + D_h)}{75 \cdot r}$$

P : puissance en CV \Rightarrow (1 CV= 0.736 kw) (CV : cheval vapeur).

Q : débit en l/s.

Le choix d'un type de pompe doit être fait en accord avec les caractéristiques hydrauliques de l'installation (débit, HG), mais aussi les conditions particulières (pompage en bordure de lagune ou mer, nature de terrain,..).

d) Spécificité de pompage en milieu marin :

Le fait que le pompe s'effectue an milieu marin pose un certain nombre de difficultés techniques à:

- la corrosion,
- le transport de sable,
- le développement d'organismes marins (moules, balanes) dans les canalisations.

Les matériaux modernes tels que : acier inoxydable, matières plastiques (polyéthylène, résine polyester) permettent de lutter efficacement contre la corrosion.

La lutte contre le sable est beaucoup plus difficile à réaliser. Il faut prévoir nettoyages fréquents des cuves de pompages et des bassins de décantation.

D'autre part, l'envahissement des canalisations par les organismes marins n'a pas encore trouvé de solutions satisfaisantes. Il faut prévoir des vitesses élevées dans les canalisations (> 1,5 m/s) et prévoir des regards permettant un nettoyage aisé des canalisations.

Tableau1 : Abaque des pertes de charges linéaires (FAO, 1986)

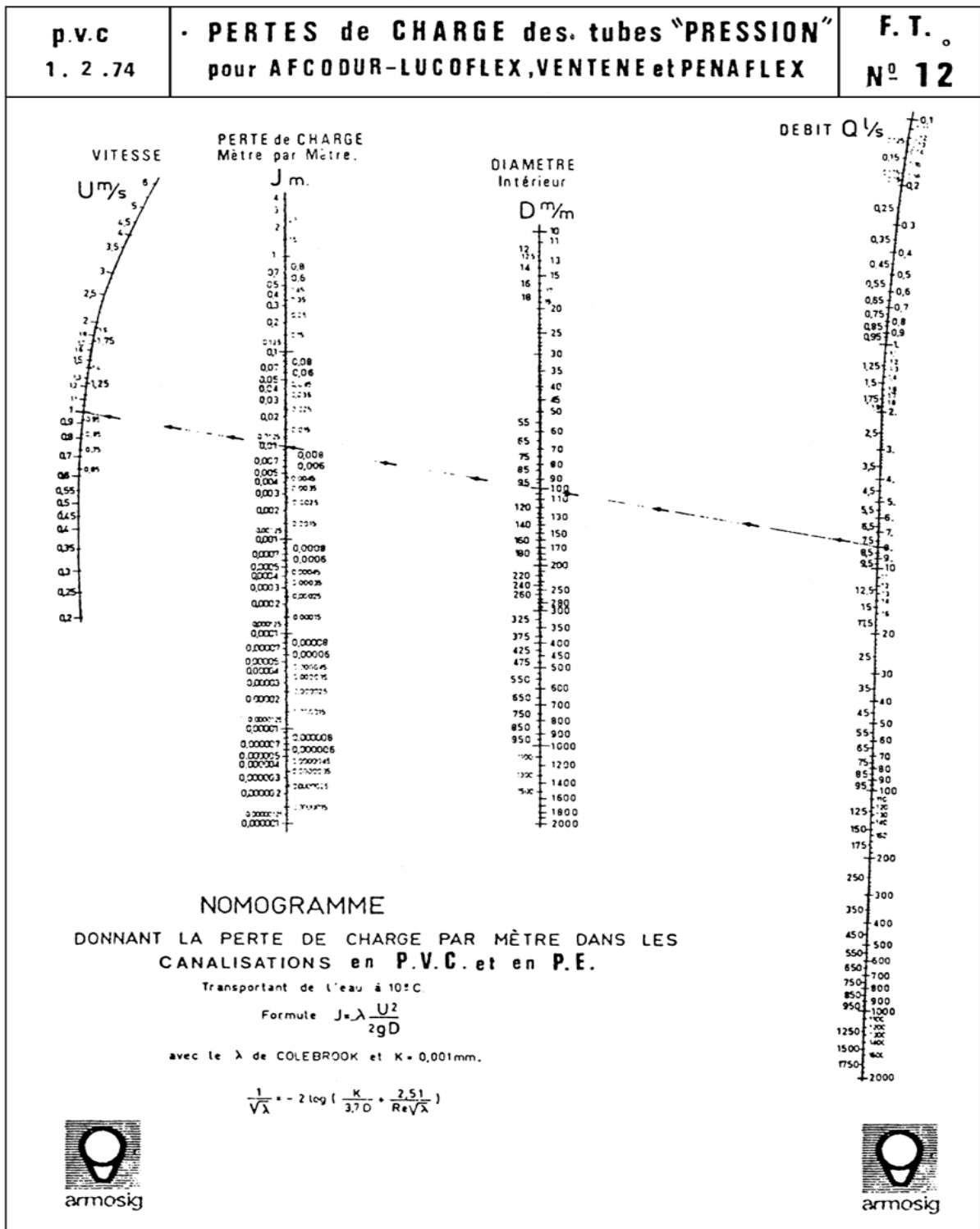
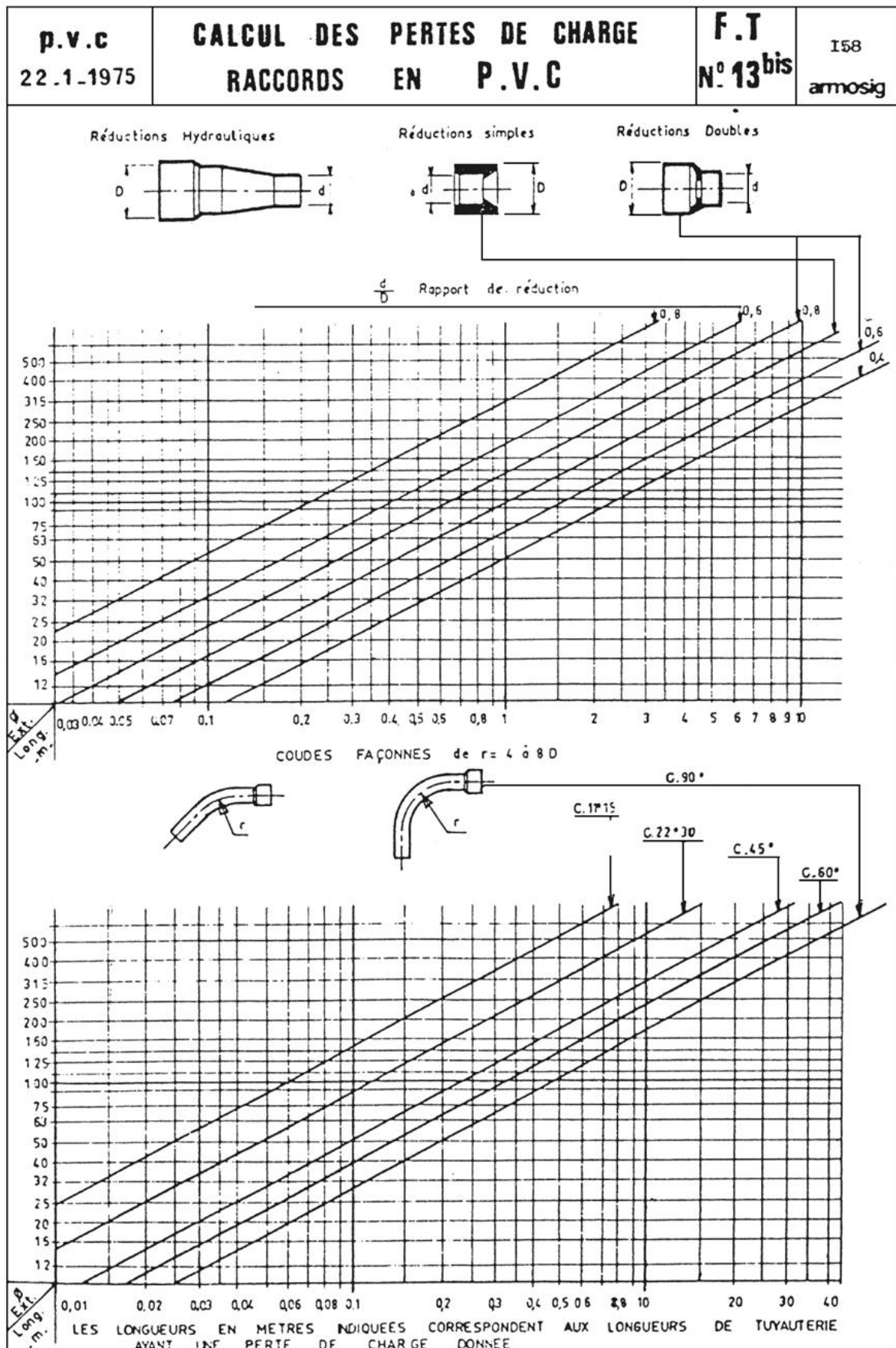


Tableau 2 : Abaque des pertes de charges singières (FAO, 1986).



Université Chadli Bendjedid-El Tarf

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences de la mer

Travaux Dirigés n°2 : Approvisionnement en eau en aquaculture

Objectif du TD.

- Comprendre les besoins en eau en aquaculture
- Analyser les paramètres quantitatifs et qualitatifs
- Relier débit, oxygène et qualité de l'eau
- Identifier les techniques de gestion et de maîtrise de l'eau

Exercice 1 : Compréhension générale

1. Définir les notions suivantes : Approvisionnement en eau en aquaculture, Débit d'eau, Qualité de l'eau, Besoin en oxygène.
2. Pourquoi l'eau est-elle un facteur critique dans un élevage aquacole ? Donner au moins 3 raisons.

Exercice 2 : Critères quantitatifs et qualitatifs.

1. Citer les principaux critères quantitatifs de l'eau en aquaculture.
2. Citer les principaux critères qualitatifs de l'eau.
3. Quelle est la différence entre : Débit d'approvisionnement et Débit dans l'élevage.
4. Est ce que un débit insuffisant peut-il être compensé par une bonne qualité d'eau ? Justifier votre réponse.

Exercice 3 : Débit et oxygène

1. Expliquer la relation entre débit d'eau et oxygène dissous.
2. Différencier : Besoin moyen en oxygène et Besoin instantané en oxygène
3. Exercice pratique : Un bassin contient 500 kg de poissons. Le besoin moyen en oxygène est estimé à 200 mg O₂/kg/h.

Calculer : Le besoin total en oxygène par heure et Le besoin total par jour.

Exercice 4 : Qualité de l'eau

1. Quels sont les principaux paramètres de qualité de l'eau à surveiller ?
2. Associer chaque paramètre à son effet :

Paramètre	Effet
Oxygène dissous	
Température	
pH	
Ammoniac	

3. Question de réflexion : Pourquoi une mauvaise qualité d'eau peut-elle entraîner la mortalité des poissons ?

Exercice 5 :

1. Associer chaque technique à son rôle :

Technique	Rôle
Aération	
Épuration	
Désinfection	
Thermorégulation	
Recyclage	

- Donner un exemple de matériel utilisé pour : L'aération, L'épuration, La désinfection.
- Pourquoi le recyclage de l'eau est-il de plus en plus utilisé en aquaculture moderne ?

Exercice 6 :

- Comparer : Prise d'eau gravitaire et Prise d'eau par pompage
- Compléter le tableau :

Type de prise d'eau	Avantages	Inconvénients
Gravitaire		
Pompage		

3. Cas pratique : Dans une zone sans dénivelé naturel, quel type de prise d'eau est le plus adapté ? Justifier.

Exercice 7 :

Une ferme aquacole rencontre les problèmes suivants :

- Faible croissance des poissons
- Mortalités fréquentes
- Eau trouble

Questions :

- Identifier les causes possibles
- Proposer des solutions techniques
- Quels paramètres doivent être contrôlés en priorité ?

Travail à faire

Rédiger un court paragraphe (10–15 lignes) sur l'importance de la gestion de l'eau dans la réussite d'un élevage aquacole.