

Eléments essentiels en vue de maintenir un aquasystème stable :

- 1- Filtration mécanique afin d'éliminer les particules solides avant le stockage,
- 2- Contrôle bactérien en maintenant l'eau à 4 °C ou en le stérilisant (ozone, ultra-violet),
- 3- Aération pour maintenir des conditions aérobies et prévenir la stagnation.
- 4- Stockage dans la nuit pour éviter le développement de phytoplancton,
- 5- Stockage en bassin inerte afin d'éviter toute corrosion ou contamination de l'eau,
- 6- Choix des matériaux pour pompes, filtres, réseaux de distribution en éliminant les composés métalliques (ou alors, utiliser du titane ou des matériaux traités).

D'autre part, tout facteur tendant à augmenter le stress du poisson ou son niveau d'activité, augmente le taux de déchets rejetés : ammoniac, urée, acide urique, oxyde triméthylamine, créatine, créatinine et d'autres substances azotées.

Les charges, les taux d'alimentation, la température sont les principaux facteurs permettant de gérer les taux métaboliques de la biomasse.

On peut dire que le taux d'excrétion d'ammoniaque est proportionnel au taux d'alimentation inversement proportionnel à la taille du poisson (rapporté au poids) à la biomasse et au débit d'eau. Néanmoins, le poisson est susceptible de subir des variations biochimiques et de s'y adapter. Gérer l'installation nécessitera la maintenance d'un milieu stable en jouant sur :

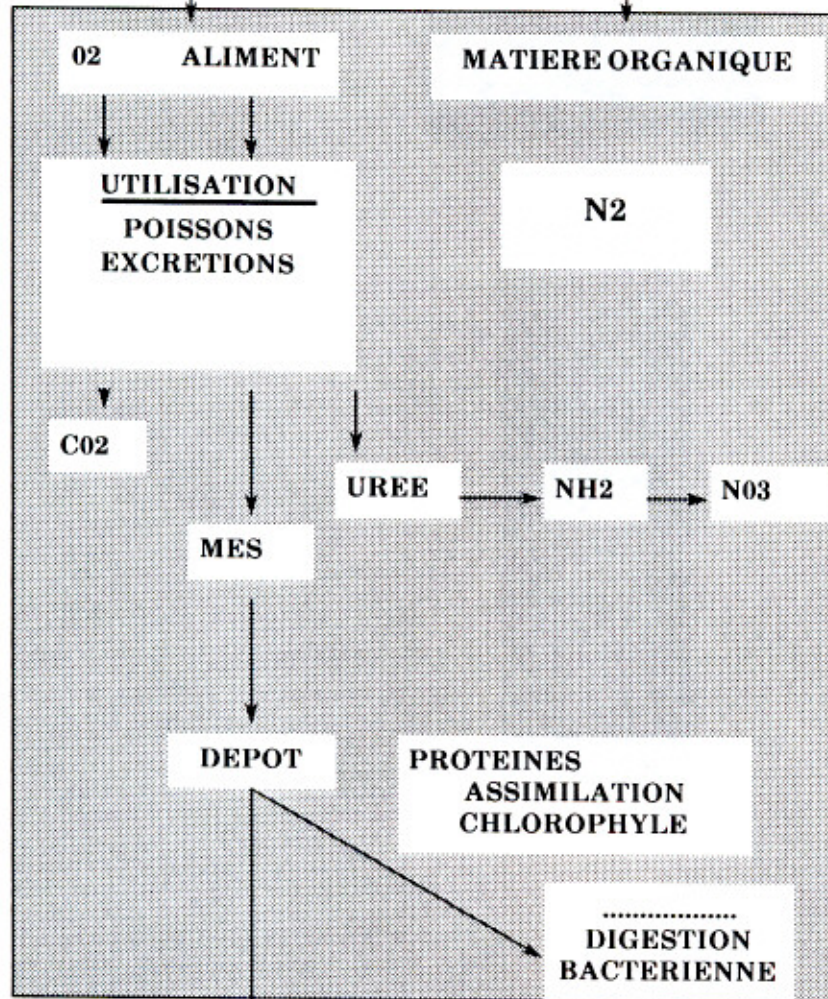
- les nettoyages,
- le renouvellement,
- la température,
- l'alimentation en fonction de la biomasse
- la qualité de l'eau utilisée des paramètres de l'installation.
- Les paramètres de l'installation

L'AQUASYSTEME INTENSIF MARIN :

BAC

ARRIVEE D'EAU
APPORT O2

ATMOSPHERE



PARAMETRES
INDEPEND.
TEMPERATURE
SALINITE

INTERVENTION
HUMAINE
ALIMENTATION
NETTOYAGE

DYNAMIQUE

EVACUATION

ZONES ANOXIQUES

QUANTITE DE
POLLUTION A TRAITER

(MES = matière en suspension)

I / MAINTENANCE, OPERATIONS D'ELEVAGE :

Toute intervention sur l'aquasystème tend à faire varier ponctuellement ou à plus ou moins long terme les paramètres essentiels du circuit.

La présence d'un dépôt important nettoyé manuellement peut entraîner un colmatage des filtres mécaniques, une saturation du filtre biologique et donc une production de composés toxiques qui retournent sur le bassin d'élevage et affectent les poissons. La plus grande stabilité dans les fréquences de nettoyage et les rations alimentaires permet d'assurer à une population bactérienne donnée la quantité d'aliment (de composés toxiques), la possibilité d'être ingurgitée. Les quantités chiffrées sont choisies par l'éleveur et dépendent des possibilités du système. Les éléments de prises de décisions sont liés aux mesures de contrôle de qualité, du comportement des poissons et des normes généralement admises.

D'autre part dans le milieu naturel l'anguille présente deux types de comportements, l'un correspond aux mouvements migratoires, l'autre à celui d'un carnassier plus individualiste. De nombreux systèmes ont été testés par différentes équipes scientifiques afin de tenter de suivre et de comprendre les migrations des anguilles dans le milieu naturel. Les anguilles balisées ne tardent pas à disparaître sans laisser de traces. Leurs facultés, leurs répartitions, leurs différenciations sexuelles rendent extrêmement difficile tout suivi du poisson ; l'analyse reste alors relativement ponctuelle par rapport à son cycle.

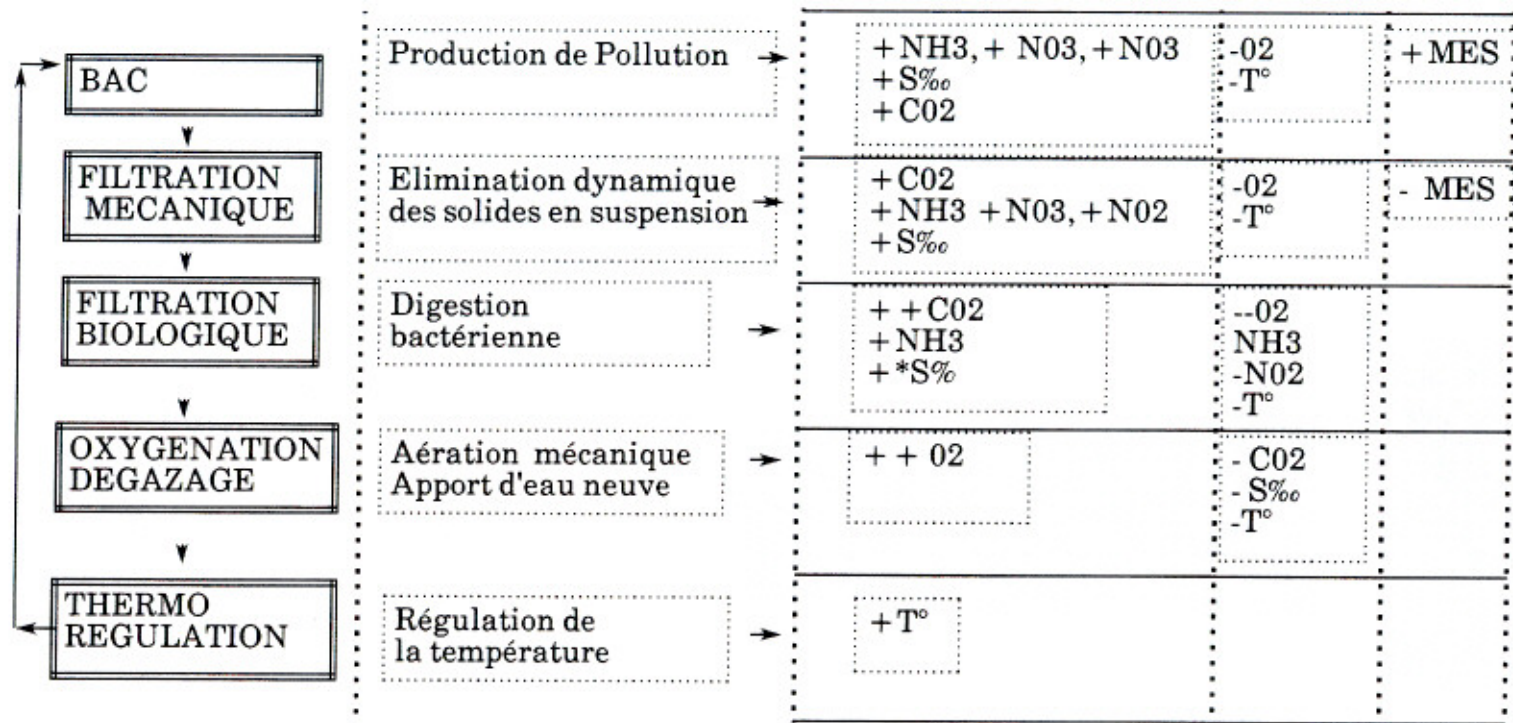
L'anguilliculture prend le poisson au stade civelle c'est-à-dire avant que le poisson ne s'alimente et se pigmente. Elle doit alors assurer le meilleur "suivi" possible du poisson sur toute la durée de son élevage. A partir d'une analyse liée à une surveillance constante des poissons il devient possible de définir qualitativement le type d'intervention nécessaire.

Les variations sont présentes :

- à la mise en élevage des anguilles,
- aux nettoyages des bassins,
- aux tris,
- aux traitements.

Il convient donc d'établir pour chaque intervention humaine un procédé qui maximise les chances de réussite de l'élevage en évitant que celle-ci apparaisse comme une agression liée aux variations.

VARIATIONS DES PARAMETRES DE QUALITE



1/ Approvisionnement, mise en élevage :

On peut trouver des civelles durant la période Octobre- mi Avril sur la côte atlantique de l'Europe. Les civelles destinées à l'élevage doivent être pêchées et transportées avec le maximum de précaution et pendant un laps de temps le plus court possible. On a pu remarquer le lien entre la durée des opérations pêche-transport-mise en élevage et le pourcentage de poissons démarrés ou inversement, le nombre de poissons inacclimatés à l'élevage appelées "boudeuses". Les civelles seront de préférence pêchées manuellement afin d'obtenir le minimum d'animaux blessés qui de toutes les manières périront ou seront éliminés. Les civelles ou anguillettes seront transportées suivant leur quantité ou leur taille à sec en caisses ou en bassins oxygénés. Le choix du mode de transport tient compte des distances et des moyens utilisés pour le transport. L'éleveur doit veiller à la qualité du cheptel fourni en observant la robe et la vigueur des poissons achetés ou pêchés. Dès l'arrivée dans l'élevage les civelles seront mises dans des bassins d'acclimation où température et oxygène seront surveillés. Il devient dès lors possible d'effectuer un premier tri, permettant d'éliminer les poissons morts ou blessés. Un premier traitement sera effectué afin d'éliminer tout parasite ou bactérie avant la mise dans le circuit fermé. L'isolation du nouveau lot suivi d'une balnéation au formol et chloramine assurera, si l'ensemble des mesures prophylactiques est respecté, une bonne hygiène et une minimisation des risques pathologiques.

Précautions :

Un matériel propre et désinfecté permet d'éviter la transmission des germes entre les bassins et les différents lots. La mise en élevage sur la base d'animaux sains doit se faire progressivement jusqu'à atteindre les conditions optimales de croissance et de développement. Les manipulations liées à l'élimination des animaux blessés, les balnéations, leur nouveau milieu provoquent chez les poissons un stress qu'il convient d'éliminer afin de faciliter un développement normal. Eviter le stress premier revient aussi à diminuer le nombre d'animaux refusant de s'alimenter ou encore appelés : "les boudeuses". La qualité, le soin et la régularité des opérations permet de conditionner le poisson à son nouveau milieu. L'attractivité des premiers repas distribués à un rôle déterminant dans la plus ou moins grande réussite de l'élevage. Provoquer une prise alimentaire régulière et continue est l'un des paramètres les plus délicats mais fournissant le plus de données sur la qualité et la quantité du cheptel.

On fait alors référence aux préférences alimentaires de l'anguille dans le milieu naturel afin de lui apporter ce qu'elle recherche habituellement. Face au stress provoqué par le contact humain on oppose :

- facilité de la recherche et accessibilité à la nourriture,
- rapidité, délicatesse et hygiène sont trois qualités essentielles à la réussite d'une bonne mise en élevage.

Les plus grandes précautions liées aux capacités de fuites des anguilles doivent être prises soit pour le choix du matériel utilisé soit sur l'utilisation du matériel.

L'établissement de plans prévoyant l'évolution de l'élevage et des charges est nécessaire afin de conserver en permanence des possibilités d'action en cas de mesure d'urgence. Avoir en permanence des bassins disponibles permet d'intervenir sur un bassin rapidement sans avoir à mélanger des lots et à faire varier les populations de poissons. La mise à l'air des poissons, l'arrêt du débit de renouvellement, les transports de poissons entre les bassins, les traitements induisent chez le poisson des réflexes de fuite, une augmentation de la respiration cutanée, de la consommation d'oxygène, de la pollution (produite par le poisson ou mise en suspension), des blessures, des étouffements. Le soin de ces manipulations et la réflexion qui l'accompagne permettra de rendre moindre la durabilité des conséquences physiques et psychiques qui en découlent sur les anguilles. La constance des fréquences et des types d'intervention rendra meilleur le conditionnement du poisson à l'élevage.

Nettoyage tri et alimentation :

Les opérations clefs :

Le nettoyage des bassins consiste en l'élimination des foyers de pollution et d'infection provoqués par les dépôts organiques et végétaux ainsi que par la mortalité.

L'élimination de ces foyers évite les possibilités de contact avec les sujets sains, la présence de végétaux aquatiques constitue outre les variations sur la qualité physico-chimique de l'eau, un support possible ainsi qu'une cache pour les déchets alimentaires et les individus faibles ou malades.

Le nettoyage du bassin renseigne sur l'état des poissons et de leur milieu, sa fréquence est donnée par la rapidité de dégradation de l'aquasystème donc de l'intégration des divers paramètres et organismes en un réseau cohérent qui permet le développement optimal du poisson.

La vidange d'un bassin permet d'apprécier directement l'hygiène du bac et la santé des poissons. Le débit constant maintenu dans le fond du bassin alimente les poissons en eau neuve et propre, les anguillettes ont tendance à remonter le courant créé par la vidange. On peut de la sorte apprécier la force et la santé des animaux. Les animaux les plus faibles se laisseront plus volontiers aller que les plus résistants et pouvant aussi être séparés, repérés, triés... Dans la majorité des cas, en situation de bonne santé de l'élevage, la séparation des individus les plus faibles leur permet de reprendre des forces et de continuer leur croissance. La nécessité de telles séparations est liée aux problèmes de compétitivité et de cannibalisme qui sont présents dans l'élevage intensif.

Le cannibalisme n'est que l'aspect le plus poussé de la compétitivité. Il est lié au stress et aux relations existantes entre les anguilles de l'élevage. Le but de l'éleveur est d'obtenir la meilleure croissance possible pour le plus grand nombre d'individus donnés. Or on remarque dès les premiers mois de mise en élevage des différenciations qui apparaissent de plus en plus marquées dans le temps. Les plus solides individus accèdent à la nourriture dans les premiers et reviennent fréquemment dessus ; les individus les plus faibles sont repoussés par les autres et un cercle vicieux vers l'extrême faiblesse commence.

Il convient donc de repérer et de séparer ces anguillettes pour les replacer dans un contexte plus propice à leur force et leur taille. Il n'est pas rare non plus de retrouver des individus affaiblis rattraper et dépasser le groupe d'origine quant à la croissance. Vaincre la compétitivité existante naturellement revient à placer l'animal dans la situation optimale de croissance ; milieu agréable (paramètre physico-chimique optimal) aliment attractif plaisant et complet, facteurs sensoriels sécurisants et plaisants. Vaincre des phénomènes de compétitivité sans pour autant avoir de connaissances sur les systèmes de communication et d'expression de l'anguille revient à un exercice relativement difficile. L'évolution des connaissances grâce aux études réalisées sur les neurones, les récepteurs, les phéromones et les hormones permettra encore d'améliorer la compréhension nécessaire au meilleur suivi des poissons d'élevage.

Pour l'éleveur, le principal élément caractéristique et quotidien d'une bonne santé est l'appétit, ou encore les variations d'appétance qui permettent de déceler l'existence d'un problème qu'il faut trouver rapidement. Plus le diagnostic est rapide, moins le problème est grave. Le manque d'appétit est un indice intéressant directement l'éleveur car il est lié à la gestion même de l'élevage (prévisions d'achats d'aliment, de croissance). Le cannibalisme phase extrême de problèmes de compétitivité intervient dès que des différences de tailles trop importantes apparaissent au fur et à mesure de l'évolution des poissons. On parvient dans un système contrôlé et surveillé à maintenir des taux extrêmement bas grâce à l'effort lié à la qualité de l'aquasystème envisagé. Il serait difficile de donner des taux précis de cannibalisme sur les élevages extensifs car des phénomènes en tout genre peuvent intervenir et devenir un facteur de mortalité.

Un autre paramètre influençant le cannibalisme est la qualité de la nourriture distribuée. Des poissons carnivores seront toujours avides de poissons frais et il convient de compléter les aliments en farine ou granulés par des poissons gras (thon, sardines, maquereaux, harengs...). Cette distribution hebdomadaire permettra de satisfaire les besoins individuels des poissons par une action simple et non laborieuse. L'anguille peut éventuellement choisir quel type de morceau elle préférera. Cette préférence étant sans doute due à un besoin réel ou futur de son organisme, elle sera plus à même de se conditionner à l'élevage rapidement. Cet apport de protéines non dégradées (vitamines...) est essentiel mais ne doit pas faire l'objet de distribution trop fréquentes de peur de conditionner l'élevage à ce type d'aliment et à laisser aux anguilles un préférence important pour la nourriture fraîche. La surveillance de l'appétit des poissons nécessite donc aussi la rationalisation des distributions et des types aliments utilisés. L'alimentation des anguilles diffère suivant les types d'élevage considérés :

- un élevage sous luminosité contrôlée aura toutes les possibilités sur les fréquences tandis qu'un élevage extérieur aura des contraintes temporaires de distribution d'aliments. En extensif les Japonais construisent des abris ombrageant une partie du bassin où viennent se nourrir les anguilles.
- un élevage intensif utilise les volumes d'eau au maximum et donc des densités de poissons importantes, la répartition de ces poissons dans le bassin est importante et un bassin ne saurait souffrir d'un volume riche en DBO, DCO, matières en suspension d'une pauvreté en oxygène et d'une manière générale de pollution.

Il n'existe donc pas de fréquences et de rations idéales tant que d'autres élevages aux paramètres les plus contrôlés possibles aborderont cet aspect.

Il faut d'autre part prendre en compte en plus des paramètres inhérents à l'élevage les caractéristiques propres de l'anguille dans le milieu naturel en les résumant de la sorte :

- régime carnivore opportuniste,
- localisation de la nourriture grâce à un système olfactif très développé (voir biologie).
- moeurs plutôt nocturnes,
- espèces de fond (benthique).

Les analyses des contenus stomacaux et leurs évolutions dans le temps montrent qu'il est nécessaire d'observer un délai, assez long (> 8 heures). Entre deux repas néanmoins des tentatives d'alimentation en continu ont donné de bons résultats. Nous pourrions retenir pour fréquence de distribution convenant le mieux à l'anguille et l'éleveur, une double distribution quotidienne la plus espacée possible.

Les anguillettes en découpant et déchiquetant l'aliment en le mastiquant en perdent une partie qui se retrouvera dans l'eau formant les matières en suspension. Cette masse d'aliment non ingéré correspond en moyenne de 25 à 30 % de l'aliment distribué, c'est le quart de l'aliment distribué qui va avoir des conséquences économiques pathologiques, techniques et humaines.

L'alimentation des anguilles représente au minimum 30 % du coût de production. Au Japon 70 % des éleveurs utilisent une alimentation artificielle, le reste du poisson cru. Il faut sept kilos de poissons crus (poissons gras tels thon, sardine, maquereau...) pour produire un kilo d'anguilles contre dans de bonnes conditions d'élevage 1,5.

L'alimentation artificielle ne nécessite pas un stockage au congélateur et prend peu d'espace. Mélangé avec de l'eau et de l'huile l'aliment forme une pâte compacte attractive et ne se délitant pas dans les bassins. Disposée sur une mangeoire flottante cette pâte pourra être récupérée si elle n'est pas totalement ingérée par les anguilles.

L'aliment doit contenir : 52 % de protéines

- 4 % de glucides
- 10 % d'eau
- > 4 % de graisses (lipides)
- 10 % de cendres.

La préparation de la pâte nécessite l'utilisation d'un pétrin pour mélanger les différents composants, la pâte permet aussi d'ajouter des vitamines, des minéraux ou de faire des traitements par l'alimentation.

La difficulté est la préparation et la distribution qui nécessite une main d'oeuvre importante et de qualité.

Un aliment mal préparé peut entraîner une demande en oxygène trop importante, sursaturer les filtres. L'intervention nécessaire sera de renouveler une partie de l'eau du circuit augmentant les calories nécessaires pour maintenir la température etc....

La gestion rigoureuse de la maintenance du système est indispensable, une inattention, un manque de rigueur provoquera une suite de conséquences sur le coût de l'élevage non négligeable.

L'utilisation de granulé permet de diminuer ce type de risque en limitant d'avance le taux d'alimentation et en diminuant les déchets d'aliment.

Complémenter l'alimentation avec du poisson frais permet de limiter les risques de mauvaise nutrition des poissons.

Spannof et Krune ont montré après avoir testé différents aliments qu'un mélange de poisson frais et d'aliment composé donnaient les meilleurs résultats, la pâte contenant 48 % de protéines, 22 % de lipides et 18 % de glucides.

Les tris comme nous l'avons pu le comprendre sont indispensables pour un développement rapide et homogène des poissons et aussi pour la gestion de l'élevage. Les tris restent aussi une opération délicate et dangereuse et nécessite beaucoup de temps et d'attention, afin d'affecter au minimum les poissons.

Deux techniques sont possibles :

- le tri hors de l'eau,
- le tri dans l'eau.

Utilisant les réflexes alimentaires la force physiologique (avec courant) où les anguilles doivent passer à travers différents tris afin d'accéder à la nourriture et/ou à l'eau neuve.

Cette méthode de tri dans l'eau est celle qui occasionne le minimum de blessures et de stress et qui fait intervenir un acte volontaire de l'anguille et non un réflexe de fuite lié à la présence d'un danger ressenti comme tel dès qu'intervient une variation brusque de milieu.

Néanmoins la résistance des anguilles à l'air autorise l'utilisation de trieuses ou de triage manuel. Peu de matériel spécifique existe sur le marché de par le peu d'élevages existants, néanmoins on peut penser que la contribution des éleveurs dans la réalisation de telles manières permettront de mécaniser et de simplifier ces opérations.

Nettoyages, tris et alimentation représentent les opérations quotidiennes de l'exploitant, la qualité et le soin de ces opérations a une incidence directe sur les résultats.

La maîtrise de la biologie de l'épuration des techniques est donc indispensable afin de pouvoir se concentrer sur la qualité des tâches effectuées.

J / THERMOREGULATION :

L'utilisation du recyclage lorsqu'il est nécessaire de travailler avec des températures élevées (+ 16° à 28 °C) outre l'avantage du meilleur contrôle de la qualité physico-chimique s'avère extrêmement bénéfique. Le besoin en calories est inférieur de 10 à 30 % des besoins réels d'un système en circuit ouvert. L'utilisation du circuit fermé est la condition sine qua non de la rentabilité de l'élevage de poisson en Europe du Nord. L'Institut de prospective norvégien prévoit en l'an 2000 que plus de 50 % des élevages de poissons mollusques et crustacés se fera à terre en milieu contrôlé et en circuit fermé thermorégulé ; le facteur température base énergétique est un limitant du développement optimal de l'espèce élevée.

Il convient de limiter les pertes thermiques au sein de l'élevage lui-même, en calorifugeant les éléments extérieurs et en isolant le bâtiment dans lequel on plantera le maximum d'éléments de la chaîne. Des différences de température trop importantes entre l'air et l'eau peuvent provoquer des problèmes de sursaturation gazeuse jusqu'à induire la maladie des bulles de gaz.

Trois grandes techniques compatibles sont utilisables :

- Chauffer l'air ambiant (temps de réponse assez long),
- Chauffer directement à l'aide de résistance,
- Utiliser un échangeur de chaleur alimenté avec toute source d'énergie.

Nous avons pu remarquer les différents systèmes utilisés en circuit fermé :

- Réchauffement de l'air ambiant grâce à une eau de forage utilisée dans une pompe à chaleur faisant circuler de l'eau chaude dans le sol de l'installation,
- Grosse chaudière alimentée par des bottes de paille ou en continu avec des déchets cellulosiques.

L'ensemble de ces systèmes permet de maintenir une température constante à plus ou moins un degré près.

Le choix de la source d'énergie dépend des disponibilités du site envisagé, le faible besoin autorise un choix important du bois au fuel en passant par tout déchet combustible cumulé ou non avec des panneaux solaires en complément.

Quel que soit le type utilisé, le principal problème est son stockage et son renouvellement avec la main d'oeuvre nécessaire pour sa mise en service.

Le temps de travail disponible pour la récolte et la combustion de déchets cellulosiques rend cette source moins attrayante face à des solutions plus simples comme faire appel à EDF ou à utiliser du fuel.

Le choix de l'énergie dépend donc de la conjoncture économique mondiale de l'énergie. Néanmoins, l'indépendance énergétique d'une installation permettra de diminuer tout risque en rendant le système le plus autonome possible.

Le besoin réel en calorie s'exprime par :

* Le réchauffement de l'apport en eau neuve 5 à 10 % du volume total, parfois moins en contrôlant efficacement le système,

* Le maintien de la température du volume total.

Pour se donner un ordre d'idée en climat tempéré de 30 à 50 kilo-watt sont nécessaires pour maintenir à 22 °C un volume de 60 M3 en hiver.

TABLEAU DE CONVERSION DES UNITES
L'UNITE DE LA LIGNE VAUT TANT DE L'UNITE DE LA COLONNE

	CAL	J	KWH	TEC	TEP	B.T.U
Calorie (CAL)	1	4,1855	$1,163 \times 10^{-6}$	$0,150 \times 10^{-9}$	10-10	$0,397 \times 10^{-2}$
Joule (J)	0,239	1	$0,278 \times 10^{-6}$	$0,360 \times 10^{-10}$	$0,239 \times 10^{-10}$	$0,948 \times 10^{-3}$
Kilowatt-heure (KWH)	$0,86 \times 10^6$	$3,6 \times 10^6$	1	$0,130 \times 10^{-3}$	$0,860 \times 10^{-4}$	3.400
Tonne-équivalent charbon (TEC)	$6,7 \times 10^9$	28×10^9	70790	1	0,67	$26,6 \times 10^6$
Tonne-équivalent Pétrole (TEP)	10.10	$4,2 \times 10^{10}$	11.600	1,5	1	4×10^7
British thermal unit (BTU)	252	1.055	$0,294 \times 10^{-3}$	$0,378 \times 10^{-7}$	$0,25 \times 10^{-7}$	1

EX : 1 JOULE = 0,239 CALORIE

* La calorie alimentaire est la kilocalorie (= 1.000 calories). Par ailleurs 1 frigorie = 1 kilocalorie.

** On trouve des équivalences variables pour la tec, on a pris ici 1 tec = 2/3 tep.

Les préfixes d'une unité caractérisent un multiple ou un sous-multiple de l'unité de base :

Micro = 10^{-6} = 1/1.000.000

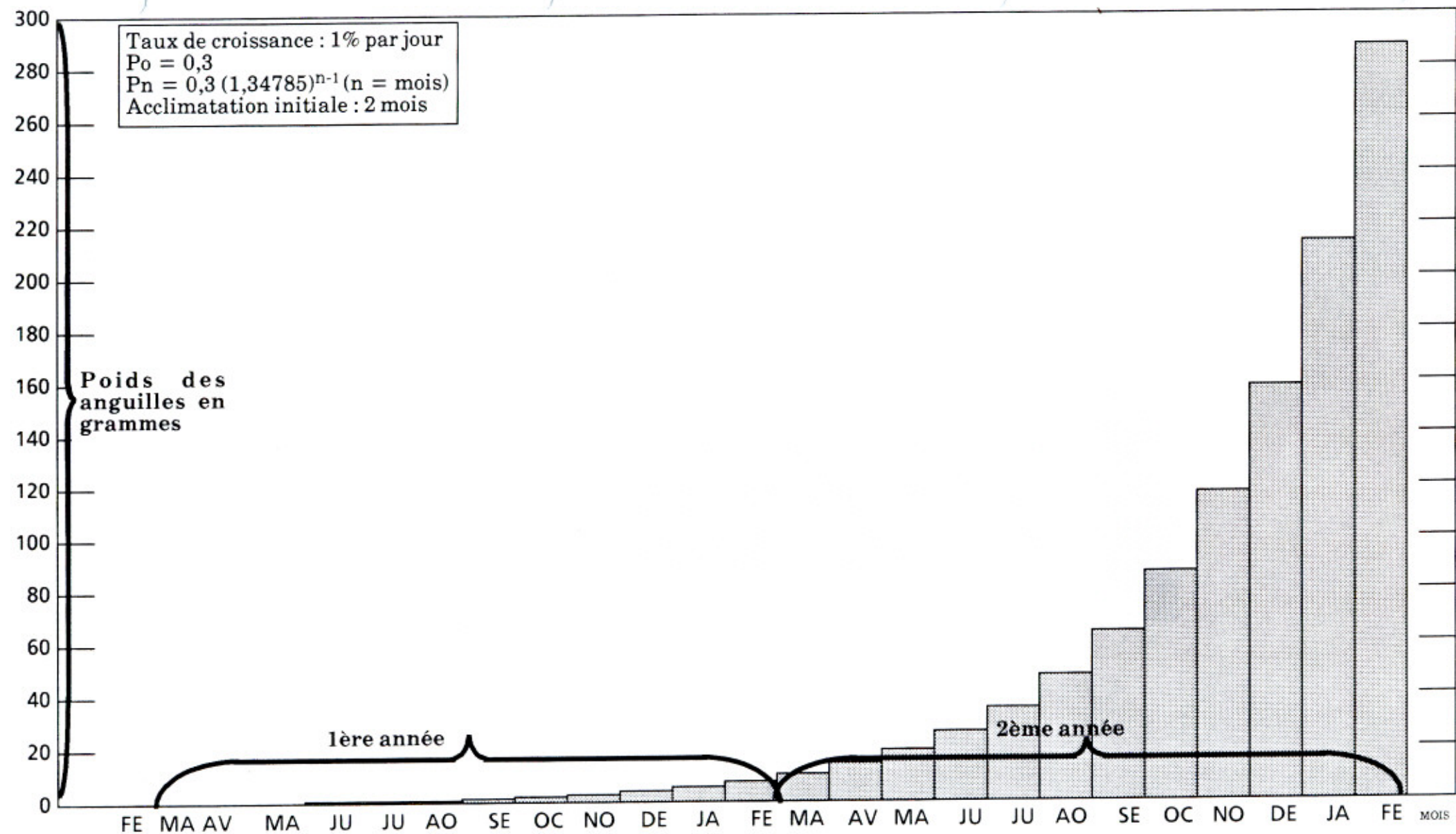
Milli = 10^{-3} = 1/1.000

Kilo = 10^3 = 1.000

Mega = 10^6 = 1.000.000

Giga = 10^9 = 1.000.000.000

Tera = 10^{12} = 1.000.000.000.000



CROISSANCE DES ANGUILLES DE LA CIVELLE A L'ADULTE EN CIRCUIT FERME