

# Technologie alimentaire

Cours N° 1: Bases de la nutrition

# Les grands principes de la nutrition des poissons

Tous ont besoin :

- ▶ De molécules organiques qu'ils dégradent afin d'en tirer l'énergie nécessaire à la vie ou les sources de carbone servent à la synthèse de leurs tissus,
- ▶ De molécules organiques qu'ils ne peuvent synthétiser (acides aminés et acides gras indispensables, vitamines) et jouent un rôle, soit plastique, soit catalytique,
- ▶ D'éléments minéraux qui peuvent provenir de molécules organiques particulières aussi bien que de molécules ou d'ions minéraux.

Les éléments peuvent avoir un rôle « **plastique** » quand ils rentrent directement dans la composition des composés organiques : c'est le cas de l'azote, du phosphore et du soufre.

# 1. Historique de l'alimentation des poissons d'élevage

Une approche scientifique de la nutrition des poissons s'est amorcée dès le milieu du 20<sup>ème</sup> siècle. Ces travaux se sont bien inspirés des connaissances sur l'anatomie du tube digestif, quelques aspects de la physiologie digestive et de l'alimentation des poissons en milieu naturel. L'élevage de poissons était pratiqué en Asie ou en Moyen-Orient déjà au IV<sup>ème</sup> millénaire av. J.C. En Europe, une aquaculture extensive existait au Moyen-âge, fournissant un complément alimentaire important à la population locale. Mais dès la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, la production piscicole s'est étendue à des poissons élevés en bassins. L'alimentation de ces poissons en élevage a reposé pendant longtemps sur des sous-produits divers incluant des sous-produits d'animaux (viscères, foie, graisses, etc.) non consommés par l'Homme.

# 1. Historique de l'alimentation des poissons d'élevage

Les premiers aliments composés élaborés à partir de matières premières diverses et couvrant, autant que faire se pouvait, les besoins des animaux, ont été les « granulés humides de l'Orégon » des années 1950.

Les granulés secs sont apparus aux USA à la fin de la même décennie et au début des sixties. Dès lors, l'étude des besoins nutritionnels des poissons s'imposait et elle a pris un essor considérable.

Selon la FAO (2014), plus de 80% de la production mondiale de poisson dépend de nos jours d'un apport d'aliment soit de façon exclusive soit comme complément à la nourriture issue du milieu.

# 1. Historique de l'alimentation des poissons d'élevage

Au niveau mondial, c'est l'élevage de carpes qui est le plus fort consommateur d'aliments composés (31% des aliments produits), suivies de celui des crevettes (22%). Les salmonidés (truites, saumons) n'arrivent qu'en 4<sup>ème</sup> position (10%) et les poissons marins (bar, daurade, turbot...) à la 6<sup>ème</sup> (8%).

La farine de poisson a longtemps été utilisée comme ingrédient majoritaire des aliments aquacoles, notamment pour les espèces de haut niveau trophique (carnivores). Les plus gros consommateurs de farine de poisson en 2008 étaient les crevettes (34% de la farine de poisson), suivies des salmonidés (20%) et des poissons marins (19%). Les carpes, de type omnivore, n'arrivent qu'en 4<sup>ème</sup> position des consommateurs de farine de poisson (7%) (FAO, 2014; Tacon et Metian, 2015).

## 2. Régimes alimentaires des poissons sauvages

La chasse des poissons est immense, les espèces présentent un degré d'évolution très variable et sont adaptés à des milieux de vie très différents. Il en résulte une grande diversité entre les différentes espèces et une grande variabilité des besoins. Dans leur environnement naturel les poissons rencontrent des éléments alimentaires de nature très diverse.

Certaines espèces se nourrissent d'animaux morts, d'autres d'animaux vivants, certains se nourrissent uniquement de micro-organismes, d'autres de plantes et d'animaux de plus grande taille, et enfin certaines espèces de poissons sont opportunistes, s'alimentant de tout ce qu'ils peuvent trouver dans leur milieu.

## 2. Régimes alimentaires des poissons sauvages

L'alimentation des poissons sauvages comprend donc détritus, phytoplancton, zooplancton, micro- et macro algues, plantes aquatiques, méiofaune, insectes, crustacés, mollusques, coquillages, poissons, graines et fruits et même des animaux incluant des mammifères (NRC, 2011). Une façon de classer les poissons est de se référer à l'ingrédient majeur et leur régime alimentaire naturel. Ils sont classiquement répartis en 4 grandes catégories :

- ▶ Les **herbivores** qui s'alimentent de végétaux (le chanos et quelques carpes...)
- ▶ Les **détritivores** qui mangent des organismes en décomposition (le poisson chat, quelques carpes...),
- ▶ Les **omnivores** qui ont une alimentation mixte, végétale et animale (la majorité des carpes et quelques tilapias, mullet...),
- ▶ Les **carnivores** qui s'alimentent à partir d'autres poissons et d'invertébrés (les salmonidés, les poissons marins tel que daurade, bar, poissons plats...). On parle aussi de poissons piscivores.

Cette alimentation n'est pas stricte et peut varier au cours de la vie des poissons selon l'espèce.

# 3. Les besoins nutritionnels des poissons d'élevage

La domestication des animaux et naturellement des poissons passe par la détermination de leurs besoins nutritionnels et la couverture de ces besoins avec les aliments élaborés contenant des ingrédients divers et ceci à un moindre coût. Cette alimentation doit aussi assurer une bonne croissance, la bonne santé, le bien-être physiologique, la qualité de la chair et de faibles impacts sur l'environnement.

# 3. Les besoins nutritionnels des poissons d'élevage

## 3.1. Nutrition énergétique

Les dépenses énergétiques du poisson sont de 5 à 20 fois plus faibles que celles des vertébrés supérieurs terrestres: au repos, la flottaison permet une quasi absence de travail musculaire et l'éctothermie (absence de thermorégulation) amène à ne dépenser pour les fonctions vitales qu'un minimum d'énergie surtout quand la température de l'eau est basse.

Les poissons, comme tous les animaux, tirent leur énergie de trois types de molécules : les **glucides**, les **lipides** et les **protéines** (ou protides). La digestion est assurée par des enzymes extrêmement voisines de celles des mammifères ou des oiseaux et elle conduit aux mêmes molécules: **sucres simples**, **acides gras** et **acides aminés**.

# 3. Les besoins nutritionnels des poissons d'élevage

## 3.1. Nutrition énergétique

Toutefois, l'aptitude des poissons à digérer les macronutriments, n'est pas la même que celle des vertébrés terrestres: les poissons digèrent très bien les protéines alimentaires, de façon plus variables les lipides (les lipides saturés solides à basse T° étant mal digérés) et de façon médiocre certains glucides complexes comme l'amidon cru.

**Les nutriments utilisés de façon préférentielle pour la production d'énergie sont les acides aminés dont le catabolisme conduit à la production d'ammoniaque.**

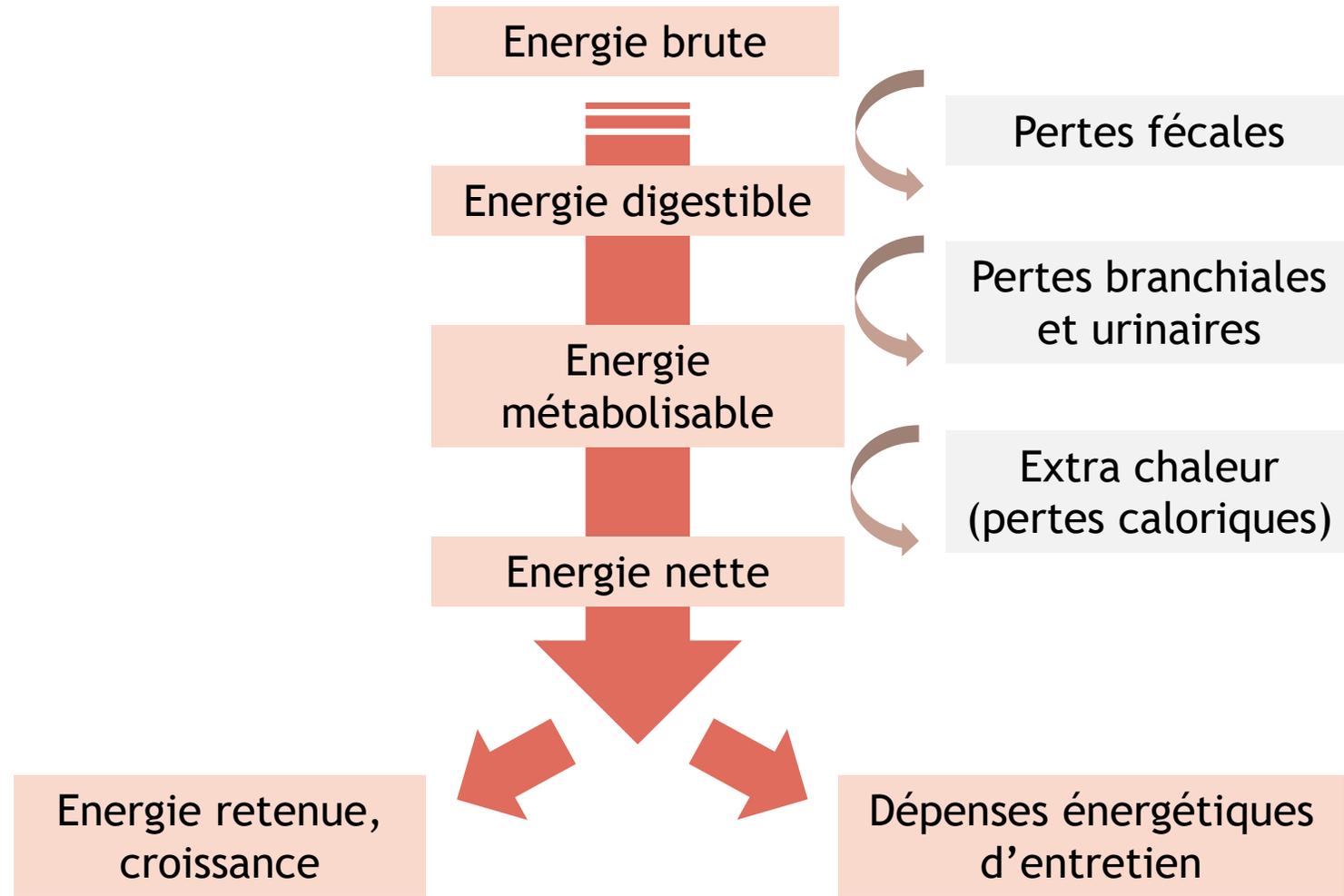
# 3. Les besoins nutritionnels des poissons d'élevage

## 3.1. Nutrition énergétique

Comme chez les autres animaux, on peut exprimer l'énergie du régime en mesurant la chaleur de combustion, soit de ;

- l'aliment total (énergie brute), soit d'une fraction de celui-ci:
  - énergie digestible ED (énergie brute - énergie des fèces),
  - énergie métabolisable EM (énergie digestible - énergie de l'urine et des excréctions branchiales) et enfin ;
  - énergie nette EN, sensée représenter la seule fraction réellement utilisable pour la croissance et l'entretien.

**L'ED est celle qui est le plus couramment employée chez les poissons.**



Titre: Bilan d'utilisation de l'énergie alimentaire chez le poisson (d'après Cho et Kaushik, 1985).

# 3. Les besoins nutritionnels des poissons d'élevage

## 3.2. Nutrition protéique

Les protéines doivent représenter 38 à 44% de la ration pour les salmonidés durant la phase de croissance et 40 à 55% pour les poissons marins, contre 28-38% pour les poissons situés plus bas dans la chaîne alimentaire (omnivores et végétariens) comme la carpe et le tilapia qui sont plus efficaces pour produire de l'énergie à partir de glucides alimentaires.

Les très jeunes stades nécessitent des contenus protéiques très élevés (de 40-55% quelle que soit l'espèce), puis les besoins diminuent au fur et à mesure que grandit le poissons (NRC, 2011).

# 3. Les besoins nutritionnels des poissons d'élevage

Titre: Quantité (% de la ration) de protéines recommandées dans l'aliment de différentes espèces de poisson d'élevage en fonction de leur poids. Données NRC (2011).

Espèces	< 20g	20-200g	200-600g	600-1500g	> 1500g
Truite arc-en-ciel	48	40	38	38	36
Saumon atlantique	48	44	40	38	34
Bar	55	50	45	45	-
Daurade	50	45	40	40	-
Carpe	45	38	32	28	28
Tilapia	40	34	30	28	26

# 3. Les besoins nutritionnels des poissons d'élevage

## 3.2. Nutrition protéique

Le rôle des protéines alimentaires est d'assurer **l'entretien et la synthèse des protéines corporelles et donc la croissance protéique**, mais toutes les sources protéiques n'ont pas la même efficacité.

Il faut d'abord bien entendu tenir compte de leur digestibilité, mais même à digestibilité égale, l'efficacité peut varier.

C'est pour cette raison que l'on a introduit la notion de **valeur biologique**, aptitude d'une protéine alimentaire, une fois digérée, à permettre la synthèse des protéines corporelles plutôt qu'à servir simplement de source d'énergie.

# 3. Les besoins nutritionnels des poissons d'élevage

## 3.2. Nutrition protéique

Parmi les 20 AA qui constituent les protéines de tous les êtres vivants, les biochimistes et les nutritionnistes distinguent deux groupes :

- **Les acides aminés non indispensables** : qui peuvent être synthétisées à partir d'une chaîne carbonée et d'un groupement aminé, provenant de n'importe quel autre acide aminé, et ;
- **Les acides aminés indispensables**: que les animaux ne peuvent synthétiser et doivent par conséquent trouver dans leur nourriture.

# 3. Les besoins nutritionnels des poissons d'élevage

## 3.2. Nutrition protéique

Liste des AAI aux poissons:

- Arginine
- Histidine
- Isoleucine
- Leucine
- Lysine
- Thréonine
- Tryptophane
- Valine
- Methionine
- Phénylalanine

# 3. Les besoins nutritionnels des poissons d'élevage

## 3.2. Nutrition protéique

La valeur biologique d'une protéine est fonction de sa teneur en acides aminés indispensables (AAI). Il suffit que l'un d'eux soit en plus faible quantité que nécessaire (carence) pour que la valeur biologique soit réduite. C'est pourquoi les sources protéiques doivent apporter les 10 AAI aux poissons.

Il est préférable qu'elles apportent aussi certains acides aminés semi-indispensables, tels que la cystéine et la tyrosine qui ne peuvent être synthétisées qu'à partir d'AAI, ou comme la proline et la glutamine dont la synthèse est lente chez certaines espèces de poissons. L'ensemble des besoins en AAI n'a été déterminé que pour peu d'espèces de poisson.

# 3. Les besoins nutritionnels des poissons d'élevage

## 3.3. Nutrition lipidique

Dans le cas de l'alimentation des animaux terrestres, il est rare que l'on attache aux lipides une importance dépassant leur simple rôle de source d'énergie. Certes il existe chez tous les vertébrés, comme chez de nombreux invertébrés, un besoin en acides gras indispensables AGI (appelés plus souvent essentiels) qui ont un double rôle: ils servent de substrat pour la **synthèse de molécules de type hormonal**, les Prostaglantines et composés apparentés, et ce sont des **constituants essentiels des membranes cellulaires**.

Il existe deux familles d'AGI dites n-3 (acides linoléique) et n-6 (acide linoléique). Quantitativement la famille n-3 a beaucoup plus d'importance chez les poissons que chez les mammifères et les oiseaux.

# 3. Les besoins nutritionnels des poissons d'élevage

## 3.3. Nutrition lipidique

Une différence fondamentale dans la nutrition lipidique existe entre les poissons d'eau douce et les poissons marins; les premiers peuvent réaliser les mêmes bioconversions que les vertébrés supérieurs, tandis que les poissons d'eau de mer en sont incapables et doivent par conséquent trouver les acides gras polyinsaturés (AGP) à longue chaîne dans leur nourriture.

Ces derniers ne sont abondants que dans les produits marins où ils sont, à l'origine, synthétisés par le plancton. Il est donc impossible de se passer de lipides d'origine marine pour l'alimentation des poissons marins.

# 3. Les besoins nutritionnels des poissons d'élevage

## 3.3. Nutrition lipidique

Malheureusement, les AGP sont particulièrement instables, ils sont sujets à des peroxydations préjudiciables à la qualité de l'aliment pendant sa conservation et à la santé de l'animal une fois absorbés.

C'est pourquoi les aliments pour poissons, plus que les autres, demandent des supplémentations généreuses en anti-oxydants de synthèse (pour protéger l'aliment) et en vitamines E et C (pour protéger l'organisme lui-même).

Il est possible de diminuer l'apport des AGP au strict nécessaire afin de limiter ces phénomènes, mais cela ferait diminuer leur rôle préventif contre les maladies cardio-vasculaires.

# 3. Les besoins nutritionnels des poissons d'élevage

## 3.4. Vitamines

Les vitamines sont des nutriments essentiels, c-à-d nécessaires à la vie et aux bonnes performances de l'animal, au même titre que certains AA et protéines, ou certains AG des huiles ou graisses.

Mais elles présentent, par rapport à ces derniers, deux caractéristiques principales:

- d'une part elles sont nécessaires en quantité très faible et leur incidence sur le coût des formules est limitée;
- d'autre part, leur analyse dans les matières premières est onéreuse.

Titre: Données sur les besoins quantitatifs en vitamines pour quelques espèces de poissons  
(d'après NRC, 2011)

Espèce	Saumon atlantique	Carpe commune	Truite arc-en-ciel	Bar
Vitamine liposolubles				
A (mg/kg)	NT	1,2	0,75	31
D (µg/kg)	NT	NT	40	NT
E (mg/kg)	60	100	50	NT
K (mg/kg)	< 10	NT	R	NT
Vitamine hydrosolubles (mg/kg)				
Thiamine	NT	0,5	1	NT
Riboflavine	NT	7	4	NT
Vitamine B6	5	6	3	NT
Acide Pantothénique	NT	30	20	NT
Niacine	NT	28	10	NT
Biotine	NT	1	0,15	NT
Vitamine B12	NT	NR	R	NT
Acide Folique	NT	NR	1	NT
Choline	NT	1500	800	NT
Myoinositol	NT	440	300	NT
Vitamine C	20	45	20	20

R, Besoin reconnu mais pas quantifié ; NR, pas de besoin ; NT, pas testé.

# 3. Les besoins nutritionnels des poissons d'élevage

## 3.4. Vitamines

Bien que la teneur des matières premières en vitamines soit très variable (*ne serait-ce que plusieurs d'entre elles sont très instables*), les fabricants ne font pas de contrôle systématique de l'apport de vitamines par leurs matières premières, préférant ajouter dans le complément une quantité équivalant au moins au besoin, c-à-d à la dose pour laquelle on n'observe pas de signe de carence et où les performances sont normale.

Cet apport comporte en fait un excès important qui correspond à la marge de sécurité que prend le fabricant pour compenser les pertes qui ont lieu pendant la fabrication et stockage du granulé.

# 3. Les besoins nutritionnels des poissons d'élevage

## 3.4. Vitamines

Les marges de sécurité peuvent devenir exorbitants, par exemple pour l'acide ascorbique (Vitamine C), composé extrêmement instable, non nécessaire aux mammifères et aux oiseaux mais indispensables aux poissons (et l'Homme).

Il se trouve que, pour la Vitamine C comme pour la vitamine E, des excès par rapport au besoin peuvent renforcer les défenses immunitaires du poisson.

Dans les autres cas, les excès de vitamines n'ont aucun effet bénéfique; ce ne sont nullement des gages de qualités de l'aliment.

# 3. Les besoins nutritionnels des poissons d'élevage

## 3.4. Vitamines

Dans le cas des vitamines A, D, E et K, les excès importants peuvent même théoriquement devenir nocifs; dans la pratique, ce n'est possible qu'avec des excès de vitamine K3.

Les vitamines ajoutées aux aliments sont en général d'origine synthétique; leur efficacité est la même que celle des vitamines naturelles, car leur formule est presque toujours identique.

Les formes commercialisées sont choisies pour leur plus grande stabilité. Des formes stables de vitamine C (phosphates) existent depuis peu.

# 3. Les besoins nutritionnels des poissons d'élevage

## 3.5. Minéraux et oligo-éléments

Parmi les éléments minéraux, **le phosphore** est celui dont le besoin est le plus important. La minéralisation des structures osseuses (colonne vertébrale, opercules, écailles) est très dépendante de l'apport en phosphore.

**Une carence** en phosphore peut se traduire par une diminution de la croissance squelettique et pondérale (poids), la déminéralisation osseuse et des déformations squelettiques.

**Un excès** de phosphore dans les aliments peut aussi se traduire par un rejet important de P dans le milieu aquatique contribuant à l'eutrophisation.

Pour l'ensemble des minéraux et oligo-éléments, les données sur les besoins quantitatifs ne sont disponibles que pour quelques espèces : truite arc-en-ciel, carpe commune, poisson chat, tilapia, saumon du pacifique (NRC, 2011). Un travail important de méta-analyse/revue systématique des données disponibles pour l'ensemble des minéraux chez de nombreuses espèces de poissons vient d'être réalisé (Prabhu *et al.*, 2014).

Titre: Données sur les besoins quantitatifs en minéraux pour quelques espèces de poissons (d'après NRC, 2011)

Espèce	Saumon atlantique	Carpe commune	Tilapia	Poisson chat	Truite arc-en-ciel	Saumon du pacifique	Bar
Macrominéraux (%)							
Ca	NR	0,34	R/0,7*	R/0,45*	NR	NR	NT
Cl	NT	NT	0,15	,17	NT	NT	NT
Mg	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	NT	NT
P	0,8	0,7	0,4	0,33	0,7	0,6	0,65
K	NT	NT	0,20-0,30	0,26	NT	0,8	NT
Na	NR	NT	0,15	0,06	NR	NT	NT
Microminéraux (mg/kg)							
Cu	5	3	5	5	3	NT	NT
I	R	NT	NT	1,1	1,1	1	NT
Fe	30-60	150	85	30	NT	NT	NT
Mn	10	12	7	2,4	12	NT	NT
Se	NT	NT	NT	0,25	0,15	R	NT
Zn	37	15	20	20	15	NT	NT

R, Besoin reconnu mais pas quantifié ; NR, pas de besoin ; NT, pas testé.

# 3. Les besoins nutritionnels des poissons d'élevage

## 3.5. Minéraux et oligo-éléments

Les oligo-éléments minéraux, et en particulier le manganèse, le cuivre, le zinc, le fer et l'iode, bien que stables, sont, comme les vitamines, présents en quantité très variable dans les matières premières.

Ils sont de façon systématique dans les compléments pour poissons d'eau douce; ils sont beaucoup moins utiles chez les poissons marins qui trouvent aisément la presque totalité des minéraux dont ils ont besoin dans l'eau de mer.

Leur toxicité pourrait être considérable en cas d'excès et leur taux maximal d'incorporation est fixé pour certains d'entre eux (ex: cuivre).

## 4. Digestibilité des aliments et rejets

La pisciculture, comme tous les élevages, pollue le milieu. La pollution au sens restreint correspond à la décharge de cadavres, de produits de traitements, d'aliments non consommés, de déjections fécales et d'excrétions. Nous nous limitons à ces trois dernières composantes.

La difficulté majeure que rencontrent les pisciculteurs pour alimenter leurs animaux est l'ajustement de la ration aux besoins. Compte tenu de la difficulté d'observation des poissons, il est beaucoup plus difficile que dans les élevages terrestres de connaître l'effectif présent ou le poids moyen et de suivre le comportement alimentaire.

Des variations brusques et inexplicables d'appétit compliquent encore souvent le problème. Par suite de ces difficultés, beaucoup d'éleveurs nourrissent en excès, ne pouvant se rendre compte de leur erreur qu'au moment de la capture des poissons.

## 4. Digestibilité des aliments et rejets

Pour limiter ce type de gaspillage, les fabricants disposent de plusieurs armes: ils peuvent faire en sorte que leurs aliments soient mieux acceptés, plus appétibles. Pour cela un choix judicieux des matières premières s'impose, sachant que le caractère attractant des matières premières varie selon les espèces.

Le procédé technologie que fabrication joue aussi un rôle majeur: quand les granulés sont trop durs, ils sont mal acceptés par certaines espèces, quand ils sont trop friables, une part non négligeable peut être répandue sur l'eau sans être ingérée ou être rejetée au travers des ouïes.

Des granulés flottants, dont il est facile de vérifier la consommation, ont également été mis au point dans le but de faciliter le contrôle de l'ingestion.

Ces précautions demeurent cependant peu efficaces si on ne distribue pas de justes rations, ce qui suppose connaissance à la fois des besoins des poissons et des caractéristiques des régimes.

## 5. Pollution par les rejets fécaux et urinaires

Les rejets les plus nocifs pour l'environnement sont les substances organiques en suspension et les déchets azotés ou phosphorés solubles.

Les substances organiques en suspension proviennent des composants non digérés, et principalement des amidons crus et des composés cellulosiques ou fibres.

L'azote dissous provient à la fois de l'urine et des excrétions branchiales et des protéines fécales qui sont rapidement transformées par les bactéries aquatiques. Pour réduire les rejets fécaux, il n'existe qu'un moyen, augmenter la digestibilité de l'azote, c-à-d choisir des sources de protéines très digestibles.

## 5. Pollution par les rejets fécaux et urinaires

Les farines de poisson constituent la principale source de protéines digestibles et leur qualité a encore été améliorée par les fabricants, qui ont optimisé les moyens de séchage.

Les farines LT (*Low temperature*) constituent de nos jours les meilleurs produits disponibles de ce point de vue. Pour minimiser la part d'azote excrétée par les reins et les branchies, c-à-d digérée mais utilisée à des fins énergétiques et non retenue sous forme de protéines corporelles, plusieurs voies sont possibles.



## 5. Pollution par les rejets fécaux et urinaires

On peut chercher à améliorer la valeur biologique par optimisation de l'équilibre des AA essentiels (et les farines de poisson sont, à ce point de vue aiss, excellentes); on peut aussi augmenter l'apport énergétique, ou encore réduire la ration jusqu'à une valeur limite.

C'est pourquoi, dans le cas des salmonidés du moins, les aliments dits peu polluants sont relativement pauvres en protéines, très bien équilibrés, mais riches, voire très riches en huile (*quelquefois plus de 30%*).

Ils doivent être rationnés de façon stricte sous peine de perdre leur intérêt « antipollution » et surtout entraîner un engraissement excessif de la chair. Notons que ces aliments très concentrés permettent aussi d'obtenir d'excellents indices de consommation.



## 5. Pollution par les rejets fécaux et urinaires

Les rejets phosphorés sont une autre source de détérioration du milieu par la fertilisation inopportune qu'ils provoquent.

L'apport alimentaire est presque toujours en large excès, du moins quand on a recours aux farines animales.

On réduit les rejets phosphorés, comme les rejets azotés, en augmentant les huiles au détriment des farines de poisson et en choisissant des farines spéciales pauvres en centres.

