

CIRAD-EMVT
10, rue Pierre Curie
94704 MAISONS-ALFORT Cedex

Institut National Agronomique
Paris-Grignon
16, rue Claude Bernard
75005 PARIS

Ecole Nationale Vétérinaire
d'Alfort
7, avenue du Général de Gaulle
94704 MAISONS-ALFORT Cedex

Muséum National d'Histoire Naturelle
57, rue Cuvier
75005 PARIS

DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS CHAUDES

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

ALIMENTATION COMPAREE DES POISSONS ET DES VOLAILLES

par

Olivier PATOUT

année universitaire 1994-1995

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	3
RAPPELS PHYSIO-ANATOMIQUES	4
1) GENERALITES	4
a) <i>Phylogénèse</i>	4
b) <i>Embryologie et mise en place du tube digestif</i>	4
c) <i>Autres particularités</i>	4
2) ANATOMIE COMPAREE DE L'APPAREIL DIGESTIF DES POISSONS ET DES OISEAUX	6
<i>Le bucco-pharynx</i>	6
<i>L'oesophage</i>	6
<i>L'estomac</i>	6
<i>L'intestin</i>	7
<i>Le gros intestin, le rectum et le cloaque</i>	7
BASES DE L'ALIMENTATION.....	8
1) METABOLISME ENERGETIQUE.....	8
a/ <i>Schéma de l'utilisation de l'énergie</i>	8
b/ <i>Choix d'une unité énergétique et sources d'énergie</i>	9
c/ <i>Rôles nutritionnels des lipides et des glucides</i>	10
<i>Les acides gras essentiels. A.G.E.</i>	10
<i>Les glucides</i>	10
<i>Digestibilité des lipides et glucides</i>	11
2) LE METABOLISME PROTEIQUE.....	11
a/ <i>Besoin en acides aminés</i>	11
b/ <i>Notion d'acide aminé limitant et interaction entre acides aminés</i>	12
c/ <i>Digestibilité des protéines et acides aminés</i>	13
3) METABOLISME MINERAL.....	13
a) <i>Les macroéléments</i>	13
b) <i>Les oligoéléments</i>	14
c) <i>La disponibilité des minéraux</i>	16
4) LE ROLE NUTRITIONNEL DES VITAMINES.....	16
a) <i>Les vitamines liposolubles</i>	16
b) <i>Les vitamines hydrosolubles</i>	17
① <i>Les vitamines coenzymes de transfert</i>	17
② <i>Les vitamines coenzymes d'oxydo-réduction</i>	18
c) <i>Autres vitamines ou facteurs de croissance</i>	19
APPORTS ET RECOMMANDATIONS.....	20
1) EXEMPLE DE COMPARAISON DE BESOIN ENTRE LE POULET ET LE TILAPIA.....	20
2) GENERALISATION ET COMMENTAIRES.....	22
a) <i>L'énergie</i>	22
b) <i>Les protéines et les acides aminés</i>	23
c) <i>Les minéraux et vitamines</i>	23
3) CARENCES ET TOXICITE.....	24
a) <i>Les acides aminés</i>	24
b) <i>Les acides gras essentiels ou AGE</i>	24
c) <i>Les minéraux</i>	25
d) <i>Les vitamines</i>	27

PRATIQUES DE L'ALIMENTATION.....	29
1) LES MATIERES PREMIERES ET FACTEURS ANTINUTRITIONNELS.....	29
<i>a) Composition des régimes.</i>	29
<i>b) Les facteurs antinutritionnels.</i>	29
2) LES ADDITIFS.	31
<i>a) Les substances médicamenteuses.</i>	31
<i>b) Les antioxydants.</i>	32
<i>c) Les pigments.</i>	32
3) APPLICATIONS.	33
<i>a) Les granulés.</i>	33
<i>b) Les rythmes de distributions et rationnement.</i>	33
CONCLUSION.	34
BIBLIOGRAPHIE.....	35

INTRODUCTION.

Les poissons et les volailles sont des productions animales en plein essor et très prometteuses surtout dans les pays en voie de développement où les protéines destinées à l'alimentation humaine sont toujours déficitaires.

Ces animaux se caractérisent par de forts potentiels de croissance et une réelle efficacité à transformer les aliments. Alors que l'alimentation des volailles est parfaitement maîtrisée au moins sous nos climats, il paraît intéressant de dresser un parallèle avec les poissons où les données alimentaires sont nettement moins précises.

Dans un premier temps, les bases de l'alimentation seront comparées afin de dégager les particularités de chacun des deux métabolismes. Ensuite à partir d'un exemple (poulet / tilapia) nous tenterons de mettre en lumière les principales différences des besoins quantitatifs et de leur répercussion sur les pratiques alimentaires

RAPPELS PHYSIO-ANATOMIQUES

1) Généralités

a) Phylogénèse

Les poissons et les oiseaux sont des vertébrés et les relations phylogénétiques entre la superclasse des poissons et la classe des oiseaux restent hypothétiques. Toutefois il est certain que les Chondrichthyens constituent une lignée évolutive particulière en ce sens qu'ils ont eu peu de descendants. Par contre, ces relations sont bien établies chez les Tétrapodes qui sont tous issus de certains Osteichthyens. Tandis que Reptiles et Amphibiens descendent en ligne directe de ceux-ci, les Oiseaux et les Mammifères ont les reptiles comme ancêtre commun.

Dans la synthèse, le terme de poisson désignera la classe des Osteichthyens mais plus précisément le groupe des Téléostéens qui représentent actuellement près de 20 000 espèces difficiles à classer (à comparer aux 8600 espèces d'oiseaux). Les volailles sont des oiseaux domestiques élevés pour la chair ou la production d'oeufs.

b) Embryologie et mise en place du tube digestif

Les téléostéens et les oiseaux ont des oeufs de type télolécithes à segmentation partielle dont l'oeuf de poule est le modèle. La gastrulation met en place l'endoblaste sous forme d'une lame qui repose sur la masse vitelline. Ce feuillet endoblastique s'étale progressivement à la surface du vitellus et l'entoure complètement d'un sac vitellin. L'embryon en se soulevant entraîne avec lui la partie dorsale de l'endoblaste qui se différencie en intestin primitif fermé en cul de sac à ses deux extrémités. L'extrémité antérieure accolée à l'épiblaste stomodéal forme la membrane pharyngienne et l'extrémité postérieure accolée à l'épiblaste proctodéal forme la membrane cloacale. L'intestin primitif reste relié au vitellus par le cordon vitellin.

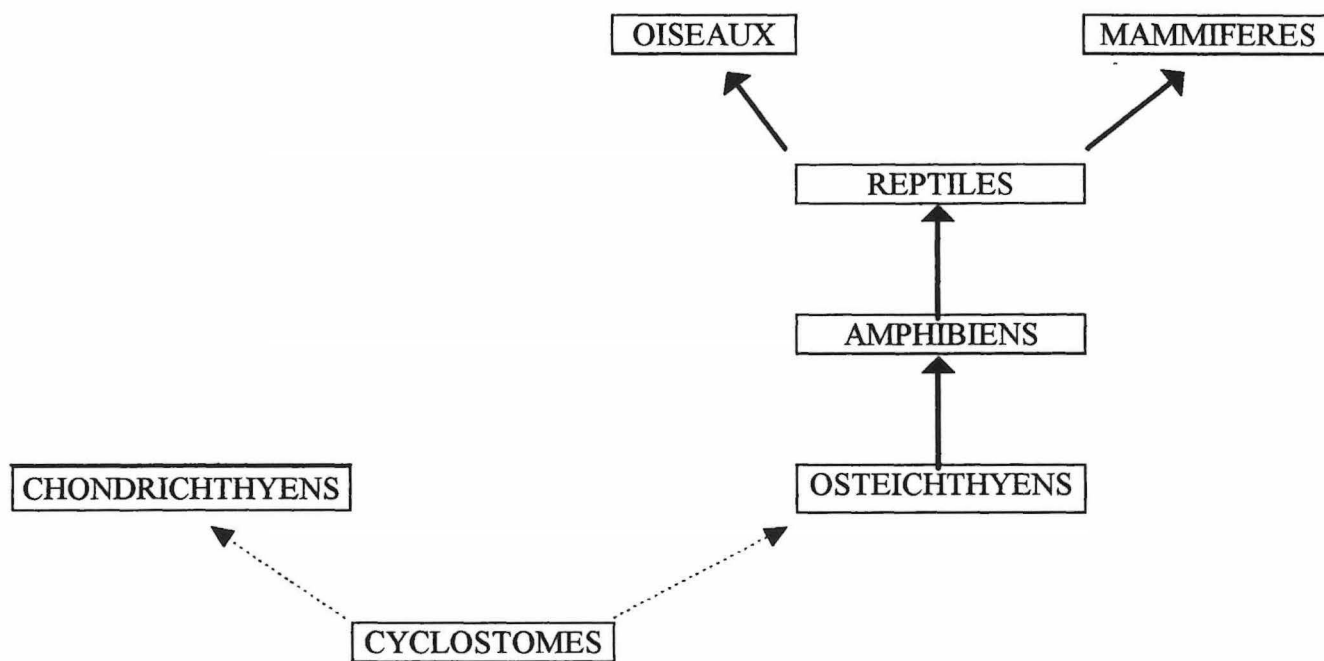
c) Autres particularités

Les poissons vivent dans un milieu aquatique stable, sont poïkilothermes (différence entre les poissons d'eau chaude et poissons d'eau froide) et possèdent un épiderme de faible épaisseur, avec des cellules épidermiques vivantes et des formations glandulaires isolées (cellules à mucus). Leur corps est recouvert de formations dermiques osseuses : les écailles.

Les oiseaux affrontent le milieu terrestre et sa grande variabilité, sont homéothermes (température rectale aux environs de 41 à 42 °C). Leur épiderme est composé de couches cornées épaisses, recouvert de phanères caractéristiques : les plumes et dépourvu de glande sudoripare.

<i>Super-classe</i>	<i>Sous-embranchement</i>	<i>Classe</i>	
Agnathes		Cyclostomes	
	Poissons	Chondrichthyens Osteichthyens	Anamniotes
Gnathostomes	Tétrapodes	Amphibiens	Amniotes
		Reptiles	
		Oiseaux	
		Mammifères	

- Classification des vertébrés



- Relations phylogénétiques entre les 7 classes de vertébrés.

2) Anatomie comparée de l'appareil digestif des poissons et des oiseaux

Le bucco-pharynx

Il constitue la partie antérieure des voies digestives et respiratoires à épithélium stratifié, d'origine épiblastique et à musculature striée. On distingue :

chez les poissons

- des replis cutanés ou lèvres
- des dents buccales et pharyngiennes
- une langue rudimentaire sans musculature
- l'appareil respiratoire branchial

chez les oiseaux

- un bec formé de deux étuis cornés
- une langue en forme de triangle étroit plus ou moins musculeuse et cornée
- des glandes salivaires (mucus, amylases et bicarbonate)
- deux fentes palatines, l'une antérieure communique avec les fosses nasales et l'autre postérieure avec les trompes d'Eustache

L'oesophage

C'est un court canal de transit à épithélium stratifié cylindrique avec des cellules ciliées et muqueuses chez les poissons et pavimenteux et kératinisé chez les oiseaux. L'oesophage se différencie en deux évaginations très particulières :

- la vessie natatoire des poissons qui joue un rôle hydrostatique, respiratoire et auditif
- le jabot des oiseaux qui sert de stockage des aliments et de sécrétion de lait de jabot pour le pigeon.

L'estomac

C'est une dilatation musculaire et glandulaire du tube digestif à épithélium simple, prismatique et muqueux qui s'invagine dans le chorion en une multitude de glandes tubuleuses sécrétant la pepsine et l'acide chlorhydrique. Ces dernières sont plus nombreuses dans le corps, partie antérieure de l'estomac des poissons (s'oppose au pylore). Il est à noter que certains poissons tels les Cyprinidés (carpe...) ont une absence totale d'estomac qu'ils compensent par une activité supérieure des enzymes pancréatiques et une adsorption de celles-ci sur la muqueuse intestinale.

L'estomac des oiseaux est partagé en deux parties distinctes :

- la partie antérieure ou ventricule succenturié (proventricule) est l'estomac glandulaire qui sécrète le pepsinogène et l'acide chlorhydrique.
- la partie postérieure musculaire ou gésier qui contient des gravillons pour broyer et mélanger le chyme.

La digestion des aliments s'effectue à pH acide ($\text{pH} = 2$) et la pepsine des oiseaux est plus thermostable car leur température corporelle est très élevée.

L'intestin

Il est allongé et contourné à épithélium simple avec des cellules caliciformes à mucus, des cellules glandulaires séreuses et des cellules absorbantes à bordure en brosse. Les poissons possèdent des caeca pyloriques, évaginations de la muqueuse intestinale juxta-pylorique qui constituent des dispositifs absorbants supplémentaires surtout pour les carnivores. L'intestin des oiseaux offre une plus grande surface d'échange grâce aux nombreuses villosités intestinales.

L'intestin est le siège des processus ultimes de la digestion et le lieu de l'absorption. Les enzymes pancréatiques sont présentes chez les deux groupes d'animaux : protéases (trypsine...), lipases et émulsion des lipides par les sels biliaires, amylases. Par exemple, l' α 1-4 glucosidase très efficace des oiseaux est présente chez les poissons mais son activité est variable selon le régime alimentaire (herbivore, carnivore).

La longueur de l'intestin est fonction aussi du régime alimentaire et toute proportion gardée celui des poissons herbivores ou omnivores (deux à trois fois la longueur du corps) serait comparable à celui des oiseaux (1.20 m et 2 à 3 % du poids vif chez le poulet).

Le gros intestin, le rectum et le cloaque

Mal défini chez les poissons (absence de valvule iléo-caecale), le gros intestin se termine chez les oiseaux par des caeca dont le rôle digestif est flou malgré la présence du flore bactérienne importante. On note chez les poissons des cellules glandulaires dans le rectum qui pourrait jouer un rôle sur les lipides ?

Le tube digestif se termine par le coprodeum dans le cloaque avec aussi les voies urinaires et génitales dans l'urodeum, le tout débouchant dans le proctodeum des oiseaux . Les trois voies sont indépendantes chez les poissons et l'ensemble des trois orifices cutanés forme la papille.

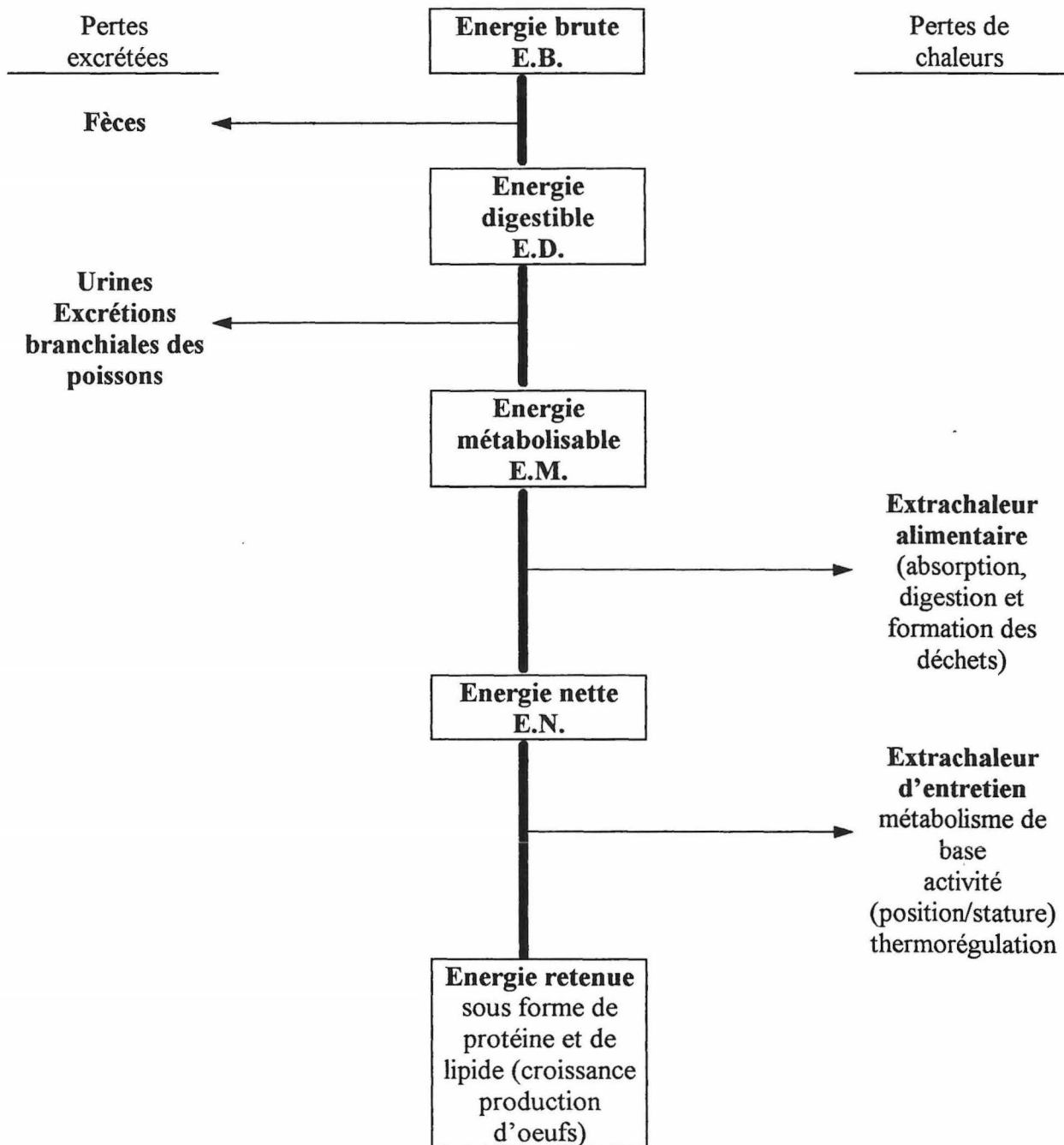
Pour terminer, le transit intestinal est assez court pour les oiseaux (10-12 heures pour le poulet) et apparemment plus long chez les poissons malgré une variation énorme de la durée (4-5 heures à plusieurs jours) en fonction de la température de l'eau.

Du point de vue strictement anatomique, les volailles paraissent posséder un tube digestif plus complet mais qui ne cache pas forcément une supériorité digestive.

BASES DE L'ALIMENTATION.

1) Métabolisme énergétique.

a/ Schéma de l'utilisation de l'énergie.



La répartition de l'énergie chez les poissons et les volailles est sensiblement la même (excepté l'excrétion branchiale) jusqu'à l'énergie métabolisable.

Les principales variations dans le flux énergétique résident dans les pertes de chaleurs.

- L'extrachaleur alimentaire est plus forte chez les oiseaux (désamination et excrétion de l'azote sous forme d'acide urique dont le coût de la synthèse s'élève à 2,4 kcal / g) que chez les poissons qui ont la possibilité de rejeter directement dans l'eau, sans synthèse supplémentaire, les catabolites du métabolisme protéique sous forme d'ammoniaque (NH₃). Chez les poissons, elle augmente considérablement avec l'augmentation du taux protéique de la ration. Alors que chez les oiseaux, cette thermogenèse ne semble pas liée à la nature des ingérés (mais plutôt à un effet des nutriments sur le tonus du système nerveux sympathique).
- La production de chaleur d'entretien est beaucoup plus faible chez les poissons car ils ne régulent pas leur température corporelle et le maintien de leur position est plus facile dans l'eau (milieu porteur). On évalue le besoin d'entretien à 4,5 à 9 P^{0,8} kcal / poisson / jour au lieu des 80 P^{0,75} kcal / jour pour l'animal de référence des volailles, le coq adulte (*Gallus gallus*). En aviculture, l'état d'emplumement peut influencer profondément les pertes thermiques (augmentation de 50 % des pertes) ; les plumes représentent 5 à 7 % du PV.

L'énergie d'entretien des poissons est égale à environ 1/10 de celle des homéothermes.

Donc l'énergie nette des poissons est beaucoup plus forte que celle des volailles car :

- plus faible extrachaleur alimentaire,
- plus faible besoin d'entretien,

mais la part d'énergie retenue chez les poissons ne semble pas supérieure.

b/ Choix d'une unité énergétique et sources d'énergie.

L'évaluation de la valeur énergétique des matières premières nécessite le choix d'une énergie bien corrélée à l'énergie nette. Chez les volailles, étant donnée la difficulté de mesurer séparément urine et fèces, on a retenu l'énergie métabolisable (E.M.).

Chez les poissons, l'énergie digestible (E.D.) et l'énergie métabolisable sont utilisées mais pour des raisons de facilité, la plupart des auteurs retiennent E.D. car chez les poissons, la part d'énergie des fèces est beaucoup plus importante et celle des excréments urinaires et branchiaux est plus faible que l'énergie urinaire excrétée par les oiseaux.

L'E.M. ne doit être considérée que dans les cas de régimes équilibrés, de plus, dans les deux cas, l'énergie brute des aliments, qui varie en fonction de leur composition, peut servir de critères analytiques de base dans l'estimation de la valeur énergétique des aliments.

- 1 g de glucide apporte 4,11 kcal
- 1 g de lipide apporte 9,44 kcal
- 1 g de protéine apporte 5,64 kcal

Ainsi, en fonction de la digestibilité de chaque composant, l'énergie sera essentiellement apportée sous forme de glucide et de lipide chez les volailles et de lipide et de protéine chez les poissons. En effet, les glucides sont une source d'énergie variable selon les espèces (50% de l'E.B. digéré chez la truite, 70% chez la carpe).

Les volailles et les poissons digèrent très mal les fibres et leur incorporation augmente la quantité de fèces et donc baisse l'énergie utilisable par l'animal.

De ce fait, la source d'énergie principale chez les volailles sont les glucides et les lipides chez les poissons (surtout chez les espèces marines incapables d'utiliser les glucides) leur différent taux d'incorporation est l'une des différences fondamentales de la formulation alimentaire.

c/ Rôles nutritionnels des lipides et des glucides.

• Les acides gras essentiels. A.G.E.

Les lipides alimentaires apportent les A.G.E., non synthétisables par l'animal, et indispensables à sa croissance et son développement. Ils permettent aussi l'absorption des vitamines liposolubles (A D E K).

Ainsi, les volailles et les poissons ne peuvent synthétiser *de novo* l'acide linoléique [18 - 2 - (n-6) ou $\omega 6$] et l'acide linoléique linoléique [18 - 2 - (n-3) ou $\omega 3$].

Chez les volailles, l'acide linoléique est l'acide gras susceptible de poser le plus de problèmes notamment à causes de ses dérivés (acide arachidonique).

Chez les poissons, les besoins diffèrent selon que l'on s'adresse aux poissons d'eau douce ($\omega 3$ - $\omega 6$) ou aux poissons d'eau salée ou saumâtre avec les acides eicosapentaténoïque [20 - 5 -(n-3) ou EPA] et acide docosahexaénoïque [22 - 6 - (n - 3) ou DHA]. Cela est fonction de leur capacité à modifier les AG (désaturation, allongement des chaînes carbonées) par leur métabolisme.

Les acides gras sont les composants des phospholipides qui jouent un rôle biologique dans la constitution des membranes cellulaires, les précurseurs des eicosanoïdes (Prostaglandines) et le transport des lipides. Il est à noter l'importance des dérivés des AGE de la série $\omega 3$ dans la régulation de la viscosité interne des poissons qui adaptent leur composition en phospholipides des membranes à un changement de température de l'environnement. Le ratio (phosphatidyl éthanolamine / phosphatidyl choline) indique la propension des poissons à s'adapter à un changement environnemental de température. Ce ratio augmente pour une adaptation à un refroidissement brutal de l'eau (et diminue pour un réchauffement).

• Les glucides.

Outre leur rôle de précurseurs d'acides aminés et d'autres métabolites intermédiaires, les glucides sont surtout utilisés dans l'alimentation en tant que fournisseurs de glucose, substrat de l'oxydation cellulaire (1 glucose donne 38 ATP).

Chez les oiseaux, la glycémie est l'une des homéostasies les plus indispensables au maintien de leur température. Elle est d'environ 2 g/l et sous contrôle de l'insuline, hormone hypoglycémisante, lipogénique et glycogénique.

Chez les poissons, le besoin en glucides est mal élucidé mais les enzymes de la digestion et du métabolisme glucidique sont présentes (voie des pentose, glycolyse, glucogénèse). La régulation métabolique et hormonale des glucides est très différente et très variable. Par exemple, le test au glucose indique après une administration orale de glucose une hyperglycémie et une insulinoémie correspondante à celle d'un diabète non insulino-dépendant c-à-d les récepteurs des poissons à l'insuline sont moins performants mais cela n'est ni dû à une mauvaise liaison insuline / récepteur ni à une mauvaise décharge de l'hormone.

Enfin, chez des espèces d'eau chaude qui utilisent mieux l'amidon, il semble nécessaire d'apporter des glucides dans le régime pour obtenir un meilleur taux de croissance (comparé à un régime uniquement lipidique).

- **Digestibilité des lipides et glucides.**

La digestibilité des lipides est meilleure chez les poissons avec un taux de digestion de 85-95%. Elle est au maximum de 85% chez les volailles. Elle est aussi très variable en fonction de la nature des graisses animale ou végétale.

<i>Digestibilité des graisses</i>	<i>Graisse végétale : huile</i>	<i>Graisse animale : suif</i>
Poisson	> 90%	70%
Volaille	80 à 85%	50 à 60%

Chez la jeune volaille, la digestibilité de toutes les matières grasses est particulièrement médiocre surtout pour les acides saturés (limitation des micelles/sels biliaires) et un taux d'incorporation ne doit pas dépasser 5% chez le jeune.

Chez les poissons, il y a peu de variation et la digestibilité des graisses animales augmente avec la température, et la digestibilité des A.G. à longue chaîne augmente avec le degré d'insaturation.

Au contraire, la digestibilité des glucides (amidon pour l'essentiel) est bien supérieure chez les volailles avec un taux atteignant 97%.

Les poissons sont beaucoup moins efficaces et ont des taux de moins de 50% chez les carnivores d'eau froide et de plus de 70% chez les poissons d'eau chaude. L'amidon cuit est plus digestible. Il est à noter une baisse de la digestibilité quand l'apport d'amidon augmente dans la ration, une variation de l'activité des amylases en fonction du type et de la quantité de glucides. Enfin, une teneur trop élevée en glucide diminue l'E.M. de la ration.

2) Le métabolisme protéique.

Les produits de la digestion des protéines sont absorbés sous la forme d'acides aminés libres et de peptides absorbés par les cellules de la muqueuse où ils sont hydrolysés en acides aminés.

a/ Besoin en acides aminés.

Les poissons et les volailles ont besoins d'acides aminés essentiels non synthétisables et d'acides aminés non indispensables mais qui aide à la synthèse protéique. Les 20 acides aminés sont utilisés par de nombreuses réactions : interconversion entre acides aminés, néoglucogénèses, céto-génèse, oxydation ...

On peut dire pour simplifier que volailles et poissons ont besoins de 10 acides aminés essentiels (indispensables et semi-indispensables) : arginine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, méthionine, phénylalanine, thréonine, tryptophane et valine.

Il faut apporter un mélange de protéines et d'acides aminés qui satisfait exactement le besoin de l'animal en chacun des acides aminés (notion de protéine idéale). Ainsi, il faut bien choisir les matières premières qui ont des teneurs très différentes . Le déséquilibre de certaines protéines contenant un fort taux d'un acide aminé (leucine) peut affecter l'assimilation d'autres acides aminés.

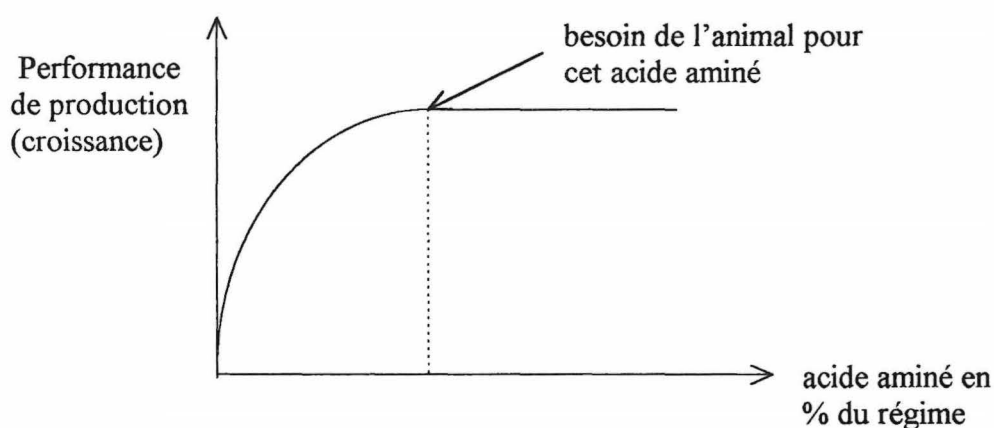
Par exemple, la farine de poisson a une balance d'acides aminés très proche des besoins des poissons, d'où son utilisation massive en pisciculture.

Pour abaisser la teneur en protéine brute du régime, on peut employer des acides aminés industriels (méthionine, tryptophane, thréonine, lysine) afin de rééquilibrer la balance en acide aminé. Cependant, chez les poissons, les taux de croissance sont diminués avec des repas riches en acides aminés libres comparés aux repas contenant les mêmes acides aminés sous

forme de protéine. Il existe aussi beaucoup de variations interspécifiques des besoins d'acides aminés à cause des différences des taux de croissances et des sources d'acides aminés et enfin, il est reconnu que seulement 30 à 40% de l'azote alimentaire est fixé pendant la croissance des poissons.

b/ Notion d'acide aminé limitant et interaction entre acides aminés.

Lorsqu'un animal en production reçoit par son alimentation une certaine quantité de chacun des acides aminés, il exprime une performance de production correspondant à l'apport de l'acide aminé le plus limitant pour son besoin. Cette situation de déficit amène à supplémenter chez les volailles avec l'acide aminé limitant primaire afin d'augmenter les performances au niveau d'un deuxième acide aminé qui devient alors facteur limitant secondaire.



Chez les poissons, il semblerait qu'une supplémentation avec l'acide aminé limitant secondaire ou les suivant réduisent les effets du déficit de l'acide aminé limitant primaire sans que les besoins ne soient couverts.

Le devenir des principaux acides aminés est le même chez les volailles et les poissons. La méthionine alimentaire est transformée en cystéine donc si les besoins en méthionine sont couverts, les besoins totaux en acides aminés soufrés sont respectés. La D méthionine est transformée par la D amino acide oxydase (flavoprotéine) en L méthionine de façon équimolaire, ce qui permet d'utiliser la méthionine hydroxy analogue industrielle (dérivé de D méthionine).

Les acides aminés aromatiques suivent la même voie de dégradation (phénylalanine → tyrosine → Hormones thyroïdiennes ...) donc la présence de tyrosine dans le régime diminue le besoin en phénylalanine.

Dans les situations de déséquilibre, il faut distinguer les cas d'antagonisme entre acides aminés : excès d'un acide aminé entraîne des carences en d'autres acides aminés ou augmente leur besoins :

Le plus connu, notamment chez les volailles, l'antagonisme lysine - arginine n'est pas évident chez les poissons. Il apparaît que la croissance ne soit pas affectée par un excès de lysine ou une faible carence en arginine. Par contre, chez la volaille, l'excès de lysine induit une activité arginasique rénale très élevée qui conduit à une excrétion anormalement élevée en arginine et à une baisse de croissance.

Les données sur l'antagonisme entre acides aminés ramifiés ne sont pas claires et inconstantes entre les espèces de poissons et des variations de leucine, valine alimentaires ont des répercussions sur l'isoleucine, leucine et valine plasmatiques mais sans signes d'atteinte

particulière sur les performances des poissons alors que chez les volailles, l'excès de leucine entraîne une baisse d'appétit et un retard de croissance supprimés par la supplémentation en isoleucine et valine.

c/ Digestibilité des protéines et acides aminés.

<i>Digestibilité moyenne</i>	<i>Lysine</i>	<i>AA souffrés</i>	<i>Thréonine</i>	<i>Protéine</i>
Volaille	82,4	83	83	85%
Poisson	91	88,8	82,3	89%

La valeur nutritionnelle d'une protéine alimentaire dépend essentiellement de sa composition en acide aminés. Mais dans un aliment composé, où les protéines sont associées à des glucides qui les protègent de l'action enzymatique, cette relation n'est plus vraie, et la digestibilité diminue, surtout chez les poissons. Dans le tableau figure la digestibilité réelle moyenne des protéines et de 3 acides aminés à partir de différentes matières premières.

En général, les protéines sont très digestibles chez les deux groupes d'animaux avec une plage de variation suivant les espèces (75 à 95%). Il faut cependant noter une diminution de la digestibilité chez les volailles quand l'apport en protéine augmente trop.

La digestibilité varie en fonction de l'âge (les jeunes seraient plus performant surtout le poulet), les hautes températures diminuent la digestibilité des volailles et a peu d'effet sur les poissons. Chez ces derniers, la salinité n'influe pas non plus sur la digestibilité des protéines.

3) Métabolisme minéral.

Le transport, la régulation de l'équilibre acido-basique, l'osmorégulation, le potentiel de charge électrique des minéraux imposent une ionisation de ces éléments par l'eau. L'eau, constituant corporel principal, assure donc les grandes fonctions de l'organisme et différencie les volailles et les poissons. Les volailles possèdent un grand nombre de systèmes régulateurs qui tendent à maintenir constantes les proportions d'eau au sein de chacun des tissus et des liquides extracellulaires. L'abreuvement est leur source principale (73% contre 12 à 15% pour l'eau métabolique). Chez ces dernières, les pertes par excrétion urinaire, respiratoire, l'évaporation cutanée et les productions sont considérables et l'apport d'eau (quantité égale à deux fois celle de l'aliment) est un souci constant de l'éleveur de volailles surtout en régions chaudes. Les poissons ont les mêmes exigences métaboliques mais le milieu dans lequel ils évoluent (nuance chez les poissons d'eau salée) couvre tout leur besoin.

a) Les macroéléments.

- Le calcium

Il joue un rôle dans la formation du squelette, les contractions musculaires, la transmission neuronale (influx nerveux), la coagulation et l'équilibre acido-basique. C'est aussi un activateur enzymatique. Chez les volailles, il entre pour 94% dans la composition de la coquille de l'oeuf sous forme de carbonate de calcium soit 37% de calcium.

L'écaille des poissons est un des sites les plus importants de sa fixation et de son métabolisme. Les branchies sont les sites principaux de régulation et il est absorbé par l'épithélium buccal et intestinal (poisson marin). Chez les volailles, il y a absorption intestinale et transport plasmatique lié à la calcium binding protéine (CaBP) sous influence de la vitamine D3. La régulation est sous contrôle de la parathormone (PTH) hypercalcémisante et secondairement de

la calcitonine hypocalcémisante.

Sa source principale est d'origine alimentaire. La poule présente un appétit spécifique pour le calcium que l'on apporte séparément sous forme de coquille d'huître broyée ou de carbonate de calcium. Les poissons ont la possibilité d'absorber directement le calcium à partir du milieu aquatique et cela de manière totale s'il y a carence.

- **Le phosphore**

Il entre aussi dans la formation du squelette, la composition des phospholipides membranaires et des acides nucléiques. Il participe au métabolisme énergétique par les phosphorylations oxydatives et la synthèse d'ATP.

Absorbé dans l'intestin, le phosphore est régulé chez les volailles par la PTH qui favorise la phosphatémie. L'action de la vitamine D3 influe peu.

Il est apporté par l'alimentation même pour les poissons car le milieu aquatique est pauvre et les risques d'eutrophisation des eaux est d'autant plus élevé que les excès sont importants. Les meilleures sources sont le phosphate minéral ou le phosphate inorganique. Il faut souligner le problème des phytates qui bloquent la disponibilité du phosphore végétale.

- **Le magnésium**

Cofacteur enzymatique (phosphokinase), il participe aux réactions mettant en jeu l'ATP dans l'activité musculaire. Il joue un rôle dans l'adaptation respiratoire des poissons d'eau froide.

Absorbé dans l'intestin, il bénéficie d'une forte réabsorption rénale chez les volailles et d'une possibilité d'absorption à partir de l'eau chez les poissons.

Le taux de fixation du magnésium minéral (76%) est supérieur à celui des farines animales (54%). En général, les matières premières utilisées sont riches et la supplémentation facultative.

- **Sodium, potassium, chlore**

Le sodium et le chlore sont les ions des fluides extracellulaires et le potassium est le principal cation intracellulaire. Le chlore est l'anion du sang et du suc gastrique. L'osmorégulation est assurée par les pompes à sodium (Na^+/K^+ ATPase).

Les poissons ont une absorption intestinale et une régulation branchiale. Cette dernière est exacerbée en milieu marin où la salinité augmente le nombre de pompes Na^+/K^+ ATPases. Les oiseaux ont une réabsorption rénale permanente sous contrôle de l'aldostérone (absorption Na^+ et excrétion de K^+).

Les sources sont alimentaires (et aquatiques pour les poissons). En principe les aliments sont naturellement riches en sel. Le principal facteur de variation est le niveau énergétique de l'aliment des volailles qu'il faut compléter si la concentration énergétique est trop importante.

b) Les oligoéléments.

- **Le fer**

Élément essentiel de la respiration cellulaire, il a une activité oxydo-reductrice et participe aux transferts électroniques. Il est complexé aux protéines de la respiration (hémoglobine, myoglobine) qui servent au transport de l'oxygène par la structure de l'hème ; il est lié à des protéines telles que la transferrine, l'apoferritine... pour son transport et il est impliqué dans de nombreuses enzymes (catalases, cytochrome...).

L'absorption intestinale se fait sous l'état ferreux (Fe^{++}) mais les poissons peuvent aussi l'absorber par les branchies. En effet une concentration élevée de l'eau en sulfate de fer provoque une augmentation de l'hématocrite et du taux de croissance ?

Les meilleures sources sont les sulfates et chlorures de fer puis le citrate ferrique et le glycérophosphate ferrique.

- Le cuivre

Il intervient comme cofacteur enzymatique de nombreuses enzymes : cytochrome oxydase, tyrosinase, lysolooxydase, β -dopamine oxydase ... et aussi la monoamine oxydase chez les oiseaux. De plus le métabolisme cuprique des poissons est plus ou moins connu.

Plus de 95% du cuivre de l'organisme est transporté lié à la céruloplasmine. L'absorption est intestinale et l'excrétion biliaire chez les oiseaux. Les besoins sont couverts par l'alimentation et on doit veiller à la concentration de l'eau en sulfate de cuivre dont les teneurs de 0.8 à 1 mg/L sont très toxiques pour les poissons.

- Le zinc

C'est aussi un cofacteur de nombreuses métalloenzymes : hydrogénases, aldolases, peptidases, phosphatases et aussi la lactate deshydrogénase, anhydrase carbonique des volailles.

Le zinc alimentaire absorbé au niveau de l'intestin l'est plus efficacement que le zinc contenu dans l'eau. Il est excrété de façon importante par les branchies au moins chez la truite. Transporté et lié à l'albumine, il est excrété par le suc pancréatique des oiseaux. Les phytates réduisent son absorption et la meilleure source est le sulfate de zinc.

- Le manganèse

Cofacteur enzymatique de la pyruvate carboxylase, superoxydase et des enzymes assurant la glycosylation des glycoprotéines, le manganèse est un élément abondant dans les os et les mitochondries des oiseaux et excrété par la bile.

Le manganèse présente un antagonisme avec le fer donc il faut respecter les proportions de chacun. L'absorption alimentaire est plus efficace pour les poissons et le carbonate de zinc est la forme la plus mal utilisée.

- Le sélénium

Constituant de la glutathion peroxydase, il joue un rôle d'antioxydant des graisses et protège les membranes cellulaires.

Etant donné la faible digestibilité du sélénium d'origine animale (farine de poisson), les meilleures sources sont les selenites et la sélénométhionine.

- L'iode

Cet élément permet la synthèse des hormones thyroïdiennes (thyroxine et triiodothyronine). Les poissons absorbent l'iode via les pompes branchiales pour 80% et l'alimentation pour 19%. (le 1% restant provient du recyclage de la dégradation des hormones de la thyroïde).

Les glucosinolates (tourteau de colza) provoquent des symptômes de carence.

c) La disponibilité des minéraux.

La biodisponibilité des minéraux est très variable et dépend de l'espèce et de la nature des matières premières utilisés dans l'aliment.

<i>Disponibilité de l'élément chez les volailles</i>	<i>Céréales</i>	<i>Tourteaux</i>
fer	10 à 20 %	80 % (soja)
cuivre	70 à 90 %	50 % (soja) 60% (colza)
zinc	50 à 60 %	60 à 70 %
phosphore	30 % ? ▲ aux phytates	
manganèse	50 à 60 %	60 à 75 %

Chez les poissons, la biodisponibilité des minéraux est plus ou moins connue. La disponibilité du phosphore est importante car de trop grand rejet dans l'eau augmente les risques d'eutrophisation de l'eau surtout dans les écloséries. La biodisponibilité varie aussi en fonction de la forme sous laquelle est présenté le minéral. Par exemple chez la carpe le calcium lactate est mieux absorbé que le carbonate. La biodisponibilité du zinc serait inversement proportionnelle à la teneur en cendre de la farine de poisson.

4) Le rôle nutritionnel des vitamines.

Les principales fonctions des vitamines sont aujourd'hui bien connues chez les oiseaux et les poissons. Cependant chez ces derniers, les besoins sont plus ou moins bien définis et restent à être précisés. La classification des vitamines repose sur leur solubilité en milieu aqueux (vitamine hydrosoluble) ou dans les lipides (vitamine liposoluble). Les premières par leurs fonctions biochimiques variées ont toutes des actions de coenzymes. En revanche les secondes présentent des modes d'action différents. Les rôles des vitamines sont quasiment identiques chez les poissons et les oiseaux.

a) Les vitamines liposolubles.

Les vitamines A, D, E, K sont absorbées selon les mêmes mécanismes que les lipides et toute altération de ces lipides entraîne soit une hypovitaminose (rancissement) soit une hypervitaminose (lors de fort stockage d'acide gras).

- La vitamine A

Pouvant se trouver sous trois formes : le rétinol (alcool), le rétinal (aldéhyde), et l'acide rétinoïque, la vitamine A intervient dans la régénération de la rhodopsine, pigment rétinien indispensable à la vision. Elle maintient aussi au niveau de la peau, des muqueuses les sécrétions épithéliales et le mucus (rôle antidéshydratation). Elle permet sur un second plan (surtout chez les poissons) une meilleure croissance et reproduction et une résistance accrue aux infections.

L'absorption intestinale se fait à partir des formes alcool, ester et β carotène chez les oiseaux. Certains poissons assure la conversion entre la vitamine A1 (rétinol) et la vitamine A2 (3-dehydrorétinol). Le métabolisme des caroténoïdes en tant que précurseurs de vitamine A doit être vérifié pour les poissons : le poisson chat pourrait transformer 1 β carotène en 1 vitamine A2.

- La vitamine D

Les vitamines D2 ou ergocalciférol d'origine végétale et D3 ou cholécalciférol d'origine animale sont toutes les deux 25-hydroxylées dans le foie. Seule la vitamine D3 est 1-25 hydroxylée dans le rein et possède une activité biologique dans la mobilisation, le transport et l'absorption du calcium et du phosphore sous contrôle de la parathormone et de la calcitonine. Chez les poissons la vitamine D3 est plus efficace que la vitamine D2 qui peut être toxique lors d'excès et qui est presque inefficace chez les volailles.

- La vitamine E

Il existe 8 composés mais l' α tocophérol est le plus répandu et le plus actif pour les deux groupes d'animaux. Les vitamines E sont d'abord des antioxydants qui participent avec le sélénium à l'action de la glutathion peroxydase pour protéger les cellules contre les effets réactifs de l'oxygène et des initiateurs de radicaux libres détruisant les phospholipides membranaires insaturés.

Chez les volailles, elles interviennent dans la synthèse des protéines de l'hème (cytochrome, hémoglobine...). On les incorpore le plus souvent sous forme de gouttelette avec la vitamine A (acétate de D α tocophérol).

- La vitamine K

La vitamine K est la 2 méthyl 1-4 naphtoquinone et tous ses dérivés 3 substitués :

- la vitamine K1 ou phylloquinone d'origine végétale
- la vitamine K2 ou ménaquinone d'origine bactérienne
- la vitamine K3 ou ménadione d'origine synthétique

La vitamine K est indispensable à la synthèse hépatique comme précurseur commun des facteurs de coagulation VII, IX et X et active la prothrombine (facteur II).

Le rôle de la microflore intestinale dans la synthèse et l'absorption de la vitamine par les poissons n'est pas claire. On distribue la vitamine K sous forme de sel de ménadione (K3).

b) Les vitamines hydrosolubles.

① Les vitamines coenzymes de transfert.

- La vitamine B1 ou thiamine

Le pyrophosphate de thiamine joue le rôle de coenzyme dans le métabolisme des glucides (cycle de Krebs, glycolyse...) par action :

- d'une carboxylation oxydative (pyruvate $\Rightarrow$ α cétooglutarate)
- d'un transfert de groupement aldéhyde
- de transcétolisation (voie des pentoses)

Chez les volailles elle est également à l'origine de la synthèse des acides gras et stérols lors de la néolipogénèse.

- La vitamine B6 ou pyridoxine

La pyridoxine est active sous deux formes : le pyridoxal phosphate et la pyridoxamine phosphate. Elle intervient dans le métabolisme de nombreux acides aminés par transamination (alanine transférase ou ALAT aspartate transférase ou ASAT), décarboxylation, désamination et enfin dans la synthèse de neurotransmetteurs comme la sérotonine, la 5 hydroxy-tryptamine, l'acide γ butyrique ou GABA ...

- L'acide panthoténique

Cette vitamine est active sous forme de coenzyme A comme l'acyl coenzyme A. Parmi les acylcoenzyme A, l'acétyl coenzyme A est le plus important. Le coenzyme A est impliqué dans le métabolisme des glucides (acide pyruvique), des acides aminés et de la synthèse des acides gras.

On la distribue sous forme de D-panthoténate de calcium qui est plus actif (92%) que le DL-panthoténate de calcium (46%) chez les poissons.

- La biotine

La biotine agit sous forme d'adénosine pyrophosphate en tant que coenzyme spécialisé dans le transfert de radicaux CO₂ (carboxylation, décarboxylation). Elle intervient aussi dans la synthèse des acides gras à longue chaîne, d'acides aminés (glycine, méthionine) et des purines et enfin dans la dégradation de certains acides aminés comme la leucine.

Il faut signaler la « maladie du blanc d'oeuf » qui empêche l'absorption intestinale par liaison d'une glycoprotéine de l'albumen, l'avidine, avec la biotine.

- L'acide folique

C'est l'acide ptéroyl glutamique précurseur d'un ensemble d'enzymes, les ptéroprotéines assurant deux fonctions : le transfert et l'interconversion de groupements monocarbonés dans les réactions enzymatiques du métabolisme de certains acides aminés (histidine, glycine, sérine...) et dans la biosynthèse des purines et des pyrimidines.

- La vitamine B12

La forme biologiquement active est la cyanocobalamine, molécule de grand poids moléculaire (PM > 1355), associée à un atome de cobalt. Elle joue un rôle important dans la maturation et le développement des érythrocytes, mais surtout en tant que coenzyme du métabolisme des radicaux monocarbonés qui permet la méthylation de l'homocystéine en méthionine. Cette réaction intervient par exemple dans le recyclage de l'acide tétrahydrofolique. La vitamine B12 agit aussi dans le catabolisme des acides aminés ramifiés et dans la voie d'oxydation des acides gras.

On soupçonne une synthèse de cette vitamine par la microflore intestinale du tilapia, de la carpe, du poisson chat, et de la truite arc-en-ciel et cela en relation peut-être avec la présence de *Bacteroides* de type A chez ces poissons.

② Les vitamines coenzymes d'oxydo-réduction.

- La vitamine PP (Pellagra Preventive)

Elle se présente sous deux formes actives : l'acide nicotinique ou niacine et la nicotinamide. La vitamine PP est le groupement actif de 2 coenzymes :

- le coenzyme 1 ou nicotinamide adenine dinucleotide ou NAD
- le coenzyme 2 ou nicotinamide adenine dinucleotide phosphate ou NADP

Ils fonctionnent avec des apoenzymes spécifiques dans de nombreuses réactions de dégradation et de biosynthèse des glucides, des acides gras et des acides aminés par transfert de protons et d'électrons.

La vitamine PP a une double origine alimentaire et endogène par transformation du tryptophane. Cette réaction est absente chez certains salmonidés et beaucoup de poissons n'ont pas la capacité de synthèse de la niacine.

- La vitamine B2 ou riboflavine

Elle active sous forme d'esters phosphoriques : la flavine mononucléotide (FMN) et la flavine adénine dinucléotide (FAD). Ces deux coenzymes servent dans le transfert d'électrons des réactions d'oxydoréduction du métabolisme des cétoacides, des acides gras, des acides aminés et ils interviennent dans la chaîne respiratoire des mitochondries.

- La vitamine C ou acide ascorbique

La vitamine C facilement synthétisable chez les oiseaux n'a donc pas de caractère indispensable. Par contre les poissons sont incapables de synthétiser l'acide ascorbique à partir du D-glucose. La vitamine C est un puissant réducteur (système d'oxydo-réduction réversible avec le NADP). Elle facilite l'absorption du fer, minimise la peroxydation des lipides et assure la conversion de la proline en hydroxyproline et la lysine en hydroxylysine lors de la formation du collagène qui chez les poissons est le tissu de soutien des écailles. Toujours chez eux, la vitamine C protège les cellules de la phagocytose car les poissons produisent des radicaux oxygénés actifs contre les bactéries mais toxiques pour les macrophages ; elle augmente aussi leur réponse immunitaire.

Les besoins en vitamine C augmente avec la pollution (métaux lourds, pesticides) et la reproduction. Fait curieux, on ne parvient pas à la détecter avec les méthodes actuelle chez la femelle tilapia ?

c) Autres vitamines ou facteurs de croissance.

- La choline

Malgré son caractère vitaminique parfois contesté, la choline a trois rôles biologiques :

- constituant de la phosphatidyl choline qui entre dans la composition des phospholipides, lécithines et sphingomyelines des membranes cellulaires, des tissus nerveux...
- précurseur de l'acétylcholine, neurotransmetteur du système parasympathique
- précurseur de la betaine qui sert aux réactions de méthylation de l'homocysteine en méthionine et créatine en acide guanidoacétique.

Sa biosynthèse s'effectue dans le foie par méthylation de l'éthanolamine mais cela suppose un régime riche en méthionine (=> S adénosylméthionine), en sérine (=> éthanolamine) et en acide folique.

- Le myoinositol

Il se présente sous la forme de phosphatidyl inositol qui entre dans la composition des membranes cellulaires et a un rôle métabolique dans l'activation de 2 seconds messagers (système comparable à celui de l'adénylcyclase). Ce système contrôle les processus cellulaires tels que la sécrétion d'amylase, la libération d'insuline, la contraction des muscles lisses, la glycogénolyse hépatique, l'agrégation plaquettaire, la sécrétion d'histamine et la synthèse de l'ADN des fibroblastes et des lymphoblastes.

Il existe une synthèse intestinale chez la carpe (mais insuffisante pour le jeune carpeau) et une synthèse *de novo* hépatique chez le poisson chat. Les risques de carence apparaissent spécifiques aux poissons.

Les vitamines, par leur spécificité d'action, ont un rôle comparable chez les oiseaux et les poissons. Mais devant les quantités théoriques minimales requises pour les besoins, les aliments sont en général largement supplémentés chez les groupes sans justification précise.

APPORTS ET RECOMMANDATIONS.

Les différents nutriments ont un rôle nutritionnel qui suppose une quantité minimale d'apport pour couvrir les besoins d'entretien et les performances de production (croissance, oeufs) des volailles et des poissons.

Devant la grande hétérogénéité des besoins quantitatifs des différentes espèces des deux groupes, nous choisissons de comparer un représentant de chaque classe pour tenter de faire ressortir quelques généralités.

1) Exemple de comparaison de besoin entre le poulet et le tilapia.

Le poulet de chair, *Gallus gallus*, est la volaille dont les besoins sont les mieux connus car l'amélioration de la vitesse de croissance, de l'efficacité alimentaire, des rendements des carcasses eviscérées ou découpées nécessite une perpétuelle recherche sur les besoins alimentaires qui permettront de dégager la meilleure marge possible.

Le tilapia, *Oreochromis niloticus*, est un poisson d'eau douce ou saumâtre des régions chaudes élevé en pisciculture intensive, extensive ou artisanale. La température de son milieu naturel dépasse les 20°C mais c'est un animal doué d'une grande facilité d'adaptation. Surnommé « le poulet aquatique » par les éleveurs africains, ce poisson est capable de digérer et de transformer une multitude de matières premières : déchets divers, sous-produits agricoles, fumier de volaille...

Le poulet et le tilapia ont été choisis aussi parcequ'ils apparaissent se situer dans la « moyenne » par rapport aux autres espèces de leur groupe. Le dindonneau et le cailleveau ont les plus forts besoins tandis que l'oison est beaucoup moins exigeant. La différence chez les poissons est essentiellement liée à la température de l'eau et à la longueur de la chaîne alimentaire : un phytoplanctonophage n'a évidemment pas les mêmes besoins qu'un carnassier prédateur tertiaire. Le tilapia offre l'avantage d'avoir une courte chaîne alimentaire et il sera ainsi plus facile d'établir un parallèle avec le poulet.

<i>Apport en g/kg d'aliment</i>	<i>Le poulet</i>	<i>Le tilapia</i>	<i>Comparaison par rapport aux poissons</i>
Concentration énergétique en kcal/kg	3250 kcal d'EM	3000 kcal d'ED	=
Protéines brutes	220	320	+
Lysine	11.5	14.3	+
AAS	8.5	9	+
tryptophane	1.9	2.8	+
thréonine	14.4	10.5	-
leucine	8.3	9.5	+
valine	10.6	7.8	-
histidine	4.6	4.8	=
arginine	12.8	11.8	-
phénylalanine	15	15.5	=
tyrosine			
AG n-3			
AG n-6	10	5 à 10	=
calcium	10	? (10)	
phosphore	4.2	5	
magnésium	4.2	0.6	
sodium	1.50	? (6)	
chlore	1.24	? (9)	
potassium	3	? (7 à 8)	

<i>Apport en mg ou unité par kg d'aliment</i>	<i>Le poulet</i>	<i>Le tilapia ou valeur connue pour d'autres poissons</i>
fer	80	? (30 à 150)
cuivre	50	? (3 à 5)
manganèse	0.35	? (2.4 à 13)
sélénium	0.1	? (0.25 à 0.3)
zinc	50	20
iode	0.10	? (0.6 à 1.1)
vitamine A	12000 UI	? (2500 à 4000 UI)
vitamine D3	2000 UI	? (500 à 2400 UI)
vitamine E (1mg αtocophérol = 1 unité)	30	50
vitamine K3	2.5	?
vitamine B1	2	? (1)
vitamine B2	6	6
acide panthoténique	15	10
vitamine B6	3	? (3 à 6)
vitamine B12	0.02	? (0.01)
vitamine PP	30	? (10 à 28)
acide folique	1	? (1 à 2)
biotine	0.1	? (0.1 à 1)
vitamine C		50
choline	600	? (400 à 1000)
myoinositol		? (300 à 440)

2) Généralisation et commentaires.

a) L'énergie.

C'est le premier besoin à prendre en compte dans l'alimentation mais chez les poissons la pratique donne à tort la priorité aux protéines.

La différence d'unité énergétique (EM pour les volailles et ED pour les poissons) ne doit pas gêner la comparaison dans la mesure où le rendement énergétique du poulet $EM/ED = 97\%$. On peut donc estimer que l'EM des volailles est à quelque chose près égale à leur ED. Les besoins énergétiques peuvent être considérés comme équivalents en raison des variations admises. Par exemple, une variation de 2900 kcal à 3400 kcal/kg d'aliment n'affecte pas les performances du poulet. Un modèle élaboré chez la truite indique qu'il est nécessaire de fournir 3.56 Mcal d'ED pour produire 1.91 Mcal d'énergie fixée dans un kg de poisson avec une efficacité de 54%, résultat à comparer avec le rendement énergétique (EB $\Rightarrow$ EN) du poulet de 62%. Il est intéressant de constater que le coût énergétique d'un gramme de volaille s'approche de celui des poissons soit environ 3 kcal/g.

Un déficit énergétique entraîne une baisse du taux de croissance car les protéines sont alors utilisées comme source d'énergie pour satisfaire les besoins d'entretien. Au contraire, un excès énergétique entraîne une baisse de l'ingestion et par conséquent diminue l'absorption des protéines et des autres nutriments et favorise du même coup l'engraissement de l'animal. Ainsi chez les volailles, la seule modification de l'aliment susceptible de réduire efficacement l'engraissement est l'élévation de la teneur en protéine brute de l'aliment : une hausse de 1 point (10 g/kg) diminue de 7 à 14 g/kg la teneur en lipide du poulet et réduit la consommation d'aliment de 3%.

En fait, la grande différence alimentaire entre poisson et volaille s'explique par les sources d'énergie :

% de la ration	Poisson	Volaille
glucide (1g = 4.1 kcal)	25 % (mais variation)	60 %
lipide (1g = 9.4 kcal)	20% (30% possible)	5 % (10% au maximum)

L'utilisation et l'efficacité des glucides sont très variables selon l'espèce de poisson considérée : les poissons d'eau chaude comme le tilapia ou le poisson chat sont plus efficaces que les poissons d'eau froide comme le saumon ; pourtant l'équipement enzymatique serait similaire. Quand les glucides remplacent les lipides ou quand leur taux d'incorporation est supérieur à celui des protéines, les poissons subissent une baisse de leur performance. Une diminution du taux protéique compensé par une augmentation des lipides n'induit aucune perte de gain de poids mais élève considérablement le dépôt adipeux au moins chez les volailles.

En raison de leur faible coût (céréales par exemple), les glucides devront être incorporés à leur teneur maximale dans les aliments.

b) Les protéines et les acides aminés.

Les besoins en protéine et en acides aminés essentiels sont toujours exprimés en pourcentage du régime. Mais on remarque une bonne homogénéité entre les besoins des poissons des poissons d'eau froide et ceux d'eau chaude en exprimant les besoins des acides aminés en pourcentage de protéine du régime et non en pourcentage de la ration. Jusqu'à présent les régimes poissons renfermaient un fort taux de protéines mais cela ne signifie pas pour autant qu'ils utilisent plus de protéines comme source d'énergie que les oiseaux. Sur cette base, il se pourrait que les poissons n'est pas un tel besoin protéique, hypothèse qui peut être confirmée par le fait que les fèces soient très riches en protéines et que seulement 30 à 40 % de l'azote alimentaire serait fixée pendant la croissance (estimation faite en comparant les teneurs corporelles en protéine et acides aminés de la carpe et de la truite avec celles de la ration). De plus, le pourcentage de protéines fixées est similaire : 31% chez poissons et 29% chez les oiseaux.

Le ratio protéine/énergie est un bon indicateur des besoins majeurs des animaux. Le ratio des poissons, 81 mg/kcal à 117 mg/kcal, est supérieur à celui des oiseaux, 60 mg/kcal : il ne veut pas dire que les poissons ont besoins de plus de protéines mais que ces derniers ont besoins de moins d'énergie pour l'entretien et la synthèse d'acide urique.

De prime abord, la principale différence entre les deux régimes est la teneur en protéine de la ration. Chez le poulet, la disponibilité des acides aminés a été très étudiée et aujourd'hui on s'intéresse aux acides aminés limitant tertiaire voire quaternaire (tryptophane, thréonine) ce qui a permis au fil des ans de baisser le niveau des protéines brutes en ajustant les besoins strictes du poulet avec des acides aminés de synthèse. Chez les poissons, cette optique a été envisagée mais il semble qu'ils utilisent très mal ces acides aminés libres et cristallisés et que les meilleurs résultats soient obtenus en complétant les protéines du régime.

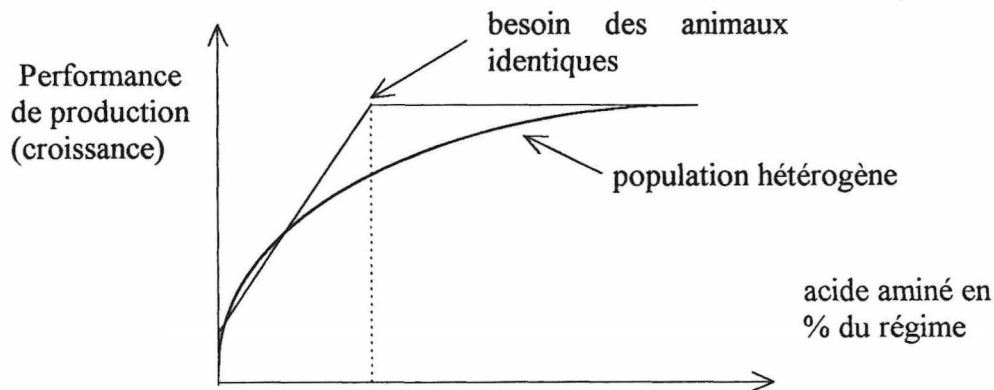
c) Les minéraux et vitamines.

La comparaison devient périlleuse car en effet l'eau apporte un certain nombre d'éléments comme le Ca, Mg, Na, K, Fe, Zn, Cu et Se. De plus les besoins mentionnés sont purement théorique et sont mal connus pour les espèces telles le tilapia. Chez les poissons les pathologies carencielles liées aux vitamines ou oligoéléments sont mal identifiées.

De même une forte minéralisation de l'eau peut avoir des inconvénients : par exemple une eau renfermant 0.8 à 1 mg de cuivre par litre est toxique pour les poissons.

3) Carences et toxicité.

Les besoins sont difficiles à évaluer pour un animal (comparaison avec la teneur corporelle) mais la zone de carence est d'autant plus fourue que la population est hétérogène.



a) Les acides aminés.

D'une façon générale, une déficience en acides aminés provoque une baisse des performances : la baisse du gain de poids, le retard de croissance (ou réduction du dépôt musculaire) s'expliquent par l'altération de la synthèse protéique et le maintien de la protéolyse.

Pour exemple, nous citerons la lysine qui est l'acide aminé limitant primaire des volailles. Sa carence entraîne une baisse du rendement et du poids des tissus (les muscles du brechet fondent littéralement). En fait, les troubles de la carence en AA sont peu spécifiques (excepté peut-être le retard d'emplumement avec une carence en AA soufrés). Chez les volailles et les poissons l'atteinte est générale.

Les poissons montrent des signes pathologiques particuliers pour les carences en méthionine et tryptophane : une déficience en méthionine provoque une cataracte et si le pool des AA soufrés est très perturbé, l'opacité du cristallin augmente. La carence en tryptophane induit une scoliose due sans doute à une baisse des neurotransmetteurs à sérotonine du système nerveux central. On signale des troubles du métabolisme par carence en tryptophane de certains salmonidés (augmentation des concentrations du Ca, Na, K dans les reins de truites) sans de véritable explication.

b) Les acides gras essentiels ou AGE.

Les carences en AGE sont difficiles à provoquer car les matières premières sont riches et les besoins (< 1% de la ration) sont naturellement couverts. Les éventuelles carences en AGE sont caractérisées par un retard de croissance, une fragilité des capillaires (syndrome de choc et myocardite des poissons) et des manifestations cutanées (le derme des poissons rougit et s'aminçit et l'emplumement des volailles est retardé). Le taux de mortalité est plus élevé, l'apparition de la maturité sexuelle retardée. La fertilité et les performances reproductrices sont gravement affectées.

c) Les minéraux.

<i>Les macro éléments</i>	<i>Signes pathologiques communs</i>	<i>Troubles spécifiques aux poissons</i>	<i>Troubles spécifiques aux volailles</i>
calcium	décalcification osseuse	rare sauf pendant la maturation ovarienne et migration du fraie	déminéralisation et fragilité de la coquille de l'oeuf
phosphore	baisse de croissance et déminéralisation	déformation de la tête, des vertèbres et carcasse plus grasse chez la carpe	graves troubles locomoteurs, réduction de l'intensité de ponte, fragilité de la coquille et carence exacerbé par Ca/P > 2
magnésium	baisse de croissance, lethargie, convulsions	calcinose, déformation vertébrale, dégénérescence des fibres musculaires et des cellules épithéliales du coeur et des filaments branchiaux (truite)	rare et en plus des signes communs baisse de l'intensité de ponte et fragilité de la coquille
sodium, potassium, chlore	peu de signe : croissance ralentie et mortalité	chez le saumon : anorexie, convulsion, tétanie, mort	synergie Na ⁺ /K ⁺ carence en chlore chez le poulet si < 0.7g/kg d'aliment

Les phytates végétaux ne peuvent être hydrolysés qu'en présence de phytases absentes chez les poissons et volailles. Il se forme alors des sels de calcium dans l'intestin et la disponibilité du phosphore végétal est donc faible.

N.B. : Le tilapia présente une interaction entre les protéines et le magnésium : si le ratio protéine/Mg diminue il montre des signes de toxicité et si le ratio augmente (carence en Mg et excès de protéines), on observe une calcinose généralisée.

<i>Les oligo éléments</i>	<i>Signes pathologiques communs</i>	<i>Troubles spécifiques aux poissons</i>	Troubles spécifiques aux volailles
fer	anémie	foie blanc jaunâtre chez la carpe, croissance non affectée	ralentissement de la croissance, dépigmentation des plumages roux et noir
cuivre	retard de croissance	cataracte chez la carpe, cytochrome c oxydase cardiaque et superoxyde dismutase hépatique du poisson chat ont une baisse d'activité ?	troubles de l'ossification, pigmentation du plumage, troubles nerveux et fibrose cardiaque
zinc	ralentissement / arrêt de la croissance, baisse de la viabilité et le l'éclosabilité des oeufs	cataracte, lésions cutanées, érosion des nageoires	épaississement et raccourcissement des pattes emplumement retardé
manganèse	éclosabilité des oeufs diminuée	baisse de croissance et déficience de l'embryon en manganèse	pérosis (déformation de l'articulation tibio métatarsienne et glissement du tendon gastrocnémien), baisse de l'intensité de ponte
sélénium	rare seule et exarcebée si carence en vitamine E	dystrophie musculaire du saumon	diathèse exsudative (oedèmes généralisés par augmentation de la perméabilité capillaire)
iode	baisse de croissance et hyperplasie thyroïdienne		baisse de l'intensité de la ponte

Les excès sont plus rares mais on peut cependant noter :

- une baisse de la croissance, de la diarrhée, des lésions hépatiques et une plus forte mortalité chez la truite quand la teneur en fer dépasse les 1.4 g/kg d'aliment
- mortalité des poissons quand la teneur en sulfate de cuivre de l'eau est supérieure à 0.8-1mg/litre
- une baisse de croissance, de l'efficacité alimentaire et une mortalité accrue chez les poissons quand le sélénium dépasse 15 mg/kg MS d'aliment (>10 mg chez la truite et calcinose généralisée).

d) Les vitamines.

<i>Les vitamines</i>	<i>Signes pathologiques communs</i>	<i>Troubles spécifiques aux poissons</i>	<i>Troubles spécifiques aux volailles</i>
vitamine A	troubles visuels et cécité	exophtalmie, hémorragie et oedème de l'oeil, déplacement du cristallin, dégénérescence rétinienne, hémorragies des reins et de la base des nageoires	ralentissement de la croissance, plumage ébouriffé, baisse des sécrétions digestives, salivaires et muqueuses, baisse de la ponte et de l'éclosabilité
vitamine D	croissance ralentie	tétanie des muscles blancs et modification histologiques des fibres, syndrome de la nageoire caudale tombante	déformations osseuses (bréchet) et ramollissement du bec, chapelet costal, dyschondroplasie du dindon ostéomalacie, fragilisation des coquilles et baisse de ponte et d'éclosabilité
vitamine E	diathèse exsudative (oedèmes sous cutanés et exsudats péricardique et musculaire), fragilité membranaire	dystrophie musculaire, dépigmentation, pigments céroïdes dans le foie, anémie et baisse de l'érythropoïèse	encéphalomalacie et ataxie liées à des lésions cérébelleuses (maladie des poussins fous), mortalité embryonnaire par rupture des capillaires
vitamine K	hémorragies et troubles de la coagulation		surtout au niveau des ailes et des pattes
vitamine B1	troubles nerveux	hyperirritabilité du saumon, hémorragie sous cutanées et congestion des nageoires, mortalité	anorexie, apathie et polynévrite
vitamine B2	anorexie et baisse de croissance	photophobie, cataracte, kératite, incoordination de la nage, hémorragie et coloration de la peau	syndrome des doigts crochus « curled toes » et boiterie
vitamine B6	anorexie et baisse de croissance	troubles nerveux (nage aberrante, hyperexcitabilité, convulsion)	altération de la peau et des muqueuses
acide panthoténique	ralentissement de la croissance et lésions cutanées	hyperplasie des lamelles branchiales, hyperexcitabilité, convulsion	dermatites autour du bec, des yeux et de la face dorsale des pattes
vitamine PP		photosensibilité et lésions de la peau (cellules à mucus) et des nageoires, ataxie, spasmes musculaires	symptôme de la langue bleue, pérosis, mauvais emplumement, diarrhée

biotine	retard de croissance	dépigmentation, microlésions branchiales, hépatiques et rénales	plumes hirsutes, dermatites autour du bec, des yeux et sur la face dorsale des pattes, malformation embryonnaire
acide folique	anémie	globules rouges énormes et à noyau segmenté, coloration noirâtre de la peau et congestion des nageoires	dépigmentation des plumes, boiteries, chondrodystrophie du dindon
vitamine B12	baisse de croissance, anémie	signes peu visibles	malformation embryonnaire
choline	retard de croissance et atteinte hépatique	foie jaune clair et vacuolisé	stéatose par fragilisation des membranes cellulaires
vitamine C	pas de carence chez les volailles	malformations : scoliose, déformation du cartilage de soutien des branchies et des nageoires, hémorragies	RAS

PRATIQUES DE L'ALIMENTATION.

1) Les matières premières et facteurs antinutritionnels.

a) Composition des régimes.

Dans l'absolu, les matières premières utilisées en aviculture et pisciculture sont les mêmes (les formulateurs fabriquent une majorité d'aliment avec une dizaine de matières premières de base). Elles sont employées en fonction de leurs aptitudes à couvrir les besoins nutritionnels et de leur coût. Ainsi se dégagent deux tendances :

- en aviculture, on emploie essentiellement les céréales et leurs sous-produits associés à des sous-produits industriels (tourteaux, farines animales) qui couvrent la majorité des besoins protéiques. L'exemple mondialement connu est l'association maïs / soja.

- en pisciculture, la matière première de choix est la farine de poisson de bonne qualité qui couvrent tous les besoins des poissons (très proche de la composition corporelle). Il existe de nombreuses variétés de farines à teneur en cendre et graisse très variables et dont la qualité nutritionnelle dépend des produits de la fabrication (déchets de poisson beaucoup plus déséquilibrés que les poissons entiers pêchés ou invendus). A cet ingrédient de base on ajoute ensuite des produits céréaliers et des matières grasses (huile de poisson).

La composition de base des aliments pour poisson et volaille est donc différente mais les impératifs économiques, les difficultés d'approvisionnement en matières premières et les spécificités nutritionnelles font que les formulations sont complexes et changeantes. Par exemple, étant donné l'excellente valeur biologique des protéines de poissons même en acides aminés soufrés, la farine de poisson est utilisée chez les poules sans dépasser 4 à 5 % de la ration à cause du prix et du goût donné aux oeufs. Devant la variabilité de qualité des farines de poissons et le coût, on cherche à substituer en partie ou en totalité d'autres matières riches en protéine, en général des tourteaux (arachide, coton, tournesol) et des glucides (céréales).

Mais la bonne utilisation de ces matières premières n'est pas toujours maîtrisable en raison de facteurs antinutritionnels dont l'importance est amplifiée par les mauvaises conditions climatiques, de stockage dans les zones de production ou d'utilisation.

b) Les facteurs antinutritionnels.

Ils agissent sur la qualité des ingrédients du régime et compliquent les formulations alimentaires. Il est clair que cette qualité est à prendre en compte à tous les niveaux :

- production
- approvisionnement et stockage des ingrédients
- processus de fabrication proprement dit
- conditionnement et stockage des produits finis

Seuls les facteurs antinutritionnels posant de réels problèmes en aviculture et pisciculture seront abordés.

- les facteurs antitrypsiques

Ce sont des inhibiteurs de protéases et les plus connus sont des protéines globulaires de graine de soja qui complexent la trypsine. Ils provoquent une baisse de la disponibilité des acides aminés (lysine, AAS) et une baisse de l'utilisation des protéines par les poussins ou les alevins car les pertes exogènes sont augmentées. On observe une forte baisse de croissance et une diminution de la ponte chez les volailles en période de reproduction. Il a été signalé aussi une

baisse de l'activité de la lipase intestinale du poisson chat.

Fort heureusement, les facteurs antitrypsiques sont sensibles à la chaleur et des conditions optimales de température, d'humidité, de pression et de durée de traitement permet une destruction totale.

- Les glucosinolates et dérivés

Plus de 70 molécules ont été identifiées en grande partie chez les crucifères mais c'est surtout la graine et le tourteau de colza qui posent le plus de problèmes. Leur hydrolyse libère des composés tels que les isothiocyanates, nitriles, thiocyanates, goitrine. Le thiocyanate, outre son amertume, et la goitrine sont des agents antithyroïdiens qui empêchent l'absorption de l'iode par la glande thyroïde. Une supplémentation en iode contrebalance les effets du thiocyanate tandis que l'action de la goitrine est irréversible. Les épithionitriles seraient responsables de lésions hémorragiques et de l'hypertrophie hépatique chez les volailles.

Les variétés naturelles de colza contenant 3 à 8 % de glucosinolates provoquent une hyperplasie de la thyroïde qui engendre une baisse de croissance, et une surproduction hormones thyroïdiennes.

Les traitements notamment par la chaleur sont peu efficaces et les meilleurs résultats sont obtenus par sélection de variétés 00 (0 acide érucique et 0 glucosinolate) qui en contiennent moins de 1%.

- Le gossypol

La graine de coton contient dans les glandes pigmentaires de l'amande un principe toxique : le gossypol que l'on retrouve dans le tourteau (2.4%). Il entraîne une diminution de la vitesse de croissance chez les poulets et les poissons, de la ponte, de l'éclosabilité et surtout une coloration verdâtre indésirable du jaune d'oeuf. Les performances de croissance du poulet sont affectées dès 40 mg/kg d'aliment, la coloration des oeufs dès 50 mg/kg et la ponte dès 200 mg/kg. Les salmonidés sont les poissons les sensibles (100 mg/kg d'aliment) et présentent des lésions rénales par amincissement de la membrane basale des glomérules et des lésions hépatiques. Il existe des effets négatifs indirects par liaison du gossypol à la lysine. Le tilapia supporte des teneurs supérieures à 1800 mg/kg d'aliment.

L'addition de sulfate ferreux atténue les effets mais les meilleurs résultats sont obtenus par sélection de variétés de coton « glandless ».

- La thiaminase

On la signale dans l'alimentation des poissons à base de poisson cru. Les espèces d'eau douce en contiennent le plus. La thiamine est détruite seulement après un certain temps de contact avec l'enzyme donc l'alimentation avec du poisson frais n'est pas gênante pour la carence. En aviculture et pisciculture, les aliments sont généralement traités par la chaleur qui détruit la thiaminase.

- Les mycotoxines

Elaborées par des moisissures dans des conditions de température et d'humidité optimales (> 25°C et > 80%), les mycotoxines présentent des risques de toxicité pour les poissons et les volailles. Elles sont carcinogènes, cytotoxiques et ou neurotoxiques.

Les aflatoxines produites par *Aspergillus flavus* sont présentes surtout dans les dérivés de l'arachide (graine, tourteau, aliment) mais aussi de façon moindre dans ceux du coton, du maïs, etc...s'ils sont conservés dans de mauvaises conditions. L'aflatoxine B1 est la plus redoutée et peut agir chez les poissons à des teneurs inférieures à 5 µg/kg d'aliment et 30 ppb chez le canard. Les aflatoxines provoquent des hépatocarcinomes et la sensibilité est fonction des espèces : elle est plus marquée chez les salmonidés (5mg/kg), le canard et la dinde ; les espèces

d'eau chaude et le poulet paraissent moins sensibles : 10 ppm pour le poisson chat et 2.5 ppm pour le poussin. La carcinogénèse des aflatoxines est exacerbée par la présence d'acides gras cyclopropénoïque, de gossypol et deldrine.

En milieu tropical, c'est un véritable problème, car malgré des conditions de stockage correctes, l'arachide est le siège de développement fréquent de ces moisissures.

Il existe d'autres mycotoxicoïdes : T2toxine ou tricothécène (15 mg/kg) de *Fusarium tricinctum* ou la vomitoxine (> à 20µg/kg) de *Fusarium* qui baissent la croissance.

- **Pollution et alimentation des poissons**

Les algues toxiques sont redoutables car les « blooms » d'algues entraînent des fortes mortalités en aquaculture. Il faut veiller à ne pas introduire d'algues toxiques (*Gonyaulax*, *Gyrodinium ssp*) dans les aliments ou les nurseries car les larves très sensibles sont souvent phytoplanctonophages.

Les métaux lourds, les pesticides (attention au spray) sont toxiques pour les poissons car rejetés dans le milieu aquatique. Outre le danger mortel qu'ils présentent pour les poissons à de faibles doses (+/- 1 mg/kg de poisson), il faut souligner les risques pour la santé publique à cause de la bioaccumulation de ces produits.

2) Les additifs.

Les aliments composés peuvent comporter de nombreuses substances naturelles ou de synthèse dans le but d'améliorer directement ou indirectement l'efficacité des nutriments. L'autorisation et les teneurs admises dépendent de la réglementation en vigueur dans les pays. Par exemple, la CEE interdit l'usage des hormones et la Food and Drug Administration des USA l'autorise pour 9 substances.

a) Les substances médicamenteuses.

- **Les hormones**

Les hormones les plus largement utilisées sont les stéroïdes sexuels. Les androgènes de synthèse augmentent la croissance et l'efficacité alimentaire. Plus d'une vingtaine d'espèces de poissons y sont sensibles (sauf le poisson chat) et pour les volailles la dinde obtient les résultats les plus marqués. Un usage trop prolongé provoque des effets négatifs : malformations osseuses, sensibilité aux infections accrue, lésions hépatiques, rénales ou intestinales. Leur utilisation suppose donc une maîtrise des techniques d'élevage parfaite.

Chez les volailles, les implants d'oestrogènes dans le cou permettaient d'avoir une viande plus tendre et un état d'engraissement supérieur (il faut dire que l'âge d'abattage se faisait alors vers 6 mois et non à 42 jours actuels).

Les stéroïdes sexuels permettent aussi de changer le sexe des poissons (saumon, carpe, tilapia) pour obtenir des animaux monosexes stériles à meilleure croissance. Ils empêchent la maturation sexuelle qui détériore la qualité de la chair. On peut induire la féminisation mais les meilleures performances sont obtenues en cherchant 90% de mâles. Par exemple chez le tilapia, on mélange à l'aliment des androgènes tels l'éthymyltestostérone ou la méthyltestostérone à raison de 30 à 60 mg/kg d'aliment pendant 14 à 21 jours.

Chez les poissons, les hormones ont aussi pour objectif d'induire ou de synchroniser les ovulations, de stimuler l'émission de laitance et d'augmenter la gamétogénèse. On utilise des extraits d'hypophyse ou mieux de l'HCG de synthèse, de GnRH. Les hormones de croissance font l'objet d'études chez les volailles.

- **Les antibiotiques**

Chez les volailles, le sous dosage d'antibiotique dans l'alimentation stimule la croissance et accroît l'efficacité alimentaire (bacitracine-zinc à une teneur de 5 à 20 mg/kg). De tels bénéfices sont peu visibles chez les poissons et les excès toxiques sont fréquents : l'érythromycine, par exemple provoque une dégénérescence des tubules rénaux proximaux. Les sulfamides, largement employés chez les volailles contre la coccidiose provoquent chez les deux groupes d'animaux un retard de croissance, des lésions tubulaires et des plages de nécrose hépatiques.

Les coccidiostats doivent être retirés de l'aliment quelques jours avant l'abattage des volailles (3 à 6 jours).

b) Les antioxydants.

Dans les régimes riches en lipides, il faut éviter le rancissement oxydatif qui diminue la valeur nutritionnelle et affecte l'absorption vitaminique. L'autooxydation des lipides insaturés libère des radicaux libres, peroxydes, hydroperoxydes, aldéhydes et cétones qui altèrent la qualité des graisses. L'ingestion de lipides oxydés entraîne un refus alimentaire et des pathologies de carence en vitamine E. Pour prévenir les risques, on supplémente en vitamine E (tocophérol ou ester de vit E de synthèse hydrolysé dans l'intestin) ou on rajoute dans l'aliment des antioxydants comme l'éthoxyquine (150 mg/kg), la butylhydroxyanisole (BHA) ou le butylhydroxytoluène (BHT) à la dose de 0.02 % de la teneur en lipide du régime. La consommation de graisse rance conduit à la dégénérescence lipoïde du foie si les animaux acceptent toujours l'aliment.

c) Les pigments.

Les pigments naturels sont susceptibles d'être absorbés au niveau intestinal et de se fixer soit dans les lipides de réserve, les muscles, la peau ou les lipoprotéines de l'oeuf. Ces pigments naturels ou de synthèse ne sont pas indispensables mais donnent une coloration orangée recherchée par le consommateur (attention toutefois la couleur jaune de la chair de poisson chat est indésirable donc la teneur en xanthophylle alimentaire doit être inférieure à 11 mg/kg d'aliment).

Les caroténoïdes utilisés en aviculture et pisciculture sont des pigments xanthophylles et doivent être présents dans l'aliment puisque les animaux sont incapables de les synthétiser.

L'astaxanthine (pigment naturel dérivé du zooplancton) et la cantaxanthine sont 10 à 20 fois plus efficaces chez les poissons que la lutéine et la zéaxanthine (plantes, maïs) sauf chez la carpe et le poisson rouge. En revanche le poulet absorbe la zéaxanthine à 3 fois le taux d'astaxanthine. La digestibilité de l'astaxanthine des crustacés est faible car elle est prisonnière d'un complexe calcium-chitine-protéine-caroténoïdes. Il faut noter que 90 % de l'astaxanthine de la chair des poissons est sous forme libre.

Les caroténoïdes (β carotène) précurseurs de vitamine A sont mal définis chez les poissons.

3) Applications.

a) Les granulés.

En aviculture et en pisciculture, les aliments sont présentés sous forme de granulés. Les avantages de la granulation sont nombreux : destruction des facteurs antitrypsiques, composition stable et facilité de stockage et de distribution.

La taille des granulés exerce un effet contraire chez les volailles et les poissons : une augmentation de la granulométrie favorise l'ingestion chez les volailles et diminue l'efficacité alimentaire chez les poissons. En effet, les granulés trop gros sont peu digestibles et la taille idéale est égale à 20 % de l'ouverture de la bouche. Chez le tilapia, étant donné son petit estomac et son comportement alimentaire continu, il faut un granulé de 3 à 5 mm.

Les granulés doivent être enrobés de matière grasse pour diminuer leur abrasivité et leur pulvérulence. Chez les poissons, on doit veiller aussi à leur bonne stabilité dans l'eau afin de favoriser la consommation et de minimiser la pollution de l'eau. Leur aptitude à flotter, couler ou à rester entre deux eaux est fonction du comportement alimentaire du poisson.

b) Les rythmes de distributions et rationnement.

Les poulets sont nourris le plus souvent à volonté et s'autorégulent, l'ingestion étant limitante. Par contre chez les poissons, on remarque une baisse de l'efficacité alimentaire quand les rythmes de distribution augmentent ; en effet, ils gaspillent plus et digèrent moins bien. Le tilapia se contente d'une distribution de granulés 4 fois par jour (fréquence optimale).

Le rationnement est à moduler en fonction du type de production. De prime abord, les indices de consommation sont comparables : inférieur à 2 pour les meilleurs animaux des deux groupes. Mais alors que le poulet est abattu à 6-7 semaines pour 2kg, le tilapia atteint sa taille commerciale (250 g) en plusieurs mois (parfois 6 mois).

Le gain de poids journalier sont eux aussi très différents : 40 à 50 g pour le poulet contre 1 à 2 g pour le tilapia. Les potentiels de croissance au démarrage paraissent plus lent chez les poissons en raison de la plus grande fragilité des alevins. De plus la métamorphose larve => alevin est souvent délicate. Le poussin en sortant de la coquille est prêt à consommer.

Dans une alimentation aussi poussée que celle des monogastriques, les contraintes de formulations sont considérables : besoins nutritionnels, exigences techniques et impératifs économiques. Aussi la programmation linéaire passe pour être l'outil le plus performant dans la formulation d'aliments et consiste à associer des matières premières de façon à obtenir un mélange satisfaisant les besoins tout en minimisant le prix de revient de l'aliment.

CONCLUSION.

Il est clair que toute extrapolation d'une espèce à une autre est dangereuse et conduit à des erreurs inévitablement. Cependant il apparaît que les volailles et les poissons ont certains besoins alimentaires proches. On peut penser aussi compte tenu des exigences du poulet et du tilapia, qu'un aliment poulet démarrage pourrait satisfaire les besoins du tilapia et peut-être d'autres poissons (il faudrait alors leur rajouter 5 à 10 % de farine de poisson).

Cependant, le point capital entre les besoins alimentaires des poissons et des volailles est le besoin d'entretien qui est 10 fois plus faible chez les poissons mais qui dans l'efficacité alimentaire ne paraissent pas profiter de cet avantage puisqu'ils ont des indices de consommation comparables et un coût de synthèse d' 1 gramme de gain identique (3kcal). Les poissons gaspilleraient donc d'avantage leur aliments ou seraient moins performants dans leur efficacité alimentaire que les volailles.

Ainsi du point de vue rationnement, un approfondissement des connaissances et des précisions alimentaires sont capitale chez les poissons afin de normaliser les besoins de croissance et d'entretien en fonction des paramètres du poisson et de son environnement. Par exemple, le rôle de vitamines est connu mais est-il nécessaire de les incorporer systématiquement compte tenu de l'apport aquatique et de leur fragilité ?

Enfin sachant que l'alimentation est le principal poste des charges dans les deux élevages (2/3 des coûts de production en aviculture et plus de 50 % en pisciculture), des études sur la valeur alimentaire et la conservation des sous-produits agricoles locaux sont impératives pour ajuster l'alimentation aux réalités économiques des pays en voie développement.

BIBLIOGRAPHIE.

Nutrient requirement of fish. National research council. National Academy Press. Washington DC, 1993 ; 114 p.

LARBIER M., LECLERCQ B.- Nutrition et alimentation des volailles. Institut National de la Recherche Agronomique.Ed. INRA, Paris, 1991 ; 355 p.

BROWN M.E., The physiologie of fishes - vol. 1 Metabolism, New York (USA), Academic Press, 1957 ; 447 p.

BEAUMONT A., CASSIER P.- Biologie animale. Les Cordés. Anatomie comparée des vertébrés. Paris, Dunod. Ed. Bordas, Paris, 1980 ; 609 p.

APPLEBY M.C., HUGHES B.O., ELSON H.A.- Poultry production systems. Behaviour, Management and Welfare.CAB international, Wallingford. 1992 ; 238 p.