

SOMMAIRE

RESUME	1
SOMMAIRE.....	2
INTRODUCTION	4
1. LE POISSON MATIERE PREMIERE	5
1.1. LA COMPOSITION CHIMIQUE DU FILET DE POISSON	5
1.1.1. L'eau.....	5
1.1.2. Les lipides	6
1.1.3. Les matières azotées.....	7
1.1.4. Autres composants	7
1.2. L'ALTÉRATION POST-MORTEM DU POISSON	8
1.2.1. L'action enzymatique	8
1.2.2. La contamination bactérienne	8
1.2.3. La contamination chimique	10
2. TRANSFORMATION;GENERALITES	11
2.1. LA TRANSFORMATION DU POISSON EN AFRIQUE.....	11
2.1.1. Les types de transformation	11
2.1.2. Les objectifs	13
2.2. PRINCIPES DE LA TRANSFORMATION	15
2.2.1. Le salage	15
2.2.2. Le séchage	15
2.2.3. Le fumage	16
2.3. EFFETS SUR LES QUALITÉS NUTRITIONNELLES DU POISSON.....	18
2.3.1. Le salage	18
2.3.2. Le séchage	18
2.3.3. Le fumage	19
3. LE SALAGE-SECHAGE-FUMAGE.....	20
3.1. QUALITÉ, POINTS CRITIQUES	20
3.1.1 Prévention des altérations	20
3.1.2. Qualité	21

3.2. MATÉRIEL	22
3.2.1. Le salage	22
3.2.2. Le séchage	23
3.2.3. Le fumage	24
3.3. MÉTHODES	27
3.3.1. Le salage	27
3.3.2. Le séchage	28
3.3.3. Le fumage	28
 CONCLUSION	 31
 BIBLIOGRAPHIE	 32

INTRODUCTION

Les poissons de mer représentent une grande part du régime alimentaire humain, où que l'on soit dans le monde. Les quantités pêchées varient cependant très fortement d'un continent à l'autre : l'Asie prédomine nettement avec 50 % de la production mondiale, tandis que l'Afrique, avec une production de 5 millions de tonnes par an ne représente qu'un faible pourcentage (4,9 %) (GRET, 1993). La production mondiale augmente globalement mais l'écart avec la demande aussi : cette production risque fort d'ici les années 2010 d'être insuffisante. ce sont les pays d'Afrique qui en souffriront probablement le plus, du fait de leur faible capacité de production (James, 1992).

Sur les 22 000 espèces de poissons et les centaines d'espèces de crustacés et de coquillages pêchés dans le monde, pas plus de quelques centaines sont utilisées comme nourriture. Sur les 100 millions de tonnes (prise annuelle mondiale) de poissons et invertébrés, seulement 20 % sont utilisés pour la nourriture avec un rendement d'environ 30 % (Venugopal et Shahidi, 1996).

A cela s'ajoutent des problèmes économiques. Sur toute la façade ouest-africaine, la majorité des captures est réalisée par des flottes étrangères : les pêches nationales représentent moins de 45 % de la production de la région. Il s'agit d'une perte très importante pour les pays africains qui n'ont souvent pas les moyens de faire respecter les accords internationaux sur les zones de pêche. Limiter les pêches des flottes étrangères et transférer une partie de leurs activités aux pêcheurs africains est l'objectif clairement poursuivi par certains pays. En Mauritanie par exemple, des entreprises de pêches mixtes, où les Mauritaniens détiennent au moins 51 % du capital, ont été constituées. Ces entreprises ont investi dans des installations de transformation à terre et la modernisation de leur équipement. (GRET, 1993).

Les solutions sont alors d'augmenter encore la production avec les risques de surexploitation que cela comporte, de promouvoir l'aquaculture et les ressources non conventionnelles, et enfin de diminuer le « gaspillage » c'est-à-dire de minimiser les pertes pendant et après la pêche. Ce dernier point consiste à améliorer les méthodes de pêche et de transformation d'une part, et à en intégrer de nouvelles d'autre part (Ames *et al.*, 1991 ; James, 1992).

Notre sujet portera sur l'aspect des pertes après capture dans les pays de la côte ouest-africaine : il s'agit de contribuer à la hausse des rendements du poisson frais, en en transformant de plus grandes quantités, et du poisson transformé, en en améliorant la qualité et la durée de conservation (Connell et Hardy, 1982 ; James, 1992). Pour cela, une bonne connaissance du poisson et de ses processus d'altération est nécessaire. On s'appuiera sur les transformations traditionnelles africaines de type salage/séchage/fumage dans l'objectif du développement de ces activités à destination locale.

1. LE POISSON MATIERE PREMIERE

Le poisson est un aliment consommé partout dans le monde car il constitue une source de protéines sensiblement identique à la viande. Il apporte aussi une grande quantité de sels minéraux et de vitamines nécessaires à la santé humaine. Une petite quantité de poisson intégrée à une préparation culinaire à base de céréales ou de tubercules, améliore non seulement le goût, mais aussi la valeur nutritionnelle du plat (GRET, 1993).

Il est donc important de connaître les bases de sa composition et de ses processus de dégradation afin de l'utiliser et de le conserver au mieux.

1.1. LA COMPOSITION CHIMIQUE DU FILET DE POISSON

La composition chimique du poisson varie selon les espèces, la génétique, les individus, l'anatomie, la physiologie, le cycle sexuel, la saison, l'environnement, la température de l'eau et la nutrition. Cette variabilité modifie le goût, la couleur, l'odeur et la texture des poissons. Ce qui nous intéresse ici c'est la composition des filets, c'est-à-dire des muscles blancs du poisson. Ceux-ci contiennent principalement de l'eau (80-98 %), des protéines et des lipides. Le reste, ce sont des hydrates de carbone, des vitamines et des minéraux. (Venugopal et Shahidi, 1996).

Nous parlerons aussi dans cette partie des propriétés organoleptiques du poisson. On peut les définir comme l'addition de la saveur de la flaveur et de la couleur (Dufour, 1991).

1.1.1. L'eau

Dans la chair du poisson, on distingue différents types d'eau :

- l'eau libre : c'est la base des liquides organiques.
- l'eau de constitution : elle participe aux structures moléculaires. Elle peut sous certaines influences (température, changement de force ionique de l'environnement), être fixée ou expulsée de ces structures.
- l'eau d'absorption : incongelable, elle comprend des formes d'eau plus ou moins liées. Les protéines sont les principales substances de la chair vivante contenant de l'eau liée : elles sont responsables de la rétention d'eau dans les chairs.

70 % de la teneur totale en eau du poisson est localisée dans les myofibrilles de la chair à l'état frais. L'actine et la myosine myofibrillaires immobilisent l'eau entre les filaments. Lorsque la fibre musculaire est contractée, notamment lors de l'apparition de la rigor mortis, l'espace diminue et la quantité d'eau aussi.

Le pH influe aussi sur la capacité de rétention d'eau : au point isoélectrique de l'actomyosine (pH 5-5,1), l'espace est restreint. En deçà et au-delà de ce pH la rétention d'eau augmente.

Il existe des corrélations entre les teneurs en eau, en lipides et en protéines. Pour chaque espèce, la somme teneur en eau plus teneur en lipides est constante (la teneur en graisse varie inversement avec la teneur en eau (Venugopal et Shahidi, 1996). Il existe aussi une relation de ce type entre l'eau et les protéines (Sainclivier, 1983).

1.1.2. Les lipides

Les lipides contiennent certains constituants naturels de la saveur et jouent un rôle important dans la flaveur et la texture du poisson, notamment lors de la cuisson.

La nature des lipides est différente de celle des animaux terrestres : on remarque une fluidité due à une importante proportion d'acides gras très insaturés. Certains de ces acides gras insaturés que l'on trouve dans l'huile de poisson réduisent les risques d'attaques cardiaques (Venugopal et Shahidi, 1996).

Les acides gras saturés quant à eux représentent 15 à 40 % des lipides totaux. Cette faible teneur en lipides saturés et en cholestérol est une autre raison d'appréciation du poisson (Venugopal et Shahidi, 1996).

L'altération des lipides entraîne un abaissement des qualités organoleptiques du poisson. Cette altération peut prendre plusieurs formes :

- la lipolyse

Sous l'action des enzymes (les lipases) on a une acidification due aux acides gras libres. La lipolyse est active entre 0 et 2°C et provoque la formation acides gras libres.

- l'oxydation

Cette réaction est facilitée par une grande quantité de lipides insaturés et d'acides gras libres. Elle est accélérée par la température élevée (même en congélation, il est recommandé de conserver les poissons gras à - 30°C et les maigres à - 20°C), la lumière, l'humidité, les ions des métaux lourds des récipients. Les poissons contiennent naturellement de petites quantités d'antioxydants mais qui ne sont pas toujours suffisantes pour empêcher ces réactions.

- le rancissement

Le poisson prend un goût et une odeur de graisse altérée : c'est le résultat de l'altération des lipides par un ensemble de réactions notamment l'oxydation.

En fonction de leur teneur en lipides, on classe les poissons en :

- poissons maigres : moins de 2 % de matière grasse dans les muscles. On trouve dans cette classe la morue, le lieu noir, le merlu, l'églefin, le carrelet, l'éperlan, le merlan, l'esturgeon, la raie, la carpe, la daurade...

- poissons gras : 5 à 25 % de matière grasse. Ce sont le hareng, le maquereau, le saumon, l'anguille, l'anchois...

- poissons semi-gras : 2 à 5 % de matière grasse. La sole, le flet, la limande, le turbot, le flétan en font partie (Sainclivier, 1983).

1.1.3. Les matières azotées

Les matières azotées sont essentiellement des protéines (la plus grande part de l'azote de la chair) mais les constituants non protéiques ont aussi une part non négligeable (10 à 40 % des protéines totales (Venugopal et Shahidi, 1996). Le poisson est intéressant sur ce point puisqu'en apport protéique 100 g de chair de poisson sont équivalents à 100 g de viande ou à 2,5 œufs.

On trouve plusieurs sortes de protéines :

- extracellulaires (de soutien ou du tissu conjonctif) : collagène, élastine, kératine et connectine ;
- intracellulaires :
 - fraction myogène : myoglobine, albumine, globuline ;
 - fraction myofibrillaire, protéines de structure : actine, myosine et protéines régulatrices.

L'azote non protéique est composé d'acides aminés libres, d'histidine, de carnosine, d'ansérine, de créatine, d'arginine, d'ammoniaque, d'urée... Cet azote non protéique est aussi un des principaux responsables de la flaveur du poisson (Sainclivier, 1983).

L'intérêt de la valeur nutritive des poissons est essentiellement représenté par les acides aminés. La composition en acides aminés est proche de celle de la viande, de même entre poissons de mer et d'eau douce, il y a équivalence (Venugopal et Shahidi, 1996).

1.1.4. Autres composants

Le poisson est pauvre en glucides.

Le glycogène est le sucre essentiel du muscle. La baisse du pH post-mortem dans la chair du poisson dépend de la quantité d'acide lactique formée par la dégradation du glycogène.

Le ribose, le glucose et les nucléotides provenant de la transformation de l'ATP jouent un rôle important dans la flaveur du poisson.

En ce qui concerne les matières minérales, le poisson en contient plus que les animaux terrestres (Venugopal et Shahidi, 1996). On y trouve du soufre, du fer, du cuivre, du phosphore, du calcium, du magnésium, du sodium, du potassium, du manganèse, du zinc et de l'iode (rôle important pour la prévention du goitre par hypertrophie de la glande thyroïde : une consommation de poisson deux fois par semaine couvre les besoins).

Les vitamines A, D, E, F, K, B, PP, H et C sont présentes dans le poisson (Sainclivier, 1983).

1.2. L'ALTERATION POST-MORTEM DU POISSON

1.2.1. L'action enzymatique

Il s'agit de l'autolyse, première responsable du début de l'altération et qui va préparer l'action bactérienne.

Les enzymes protéolytiques détériorent les tissus, qu'elles soient :

- digestives : les enzymes des intestins attaquent, ramollissent et modifient la paroi sous-abdominale ;
- tissulaires directement.

Lors de ces dégradations se forme de l'amino-azote libre et basique, milieu favorable au développement des bactéries.

L'activité des enzymes est accrue par la température et la température définit la nature des dégradations. A titre d'exemple, nous avons vu spécifiquement, l'action des lipases (cf. 1.1.2.) (Sainclivier, 1983).

1.2.2. La contamination bactérienne

C'est essentiellement contre la contamination bactérienne que l'on peut et que l'on doit lutter.

1.2.2.1. La flore bactérienne du poisson

Sur le poisson frais, on trouve 10^2 à 10^5 germes par cm^2 de peau. Voici les espèces constituant la flore d'altération naturelle du poisson conservé sur la glace (en pourcentage) :

	flore initiale du poisson	flore après 10 jours à 1°C
<i>Pseudomonas putrefaciens</i>	16	53
<i>P. pigmentés</i>	0	8
<i>Achromobacter</i>	42	25
<i>Flavobacterium</i>	2	1
<i>Micrococcus</i>	10	2
Bact. Gram +	28	10
Divers autres	2	1

Lors de la rigor mortis, phase suivant la mort du poisson, le pH acide est peu favorable à la croissance du nombre de bactéries : celle-ci ne démarre qu'ensuite mais de manière logarithmique. Même à basse température, la prolifération est intense. Les bactéries pénètrent plus vite dans les filets que dans les poissons entiers et, dans les filets, l'activité est plus forte en surface (Sainclivier, 1983).

Tous ces micro-organismes ne sont pas pathogènes. Les micro-organismes pathogènes qui apparaissent naturellement dans le poisson sont surtout *Clostridium botulinum* type E. et *Vibrio parahaemolyticus* (Liston, 1991).

D'autre part, les apports extérieurs sont d'importants vecteurs de contamination du poisson soit directs, soit par le biais de l'eau. Les bactéries pathogènes rencontrées sur le poisson mais par contamination « terrestre » sont : *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus*, *Erysipelothryx*, *Edwardsiella*, *Salmonella*, *Shigella*, *Franciscella*, *Vibrio cholerae* et d'autres *Vibrio* (Liston J., 1991).

1.2.2.2. Les micro-organismes pathogènes

L'absorption de poisson contaminé par des micro-organismes pathogènes provoque des troubles de diverses formes, plus ou moins graves :

Des intoxications : c'est l'absorption de toxines formées dans le poisson par les bactéries.

- Toxines botuliques de *Clostridium botulinum* : sa toxine attaque le système nerveux, causant la paralysie et fréquemment la mort. Les méthodes de réfrigération, congélation, séchage, marinade, salage et traitement au nitrite empêchent la production de la toxine.

- Entérotoxine de *Staphylococcus aureus* : sa toxine provoque la nausée, des crampes et de la diarrhée. La période d'incubation est généralement de 2 à 4 heures. La contamination des aliments se fait par les mains des manipulateurs et, si les aliments sont maintenus au chaud pendant un certain temps, il y a prolifération et la toxine est produite.

L'addition de préservatifs ou le stockage à basse température sont des moyens de stopper cette prolifération de même qu'un pH acide ou une réduction de la teneur en eau.

- Intoxication histaminique par l'histamine produite entre autres par *Proteus morganii*.

Des toxi-infections : c'est l'absorption de bactéries qui diffusent leur toxine après ingestion.

- Gastro-entérite par *Clostridium perfringens* : il est anaérobie et c'est ainsi que dans les aliments cuits (l'oxygène en a été chassé) maintenus chauds pendant assez longtemps, il se multiplie. dix à douze heures après l'ingestion de ces aliments, il dégage sa toxine dans les intestins et provoque douleurs abdominales et diarrhée. Il faut donc que les poissons cuits soient stockés à des températures excluant sa zone de prédilection qui est 10-60°C .

- Gastro-entérite par *Vibrio parahaemolyticus* (dans le poisson cru) : son ingestion provoque, dans un délai de minimum 2 heures, des douleurs abdominales, la nausée, des vomissements et la diarrhée. Cet organisme est facilement détruit par la chaleur (Sainclivier, 1983 ; TDRI, 1986).

On note que dans les pays en voie de développement, *Clostridium botulinum* et *Vibrio parahaemolyticus* sont les principales sources de maladies liées à la consommation du poisson (Liston, 1991).

1.2.3. La contamination chimique

Cette contamination est liée à la pollution des eaux. Nous ne la traiterons pas ici puisque l'on ne peut la prévenir par la transformation. Nous ne considérerons ici que le poisson débarqué sain à l'atelier de transformation.

2. TRANSFORMATION;GENERALITES

2.1. LA TRANSFORMATION DU POISSON EN AFRIQUE

2.1.1. Les types de transformation

Il existe de nombreuses façon de transformer le poisson. On peut chercher à lui garder les qualités organoleptiques du poisson frais (réfrigération, congélation, conserves, légères salaisons ou marinades) ou bien à les modifier (séchage, salage, fermentation, marinades) (Hansen, 1991).

2.1.1.1. Le froid

De nombreuses études ont été faites qui démontrent l'intérêt d'équipements de refroidissement, de congélation et de production de glace.

On compare la détérioration de poisson sénégalais stocké dans la glace et à température ambiante, pour mettre en évidence un écart de conservation de 3 semaines (Lone Gram, 1992).

Le problème du refroidissement précoce du poisson lors de la pêche, à bord des bateaux, est posé pour éviter la prolifération microbienne. La possibilité d'un glaçage, d'une immersion dans l'eau de mer mélangée à la glace ou d'un saumurage sont évoqués (Dia, 1995).

Dans leur étude sur l'Afrique Centrale, Lagoin et Salmon (1970) citent les pays ayant des capacités de congélation pour les produits de la pêche : la Guinée Equatoriale, l'Angola, le Congo Brazzaville, le Congo Kinshasa, Sao Tomé et le Cameroun. Capart et Kufferath (1956) font référence à l'usine à glace de Matadi (Congo Kinshasa) et à ses grandes capacités. Depuis ces dates, certaines structures ont périclité ou nécessitent des réaménagements. Or la mise en place de tunnels de congélation, qui est très intéressante pour la conservation des poissons, représente actuellement d'importants investissements financiers.

2.1.1.2. La conserverie

On trouve des conserveries en Angola (Lagoin et Salmon, 1970), au Sénégal (Fall, 1987), en Mauritanie (GRET, 1993).

L'objectif des conserveries est souvent de destiner la majorité de la production finale à l'exportation et, en particulier, aux pays de la CEE. Les marchés nationaux et africains sont donc secondaires (Fall, 1987).

Les difficultés principales sont l'absence de financement adapté aux besoins, l'approvisionnement, le coût élevé de l'énergie, les difficultés sociales et les pertes de marché notamment face à l'Asie (Fall, 1987).

Il est important de revenir sur l'approvisionnement. En effet, les conserveries qui sont en général de grandes structures, sont dépendantes de la flotte de pêche tant en terme de quantité, de qualité que de régularité des approvisionnements en poissons.

Enfin, il faut prendre en compte le fait que la conserverie utilise des machines qui nécessitent du personnel formé à leur entretien et leur utilisation (Blanquet, 1995).

2.1.1.3. La fermentation

Le poisson en Afrique est conservé par fermentation en Côte d'Ivoire, au Burundi, en Gambie, au Ghana, au Mali, en Ouganda, au Sénégal, au Soudan et au Tchad. Cette méthode de conservation est importante car elle permet de transformer le poisson de qualité inférieure ou des espèces peu appréciées en rations protéiques.

Il s'agit d'une activité de type artisanal et dont le processus varie d'un pays à l'autre. Cela peut être une fermentation avec salage et séchage, une fermentation avec séchage sans salage ou bien une fermentation avec salage et sans séchage. Contrairement à l'Asie où les poissons sont souvent broyés, ici ils sont entiers ou en morceaux. Les conditions sanitaires de production sont mauvaises et les méthodes ne sont pas normalisées.

Les pays producteurs exportent des quantités conséquentes vers le Cameroun ; les deux Congo en importent de Gambie, du Sénégal, d'Ouganda et de Tanzanie. L'idéal serait d'améliorer la qualité et d'être en mesure de développer des échanges intra-régionaux encore plus importants (Essuman, 1994).

2.1.1.4. Les salage, séchage et fumage

Les modes de transformation les plus répandus en Afrique sont le salage, le séchage et le fumage, séparément ou simultanément. De nombreuses études sur les pêches nous en donnent des descriptions selon les pays.

Bama (1984) décrit les méthodes traditionnelles du Togo. Niang (1984) fait de même pour le Sénégal tout en proposant des améliorations à toutes les étapes de la transformation.

Berron (1977) signale l'existence de « cités de fumage » à Abidjan, en Côte d'Ivoire. Il en décrit le fonctionnement comme suit : 41 manoeuvres fument 400 caisses ou cartons de poissons par jour, c'est-à-dire 15 à 20 tonnes par jour. La filière (achat, transformation, vente) est très bien organisée.

Le fumage représente alors à Abidjan une plus-value et un emploi de main d'oeuvre très intéressants.

Dans les pays côtiers de l'Afrique Centrale, la transformation du poisson est décrite comme suit (Lagoin et Salmon, 1970) :

- le séchage simple est réalisé au Cameroun ;
- le fumage simple est réalisé au Cameroun, en Guinée Equatoriale, au Gabon, au Congo Brazzaville, au Congo Kinshasa. Le fumage à chaud traditionnel du Cameroun est décrit par Hamadou (1980). Il note aussi l'inexistence de structures industrielles de transformation du poisson ;

- on rencontre le salage-séchage au Congo Kinshasa, en Angola et à Sao Tomé.

Ce type de transformation (tout comme la fermentation, cf. 2.1.1.3.) est artisanal. Ce sont les femmes qui dans la plupart des pays s'en chargent ainsi que de la commercialisation. Asté (1993) est le seul auteur à faire référence au fumage comme une activité semi-industrielle dans certains projets. Ceci est intéressant car le fumage permet la valorisation de nouvelles espèces de poissons. Sa popularité est d'ailleurs grandissante (Dufour, 1991).

2.1.2. Les objectifs

2.1.2.1. Type et structure de transformation

Le secteur de la transformation du poisson en Afrique est basé sur une certaine dualité. Il s'appuie d'une part sur le système traditionnel artisanal (fermentation, salage, séchage, fumage...) et d'autre part sur le système industriel (conserverie, congélation, huilerie...). Le problème est que tout le système industriel est à destination de l'export. En effet, ce sont souvent des industries à gros investissements et qui nécessitent donc un marché extérieur pour être rentabilisées (Petitpierre, 1980). Or, le secteur traditionnel ne peut pas toujours répondre à la demande en quantité.

Cette préoccupation n'est pas nouvelle puisqu'en 1956 la mission de Capart et Kufferath avait pour objectif « le développement du Congo et le mieux-être des Congolais en cherchant un moyen d'établir une pêcherie maritime industrielle destinée à ravitailler en poissons de mer la population du Congo Belge ». Le projet du CEASM (1987) avait comme but la disponibilité du poisson pour les consommateurs d'Afrique de l'Ouest en diminuant les pertes après capture, du pêcheur au consommateur. On pouvait en espérer l'amélioration des conditions de vie des pêcheurs, transformateurs, commerçants et vendeurs.

Il faut donc l'émergence d'un secteur semi-industriel dont la production est destinée au marché local : ce serait l'idéal avec les transformations du type salage/séchage/fumage, production adaptée en terme de consommation que de moyens (Petitpierre, 1980).

L'étude d'Asté (1993) en Afrique de l'Ouest est orientée sur les poissons d'eau douce selon le même principe. Il se base sur le potentiel important et mal valorisé en poissons et son objectif est de développer une activité de fumage à l'européenne. Cependant, ce projet semble de trop grande ampleur puisqu'il est dit que la vente de filets de poissons fumés sera difficile compte tenu du prix de revient élevé de ce produit et des contraintes liées à l'implantation sur des marchés locaux de faible volume et marchés nationaux et internationaux peu accessibles.

Ceci peut être vrai si l'on se base comme dans cette étude sur la réalisation d'une unité de fumage moderne et répondant aux normes européennes. Comme le conseille l'auteur, il faut tester le marché par la mise en place d'une petite unité de transformation dans un premier temps. Dans notre objectif, ce premier temps restera définitif et dans ces conditions, ce type d'unité de transformation est rentable pour une destination sur un large marché local.

2.1.2.2. Avantages et problèmes

Le secteur de la transformation du poisson présente deux avantages directs importants : les emplois et les revenus qu'il génère. Ces avantages s'appliquent aux transformateurs eux-mêmes mais aussi aux pêcheurs, aux vendeurs, aux fournisseurs de bois, de sel ... D'autre part, il rend possible l'accès aux protéines pour ceux qui n'ont pas accès au poisson frais (Ward, 1993).

Quelques problèmes peuvent aussi y être liés. D'abord, celui de la déforestation : il est difficile de gérer les ressources en bois face à la demande des transformateurs. Le site d'implantation d'une nouvelle structure devra donc être pourvu d'une disponibilité en ligneux ou bien organiser une gestion-plantation des ressources (Ward, 1993).

Ensuite, la qualité du poisson transformé est variable. Il faut une main d'œuvre formée. De nombreux ouvrages de vulgarisation ont été écrits dans ce but, ils permettent le perfectionnement des processus artisanaux (CRET, s.d. ; UNIFEM, 1989 ; Knockaert, 1990 ; GRET, 1993).

Cette activité est d'autre part très contraignante et demande beaucoup de travail.

Enfin, le poisson fumé est souvent vendu moins cher que le poisson frais en dépit des coûts de transformation : il est moins apprécié (Ward, 1993). Ce point de vue est divergent de celui de Berron (1977) qui nous dit que le fumage du poisson est très rémunérateur puisque le poisson fumé est vendu bien plus cher que le poisson frais. Il serait intéressant de savoir si cette divergence est due à des zones géographiques différentes ou à des dates assez éloignées.

2.1.2.3. Conditions

Pour progresser dans l'utilisation des poissons dans l'apport en protéines de la ration alimentaire humaine du pays, il faut renforcer les institutions concernant la pêche, la collaboration régionale, l'esprit d'entraide et d'autosuffisance. Les actions, dans le cadre qui nous intéresse, se portent sur le poisson frais, le poisson transformé, les échanges inter-régionaux, l'information (CEASM, 1987).

Outre les problèmes techniques et financier, il ne faut donc pas sous-estimer l'importance des problèmes institutionnels, de la diffusion de l'information, des aspects socio-économiques, de la recherche, de la vulgarisation des connaissances existantes pour cette progression (CEASM, 1986). C'est une action simultanément scientifique, politique, économique et sociale qui influencera la production et sa destination (Morrissey et Robles, 1993).

2.2. PRINCIPES DE LA TRANSFORMATION

Suite aux considérations de la partie précédente (2.1.), nous nous intéresserons dans cette étude au type de transformation salage/séchage/fumage au sens large, c'est-à-dire aux processus qui nécessitent une, deux ou trois de ces transformations. On tâchera aussi de le traiter dans l'optique d'une unité de transformation semi-industrielle.

Le principe fondamental des techniques de conservation du poisson, c'est l'abaissement de l'activité de l'eau. Tous les aliments contiennent de l'eau et cette eau est souvent disponible pour les réactions d'altération. On peut, par les techniques de conservation, enlever l'eau ou abaisser sa disponibilité, c'est-à-dire son activité.

L'humidité du poisson doit être en général abaissée à 50 % (poids du poisson frais par rapport au poids d'eau) : on utilise le séchage. Le fumage de ce point de vue est un équivalent du séchage. On peut aussi ajouter des solutés pour monopoliser l'eau : c'est le salage (Sainclivier, 1985).

2.2.1. Le salage

L'action principale du salage est déshydratante et permet l'inhibition des réactions chimiques, enzymatiques et bactériennes. Le pouvoir bactéricide du sel, ingrédient principal, est à proprement parler faible. Les effets du sel varient selon le type de salage (à sec ou en saumure, partiel ou à saturation) et de la teneur en matières grasses du poisson.

Le processus, c'est globalement l'osmose à travers les membranes des cellules de la chair du poisson et donc l'exsudation d'eau.

En détail, il y a plusieurs réactions. L'exsudation de la phase aqueuse est maximum pour les tissus en contact avec le sel. Mais parallèlement, il y a migration du sel extérieur vers la chair du poisson.

L'addition de sel provoque dans le poisson fortement salé, une diminution de la capacité de rétention d'eau par déshydratation des protéines d'où une rétraction des tissus et une diminution du volume du poisson. L'action chimique est essentiellement la dénaturation des protéines et il peut y avoir lipolyse et oxydation des matières grasses (Sainclivier, 1985).

2.2.2. Le séchage

Le séchage diminue la teneur en eau du poisson. Il inhibe la croissance des micro-organismes, inactive les enzymes, réduit le poids à transporter ou entreposer (Sainclivier, 1985).

La qualité du séchage est fonction de la taille de poisson ou des morceaux de poisson, de l'humidité, de la température et de la vitesse de l'air. Il peut se faire au soleil ou en séchoir. On conçoit donc que les conditions de séchage sont plus que variables. L'opération doit être

menée assez rapidement pour éviter l'altération mais pas trop pour éviter de durcir la chair (Sainclivier, 1985).

Dans les pays tropicaux humides, la chaleur ou l'humidité trop forte de l'air rendent impossible le séchage à l'air libre. Il faut donc utiliser un séchage en air conditionné (Cachelou, 1980).

2.2.3. Le fumage

La méthode consiste, après un salage préalable dans la plupart des cas, et un léger séchage, à imprégner la chair du poisson avec la fumée issue de la combustion lente de bois en copeaux ou en sciure. Les poissons gras sont les meilleurs fumés. Il faut noter qu'en Europe cette technique de conservation n'en est plus vraiment une mais plutôt un processus d'aromatisation et de coloration (CEVPM, 1993).

Le bois est essentiellement composé de cellulose, hemicellulose et lignine (en proportions : 2-1-1). La combustion lente provoque une thermodégradation de ces constituants. La production de fumée passe par 2 phases :

- la phase de destruction thermique au cours de laquelle, dès la déshydratation thermique, la température s'élève à 300-400°C, la fumée apparaît.
- la phase d'oxydation des constituants de la fumée en présence de l'air.

La combustion de la cellulose donne des furanes et de l'acide acétique ; l'hémicellulose donne des furanes et des acides carboxyliques aliphatiques ; la lignine donne des phénols (guaiacol, syringol...). Les constituants de la fumée pénètrent la chair selon un mécanisme de diffusion. Plus la densité de fumée est élevée, plus la quantité de fumée déposée est importante. De plus, généralement, la vitesse et l'absorption de la fumée augmentent avec la température, jusqu'à 71°C. La température de la fumée doit toujours être supérieure à celle du poisson.

Les phénols sont les plus importants au plan technologique. Ce sont les principaux responsables de l'arôme (odeur de fumé : syringol principalement) et du goût (guaiacol et eugénol principalement). Ils ont un effet antioxydant sur les lipides : ils inhibent la phase de propagation de l'autooxydation.

Les modifications de texture sont surtout dues à l'action de la chaleur sur la coagulation des protéines : il se forme une pellicule brillante lustrée en surface.

La couleur du poisson fumé est due essentiellement à des réactions de type Maillard.

Il existe deux types de fumage, à chaud ou à froid. Le principe de fumage à froid est que le poisson reste cru (saumon, harengs...). Pour le fumage à chaud les produits sont cuits, il est d'ailleurs inutile de cuire le poisson de nouveau lors de la consommation.

Dans le fumage à chaud, c'est surtout la chaleur qui détruit les micro-organismes, dans le fumage à froid, c'est la fumée (encore les phénols). Il s'agit d'une action sélective mais aussi variable selon le type de fumée.

Lors du fumage à froid, l'absorption de la fumée augmente avec l'humidité relative jusqu'à 70 %. A chaud, l'optimum de l'humidité relative est de 60 %.

Selon le combustible, la fumée aura une composition différente avec des répercussions propres sur les propriétés organoleptiques du poisson. Les conditions optimales pour la production d'une fumée efficace et non toxique sont :

- une température de combustion de 350-400°C,
- une fragmentation du bois (sciure ou copeaux),
- un bois dur,
- une humidité relative de 17-20 % (Sainclivier, 1985).

2.3. EFFETS SUR LES QUALITES NUTRITIONNELLES DU POISSON

Les principaux moyens de conservation traditionnels, à part la fermentation, modifient peu les qualités nutritionnelles du poisson et la composition physico-chimique (Shaan, 1992). Les publications sont pourtant nombreuses mais le sujet est vaste et il est parfois difficile d'évaluer si les pertes constatées sont effectivement des pertes nutritionnelles. De plus, les expérimentations sont menées dans des conditions si variables qu'il est difficile de les comparer.

On a par exemple, peu de données sur l'effet du salage/séchage/fumage sur les protéines. Même une simple cuisson, à la maison (95-100°C pendant 1 heure et demi) produit une légère réduction de la digestibilité des protéines. Certains composants du poisson, des protéines, des peptides et des acides aminés sont perdus dans l'eau de cuisson. Il convient donc d'optimiser les conditions de transformation (Opstvedt, 1988).

2.3.1. Le salage

Comme nous l'avons déjà vu (2.2.1.), l'action chimique du salage est essentiellement la dénaturation des protéines et il peut y avoir lipolyse et oxydation des matières grasses (Sainclivier, 1985). Les pertes, outre celle en eau, sont de nature azotée dont certains acides aminés libres (pour le hareng par exemple, la teneur en protéines passe de 21 à 16 %) et vitaminique (TDRI, 1986).

Le sel et les nitrates doivent être limités en quantité car ils ont une action néfaste sur la santé (problèmes d'hypertension avec de hauts taux de sel) et de plus ils réduisent les qualités nutritives des protéines (Opstvedt, 1988 ; Olley *et al.*, 1988).

2.3.2. Le séchage

Le séchage n'a pas d'effet, sauf indirectement par l'oxydation et le rancissement. Ceci est en relation avec la température : il faut essayer de ne pas dépasser des températures de 70-80°C (Opstvedt, 1988).

Lorsque les graisses deviennent rances, elles ne sont plus disponibles pour le consommateur (TDRI, 1986). Il y a ici une contradiction avec Bligh *et al.* (1988) qui écrit : « Pour les lipides, le séchage et le fumage catalysent leur dégradation, le fumage en moindre mesure. L'effet est le développement d'odeurs et de goûts non appétissants plus que de problèmes de qualité nutritive. »

D'autre part, les hautes températures affectent les protéines selon leur degré et la durée du séchage. La réduction de la température doit donc être prioritaire par rapport au temps de séchage.

La lysine est le plus sensible des acides aminés, elle est donc souvent utilisée comme indicateur des pertes nutritionnelles causées par un processus.

C'est le cas dans l'expérimentation de Eves et Brown (1993) : pour le poisson séché au soleil (46°C) traditionnellement dans les tropiques, la perte en lysine est faible (au maximum 12 %) et n'a pas de signification nutritionnelle.

Les effets indésirables sur les poissons séchés, quant il y en a, sont donc la baisse de la qualité des acides aminés à cause des températures élevées, la baisse de la digestibilité des protéines, la formation de mycotoxines lors du stockage (aflatoxine B1 en régions tropicales) (Pan, 1988). On peut ajouter à cela la destruction de la vitamine A pendant le salage et le séchage des poissons tropicaux (Van Veen, 1936). Enfin, Salmonella peut persister sur des produits salés-séchés (Liston, 1991).

2.3.3. Le fumage

Dans les effets du fumage, on a pu recenser :

- des hydrocarbures aromatiques polycycliques, composants de la fumée, qui ont une possible carcinogénéicité (Sainclivier, 1985).
- des carbonyles qui réagissent avec la lysine et réduisent la qualité des protéines : plus il y a de fumée, plus l'effet est important (Opstvedt, 1988).
- la possible présence de *Clostridium botulinum* dans les poissons fumés : ceci est empêché par un salage et un chauffage à cœur suffisant (Liston, 1991).
- des réactions de Maillard entre acides aminés et sucres dans la chair du poisson ou entre les acides aminés et l'oxydation des lipides. Ces réactions sont fonction de la température de fumage et affectent la valeur nutritionnelle (Eves et Brown, 1993).
- une augmentation de la teneur en lipides des muscles (Hoffman *et al.*, 1977).
- la réduction de la production d'aflatoxine (Pan, 1988).

Une expérimentation (Laure, 1974) sur le fumage de sardinelles au Cameroun, révèle une baisse de 6 % par rapport aux teneurs initiales de matière sèche et protéines, et pour les lipides, 7 % de perte pour les poissons maigres, 15 % pour les gras.

Malgré ces pertes, la conclusion est que les résultats sont bons quant à la conservation des qualités nutritionnelles. Au total, le séchage et le fumage sont responsables d'une perte en eau plus qu'en éléments nutritifs (TDRI, 1986). Par contre, le séchage et la fumage détruisent toutes les sortes de vitamines, en plus ou moins grandes quantités (Burt J.R., 1988).

Le plus gros problème posé par le fumage est les brisures du poisson lorsqu'il est trop sec.

D'autre part, les composants toxiques de la fumée sont considérés comme n'ayant pas de conséquence sur la santé des consommateurs.

Hoffman *et al.* (1977), de leur côté, considèrent qu'un séchage à 75°C suivi d'un fumage à 100°C entraîne une perte de la valeur nutritionnelle.

3. LE SALAGE-SECHAGE-FUMAGE

3.1. QUALITE, POINTS CRITIQUES

3.1.1 Prévention des altérations

La prévention des altérations se fait tout au long du processus de transformation mais aussi bien en deçà et au-delà.

- Voici les points à contrôler avant la transformation :
 - amélioration des installations de mise à terre et de commercialisation : capacité de réception, entrepôts frigorifiques, réseau de transport en cas d'éloignement de la zone de déchargement du poisson.
 - conservation du poisson à basse température de la capture à la transformation. On peut les humecter, les placer à l'ombre, dans les herbes, les algues ou la glace selon les moyens.
 - mesures d'hygiène lors des manipulations de rinçage du poisson après éviscération, de conservation au frais... Il faut éviter d'abîmer la peau du poisson.
- Pendant la transformation, on fera attention :
 - au rinçage du poisson, au nettoyage des ustensiles, des contenants et des surfaces de travail,
 - à éviter le contact entre le poisson lavé et les abats,
 - à l'hygiène corporelle des manipulateurs (mains, plaies, troubles gastriques, maladies contagieuses...),
 - à assurer un travail rapide,
 - à ne pas travailler et entreposer les produits au sol,
 - à protéger le poisson de la pluie,
 - à éviter la cuisson excessive lors du fumage ou séchage,
 - à protéger le lieu de travail contre les insectes.

Remarque sur les insectes :

Les mouches bleues de la viande pondent leurs œufs sur le poisson encore humide et leurs larves attaquent la chair. Les coléoptères tels que les Sylphidés mangent la chair, même si elle est sèche. On peut l'éviter en évacuant rapidement les déchets (on peut se servir des abats comme engrais ou bien les enterrer).

Des techniques de salage amélioré peuvent aussi empêcher les attaques d'insectes, les larves étant découragées par le poisson très salé. Les méthodes qui accélèrent le séchage auront, elles aussi, un effet dissuasif. Les températures supérieures à 45°C réduiront l'infestation par les larves de mouches, il faut cependant 20 heures à ces températures pour débarrasser complètement le poisson des larves. La fumigation ou un traitement par la chaleur tel que le refumage permettront d'éliminer les coléoptères. En général, il faut compter 40 minutes à 70°C pour débarrasser le poisson séché des insectes qui l'infestent.

On peut utiliser des insecticides et des fumigènes (phosphine et méthyl bromide) mais ces produits ont une toxicité certaine et il faut les employer avec précaution.



- Après la transformation, on surveillera les attaques des moisissures et des insectes. Il faut :
 - un séchage suffisant pour éviter les infestations,
 - un conditionnement approprié et un stockage au frais, à l'abri de la poussière, des insectes...
 - ne pas fumer ou saler trop fortement le poisson pour éviter qu'il ne se désagrège et réduise ainsi la valeur marchande du poisson,
 - traiter les quantités en fonction des capacités d'écoulement.
- Parallèlement, il faut porter attention à l'écoulement des eaux usées. On tâchera de mettre en place un système de filtration-épuration et de bien étudier le lieu de rejet (Connell, 1995 ; BIT, 1991 ; Ames *et al.*, 1991).

3.1.2. Qualité

Le principe de la qualité est peu abordé dans les publications sur la transformation du poisson en Afrique. La qualité repose sur le respect des points énumérés ci-dessus (cf. 3.3.1.) et sur la formation, la responsabilisation des travailleurs (Ames *et al.*, 1991).

La technique HACCP, mise en place depuis quelques années en Europe, fonctionne désormais dans le secteur de la transformation du poisson (Keynes, 1992). Elle a l'avantage de laisser une certaine liberté d'organisation en fonction des moyens et de la taille de l'unité concernée. On pourrait s'en inspirer pour mettre en place les réglementations internes de base d'une unité de transformation.

La FAO (1991), dans son rapport sur la technologie du poisson en Afrique, a rédigé un paragraphe sur la qualité du poisson. Des contrôles ont été effectués au Nigeria et au Maroc. On voit aussi qu'en Inde, où l'industrie du poisson est orientée à l'export, nombre d'industries de transformation ont adopté les pratiques de contrôle de qualité (Kaul *et al.*, 1989).

Il est clair que ces pratiques, selon le contexte, paraissent parfois trop contraignantes. Il est donc nécessaire que chaque unité de transformation de poisson non exportatrice prenne quelques mesures internes de respect de l'hygiène afin que la qualité et la garantie d'un produit sain soit réelle aussi pour les populations des pays producteurs.

3.2. MATERIEL

3.2.1. Le salage

3.2.1.1. Le sel

L'ingrédient principal est le sel, il en existe de différents types :

- le sel de mer est produit par évaporation naturelle (vent et soleil) de l'eau de mer puis il est lavé, essoré et séché ;
- le sel gemme est extrait par exploitation minière des gisements salifères que des mers asséchées il y a plusieurs millions d'années, ont laissé à l'intérieur des terres ;
- le sel ignigène est obtenu par dissolution in situ du sel gemme puis évaporation des saumures remontées en surface.

D'un point de vue technique, les différents procédés ne permettent pas de produire des sels de qualité identique, qu'il s'agisse de pureté physique, chimique ou de granulométrie. Le tableau 1. présente les impuretés des différents sels (en pourcentage sur sec) (Bessard, 1994).

	NaCl	Impuretés in-solubles à l'eau	Impuretés solubles à l'eau			
			MgSO ₄	MgCl ₂	CaSO ₄	NO ₂ SO ₄
sel gemme	93-99	0,1-5	-	0,05	0,4-1,7	-
sel de mer	98-99,8	0,03-1	0,005-0,12	0,15-0,3	0,11-0,42	-
sel ignigène	99,9	-0,01	-	-	0,01-0,3	0,01-0,05

Tableau 1. : Les impuretés des différents types de sel (Bessard, 1994)

Les impuretés principales du sel (sel de calcium et de magnésium) réduisent la pénétration du sel dans la chair du poisson et modifient sa saveur, texture et couleur. Elles peuvent favoriser le développement bactérien (Sainclivier, 1985). Cependant, d'après Bessard (1994) ces différences ne jouent pas techniquement de façon significative sur le salage du poisson. Cachelou (1980) considère quant à lui que le meilleur sel est le sel gemme car c'est le moins pollué, notamment par des bactéries.

La granulométrie du sel quant à elle, influe sur la rapidité du salage et sur l'aspect de la chair, mais pas sur le taux global d'absorption. Le salage est plus doux avec le gros sel, aussi, selon le type de poisson il faudra utiliser un type de sel précis : en général on attribue le sel fin aux poissons gras et le gros sel aux poissons maigres. Le salage en saumure s'applique surtout aux poissons gras. Il est moins brutal et permet de moduler davantage le traitement (Sainclivier, 1985).

3.2.1.2. Autres ingrédients

Les **polyphosphates** augmentent la capacité de rétention d'eau dans les chairs du poisson salé et en améliorent la consistance. Du même coup, on en diminue aussi la conservation ce qui n'est pas pour nous intéresser ici.

Cet ingrédient est interdit en France sur les poissons. Dans la plupart des cas, les filets sont immergés une minute dans une solution froide de polyphosphates et égouttés ensuite pendant cinq minutes.

Les **nitrites** et **nitrites** stabilisent la couleur des chairs et ont en plus un effet bactériostatique. Il faut aussi prendre en compte que ces produits développeraient de substances carcinogènes (Sainclivier, 1985).

Le **sucré** permet le séchage et le salage simultané du poisson.

Le CIRAD-SAR a tiré avantage de cette donnée en mettant en place un processus qu'il a appelé le principe D2I. En effet, le séquençage traditionnel des opérations de salage et séchage peut être évité en utilisant une seule opération de déshydratation-imprégnation par immersion (ou déshydratation osmotique) dans un mélange composé de sel et d'un autre soluté de masse molaire plus importante (sucre simple, polyoside, alcool). Ce procédé de transformation, appliqué au séchage/salage/fumage de produits alimentaires, permet de diminuer considérablement les coûts et le temps de production, tout en assurant une bonne qualité sanitaire des produits ainsi que des caractéristiques organoleptique et nutritionnelles comparables à celles des systèmes traditionnels.

Le sucre utilisé dans ce cas est le saccharose du fait de son pouvoir dépresseur de l'eau (grosses molécules). Quand il est raffiné, ce sucre a une pureté supérieure à 99,5 %.

Le séchage/salage à sec avec un mélange de sel et de sucre est moins rapide qu'en saumure mais plus facile.

3.2.1.3. Les récipients

Il n'y a pas de récipient idéal. On peut utiliser de cuves ou des barils, en plastique, en métal ou en bois indifféremment.

3.2.2. Le séchage

Nous l'avons vu, le séchage peut se faire au soleil ou en séchoir. Sachant que notre objectif est une industrialisation de ce processus, nous ne traiterons que des séchoirs. D'ailleurs, dans les pays tropicaux humides la chaleur ou l'humidité trop forte de l'air rendent impossible le séchage à l'air libre ; il faut donc utiliser un séchage en air conditionné (Cachelou, 1980).

Le principe le plus employé est le séchage par entraînement dans lequel un courant d'air chaud (température à peine supérieure à l'ambiance) le plus sec possible établit spontanément un écart de température et de pression partielle de vapeur d'eau entre la chair du poisson et

l'air environnant. L'optimum de température de séchage est de 27°C (Cachelou, 1980). Il s'ensuit un transfert de chaleur de l'air vers le poisson et un transfert d'eau dans l'autre sens. Dans le séchage industriel, la circulation d'air est accélérée par ventilation et par un matériel régulant la température et l'humidité. Ceci implique une consommation plus importante d'énergie.

Voyons justement ces différents types de séchoirs.

- les modèles les plus utilisés en Afrique sont les tunnels à séchage discontinu travaillant par fournées ;
- dans les séchoirs continus, le poisson est déplacé dans le tunnel sur chariot en continu dans un sens tandis que l'air chaud de séchage circule :
 - dans le même sens (co-courant) : le séchage est rapide, sans risque de surchauffe mais l'humidité finale du produit est trop élevée ;
 - en sens contraire (contre-courant) : le séchage est rationnel, efficace mais le risque de surchauffe exige une surveillance ;
 - en mode mixte (co-courant puis contre-courant) : avantages des deux systèmes et produits plus homogènes ;
 - en courants croisés combinés aux autres : ce système est peu employé (Sainclivier, 1985).

En Afrique la chaleur est souvent produite par combustion de bois ou de charbon, de pétrole ou de gaz. Ces deux dernières ressources sont intéressantes car elle permettent de maintenir la température constante mais c'est aussi souvent la solution la plus coûteuse.

Des séchoirs solaires sont utilisés aussi. On a un système sans contrôle : serres, tentes en polyéthylène, et un autre avec contrôle : préchauffage de l'air par capteurs solaires. Ici aussi cette deuxième alternative est plus coûteuse (Cachelou, 1980).

Coulibaly (1986) utilise un séchoir solaire pour le séchage de poissons qui ont été préalablement salés. Les résultats, intéressants, sont les suivants :

- obtention d'humidités finales compatibles avec une conservation à moyen et long terme (de l'ordre de plusieurs mois) ;
- les délais de séchage sont de 3 à 7 jours et beaucoup plus faibles pour les poissons gras.
- la qualité hygiénique, la valeur nutritionnelle et organoleptique sont respectées et la présentation du poisson est plus attrayante ;
- les interventions et manipulations sont réduites, notamment en cas d'intempéries.

Il existe d'autres types de séchoirs, mais à titre expérimental. Ainsi un four micro-onde a été conçu spécialement pour le séchage du poisson au Canada (Martens et Husain, 1992).

3.2.3. Le fumage

3.2.3.1. Le bois

Les bois durs, plus riches en hémicellulose que les bois tendres, sont les bois utilisés pour le fumage, à quelques exceptions près (Sainclivier, 1985). Le hêtre est d'ailleurs le bois idéal (Dufour, 1991), le bois sec d'arbres fruitiers fournit un excellent combustible (CRET, s.d.).

En régions chaudes, le bois utilisé est souvent le palétuvier. Njoh Ellong (1984) utilise en Martinique le *Swietenia mahogani* (Méliacées) ou plus précisément sa sciure issue d'une scierie.

A défaut de bois, les cônes de maïs et les enveloppes de noix de coco sont très appréciables aussi (Ward, 1993).

3.2.3.2. Les fumoirs traditionnels

Le fumage traditionnel est réalisé dans des fumoir à fumée directe: les chambres de fumage sont placées au-dessus du foyer et ne permettent de fumer que de petites quantités de poisson. Ce fumage traditionnel peut être réalisé en batterie: les quantités sont plus importantes mais sans maîtrise de la température, de l'humidité, de la densité fumée, de la vitesse de l'air (Sainclivier, 1985). C'est sur ce type de fumoir que sont faites la majorité des études en Afrique.

Njoh Ellong (1984) fait l'essai d'un fumoir artisanal amélioré, léger (pour être transportable selon la direction du vent). Des difficultés pour le fumage à froid apparaissent, la température intérieure du fumoir est trop élevée du fait de la température extérieure.

De nombreux manuels décrivent ces types de fumoirs « améliorés » (UNIFEM, 1989 ; GRET, 1993). On retrouve le plus fréquemment l'Altona, le modèle ivoirien, le Watanabe et le Chorkor. Ce dernier est celui qui a le plus de succès car il permet de traiter de grandes quantités et par conséquent peut être utilisé en coopératives (Bronwell, 1986). Il a été essayé en Tanzanie, au Kenya, au Togo, au Bénin, en Guinée, en Gambie et à Madagascar (FAO, 1991) et il est actuellement utilisé au Bénin, au Congo Brazzaville, en Côte d'Ivoire, au Gabon, en Guinée, au Mali, en Sierra Léone, au Togo, en Ouganda et au Congo Kinshasa (Ward, 1995).

Ces types de fumoir présentent certains désavantages :

- le temps de travail est très élevé ;
- le préparateur inhale la fumée, ce qui est nocif pour sa santé ;
- il y a peu de contrôle sur le processus de fumage ce qui entraîne une variation de la qualité puis une variation des prix ;
- les fumoirs ne permettent pas à la fumée de bien pénétrer (pertes, ouverture...), il faut fumer plus longtemps ce qui consomme plus de bois ;
- le bois utilisé est souvent vert (contient trop d'eau), ce qui ne facilite pas le séchage du poisson (Ward, 1993).

3.2.3.3. Les fumoirs industriels

Dans le fumoir industriel, le générateur de fumée est séparé de la chambre de fumage : la fumée est ventilée horizontalement sur les poissons suspendus ou sur des grilles. Tous les paramètres sont contrôlés, le fumoir fonctionne en continu, les produits sont de qualité uniforme.

Seul le GRET (1993) décrit ce type de fumoir, le fumoir-armoire mis au point par la GTZ. Ce type de fumoir est pourtant intéressant pour intensifier et améliorer la qualité du fumage en Afrique.

Il existe d'autres moyens de production de fumées (par friction, fumées lavées) ou d'utilisation de fumées (fumées liquide) ou de dépôt de fumées (fumage électrostatique) (Sainclivier, 1985). Toutefois, l'important est d'avoir un moyen de fumage, le plus souvent un fumoir, adapté par rapport à son coût, à la qualité qu'il peut fournir, à sa consommation de bois (Cachelou, 1980 ; Ward, 1995).

3.3. METHODES

Quel que soit le traitement, il ne faut traiter que du poisson très frais. Les transformations n'amélioreront pas son état s'il est déjà abîmé. Il faut d'autre part éviter les contaminations par manipulation.

3.3.1. Le salage

Le poisson est préparé : il faut le saigner, le vider, le laver. Une décongélation est parfois nécessaire : elle peut être réalisée en air pulsé, humidifié à saturation ou par aspersion d'eau douce (CEVPM, 1993). Les petits poissons et les poissons plats peuvent être traités en entier. Les autres doivent être filetés. Dans le cas des poissons gras il faut réduire au maximum le contact avec l'air (Sainclivier, 1985).

Il existe de nombreuses méthodes de salage (teneurs en sel, températures...) (Voskresensky, 1965). Voici quelques exemples :

- léger : il s'agit d'un saumurage à, par exemple, 16 % de NaCl. Les poissons sont mis en vrac ou en couche dans un récipient et recouverts de saumure.

Pour des filets destinés à être fumés, la saumure est préférable au salage à sec.

En saumure, la pénétration du sel se fait plus lentement et en moins grande abondance : le salage est uniforme et doux (Cachelou, 1980). Par contre, l'altération progresse plus rapidement qu'à sec car les poissons sont plus humides : il faut maintenir la teneur en sel de la saumure (Sainclivier, 1985).

- moyen : les poissons en vrac sont saupoudrés de sel. Ensuite, on rajoute une saumure à 20 % qui dissout le sel.

- fort : on alterne une couche de gros sel et une couche de poisson (20-25 kg de sel pour 100 kg de poissons). On recouvre ensuite avec une saumure saturée.

- à froid : on mélange les poissons, du gros sel et de la glace (10-12 kg sel pour 100 kg glace). Les récipients sont mis à 0°C. Cela fait un excellent salage avec peu de sel et sans risque de développement des bactéries (Sainclivier, 1985).

Dans tous les cas, on recouvre les fûts ou autres récipients d'une planche avec un poids : la conservation peut durer plusieurs mois de cette façon (Cachelou, 1980).

La température accélère la prise de sel, il faut donc que la température soit moyenne et le poisson placé dans un local ombragé et ventilé. Ensuite, on doit prendre en compte que toute denrée salée doit être séchée plus longuement que les autres (Cachelou, 1980).

Il est intéressant de se pencher sur l'exemple du procédé D2I du CIRAD-SAR (cf. 3.1.1.2.). Les travaux ont été réalisés sur des saumons de calibre 3-4, c'est-à-dire :

longueur : 47-56 cm,

largeur : 14-19 cm,
épaisseur : 27-38 mm,
poids : 892-1 439 g,
graisse : 10-25 % du produit frais,
sel : 0,05-0,09 g de NaCl pour 100 g de produit frais,
eau : 55-70 % du produit frais.

L'objectif est d'obtenir une teneur en sel de 2,5 % et une teneur en eau de 58-60 %.

On utilise 97 % de sel de mer (gros n°2 tamisé à 1 000-2 240 micromètre) et 3 % de saccharose. Le salage à sec dure 10 h 30.

On peut rencontrer des problèmes de croûtage ou de lessivage dus à une exsudation brutale (Bessard, 1994). Depuis a été mis au point un système de douchage par saumure qui est encore plus efficace.

3.3.2. Le séchage

L'opération de séchage doit être menée assez rapidement pour éviter l'altération mais pas trop pour éviter de durcir la chair (Sainclivier, 1985). Les poissons sont le plus souvent pendus par la queue ou les ouïes mais ils peuvent aussi être enfournés sur des grilles.

Les conditions de température et d'humidité varient tout au long du séchage. Tant que la surface du poisson est humide, la température peut être aussi élevée et l'humidité relative aussi basse que possible. Ensuite la température doit être inférieure ou égale à 27°C et l'humidité relative de 60 %. Lorsque la régulation est difficile, on prend une température de 27°C et une humidité relative de 50-55 % pendant tout le séchage (Sainclivier, 1985). En tout cas, un séchage rapide à trop haute température est préférable à un long séchage à humidité élevée (Cachelou, 1980).

Pour le poisson salé, on peut utiliser le séchage intermittent : les poissons sont empilés puis on les fait sécher pendant un temps donné pour les remettre ensuite au pressage par empilement. L'empilage donne suffisamment de temps à l'eau résiduelle pour diffuser vers la surface. Elle est ensuite facilement et rapidement éliminée lors du séchage consécutif (Sainclivier, 1985).

3.3.3. Le fumage

Un salage léger préalable est employé pour les produits peu fumés et il n'y a pas de dessalage dans ce cas. Le dessalage est par contre nécessaire lorsque le poisson est conservé salé et fumé au fur et à mesure. Le préséchage peut être nécessaire. Sans cela, la surface du poisson durcit et elle ne présente pas le lustre qui le rend attrayant (Sainclivier, 1985).

Lors du fumage à froid, on fait un léger salage ou saumurage suivi du fumage avec préséchage ou non. La température optimale se situe dans la fourchette de 20 à 35°C selon la taille du poisson et la durée est de quelques heures à plusieurs jours selon le produit désiré.

Pour la production de fumée, on enflamme une couche de copeaux ou d'éclats de bois relativement gros permettant un feu vif (séchage à 30-32°C). On les recouvre ensuite de sciure qui s'affaisse, étouffant ainsi les flammes en produisant de la fumée plutôt que de la chaleur : c'est le feu à l'étouffée (fumage). Le feu est ensuite entretenu constamment par recharge de sciure (Sainclivier, 1985).

Pour le fumage à chaud, le poisson est généralement séché une demie heure à une heure et demi à des températures de 30 à 40°C, puis fumés pendant une à deux heures à des températures allant progressivement vers 70-80°C. Cette régulation permet d'éviter le « croûtage », c'est-à-dire le durcissement de la surface qui empêche ensuite la fumée de pénétrer dans la chair du poisson (Cachelou, 1980).

Le poisson fumé doit refroidir et sécher avant emballage. Le conditionnement sous vide n'est pas indispensable mais un emballage plastique est recommandé. La station de recherche de Limbé (Cameroun) a d'ailleurs mis au point des sachets en plastique pour l'emballage du poisson fumé. Cette méthode a maintenant trouvé une vaste application dans l'industrie artisanale locale (FAO, 1991).

La durée de conservation (quelques jours à quelques semaines) dépend de l'intensité du fumage et du séchage. La microflore naturelle évolue alors vers une prédominance de germes à Gram +. Il existe toujours un risque de contamination et de survivance de *Clostridium botulinum* (en cas d'une transformation légère) ainsi qu'un risque de prolifération de moisissures, même en froid positif. Les harengs sous vide par exemple, se conservent très bien 3 mois à + 10°C (Sainclivier, 1985). Des essais ont été réalisés avec des filets fumés de sardines (Senesi *et al.*, 1991) et leur conservation sous vide à 0-2°C est de 4 mois.

Un exemple de méthode traditionnelle peut être celle présentée par Njoh Ellong (1984) :

- salage à sec (sel fin et gros pendant 1 à 3 heures)

- séchage

- fumage (6 à 14 heures)

en moyenne selon les poissons, la conservation est possible pendant 5 semaines à 4°C dans du papier aluminium.

D'autre part, l'ouvrage de Knockaert (1990) présente un projet d'atelier de fabrication de poisson salé-séché-fumé à l'européenne. Cet exemple est très intéressant car il décrit les locaux :

- chambre de stockage de la matière première fraîche (+ 2/3°C)

- chambre de stockage de la matière première congelée (- 20°C)

- salle de décongélation

- salle de travail

- zone de préparation du poisson (lavage, filetage, salage...)

- zone de conditionnement du produit fini (parage, tranchage, mise en sachet, mise sous vide, pesage-étiquetage...)

- salle de fumage

- chambre de stockage des produits finis en vue d'une expédition rapide (2-3°C)

- locaux annexes (réserves, bureaux, sanitaires...)

et l'équipement :

- tables de travail

- plaques de découpe

- couteaux

bacs de saumure
lavabos
dispositif de stérilisation pour les couteaux
trancheuse
scelleuse sous vide
séchoir/fumoir.

C'est ce type de conception qui pourrait agrandir les structures de transformation du poisson de mer, selon le contexte économique, dans les pays de la côte ouest-africaine.

CONCLUSION

A la lumière de cette synthèse il ressort que le poisson est un atout dans le développement des pays côtiers africains tant en terme économique que nutritionnel. Une exploitation intensifiée rationnellement permettrait d'approvisionner la plupart de la population et de couvrir une bonne partie de ses besoins nutritionnels. Les efforts associés dans les domaines politique, scientifique, industriel et social permettront d'avancer dans ce sens.

Cette exploitation devra être rationnelle dans le sens où la minimisation des pertes sera une priorité. Lors de la pêche, des techniques et des méthodes de « conservation » adaptées devront être mises en place à bord des bateaux. Il est important que les structures de transformation soient développées à terre si l'on veut augmenter le nombre de captures.

Pour l'écoulement local il apparaît évident que les techniques de salage/séchage/fumage sont les mieux adaptées. Il faudrait donc mettre en place des unités de transformations semi-industrielles afin d'augmenter la production. Cette installation nécessite des investissements conséquents, c'est pourquoi il faudra, en fonction du contexte dans chaque lieu différent, évaluer la situation avant implantation.

De telles structures, même petites, nécessiteront une maîtrise du processus pour diffuser des produits de bonne qualité et de qualité constante. Ceci implique une formation et une responsabilisation des travailleurs d'une part, et un matériel adapté d'autre part. Face à l'image de structures à gros investissements et à vocation exportatrice qui périclitent sous la pression des exigences de la réglementation assurance qualité, on pourrait tendre vers une production importante de denrées de qualité adaptées au marché local des pays africains.

BIBLIOGRAPHIE

- Ames G., Clucas I., Scott Paul S. (1991) Post-harvest losses of fish in the tropics.
Ed. Natural Resources Institute, London. 23 p.
- Asté M. (1993) Le fumage du poisson en Afrique de l'Ouest : opportunité de développement d'une activité haut de gamme.
Mémoire Ecole Nationale des Travaux Agricoles de Bordeaux, CIRAD-SAR. 60 p.
- Bama B.B. (1984) Contribution à l'étude de la pêche maritime au Togo.
Thèse vétérinaire EISMV, Dakar. 135 p.
- Berron H. (1977) Ivoiriens et étrangers dans l'approvisionnement d'Abidjan en poisson.
Travaux et documents de géographie tropicale n° 28. Ed. CEGET-CNRS, Paris. 37 p.
- Bessard L. (1996) Salage/séchage à sec du saumon : étude des phénomènes d'imbibition des cristaux de sel et de sucre. Optimisation du procédé sur filets de saumon.
Mémoire Université Technique de Compagne, CIRAD-SAR, Montpellier. 59 p.
- Bureau International du Travail (1991) Transformation du poisson à petite échelle.
Série technologie, dossier n°3, BIT/FAO/PNUE/CTA, Genève. 106 p.
- Blanquet F.X (1995) Diagnostic de deux conserveries de poisson au Maroc : aspects techniques et qualité.
Mémoire Ecole Nationale Supérieure de Biologie Appliquée à la Nutrition et à l'Alimentation, Bordeaux. 39 p.
- Bligh E.G., Shaw S.J., Woyewoda A.D. (1988) Effects of drying and smoking on lipids of fish.
Fish Smoking and drying, ed. Burt J.R., Elsevier Applied Science, London. pp. 41-52.
- Burt J.R. (1988) The effect of drying and smoking on the vitamin content of fish.
Fish Smoking and drying, ed. Burt J.R., Elsevier Applied Science, London. pp. 53-60.
- Cachelou F. (1980) Technologies appropriées à la conservation du poisson dans les pays en voie de développement : application aux pays africains.
Mémoire ENSAR, Centre International pour le Développement de la Pêche et de l'Aquaculture, Paris. 111 p.
- Capart A., Kufferath J. (1956) Recherches hydrobiologiques au Congo Belge et leurs résultats pratiques.
Bulletin agricole du Congo belge, vol. 47, n° 4. Ministère des Colonies, Bruxelles, 27 p.
- CEASM (1986) Evaluation des pertes de poisson en Afrique de l'Ouest.
CEASM/TDRI/CTA, Wageningen, Pays-Bas. 92 p.

- CEASM (1987) Programme régional Afrique de l'Ouest : réduction des pertes après capture.
CEASM/TDRI/CTA, Wageningen, Pays-Bas. 64 p.
- CEVPM (1993) Fiche technique n°10 : le fumage du saumon.
Ed. CEVPM, Boulogne-sur-mer. 25 p.
- Connell J.J, Hardy R. (1982) Trends in fish utilisation.
Ed. Buckland Foundation Book , Farnham. 105 p.
- Connell J.J. (1995) Control of fish quality. Fourth edition.
Ed. Fishing News Books, Cambridge. 245 p.
- Coulibaly A. (1986) Expérimentation d'un séchoir solaire. Application aux produits de la mer dans l'Océan Indien.
Ed. Agence de Coopération Culturelle et Technique, Paris. 194 p.
- CRET (s.d.) Comment conserver le poisson ? Salage, séchage et fumage.
Techniques américaines, n° 129, ed. Centre Régional d'Editions Techniques, Paris. 22 p.
- Dia S. (1995) Etude comparative de cinq procédés de refroidissement : cinétiques thermiques et suivi qualité sur des sardines méditerranéennes.
Mémoire de DESS, CIRAD-EMVT, Montpellier. 44 p.
- Dufour C. (1991) Le fumage du poisson : étude bibliographique.
Thèse vétérinaire, ENVA, Maisons-Alfort. 137 p.
- Essuman K.M. (1994) Le poisson fermenté en Afrique : traitement, commercialisation et consommation.
Document technique sur les pêches n° 329, FAO, Rome. 80 p.
- Eves A., Brown R. (1993) The effect of traditional drying processes on the nutritional value of fish.
Tropical Science, 33 : 183-189.
- Fall M. (1987) Industrie des conserves de poisson au Sénégal.
Thèse vétérinaire EISMV, Dakar. 130 p.
- FAO (1992) Rapport de la cinquième consultation d'experts FAO sur la technologie du poisson en Afrique.
FAO Fisheries Circular, Rome, n°467. 31 p.
- FAO (1995), Commercialisation des produits de la pêche : une bibliographie sélective annotée.
FAO, Rome. Rapport n° 817, rev. 1. 76 p.
- Gram L. min L.
- GRET (1993) Conserver et transformer le poisson : guide technique et méthodologique.
GRET, Paris. 286 p.

- Hamadou S. (1980) Contribution à l'étude des conditions d'exploitation des produits de la pêche maritime au Cameroun.
Thèse vétérinaire EISMV, Dakar. 122 p.
- Hansen P. (1991) Fish preservation methods.
Advances in Fish Science and Technology. Ed. J.J. Connell, Fishing News Books, Cambridge. pp.28-34.
- James D. (1992) Seafood technology in the 90's : the needs of developping countries. -
Seafood Science and Technology. Ed. E. Graham Bligh, Fishing News Books. pp. 12-23.
- Hoffman A., Barranco A., Francis B.J., Disney J.G. (1977) The effect of processing and storage upon the nutritive value of smoked fish from Africa.
Tropical Science, 19 : 41-53.
- Kaul P.N., Krishna Iyer H., Kandoran M.K. (1989) Adoption of recommended quality control practices by fish processing factories.
Fishery Technology, 26 : 62-66.
- Keynes A.R. (1992) Hazard analysis critical point (HACCP) implementation, making it work.
Seafood Science and Technology. Ed. Graham Bligh, Fishing News Books, Cambridge. pp. 337-342.
- Knockaert C. (1990) Valorisation des produits de la mer : le fumage du poisson.
Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, Plouzané. 174 p.
- Lagoin Y., Salmon G. (1970) Etude technique et économique comparée de la distribution du poisson de mer dans les pays de l'Afrique Centrale Atlantique.
Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères, Paris. 921 p.
- Laure J. (1974) Valeur nutritionnelle des produits de la pêche conservés artisanalement au Cameroun et au Tchad.
Travaux et documents de l'ORSTOM n° 36, Paris. 79 p.
- Liston J. (1991) Microbiology in fishery science.
Advances in Fish Science and Technology. Ed. J.J. Connel, Fishing News Books, Cambridge. pp.138-157.
- Gram L. (1992) Spoilage of three Senegales fish species stored in ice and at ambient temperature.
Seafood Science and Technology. Ed. E. Graham Bligh, Fishing News Books. pp. 225-237.
- Martens R., Husain H. (1992) Application of a continuous microwave oven to fish processing.
Seafood Science and Technology. Ed. E. Graham Bligh, Fishing News Books. pp. 293-298.

- Morrissey M.T., Robles A. (1993) Sardine utilization in Mexico.
Seafood Science and Technology. Ed. E. Graham Bligh, Fishing News Books. pp. 154-162.
- Niang M. (1984) Contribution à l'étude de la transformation artisanale des poissons de mer au Sénégal.
Thèse vétérinaire EISMV, Dakar. 64 p.
- Njoh Ellong J. (1984) Valorisation des produits de la pêche : fumage.
Mémoire DESS, Maisons-Alfort. 84 p.
- Olley J., Doe P.E., Heruwati E.S. (1988) The influence of drying and smoking on the nutritional properties of fish : an introduction overview.
Fish Smoking and drying, ed. Burt J.R., Elsevier Applied Science, London. pp. 1-21.
- Opstvedt J. (1988) Influence of drying and smoking on protein quality.
Fish Smoking and drying, ed. Burt J.R., Elsevier Applied Science, London. pp. 23-36.
- Pan B.S. (1988) Undesirable factors in dried fish products.
Fish Smoking and drying, ed. Burt J.R., Elsevier Applied Science, London. pp. 61-72.
- Petitpierre C. (1980) Innovation et adaptation de technologies pour l'industrialisation des pays africains. Les industries agro-alimentaires : le cas de la transformation du poisson.
Ed. Ministère de la Coopération et du Développement, Paris. 68 p.
- Sainclivier M. (1983) L'industrie alimentaire halieutique. Vol. 1 : le poisson matière première.
Bulletin scientifique et technique de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique et du Centre de Recherche de Rennes, Rennes. 263 p.
- Sainclivier M. (1985) L'industrie alimentaire halieutique. Vol. 2 : Des techniques ancestrales à leurs réalisations contemporaines : salage, séchage, fumage, marinage, hydrolisats.
Bulletin scientifique et technique de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique et du Centre de Recherche de Rennes, Rennes. 366 p.
- Senesi E., Bertolo G., Torreggiani D., Di Cesare L., Caserio G. (1991) The utilization of Mediterranean sardines by means of smoking.
Advances in Fish Science and Technology. Ed. J.J. Connell, Fishing News Books, Cambridge. pp. 290-293.
- Shaan M.A. (1992) Transformations artisanales des produits de la pêche, quel avenir dans les pays en voie de développement ?
Synthèse bibliographique de DESS, CIRAD-EMVT, Maisons-Alfort. 136 p.
- TDRI (1986) Manutention, conservation et transformation du poisson sous les tropiques.
Vol. 1. Tropical Development and Research Institute, ed. CTA, Wageningen, Pays-Bas. 141 p.

- TDRI (1986) Manutention, conservation et transformation du poisson sous les tropiques.
Vol. 2. Tropical Development and Research Institute, ed. CTA, Wageningen, Pays-Bas.
144 p.
- UNIFEM (1989) Transformation du poisson : manuel de technologies du cycle alimentaire n°4.
Fonds de Développement des Nations Unies pour la Femme, New-York. 97 p.
- Van Veen A.G. (1936) Vish als Voedingsmiddel (Fish as food).
Geneesk. Tijdschr. Nederl. -Ind. 76 : 1 230-1 259.
- Venugopal V., Shahidi F. (1996) Structure and composition of fish muscle.
Food Review International, 12 (2) : 175-197.
- Voskresensky N.A. (1965) Salting of herring.
Fish as food, Borgstom G. (éd.), Academic press, New-York. pp. 107-131.
- Ward A.R. (1995) Fish smoking in the tropics : a review.
Tropical Science, 35 : 103-112.