

Valorisation du vinaigre de bois dans la filière du poisson fumé au Cambodge

Mission réalisée du 3 au 12 octobre 2008



Thierry Goli
CIRAD-UMR Qualisud

Rappel du contexte :

Le CIRAD (UMR95, UPR 40) appuie scientifiquement le GERES Cambodge depuis 2007 dans le test et le développement du procédé de carbonisation sur fours Yoshimura avec valorisation du vinaigre de bois.

En 2008, un accord de R&D a été signé avec l'UMR 95 pour un appui portant sur :

- la formation et l'appui de David Beritault sur caractérisation et qualité du vinaigre de bois,
- la formation et l'encadrement d'un élève ingénieur (B. Pype – Cesi) à Montpellier sur procédés de fumage « alternatifs » au fumage traditionnel.
- le suivi du stage terrain de B. Pype et l'appui en cours de stage sous forme d'une mission et de points réguliers par téléphone/Email.

Le présent rapport est relatif aux essais réalisés à l'occasion du stage terrain de B. Pype au cours de la mission d'appui prévue, ainsi qu'à l'étude des suites à donner à l'étude.

Par ailleurs, un accord sur la partie optimisation des fours et récupération du vinaigre est à la signature entre GERES Cambodge et l'UPR 40 (Alfredo Napoli)

Les attendus du stage de Benoît Pype étaient les suivants :

- Mettre au point un itinéraire alternatif conduisant à des produits finis proches du traditionnel
- Soumettre ces produits à des tests d'acceptabilité de terrain.
- Ebaucher le cahier des charges d'une installation de production mettant en œuvre du vinaigre de bois,
- Aborder les aspects de faisabilité technique et économique du procédé dans le contexte cambodgien.

Le stage s'est déroulé en 2 parties :

- une phase à Montpellier dans les laboratoires CIRAD de l'UMR 95, du 9 juin au 18 juillet. Au cours de cette phase, Benoît a reçu une formation de base sur l'évaluation sensorielle et les techniques de fumage, ainsi que sur la caractérisation au laboratoire des produits obtenus (chromamétrie Lab, teneur en eau, aw). Il a pu explorer plusieurs itinéraires technologiques conduisant à du poisson séché et cuit sans recours à l'exposition directe à du bois (plaque radiante, séchoir à air chaud, four). Pour affiner la couleur et l'odeur « fumée », il a été amené à tester l'effet de spray de colorant brun et de vinaigre de bois. Les essais ont été faits sur un poisson chat (*Heterobranchus heterobranchus*. Siluriforme.) disponible au CIRAD.
- une phase au Cambodge, du 20 juillet au 15 novembre au GERES. Au cours de cette période, il devait (i) aller sur le terrain pour analyser le procédé traditionnel, (ii) mettre en place un pilote de cuisson-séchage au gaz, (iii) élaborer des tests puis une pré-production de poissons présentant un aspect proche du traditionnel (voie « alternative »), (iv) évaluer l'acceptabilité de ces poissons, (v) évaluer la faisabilité d'ensemble.

Cette deuxième phase a dû être écourtée pour cause de démission du stagiaire. Cette démission a été motivée par :

- l'insuffisance de la structure d'accueil technique (encadrement, moyens d'essais)
- la place marginale donnée aux aspects gestion de projet dans la structure Geres.

Ainsi, seuls les points i et ii ont pu être traités, le point iii seulement abordé. Une enquête de terrain a relevé des informations sur les attentes des opérateurs sur le vinaigre de bois dans l'alimentaire.

Les attendus de ma mission ont donc été recalés en fonction de ces éléments imprévus.

Mes objectifs ont été de :

- finaliser le potentiel du pilote pour l'élaboration de produits fumés « alternatifs »
- réfléchir au maintien des objectifs initiaux de la convention R&D 2008.

Déroulement de la mission :

1- essais de production de poisson fumé.

Les essais ont commencé immédiatement pour éviter d'être pris de court selon le nombre de répétitions ou de prolongations à effectuer.

Synthèse des résultats (voir annexe pour le détail) :

A l'issue de la première journée, on constate que les poissons sont trop clairs. On vaporisera du vinaigre et du sucre de palme le deuxième jour seulement. En fin de deuxième jour, le poisson n'est pas assez sec ni encore coloré. Il est laissé un jour de plus.

En fin de séchage, (fin du jour 3) le poisson est assez sec, et celui qui a reçu 1 spray de SDP (VS2) a acquis une couleur acceptable. Le témoin et ceux qui ont reçu du VDB seul sont restés trop clairs, et ne sont pas comparables avec le poisson traditionnel. Il semble que pour l'odeur, la pulvérisation de VDB en fin de process, + des renouvellements en cours de stockage puisse convenir. Ceci sera à vérifier par des tests sensoriels incluant de la préparation de plat et dégustation.

Toutefois, le VS2 a tendance à se désagréger, et a certainement reçu une valeur cuisatrice excessive. Il faudra envisager lors de tests ultérieurs de privilégier le séchage et de réduire la cuisson.

Les poissons du lot 3 lancés en production le deuxième jour, plus gros, n'ont pu voir leur séchage mené à terme, mais ont présenté une évolution de couleur très prometteuse avant la fin du process. Ils ont été vaporisés de sucre de palme uniquement.

Le sucre de palme, par combinaison de réactions de brunissement et caramélisation a montré son intérêt en coloration à la cuisson. Les paramètres liés à l'arôme et au compromis cuisson/séchage devront être affinés dans un stage ultérieur, c'est une attente du stage de Benoît non satisfaite.

2- Aspects normatifs :

Nous avons rencontré M. Ping Sivlay, Directeur de l'ISC (MIME), bureau des standards.

Synthèse (Charlotte Nivollet) :

- Pas de normes sur le VDB au Cambodge actuellement.¹
- M. Sivlay ignore les applications potentielles dans l'alimentaire de ce type de condensat ... cette vision montre le chemin à parcourir avant de proposer ce produit sur le marché pour de telles applications ;
- L'ISC a lancé un projet de normalisation des résidus dans le poisson fumé avec le concours de l'ONUDI. Un draft existe, mais la finalisation est retardée par manqué de financements. Les textes s'inspireront des expériences Thai et Malaises.
- Pas d'infos sur des normes sur VdB existant éventuellement dans les pays voisins.

¹ Rappelons qu'en Europe, les arômes de fumés sont soumis à des règles strictes : entreprises agréées sur une liste positive, et absence de résidus de HAP au-delà de 20ppb, ainsi de que métaux lourds (reg CE 2065/2003)

- Il y aurait un marché potentiel important pour le poisson fumé Cambodgien, surtout pour la Thaïlande. Ce poisson est exporté actuellement sous le manteau car d'une qualité douteuse.
- A propos des analyses réalisables localement :
 - o Labo du MIME (7km de PP): analyses microbiologiques et chimiques. M. Sivlay peut organiser une visite.
 - o ITC: ne sait pas réellement les analyses réalisables à l'ITC.
 - o Institut Pasteur: microbiologie et chimie uniquement sur l'eau potable

Il me semble important de garder le contact avec l'ISC, en particulier pour ce qui est de nos travaux sur la qualité alimentaire du vinaigre et du potentiel que cela ouvre dans le domaine des exportations de poisson fumé. Rappelons que les poissons fumés prélevés à Kompong Chhnang en 2007 présentaient une teneur en B(a)P de 470 ppb, alors que la norme européenne en vigueur² est de 5 ppb.

3- Entretien avec Iwan Baskoro sur les pistes de financement local.

En 2007, nous avons rencontré Clive Hugues (BM/ESMAP) lors de la mission CIRAD sur financement interne DREI. Il nous avait encouragé à déposer une demande de R&D et étude pilote pour tester le potentiel de la filière « charbon vert » telle que nous l'entendons avec valorisation du vinaigre. Cette demande aurait eu une issue favorable, mais le canal prévu est celui de l'energy politics du MIME, ce qui augure mal de fonds disponibles pour notre projet selon IWAN. Le dossier est bloqué.

Du côté du PNUD, des fonds GEF seraient disponibles, pour « biomass energy ». Le charbon vert entre dans ce cadre, et le vinaigre, comme produit connexe, pourrait être inclus. Demande Geres approuvée en aout 2008 : en attente.

4- Visite à l'ITC (avec D. Beritault). MM Thavarit et Davin Huy.

Il n'y a pas d'activité de recherche et pas de matériel pour caractériser les molécules qui nous intéressent à l'ITC. Ils peuvent juste mettre de l'espace à disposition.

Un plan d'équipement des labos est prévu avec l'appui de la coopération belge. Pas d'HPLC avant 2009 ou 2010. La CPG actuellement présente est en panne (logiciel obsolète).

L'ITC forme des techniciens et des ingénieurs en GCA (génie chimique et alimentaire). La formation est dispensée en Français essentiellement. Un encadrement par un prof de l'ITC n'est pas envisageable sur un stage ingénieur ITC (mars à juin).

Les étudiants peuvent avoir des bourses du SCAC, de l'AUF, du Japon, etc... pour faire une année de master 2 à l'étranger à l'issue de leur diplôme d'ingénieur ITC.

Sur l'année scolaire en cours, 10 étudiants font leur master à l'étranger (1 bourse SCAC, 7 AUF, 2 SEED-Net). Actuellement, un boursier AUF en Master 2 à l'UMII de Montpellier (YIT Sourkea). On pourrait lui proposer un sujet fumage/qualité vinaigre de bois s'il n'est pas déjà fléchi sur un sujet. Le problème est le caractère théorique, et la durée trop longue en France, car l'étudiant ne pourrait travailler sur le terrain au Cambodge qu'à l'issue de son master.

5- Autres pistes pour la poursuite de la mise au point fumage/VDB :

- o Lors de la promo actuelle (ingénieurs en dernière année actuellement à l'ITC) le stage se déroulerait sur le modèle de celui de Benoîte Pype, à Montpellier en mars-avril, qui pourrait ensuite se prolonger par un contrat au GERES selon la valeur de l'étudiant. Le

² Reg. (CE) 208/2005

problème est le financement de la période de formation à Montpellier en début de stage (mars 2009).

- Un ingénieur ou un master « France » (type IRC Supagro ou Master « Naval »), sélectionné de concert avec JF Rozis pourrait faire son stage d'avril à août 2009 avec 1 à 2 mois à Montpellier suivi d'une période Cambodge. (inverse de Mouna Bendaoud). La difficulté est le financement du voyage, séjour et encadrement. En s'y prenant à temps, des bourses pour le billet sont disponibles.

Dans tous les cas un amendement devra être fait au contrat en cours pour la prise en charge de la période CIRAD et de l'appui à distance (éventuellement une nouvelle mission du CIRAD). Compte-tenu des obligations de T. Goli (thèse en cours dans un autre domaine, projet européen sur un sujet connexe en prévision), il se peut qu'un autre ingénieur du CIRAD prenne la relève.

Conclusions et perspectives :

La mission a conclu à la nécessité de poursuivre la mise au point entamée dans le cadre du stage de B. Pype. En particulier les aspects relatifs au degré de cuisson, à l'odeur et à la saveur de fumée.

La pertinence de l'installation de cuisson-séchage à gaz pour réaliser l'étude et produire des échantillons en quantités suffisantes pour des tests d'acceptabilité a pu être validée.

Les essais de coloration ont montré des pistes intéressantes de mise en œuvre du SDP pour apporter des teintes brunes typiques des poissons fumés.

Ce volet ne doit pas occulter la nécessaire optimisation de la production du VDB et la validation de sa qualité et de son innocuité.

Pour la poursuite des travaux, un amendement à la convention devra être ménagé pour reprendre le travail au travers d'un stage de master ou d'élève-ingénieur, à préciser rapidement.

Résumé :

Cette mission d'appui s'inscrit dans le contrat de R&D passé entre l'UMR 95 et le GERES Cambodge pour l'année 2008.

Elle a permis de faire le point avec David Bérault, (ancien stagiaire de l'équipe à présent volontaire sur place) sur les aspects d'évaluation de la qualité du vinaigre de bois produit localement sur les fours pilote (amont suivi par A.Napoli CIRAD UPR 40).

Il s'agissait également de capitaliser le travail du stagiaire Benoît Pype (CESI) en fin de stage au Cambodge sur la production de poisson fumé au vinaigre de bois. La mission a permis également de réaliser quelques séries d'essais de fumage de poisson par cette voie "alternative", conduisant à des poissons fumés d'aspect proche de la production locale traditionnelle. Le four à gaz mis en place par Benoît fonctionne bien et permet d'envisager la production de séries destinées à des tests d'acceptabilité locale de ces produits "nouveaux". Le recours à du sucre de palme en spray a été décisif pour obtenir une couleur attrayante par caramélisation et brunissement de Maillard.

Ce travail est à poursuivre du fait de l'interruption prématurée du stage de benoit. Ceci peut s'envisager dans le cadre de stages d'ingénieurs ITC (Phnom Penh) ou de master de l'UMII en 2009 ou 2010. Aussi, un avenant au contrat en cours est à proposer pour poursuivre noter appui au-delà du terme prévu initialement (fin 2008).

Des échantillons de poisson et de vinaigre ont été ramenés pour analyses en interne (méthanol, phénols) et en sous-traitance (HAP).

Cette mission a été également l'occasion de faire le point sur les perspectives de financement de R&D sur la filière charbon vert au Cambodge. Notre demande a été acceptée par les autorités locales (BM Esmap) mais le circuit de financement est bloqué par le Gouvernement. Le Directeur du GERES Cambodge (Iwan Baskoro) viendra en décembre visiter nos installations. Il s'intéresse particulièrement à la valorisation énergétique de la biomasse.

ANNEXE

Compte-rendu des essais du 6 au 9 octobre. Workshop Geres (quartier Northbridge)

Objectifs :

- thermique : tester la capacité du four à gaz à cuire et sécher du poisson.
- couleur : le vinaigre de bois seul n'a pas apporté de couleur lors de l'essai précédent. La priorité de cet essai a donc été consacrée à l'apport de couleur, car ce critère est prépondérant.
- Odeur/goût fumé : cet aspect a été laissé de côté car il nécessite une étude plus lourde avec jury et nombreuses répétitions. On fait l'hypothèse que le vinaigre est très aromatique

Matériel et méthodes :

- four artisanal à gaz : fût de 200 litres avec bruleur à gaz au-dessous. Une grille est placée à mi-hauteur, (soit 60 cm environ au-dessus du foyer) et un couvercle est placé sur l'ouverture supérieure du fût, dont la position peut être réglée pour restreindre plus ou moins le flux d'air chaud ascendant dans le fût. Les poissons sont placés, par groupes de 3 ou 4, entre 2 grilles et placés verticalement tête en bas sur la grille à mi-hauteur du four.
- Centrale d'acquisition de température Almemo. Cette centrale est équipée de 5 TC de type T. L'un mesure la température de l'ambiance, deux autres sont placés à cœur de poissons, et les 2 derniers dans le four à proximité des poissons.
- Balance de type domestique (précision +/- 10 grammes)
- Le poisson est acheté sur le marché, non vidé. Il s'agit de (lots 1 et 3) : *Cryptopterus micronema*, (*trey kés*) et de (lot 2) : (*trey kmon*), qui sont tous des siluridés. Poids moyen des poissons : lot 1 : 140g, lot 2 : 96g, lot 3 : 222g.
- Le sucre de palme est acheté en palets secs sur le marché,
- Le vinaigre de bois provient des fours Geres de Takeo.
- Des pulvérisateurs de type agricole de 1,75l.
- Calcul des teneurs en eau : on est parti du principe que le poisson était initialement d'une teneur en eau (base humide) de 80%. A la fin de chaque phase, on mesure la perte de poids, et on considère que celle-ci n'est que de la perte d'eau. On déduit la nouvelle teneur en eau. On considère le séchage suffisant lorsque cette teneur en eau est inférieure à 20%. Le lot 3 n'a pas été suffisamment séché, car nous n'avons pas eu le temps de déborder des 4 journées de travail.

Organisation des essais :

Les essais se sont déroulés sur 4 jours. Compte-tenu des délais d'acheminement, des temps de mise en route, les 4 journées de cuisson-séchage (températures toujours supérieures à 70°C) correspondent à des durées effectives de 3 à 7 heures. Elles se sont déroulées selon le principe essais-erreurs, en programmant la journée suivante en fonction des résultats du jour.



		Phase 1 Lun 6	Phase 2 mar 7	Phase 3 mer 8	Phase 4 jeu 9	Vaporisations
Temp.		70 – 85°C	80-110°C	80-130°C	80-160°C	
T1	Lot 1	X	X	-	-	-
V1		X	X	X	-	Début ph2
T2	Lot 2	X	X	-	-	-
V2		X	X	-	-	Début ph2 + Fin ph3
VS2		X	X	X	-	VDB + SDP 330g/l en début ph2
T3	Lot 3	-	-	X	X	-
S3		-	-	X	X	SDP 400g/l en début ph3
SS3		-	-	X	X	SDP toutes les heures en ph3

Tableau 1 : Traitements thermiques et vaporisations appliqués aux 8 échantillons traités.

Entre deux phases de cuisson, les poissons étaient suspendus sous moustiquaire durant toute la nuit à l'air libre, à une température de l'ordre de 25-30°C. Malgré l'humidité, les poissons ne reprenaient pas de poids la nuit.

Les principes suivants ont présidé aux essais :

- Pour chacun des lots, il y a toujours un témoin, qui ne subit que la cuisson-séchage, et ne reçoit ni VDB ni SDP (T1, T2 et T3)
- des échantillons ont reçu du VDB seul (V1 et V2)
- des échantillons ont reçu du sucre de palme seul, pour se placer en conditions optimales de pH pour provoquer du brunissement (le moins acide possible) (S3 et SS3)
- les sprays ont dans certains cas été répétés très fréquemment, pour le SDP (toutes les heures) (SS3)
- Les températures appliquées correspondent toujours à une cuisson-séchage, indissociables. En effet, dans la mesure où la peau des poissons supporte bien une température initiale relativement élevée (80°C) on a appliqué des températures relativement fortes pour gagner du temps.

Résultats :

1 Performance du four.

Le four réagit très sensiblement à la position de la vanne de gaz du brûleur. Il est facile et avec peu d'inertie d'imposer une température d'air sur les poissons de 80 à 160°C. Cette installation provisoire est adaptée pour cuire et sécher plusieurs kg de poisson sur 2 à 3 jours. A terme, on peut envisager la mise au point d'un système à génération d'air chaud fonctionnant selon diverses biomasses, dans le prolongement de recherche actuellement en cours au CIRAD et au GERES.

2 Perte en eau des poissons.

Pour les lots 1, (poids moyen 140 g), la figure 3 nous indique qu'au bout de 8 heures, la perte d'eau est insuffisante (T1), il a fallu une journée de plus pour obtenir une perte d'eau complète (V1), soit **14 heures**.

Notons que ces durées n'ont qu'une valeur indicative. Ne pouvant mesurer précisément l'*aw*, nous n'avons pas fait de cinétique précise de perte de poids. Il semble qu'au bout de 14 heures, les poissons soient trop cuits (V1 cassants).

Pour les lots 2, (poids moyen 96 g), au bout de **8 heures**, la perte d'eau est suffisante (T2), il a fallu une journée de plus pour obtenir une perte d'eau complète (VS2 et V2). Ce poids est limite pour obtenir un séchage en moins de 10 heures.

Pour les lots 3, (poids moyen 222 g), la courbe de séchage a une allure linéaire, plus lente que celle des autres lots du fait de la taille des poissons. Au bout des phases 3 et 4, soit 13 heures, la perte d'eau est insuffisante. Une trentaine d'heures semblerait nécessaire.

3 Couleur :

La première journée (VdB seul) a confirmé les résultats obtenus par Benoît antérieurement : les *Micronema* ne prennent pas de couleur, contrairement aux *Heterobranchus*. Cela est vraisemblablement dû au mucus important du dernier, qui a tendance à foncer à la cuisson. Il a donc fallu trouver des solutions pour apporter de la couleur en cours de process.

Certaines comparaisons sont intéressantes à commenter :

- comparaison T2 – V1 – VS2. Ces poissons sont arrivés en fin de séchage. Ni T2 ni V1 ne présentent une couleur comparable à celle d'un poisson traditionnel. VS2, qui a subi le même traitement thermique que V1, présente une couleur intéressante, apparue seulement en fin de cuisson. V1 qui a reçu du vinaigre de bois seul, ne présente pas une coloration suffisante. La caramélisation et les réactions de brunissement non

enzymatique provoqués par le sucre de palme ont montré une voie intéressante pour pallier le caractère non colorant du VDB seul.

- Comparaison T3, S3 et SS3 : Bien que loins d'être au degré de séchage souhaité, ces poissons montrent un dégradé de couleur, qui laisse entrevoir que une ou plusieurs pulvérisation de SDP seul devraient donner une couleur intéressante.lorsque le séchage sera achevé.
- Un travail de mise au point complémentaire est à faire pour appliquer le moins possible de SDP, au bon moment, et appliquer le bon diagramme thermique pour obtenir une couleur et un aspect valorisable sur la filière du fumé.

En outre il faudra dans la suite des travaux s'attacher à reproduire le mieux possible l'aspect de surface du poisson traditionnel, en veillant que le poisson ne soit pas collant.

4 Arôme fumé.

Cet aspect n'a pas été travaillé car cela nécessite la mise en place d'essais répétitifs avec analyse sensorielle par jury d'expert. Les essais préliminaires montrent que :

- l'odeur fumée des poissons traditionnels est assez subtile malgré la forte quantité de composés de fumée déposée.
- Lorsque le VDB est appliqué par spray durant la cuisson, les composés aromatiques très puissants dans le liquide semblent s'évaporer instantanément, et ne pas persister sur le poisson.

Nous pensons qu'il serait souhaitable d'imprégner les poissons en composés aromatiques à l'issue du séchage sur produits tièdes, et de façon répétée durant le stockage du produit jusqu'à sa consommation. Ceci doit être confirmé par analyses biochimiques (phénols) et sensorielle.

5 Texture, acceptabilité globale.

De la même façon, cet aspect devra être approfondi par analyse sensorielle. La texture est sous l'influence à la fois des composés déposés (réactions des phénols, du formol, de l'acide acétique avec les protéines) et du diagramme thermique appliqué. On peut favoriser le séchage au détriment de la cuisson en rallongeant les temps et en pratiquant des températures plus douces.

Conclusion :

Ces essais ont montré la pertinence de l'installation de cuisson-séchage à gaz pour réaliser l'étude et produire des échantillons en quantités suffisantes pour des tests d'acceptabilité.

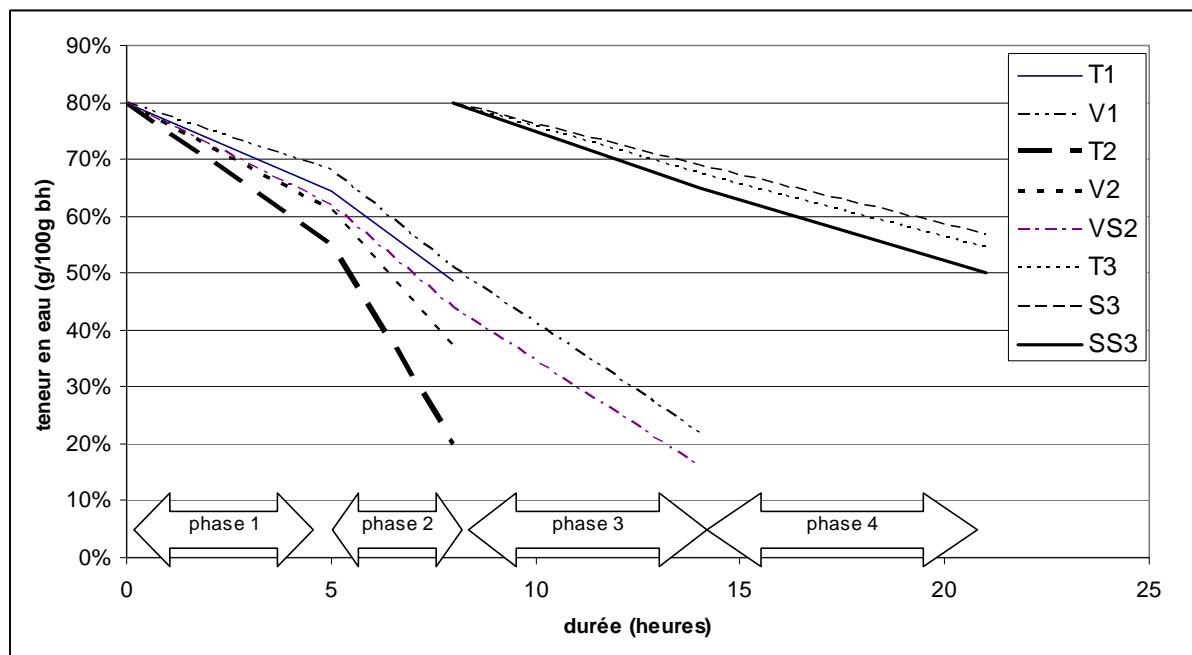
Les essais de coloration ont montré des pistes intéressantes de mise en œuvre du SDP pour apporter des teintes brunes typiques des poissons fumés.

Les réponses de type arôme et texture devront être travaillées lorsque le dispositif de R&D³ et d'analyse de l'acceptabilité sensorielle seront en place au GERES.

Ce volet ne doit pas occulter la nécessaire optimisation de la production du VDB et la validation de sa qualité et de son innocuité.

³ Teneur en eau, activité de l'eau, phénols, acide acétique, en HAP. Jury d'expert pour la description/comparaison des produits, jury consommateur pour l'évaluation de l'acceptabilité des poissons fumés.





Graphique 1 : évolution des teneurs en eau en fonction du temps avec : (cf. graphiques 2 et 3 en annexe)

- phase 1 : 70-80°C durant 5 heures.
- phase 2 : 80-100°C durant 3 heures
- phase 3 : 90-130°C durant 6 heures.
- phase 4 : 15 minutes à 150°C puis 100 °C durant 6 heures 30.

(température de l'air au contact du poisson).

ANNEXES

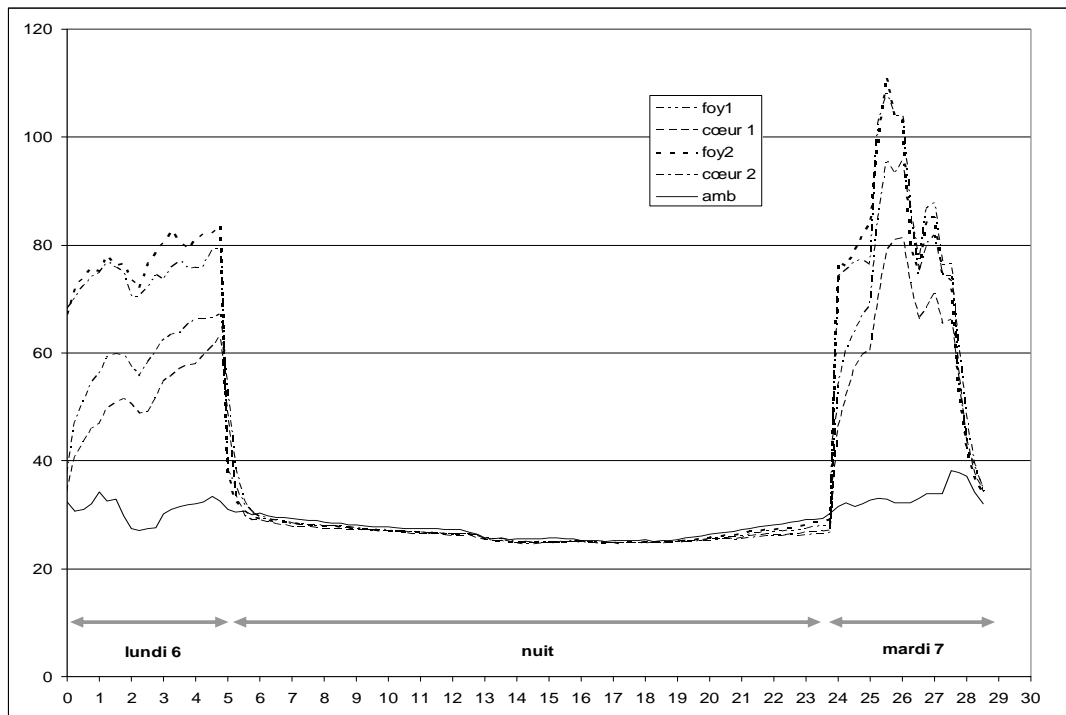


Figure 2 : évolution des températures en °C dans les poissons (cœur 1 et cœur 2) et de l'air dans le four (foy1 et foy2) en fonction du temps (en heures) durant les phases 1 et 2.

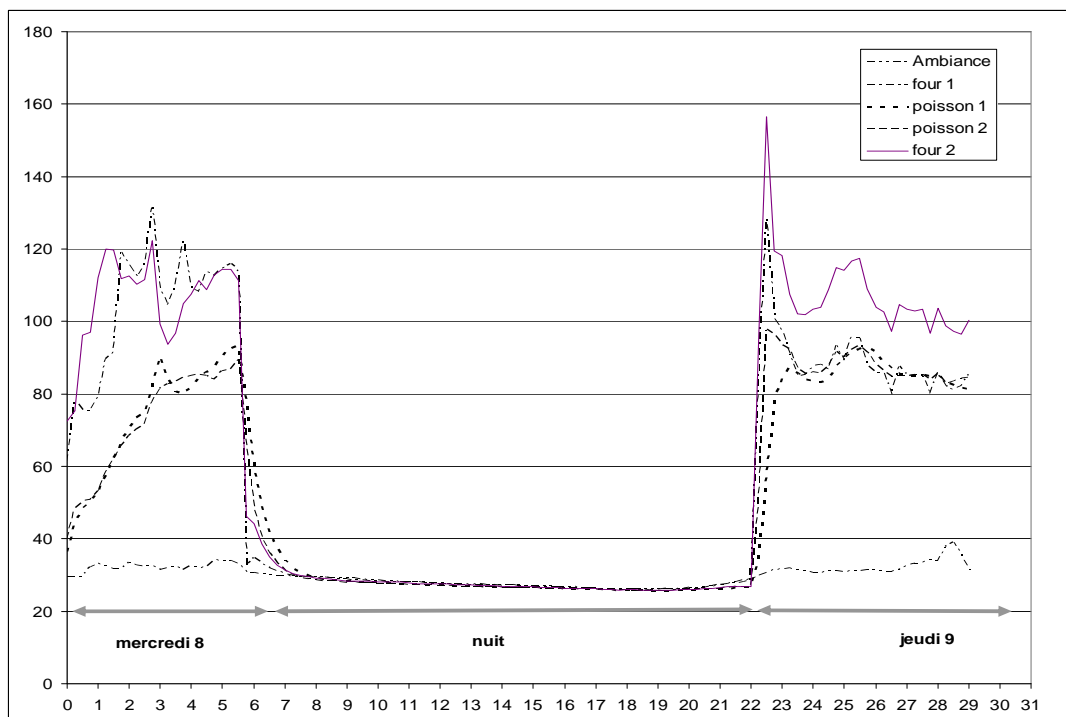


Figure 3 : évolution des températures en °C à cœur des poissons (poisson 1 et 2) et de l'air dans le four (four1 et 2) en fonction du temps (en heures) durant les phases 3 et 4.