

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
I. LE PORC BOUCANE REUNIONNAIS.....	2
A. LE CONTEXTE REUNIONNAIS.....	2
1- <i>Le boucané</i>	2
a) Présentation du produit, consommation.....	2
b) Principes de fabrication, le boucan.....	2
c) Différentes catégories.....	3
2- <i>Les filières et procédés de fabrication</i>	3
a) Filières traditionnelles : productions artisanale et familiale.....	4
b) Filière industrielle.....	5
c) Comparaison des procédés de fabrication.....	5
3- <i>Problématiques autour du boucané traditionnel</i>	6
a) Question de la qualité.....	6
b) Maîtrise du procédé de fabrication, rendements.....	7
c) Point de vue des consommateurs.....	7
B. LE PROCEDE DE FABRICATION ARTISANAL.....	8
1- <i>Salage</i>	8
2- <i>Séchage, cuisson et fumage</i>	8
a) Différents protocoles artisanaux.....	8
b) Actions du fumage.....	10
c) Formation, dépôt et transfert des composés de la fumée.....	10
II. MATERIEL & METHODES.....	12
A. LE PILOTE DE SECHAGE / FUMAGE ARTISANAL.....	12
1- <i>Présentation de l'innovation</i>	12
a) Principes d'élaboration et objectifs.....	12
b) Principe de fonctionnement et schémas.....	13
c) Améliorations techniques mises en place pour la version définitive du pilote.....	15
2- <i>Intérêts</i>	15
a) Séparation des circuits.....	15
b) Gestion des fumées chaudes et froides.....	15
c) Validation des objectifs pour le produit fini.....	16
B. ESSENCES DE BOIS DE FUMAGE.....	17
1- <i>Broyeur à bois</i>	17
2- <i>Essences de bois</i>	17
a) Sciures industrielles.....	17
b) Approvisionnements en bois.....	17

c)	Caractérisation des sciures.....	18
C.	MATIERES PREMIERES.....	18
1-	<i>Poitrine de porc</i>	18
a)	Fournisseurs.....	18
b)	Caractéristiques.....	19
2-	<i>Ingrédients</i>	20
D.	METHODES.....	20
1-	<i>Process</i>	20
a)	Saumurage.....	20
b)	Enregistrement des données expérimentales.....	20
2-	<i>Analyses physicochimiques</i>	21
a)	Echantillonnage.....	21
b)	Dosage de l'humidité.....	21
c)	Dosage du chlorure de sodium.....	21
d)	Mesure de l'activité de l'eau (Aw).....	22
e)	Dosage des phénols totaux.....	22
3-	<i>Mesures colorimétriques</i>	24
4-	<i>Analyse sensorielle</i>	24
a)	Outils, matériel, salle, jury.....	24
b)	Présentation & traitement des produits.....	24
c)	Outil de statistiques.....	25

III. RESULTATS & DISCUSSION.....26

A.	CARACTERISATION TECHNIQUE DU PROCEDE INNOVANT.....	26
1-	<i>Impact des procédés de séchage et de fumage sur les produits</i>	26
a)	Profils thermiques.....	26
b)	Cinétiques de perte en eau et perte en matière grasse.....	27
c)	Cinétique de gain en phénols.....	28
d)	Evolution de la couleur des parties grasse et maigre.....	29
2-	<i>Caractérisation aéraulique du process</i>	30
a)	Evaluation de la performance du séchage.....	30
b)	Estimation des fuites.....	31
c)	Flux des fumées froides en phase fumage.....	33
d)	Comparaison des flux inter-compartiments.....	33
B.	ETUDE DE L'IMPACT D'ESSENCES DE BOIS LOCAUX SUR LE FUMAGE ET LA QUALITE DU BOUCANE.....	34
1-	<i>Typicité d'essences de bois de l'île de la Réunion</i>	34
a)	Choix des essences.....	34
b)	Mise en place d'études préliminaires.....	35
c)	Détermination du point optimal de fumage.....	36
2-	<i>Mise en place des productions</i>	36
a)	Evaluation des temps de fumage pour l'étude des différentes essences.....	36
b)	Comparaisons techniques des productions.....	38
c)	Validation de la stabilité et du fumage des produits finis.....	39
3-	<i>Analyse sensorielle</i>	41
a)	Présentation des séances de dégustations.....	41

b)	Comparaisons qualitatives des boucanés fumés à partir des 6 essences.....	41
c)	Appréciation hédonique.....	46
d)	Limites de la dégustation.....	48

IV. DEVELOPPEMENT ET INSTALLATION DU PROCEDE AU NIVEAU LOCAL.....50

A.	BILAN FONCTIONNEL DU PROTOTYPE.....	50
1-	<i>Atouts</i>	50
2-	<i>Limites</i>	50
B.	INSTALLATION CHEZ LE PARTENAIRE CHARCUTIER.....	51
1-	<i>Déroulement de l'implantation du pilote</i>	51
2-	<i>Transfert de la technologie</i>	53
C.	PERSPECTIVES.....	53
1-	<i>Version optimisée du fumoir</i>	53
2-	<i>Démarche de certification produit</i>	54

CONCLUSION.....55

***Bibliographie*.....56**

***Liste des tableaux et figures*.....57**

***Annexes*.....58**

INTRODUCTION GENERALE

Le porc boucané est un produit de salaison typique de l'île de la Réunion. Elaboré à partir de poitrine de porc salée, séchée et fumée, ce produit fortement aromatique et coloré est très apprécié de la population réunionnaise. Deux filières locales se partagent le marché : une filière industrielle et une filière artisanale. Seuls les artisans charcutiers proposent un produit véritablement traditionnel, qui doit son originalité à un degré de fumage élevé et à une déshydratation poussée qui garantissent sa stabilité dans des conditions de conservation tropicales.

A l'échelle artisanale, la production dans un local appelé « boucan » assure l'authenticité du boucané mais a pour conséquence une détérioration de la qualité sanitaire. Le contact direct du foyer avec les produits entraîne en effet le dépôt de composés cancérigènes, notamment d'hydrocarbures aromatiques polycycliques, dont la teneur est jusqu'à six à sept fois supérieure à la recommandation française. Cette recommandation est amenée à évoluer dans les prochaines années, pour devenir une norme européenne. Elle entraînera l'interdiction des procédés de fumage à foyers directs ; le boucané artisanal court donc le risque d'être retiré de la vente.

Par ailleurs, une thèse réalisée au pôle agroalimentaire du CIRAD-Réunion en 2001, concernant l'étude des mécanismes réactionnels au cours du salage, séchage, cuisson et fumage des pièces de viande pour le cas du porc boucané, a permis d'identifier les points critiques du procédé de fabrication traditionnel. Les résultats ont ainsi abouti à la mise en place d'une innovation par le CIRAD : l'alternative proposée a pour but de respecter la caractère traditionnel du produit tout en garantissant une qualité sanitaire satisfaisante, une amélioration des rendements et de l'homogénéité des produits.

Le principe du fumoir artisanal repose sur la séparation de deux circuits de fumées chaudes et froides, le premier pour la cuisson et le séchage des produits, le deuxième pour le fumage du boucané. Le pilote, installé à l'île de la Réunion en 2002, a fait l'objet d'une première série d'expérimentations afin d'établir un procédé de fabrication en liaison avec un partenaire charcutier. Le pilote a ainsi subi de nombreuses modifications.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le travail de fin d'études présenté ici. Il se décompose en trois volets principaux. En premier lieu, une caractérisation globale d'un cycle de fabrication à l'aide du fumoir innovant a été réalisée. C'est à ce stade qu'a été retenu le mode de fonctionnement définitif du fumoir. Dans un second temps, nous nous sommes intéressés à l'impact que peut avoir l'utilisation de différentes essences de bois locaux sur la qualité du fumage, à travers trois composantes principales que sont la couleur, l'odeur et la saveur du boucané. Enfin, une phase de développement a permis d'amorcer le transfert de la technologie auprès des artisans charcutiers de l'île de la Réunion.

I. LE PORC BOUCANE REUNIONNAIS

La conservation de la viande dans les pays chauds fait l'objet d'une attention particulière en raison de sa nature périssable, des conditions climatiques et environnementales qui favorisent rapidement sa dégradation. Les techniques traditionnelles de transformation des produits carnés en milieu tropical reposent souvent sur l'utilisation, seule ou combinée, d'opérations de salage, séchage et fumage qui mènent à une gamme variée de produits. On peut ainsi citer le charqui et le carne-de-sol en Amérique du Sud, le nham en Asie du Sud-Est, le biltong en Afrique du sud ou encore l'unam inung au Nigéria. Le porc boucané, produit de salaison et fumaison typique de l'île de la Réunion, appartient à cette catégorie de produits.

A. Le contexte réunionnais

1 - Le boucané

a) Présentation du produit, consommation

Le porc boucané, plus généralement appelé *boucané*, est un produit de salaison traditionnel de l'île de la Réunion : il est constitué de pièces de poitrine de porc salées, séchées et fumées, stables à température ambiante et qui se cuisinent traditionnellement en carri, plat traditionnel créole.

La consommation de boucané semble généralisée à la majorité des groupes culturels réunionnais, hormis les populations musulmanes non consommatrices de viande de porc. Ce produit est largement consommé. En effet, la consommation annuelle est estimée à environ 7 kg par habitant et par an soit presque un quart de la consommation locale de viande de porc.

Le boucané artisanal n'est pas directement consommable en l'état : il est d'abord bouilli en une ou plusieurs eaux, pour le dessaler, puis cuisiné avec des légumes et des épices pour l'élaboration du carri.

b) Principes de fabrication, le boucan

Le terme « boucané » tient son origine du mot « boucan », qui désigne historiquement, à partir du XVIII^{ème} siècle, la petite cabane où l'on faisait fumer la viande. Aujourd'hui, le boucan désigne la pièce où est placé un foyer à bois pour réaliser la cuisson des pièces de viande. La fumée et la chaleur opèrent une cuisson lente et un fumage des viandes. Les produits, une fois traités, sont conservés dans le boucan mais éloignés du foyer ; la fumée présente dans la pièce permet de préserver la viande des mouches et de maintenir le produit sec de par les conditions hygrométriques qui y règnent.

Ce moyen de conservation était très utilisé avant l'arrivée des appareils modernes de réfrigération. Aujourd'hui, il se rencontre toujours dans les hauts de l'île, régions plus isolées où les habitants ont conservé une tradition de cuisine au bois, mais est devenu de plus en plus rare. Par contre, les charcutiers traditionnels l'utilisent toujours très majoritairement pour toutes les productions de viandes fumées.

Le porc boucané provient à l'origine de côtes de porc que l'on avait pris l'habitude de conserver par le boucanage. Ces pièces étaient souvent débarquées sur l'île déjà salées pour assurer leur conservation pendant le transport, ce qui peut expliquer l'habitude, conservée depuis, d'une double opération de salage et fumage des produits. De façon générale, cette technique permet une bonne conservation de la viande à température ambiante et sous un climat tropical, particulièrement chaud et humide.

c) Différentes catégories

Sous l'appellation boucané on rencontre différentes qualités de produits salés, séchés et fumés :

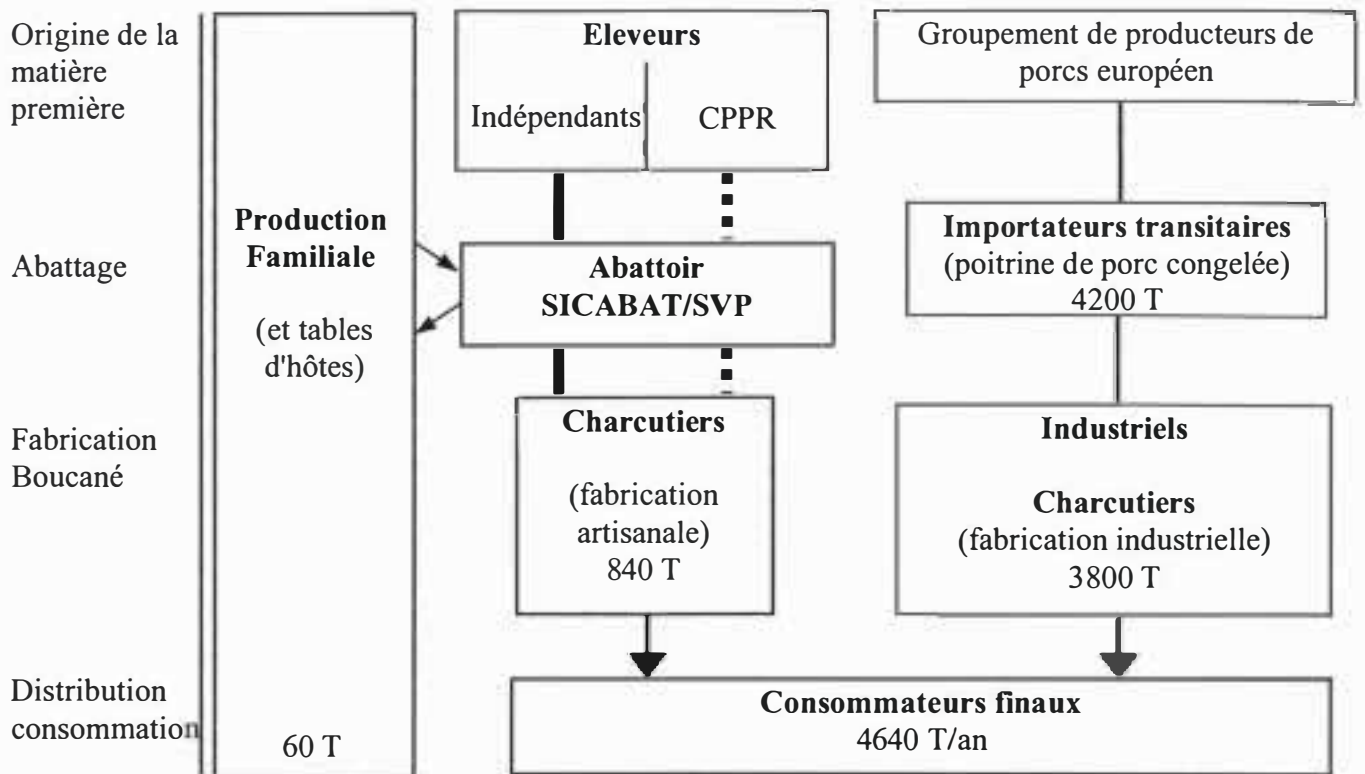
- poitrine de porc, grasse ou maigre, appelée *boucané standard* ou *boucané maigre*
- petite côte de porc, qui correspond à la côte de porc et à la bardière, dénommée *boucané maigre ou standard*
- grande côte de porc, qui comprend la petite côte et la poitrine, dénommée *boucané maigre ou standard*
- épaule désossée, coupée en lanières et appelée *boucané épaule*

Le faible coût du boucané standard en fait le produit le plus couramment consommé. Cependant, l'évolution des habitudes alimentaires amène de plus en plus le consommateur vers des produits moins gras comme le boucané maigre ou le boucané épaule.

2 - Les filières et procédés de fabrication

Une étude globale de la filière « porc boucané » a été réalisée (Doumeizel, 1998). Elle a permis :

- d'établir un diagnostic afin de mieux comprendre la structuration de la filière et d'apprécier les enjeux économiques liés à cette production ;
- de décrire et analyser les divers procédés de fabrication des boucanés aussi bien aux niveaux industriel, artisanal que familial.



Légende :

- Les éleveurs indépendants vendent directement leurs porcs aux charcutiers qui les amènent à l'abattoir.
- ■ ■ ■ Les éleveurs adhérents à la Coopérative des Producteurs de Porcs à la Réunion (CCPR) vendent les porcs à l'abattoir et la SICA Viande Pays (SVP) se charge de revendre les carcasses ou demi-carcasses aux charcutiers.

Figure 1 : la filière porc boucané à l'île de la Réunion

a) Filières traditionnelles : productions artisanale et familiale

Les procédés artisanaux recouvrent les productions artisanale et familiale. Cette dernière est très marginale aujourd'hui (60 tonnes/an), du fait de l'introduction des techniques modernes de conservation.

La production artisanale (840 tonnes/an) fait intervenir différents acteurs exclusivement locaux. Toute la viande transformée provient de la filière porc locale, qui se divise en trois sous-ensembles concurrents :

- la coopérative des producteurs de porcs de la Réunion, la CPPR, leader de par sa production (70% au moins de la production de porcs) et de par la détention de l'unique abattoir spécialisé en porc de l'île (SICABAT à St-Pierre)
- les éleveurs intégrés-intégrateurs, avec la société GROUPAGRO
- les éleveurs indépendants

b) Filière industrielle

Cette production est de loin la plus importante (3800 tonnes/an) ; les boucanés industriels sont vendus en grande distribution. Deux grandes entreprises de salaison (Salaisons de Bourbon, Soretravi) détiennent plus de la moitié de la production industrielle de porc boucané. Quelques charcutiers, produisant de gros volumes, utilisent également des procédés industriels.

La filière industrielle est totalement déconnectée de la filière de porc locale. Les poitrines de porc sont importées congelées en provenance de métropole (COOPERL) et d'Europe. Le coût faible de la matière première (1.5 à 1.7 Euros/kg au lieu de 3 à 3.7 Euros/ kg pour la poitrine locale) et les quantités nécessaires pour la transformation, non fournies par la production réunionnaise, expliquent cette pratique.

c) Comparaison des procédés de fabrication

Les filières industrielle et artisanale sont ainsi complètement déconnectées avec d'une part des approvisionnements différents en viande, fraîche et locale pour les artisans, congelée et importée pour les industriels, et d'autre part des procédés de fabrication spécifiques.

Les procédés industriels se découpent généralement de la façon suivante :

- ❑ le saumurage (eau, sel nitrité, polyphosphates de sodium et anti-oxydant) réalisée dans un malaxeur sous vide
- ❑ le fumage, précédé d'un étuvage

Deux types de fumage se rencontrent : le fumage par combustion, ou le fumage par atomisation de condensats de fumée, moins fréquent.

Le fumage par combustion s'effectue à partir d'un générateur conventionnel de fumée ; la sciure utilisée est une sciure de hêtre, très bien calibrée et qui apporte un goût « neutre ». Il s'agit d'un mode de fumage indirect.

Le procédé artisanal est la reproduction du mode de fumage traditionnel, tel qu'il était réalisé au niveau familial pour la conservation des pièces de viande. On peut cependant distinguer deux types de procédés :

- ❑ salage court et fumage long
- ❑ salage long et fumage court mais intense

L'originalité de chaque procédé réside dans la combinaison des durées de salage et fumage, de même que dans les épices incorporées au sel lors de la première opération.

Le salage est soit réalisé à sec, soit par saumurage.

Le fumage est en réalité une opération qui cuit, sèche et fume les produits. Le fumage de courte durée, s'il est précédé d'un temps de salage long, est réalisé dans une enceinte fermée et dure de 15 minutes à plusieurs heures. Le fumage long quant à lui, précédé d'un salage court, s'effectue dans une enceinte plus ouverte et peut durer plus de 12 heures. Il s'agit généralement de fumages à foyers directs, sauf dans le cas des fumages courts où un modèle de fumoir à armoire existe et où le foyer est séparé de l'enceinte de fumaison. Ces armoires sont cependant rarement utilisées.

Les charcutiers stockent les boucanés à température ambiante dans une pièce attenante au magasin.

	POINTS POSITIFS	POINTS NEGATIFS
BOUCANE INDUSTRIEL	<p><u>Au niveau du produit :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - produit standard - qualité du produit - peu coûteux - confiance des consommateurs <p><u>Au niveau du procédé :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Séparation du foyer - Rendements forts - Maîtrise du process - Répétabilité <p><i>Produit de qualité, peu coûteux</i></p>	<p><u>Au niveau du produit :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - produit standard, peu typé (fumé au hêtre) - perte de masse forte à la cuisson (lié à l'emploi de polyphosphates) - non stable à température ambiante (se conserve au réfrigérateur) <p><i>Perte de la tradition et de l'authenticité</i></p>
BOUCANE ARTISANAL	<p><u>Au niveau du produit :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - produit traditionnel - goût typé - stable à température ambiante <p><i>Produit traditionnel, très apprécié des réunionnais</i></p>	<p><u>Au niveau du produit :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Qualité sanitaire insuffisante : dépôt de composés cancérigènes (foyer direct) <p><u>Au niveau du procédé :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Mauvaise répétabilité <p><i>Pas de confiance des consommateurs (modes de production, bois utilisés pour le fumage)</i></p>

Tableau 1 : Comparaison des productions industrielle et artisanale de porc boucané

3 – Problématiques autour du boucané traditionnel

a) Question de la qualité

Le travail de thèse d'I. Poligné a permis d'identifier un risque sanitaire au niveau du boucané traditionnel, tel qu'il est vendu par les artisans charcutiers. En effet, la production artisanale est réalisée en foyer direct, c'est-à-dire que les produits sont en contact direct avec les fumées chaudes produites. Les particules se déposent ainsi directement sur les pièces de viande. Ce type de traitement confère aux produits les qualités organoleptiques recherchées par les consommateurs et qui font toute leur authenticité, mais entraîne également une diminution de la qualité sanitaire avec des teneurs en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) très largement supérieures à la recommandation. Certains HAP sont mutagènes et cancérigènes, le plus connu étant le benzo(a)pyrène, qui est également utilisé dans les modèles animaux de cancérogenèse. Ces composés se forment au niveau des

fumées et constituent donc un risque pour le fumage des produits carnés ou fumés. La recommandation en vigueur pour les produits carnés fumés conseille de ne pas dépasser une teneur en benzo(a)pyrène de 1 µg/kg de produit. Or les boucanés traditionnels présentent généralement des teneurs six à sept fois supérieures à cette recommandation, en relation avec le fumage par foyers directs.

Un problème de santé publique a donc été mis en évidence au cours de l'étude des procédés de fabrication du boucané traditionnel. Ceci est pourtant à nuancer car les produits étant dessalés dans une eau à ébullition avant leur consommation, la teneur en HAP résiduelle effective est donc nettement inférieure. Cependant, la recommandation tend actuellement à évoluer en tant que norme européenne et sera applicable à tous les produits carnés fumés dans leur état de mise en vente. Aussi les produits artisanaux ne pourront donc plus être commercialisés ; le boucané traditionnel est ainsi amené à disparaître, laissant le marché totalement ouvert aux boucanés de type industriel, d'une qualité sanitaire effective mais sans typicité marquée.

D'autres enjeux de qualité entrent également en jeu, et font preuve d'inquiétude marquée de la part des consommateurs. Contrairement au boucané industriel dont le mode de production, bien que méconnu, paraît irréprochable, les consommateurs s'inquiètent de la façon dont est réalisé le boucané chez l'artisan. Il est donc fréquent qu'ils privilégient un charcutier « digne de confiance » et préfèrent ne pas en changer. Les inquiétudes sont de plusieurs ordres :

- qualité de la matière première : cette inquiétude, justifiée dans les années 70/80 où les viandes traitées pouvaient être avariées ou contenir des kystes, n'est actuellement plus fondée.
- respect du procédé de fumage : cette incertitude provient du fait que certains fabricants sont soupçonnés d'utiliser des bois de mauvaise qualité pour fumer la viande, comme des bois traités ou peints, des cartons.
- hygiène générale de l'atelier de transformation et/ou vente : cette incertitude joue sur les conditions générales d'hygiène ; aussi les consommateurs n'achèteront pas chez un charcutier dont la salle de vente paraît sale.

Ces inquiétudes peuvent être justifiées, notamment en ce qui concerne l'utilisation abusive de bois défectueux pour le fumage.

b) Maîtrise du procédé de fabrication, Rendements

Les productions de boucané artisanal ont un rendement massique avoisinant les 65%, avec une très forte variabilité, à la fois entre différentes productions mais également au sein d'un même lot de fabrication. En effet, les foyers utilisés pour la cuisson et le fumage ne permettent pas une maîtrise forte des opérations. Le procédé de fabrication est plutôt assuré par le savoir-faire artisanal, c'est-à-dire l'habitude et l'expérience des charcutiers. C'est toute la question de l'artisanat et du caractère traditionnel du produit.

Cependant, l'amélioration des rendements massiques est un point très valorisant pour la production de boucané. Les artisans cherchent généralement à augmenter leurs rendements car ce dernier a un impact direct sur le bénéfice. C'est donc un critère qui intéresse directement les charcutiers, avec la question du compromis à réaliser entre la stabilité et la perte de masse des produits.

c) Point de vue des consommateurs

Selon les consommateurs, le boucané de qualité répond à des critères tels que l'élaboration à partir de matière première fraîche, la sensation d'un goût fumé marqué et une couleur caractéristique, tirant vers le marron plus ou moins foncé (un boucané trop pâle ou trop noirci n'est pas acceptable). Surtout le prix de vente doit nécessairement être faible car le boucané est considéré comme un produit de consommation courante.

La question du coût est donc prédominante. Ceci explique le succès du boucané industriel, qui s'apparente peu au produit traditionnel mais est d'un prix peu élevé.

Ce contexte local autour de la production et de la consommation de porc boucané permet de mieux comprendre les enjeux du projet de développement réalisé. Le produit artisanal est ainsi un produit très typique, bien traditionnel et fortement ancré dans les habitudes de consommation des réunionnais. Cependant, ce produit sera amené à disparaître dans le cadre de la nouvelle réglementation sur les HAP qui concerne l'ensemble des produits carnés fumés.

L'innovation proposée par le CIRAD en terme de process doit ainsi répondre à cette problématique tout en conservant la typicité du boucané traditionnel.

Cela nécessite une bonne connaissance des principales étapes de fabrication du porc boucané artisanal.

B. Le procédé de fabrication artisanal

De nombreuses variantes existent au niveau de la conduite du procédé à l'échelle artisanale. Deux opérations se distinguent pourtant clairement : le salage et le fumage. L'étape de séchage est amorcée pendant l'opération de salage où une perte d'eau du produit est provoquée par la forte différence de concentration en sel existant entre la surface et le cœur du produit. Une étape intermédiaire d'égouttage peut survenir après salage. Enfin, l'opération de fumage menée à une température supérieure à 50°C provoque simultanément un séchage, un fumage et une cuisson du produit. Ces trois étapes aboutissent à la caractérisation finale du produit traditionnel. Les variantes observées constituent la savoir-faire artisanal.

1 – Salage

Deux modes de salage sont rencontrés :

- Le salage à sec qui est réalisé par frottement de la viande avec du sel, pur ou en mélange (sel nitrité, épices) à raison de 300 à 400 grammes de sel par kilo de viande fraîche. La durée de salage varie de quelques minutes (salage court) à quelques jours (salage long). Dans ce dernier cas l'apparition progressive d'une saumure naturelle recouvrant le produit.
- Le saumurage qui consiste à immerger la viande dans un bac contenant une saumure plus ou moins saturée (entre 140 et 350 g / L) de quelques minutes à plusieurs jours, à température ambiante ou à 2°C.

2 – Séchage, cuisson et fumage

a) Différents protocoles artisanaux

Le mode de fumage dépend du degré de fumage souhaité et des niveaux de salage réalisés préalablement. On distingue ainsi deux types de fumage :

● Un **fumage court et intense** est mis en œuvre après un salage long. Le temps de fumage varie de 15 minutes à quelques heures. Deux types de fumoirs peuvent être utilisés :

- un fumoir à foyer direct, de facture rudimentaire, constitué d'un fût métallique de 220 litres positionné verticalement (figure 2). Le feu est allumé au fond du fût et la face circulaire supérieure

a été enlevée et remplacée par un « goni » très humide, étouffant ainsi le feu et maintenant une forte densité de fumée.

- Un fumoir à foyer séparé, plus élaboré, constitué d'une armoire fermée (figure 3) où sont placées les pièces de viande. Le fumage est alors indirect et est conforme aux recommandations sanitaires.

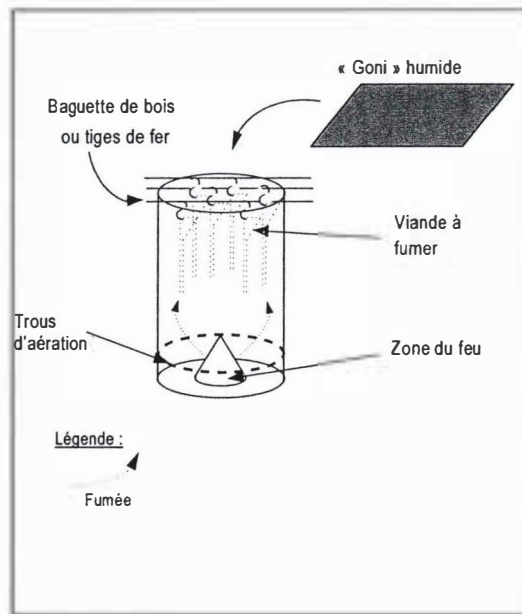


Figure 2 : Fumoir à foyer direct (fût de 220 L)

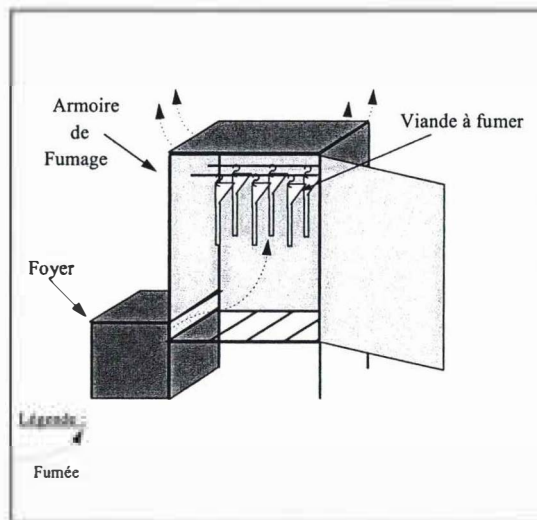


Figure 3 : Fumoir à foyer indirect.

② Un fumage long (de 18 heures à 2-3 jours) complète généralement le salage court. Il est effectué dans une pièce fermée s'apparentant à une grande cheminée, le « boucan » (entre 20 et 40 m³). Un brasier est confectionné à l'intérieur de la pièce dans laquelle les morceaux de viande sont placés à 1 m du foyer environ.

b) Actions du fumage

Le fumage consiste à soumettre un aliment à l'action des composés issus de la combustion de bois. La composition de la fumée dépend principalement de la nature et de la composition du bois, de la température de pyrolyse, de la quantité d'oxygène présente au cours de la combustion et de la technologie de fumage utilisée.

Les composés formés sont issues de plusieurs types de réaction :

- Décomposition des polymères qui composent le bois.
- Réactions d'oxydation, de polymérisation et de condensation.

Le fumage a plusieurs fonctions :

- conservation du produit
- effet anti-oxydant
- effet bactériostatique
- aromatisation de la viande

c) Formation, dépôt et transfert des composés de la fumée

La production de fumée est une réaction de combustion incomplète qui met en jeu parallèlement plusieurs réactions sous l'action de la chaleur.

La fumée est ainsi un ensemble complexe constitué par de nombreux composés de classes chimiques différentes : les phénols, les acides, les composés carbonylés, les furannes, les alcools et esters, les lactones et encore d'autres composés dont les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) connus pour leur pouvoir cancérigène.

En s'éloignant du foyer, certains composés de la fumée se condensent. Le système se divise alors en deux phases, particulaire et gazeuse.

Les composés volatils se déposent par adsorption et condensation à la surface du produit, puis diffusent vers le cœur de l'aliment.

Les composés aromatiques retrouvés au niveau de la viande proviennent des composés de la fumée mais également de l'interaction entre ces composés et ceux du produit.

Nous nous intéressons ici plus spécialement aux HAP :

□ Formation des hydrocarbures aromatiques polycycliques

Plusieurs auteurs évoquent la combustion incomplète de bois comme source de formation des hydrocarbures aromatiques polycycliques (Gomaa *et al.*, 1993 ; Barnett, 1976 ; Noll & Toledo, 1995). D'autres études montrent cependant que la présence de lipides dans le foyer (chute de graisse issue de la cuisson de la viande) provoquerait une augmentation du taux de HAP. Cela serait dû à une cyclisation des lipides dans des conditions de fortes températures.

□ Incidence sur la santé

Le tableau 2 indique quelques HAP et leur pouvoir cancérigène.

Nom du composé HAP	Pouvoir cancérigène
Acénaphène	?
Acénaphthylène	?
Benzo(a)anthracène	+
Benzo(b)fluoranthène	+
Benzo(k)fluoranthène	±
Benzo(g,h,i) pérylène	+++
Benzo(a)pyrène	+++
Chrysène	+
Dibenzo(a,h)anthracène	+++
Fluoranthène	-
fluorène	?
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	+
Naphtalène	?
Phénanthrène	?
Pyrène	-

Tableau 2 : Quelques HAP et leur pouvoir cancérigène.

+++ :très cancérigène ; ++ : cancérigène ;+ : parfois cancérigène ;± :incertain ; ? :indéterminée ;
 - :non cancérigène

□ Importance de la distance par rapport au foyer dans le cas du fumage direct

La contamination des produits aux hydrocarbures aromatiques polycycliques est directement liée à la distance séparant ces produits du foyer de combustion (Larsson *et al.*, 1983, Noll et Toledo, 1995). Cela s'expliquerait par la dispersion de la fumée lorsque les produits sont situés à une certaine distance, tandis qu'à proximité du foyer ils reçoivent une fumée dense et riche en composés divers et sont donc plus exposés aux contaminations par les HAP.

II. MATERIEL & METHODES

A. Le pilote de séchage/fumage artisanal

1- Présentation de l'innovation

a) Principes d'élaboration & objectifs

Implanté à la Réunion fin 2001 suite au travail de thèse d'Isabelle Poligné et à la volonté de proposer localement une innovation à vocation artisanale, le pilote a depuis sa création été amélioré afin de répondre aux différents objectifs fixés, en terme de degré de cuisson, séchage et de fumage des produits boucanés.

Le pilote artisanal doit répondre aux objectifs suivants :

- pour la technique :
 - conserver un procédé de type artisanal, en intégrant une originalité qui réside dans la séparation des circuits des fumées pour le séchage, la cuisson et le fumage
- pour les produits :
 - retrouver un boucané traditionnel
 - garantir une bonne stabilité des produits
 - garantir une teneur en benzo(a)pyrène en dessous de la recommandation française

En l'état actuel, l'intérêt du pilote est triple :

- séparation des cycles de séchage et fumage avec deux circuits distincts, pour assurer une meilleure maîtrise de chacune des étapes
- foyers indirects, aussi bien pour la cuisson que pour le fumage, pour garantir une meilleure qualité sanitaire des produits
- configuration de l'enceinte avec quatre plaques de chauffe, pour assurer un traitement homogène des produits quel que soit leur positionnement dans le fumoir

L'installation du pilote à l'île de la Réunion s'est faite dans un container, afin de permettre à terme de déplacer le pilote à proximité des artisans charcutiers locaux, et d'en faire un site de démonstration mobile totalement équipé.

b) Principe de fonctionnement et schémas

Le principe de fonctionnement repose sur deux modes indépendants de cheminement des fumées : fumées chaudes pour la cuisson et le séchage, fumées froides pour le fumage :

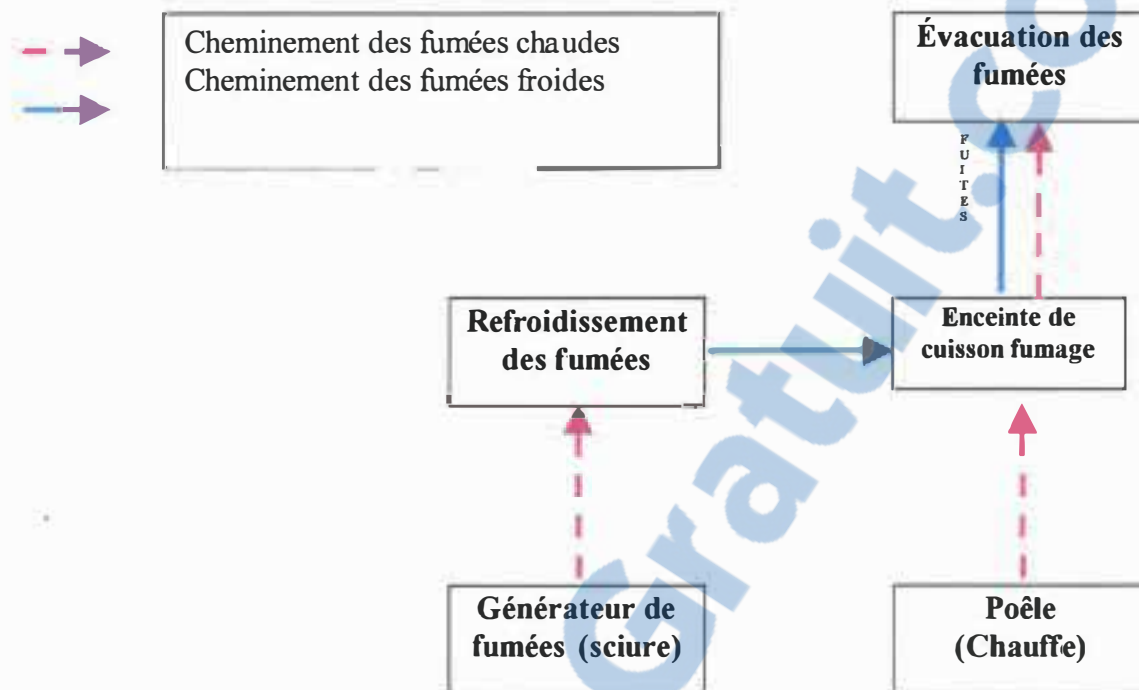


Figure 4 : Blocs fonctionnels du prototype de fumage à chaud

Les fumées froides sont produites par pyrolyse de sciures au niveau d'un générateur de fumée, puis refroidies au niveau d'un échangeur. Elles sont ensuite introduites dans l'enceinte où elles sont en contact direct avec les produits. Le refroidissement des fumées permet de condenser les composés lourds cancérigènes et plus particulièrement les hydrocarbures aromatiques polycycliques. Le cheminement de la fumée est assuré par une petite VMC.

Les fumées chaudes sont générées au niveau du poêle en fonte et circulent au travers de plaques de chauffe disposées verticalement dans l'enceinte, assurant ainsi la cuisson des produits. De cette façon les fumées chaudes ne sont pas en contact direct avec les produits : ces derniers sont cuits par rayonnement et convection. L'air de l'enceinte est brassé par un système de ventilation ; le séchage des produits est ainsi amélioré.

Un extracteur placé en partie supérieure de l'enceinte permet d'évacuer directement les fumées chaudes, et indirectement les fumées froides de par les fuites existant sur l'installation.

Les principales modifications apportées au pilote au cours des études précédentes ont permis de :

- diminuer les écarts de température des plaques de chauffe
- améliorer le séchage en créant une boucle indépendante de brassage d'air à l'intérieur de l'enceinte
- faciliter l'acheminement des fumées froides en positionnant un petit ventilateur en amont de l'enceinte

Le pilote de séchage / fumage artisanal

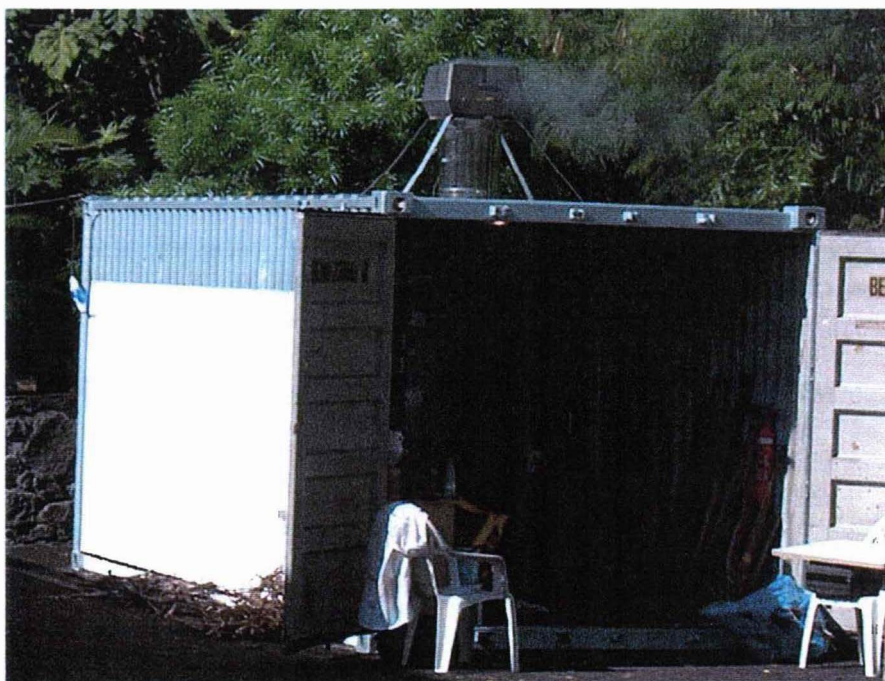


Pilote entier, lors de sa construction



Pilote dans le container

Container placé à la MRST



Les boucles des circuits de séchage et de fumage se présentent de la façon suivante :

Figure 5 : Principes de fonctionnement des circuits

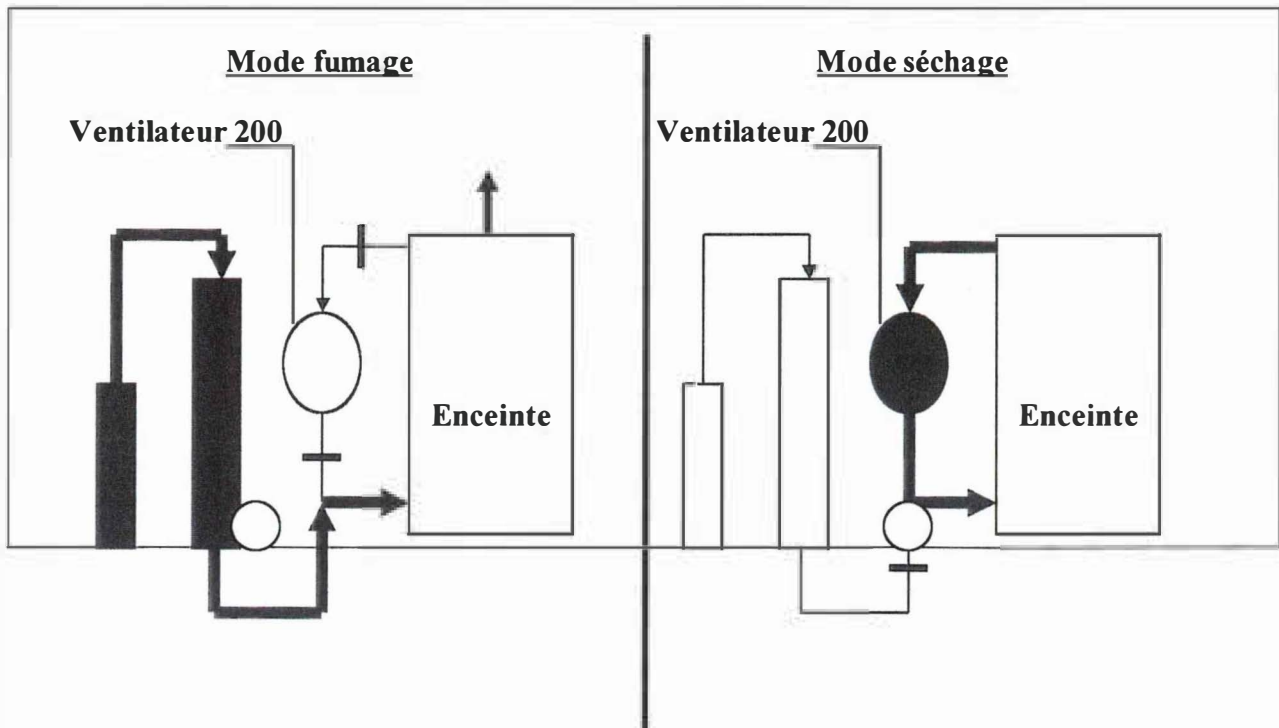
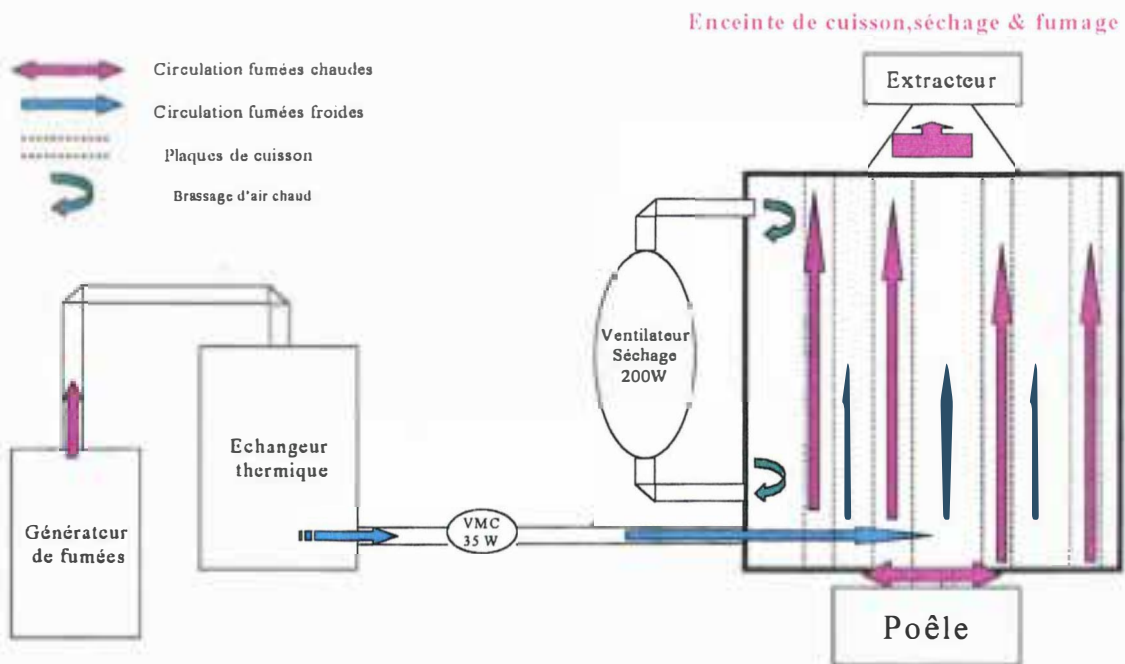


Figure 6 : Schéma général du pilote de fumage artisanal



Capacité : 20/25 kg

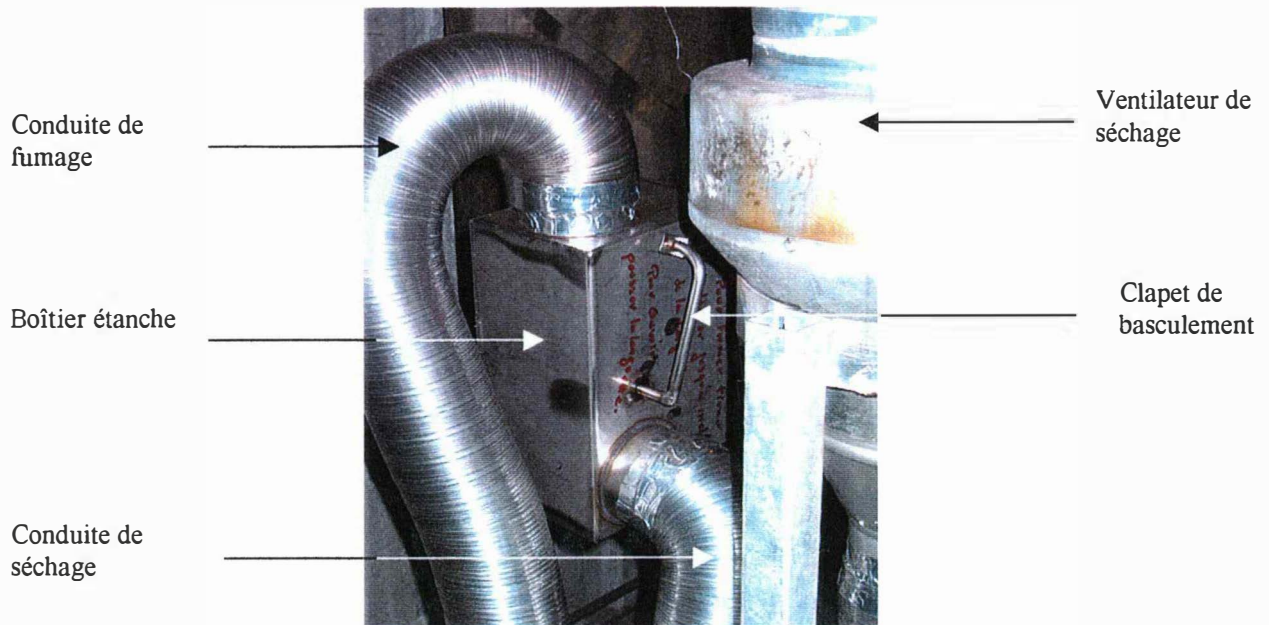
Conception et réalisation: CIRAD de Montpellier (équipe de Génie des procédés et d'équipement) et Lept-Ensam

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

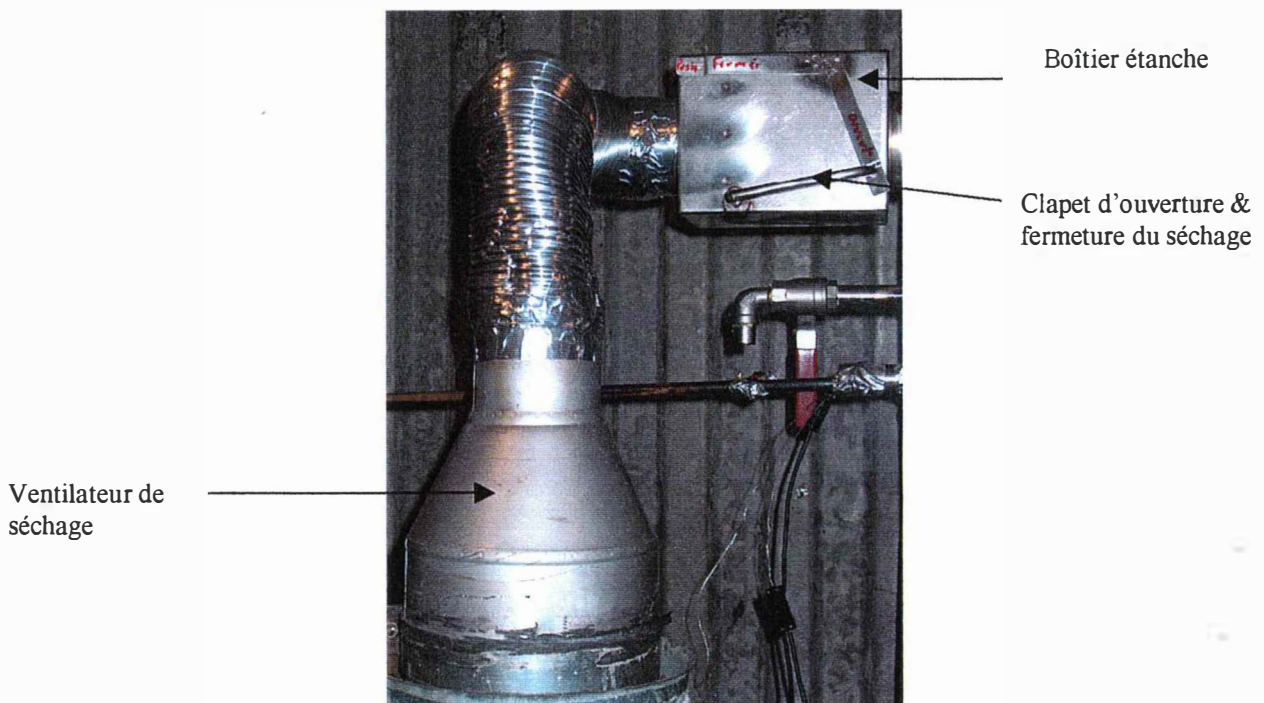
Améliorations techniques pour la version définitive du pilote :

Boîtiers étanches pour la circulation des fumées chaudes et froides

1/ en position basse : *dispositif de basculement pour les modes séchage & fumage*



2/ en position haute : *ouverture / fermeture du circuit séchage*



c) Améliorations techniques mises en place pour la version définitive du pilote

Lors du début de notre étude, des difficultés techniques au niveau du pilote (mauvaise étanchéité des conduites, démontage des boucles de séchage et fumage à chaque opération, intervertissement des circuits électriques, ventilateur hors d'usage, etc) ont amené plusieurs modifications pour une utilisation simple et sans risques pour le manipulateur. Un dispositif construit sur mesure en métropole, permettant aisément de permuter du mode séchage au mode fumage, a été installé ; il constitue la version définitive du pilote qui sera présentée aux artisans charcutiers. Il consiste en deux boîtes étanches assurant la jonction entre les différentes conduites de fumée. Cet assemblage garantit une bonne étanchéité des conduites, notamment lors du fumage ce qui permet de limiter la consommation de sciure. Par ailleurs, le pilote ainsi que le container ont été mis aux normes électriques, et un extincteur à CO₂ a été placé à l'intérieur pour des raisons de sécurité, le feu s'étant déjà déclaré au niveau du générateur de fumée.

2- Intérêts

a) Séparation des circuits

La séparation des deux étapes que sont le séchage et le fumage constitue une réelle innovation, permettant de mieux maîtriser le procédé et la qualité sanitaire du boucané.

Les fonctions de chaque étape sont optimisées. Il en découle :

- un gain de temps considérable (8h en moyenne contre 24 à 48h pour un boucané classique)
- un gain de rendement (70% en moyenne contre 60% dans l'artisanat)
- un gain économique fort, de par l'équation temps * rendement

Par ailleurs, les fumées générées pour le fumage du produit sont refroidies avant d'être mises en contact avec les produits, ce qui assure une condensation des HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) et permet de réduire la teneur en benzo(a)pyrène sur le produit fini en obtenant une valeur de 0.3 µg/kg alors que la recommandation française est de 1 µg/kg. Ce composé, principal HAP, est un bon indicateur de contamination par des composés carcinogènes des produits carnés cuits ou fumés. Cette recommandation étant amenée à devenir une obligation, le refroidissement préalable des fumées permet de résoudre ce problème.

b) Gestion des fumées chaudes et froides

Le principe de séparation des circuits de fumées chaudes et froides autorise une séparation des phases de séchage et de fumage.

Cette distinction permet notamment de différencier deux types de bois utilisés. En effet, l'opérateur dissocie le bois de chauffe, utilisé uniquement pour le chauffage des plaques de cuisson, du bois de fumage, essences nobles qui entrent en contact direct avec le produit.

Le bois de chauffe peut ainsi être de mauvaise qualité, ou provenir de palettes peintes ou traitées par des insecticides, sans répercussion qualitative sur les produits. Ceci peut pallier un réel problème au niveau local, car beaucoup d'artisans, pour des raisons économiques, utilisent ces types de bois pour chauffer et fumer directement leurs produits, ce qui pose bien évidemment des problèmes sanitaires.

Le bois noble n'est ainsi utilisé que pendant la phase de fumage, ce qui limite son utilisation, sachant qu'il est plus coûteux et moins facile à se procurer. D'autres composés peuvent être également mélangés à la sciure, comme des épices, qui se mêleront par la suite à la fumée.

De plus, le fait d'employer de la sciure permet également de valoriser des branchages assez fins, typiquement des bois d'élagage, peu coûteux à la différence des bûches. L'artisan peut donc facilement obtenir des produits fumés d'excellente qualité avec peu d'essence de fumage et pour un coût très faible.

c) Validation des objectifs pour le produit fini

Les données suivantes sont issues des études précédentes, après la mise au point des premiers essais et la validation des produits finis en tant que boucanés traditionnels. Les produits obtenus sont comparés à ceux de notre partenaire charcutier Mr Morel.

CARACTÉRISTIQUES CIBLES	BOUCANÉ ARTISANAL MOREL		RAPPEL DES OBJECTIFS	BOUCANÉ CIRAD	
Aw	0.88 (plus globalement : autour de 0.85)		Assurer stabilité & conservation du produit (T° ambiante)	0.75	
Benzo(a)pyrène En µg/kg	Globalement entre 5 et 9		Réduire teneur en composés cancérigènes Rappel norme : 1	0.3	
Teneur en eau en % (bh)	33 (plus globalement : autour de 30)		Conserver caractéristiques traditionnelles	30 - 35	
Teneur en sel en % (bh)	Entre 3 et 6		Conserver caractéristiques traditionnelles	10	
Rendement	60 – 65 %		Assurer un rendement satisfaisant : compromis typicité boucané & coût	65 – 75%	
Phénols En mg/100g	3		Assurer un bon fumage des produits & forte aromaticité	Entre 2 et 10 selon temps fumage/bois	
Aspect & couleur	Aspect rose, fumé, légèrement grillé Couleurs :		Conserver caractéristiques traditionnelles du boucané	Conforme à un produit traditionnel – pas de différence visuelle	
	Partie maigre L=23 a= 10 b= 8	Partie grasse L=50 a=4 b=24		Partie maigre L= 36 a= 11 b= 22	Partie grasse L= 43 a= 6 b= 25

Teneur en MG En g /100g	38 très variable en raison hétérogénéité de la matière première	Conserver caractéristiques traditionnelles du boucané	39.9 pour un même type de matière première
pH	6.2	Conserver caractéristiques traditionnelles du boucané	6.3
Durée totale du traitement	21 h	Réduire le temps de traitement	8 h

Bh : base humide

Tableau 3 : Rappel des caractéristiques cibles du boucané artisanal et validation des objectifs

Les principaux objectifs sont atteints aussi bien pour les critères de conservation du produit, pour le respect du côté traditionnel, que pour les aspects sanitaires avec la forte réduction du taux de benzo(a)pyrène.

Des dégustations menées avec Mr Morel ont permis de valider le caractère traditionnel des boucanés « Cirad » et de mettre ainsi en évidence tout l'intérêt du procédé innovant et de la démarche associée.

B. Essences de bois de fumage

1- Broyeur à bois

Le marché des sciures pour le fumage de denrées alimentaires se limite à quelques essences classiques. Au niveau européen, ces essences sont généralement le hêtre et le chêne. Dans les conditions de notre étude, un broyeur à bois s'est révélé être l'outil indispensable pour fabriquer directement les sciures à partir d'essences de bois locaux.

Le modèle utilisé est un petit broyeur à bois à marque Toy industrie, permettant de réduire en sciure des branchages de petit diamètre.

2- Essences de bois

a) Sciures industrielles

Deux sciures sont directement achetées :

La sciure de hêtre « SavourHêtre » est importée de métropole.

Le tamarin est très utilisé sur l'île de la Réunion comme bois de construction et d'ébénisterie ; la sciure générée par les ateliers de la scierie de La Providence (Office National des Forêts, St-Denis de la Réunion) est récupérée et vendue aux sociétés ou particuliers.

b) Approvisionnements en bois

Les différentes essences de fumage utilisées sont des espèces courantes à l'île de la Réunion et l'approvisionnement se fait auprès de nos différents contacts. Ce sont principalement des chutes

d'élagage car seules de petites quantités sont nécessaires. Filaos, tamarin, letchi, baies roses et pêcher sont les bois ainsi récupérés.

Les branchages sont ensuite directement introduits dans le broyeur, après un séchage optimal pour faciliter la production des copeaux et assurer une bonne qualité des sciures.

c) Caractérisation des sciures

Une sciure de bonne qualité alimentaire présente un taux d'humidité inférieur à 20% (Nichol, 1960). En effet si la sciure présente une teneur en eau élevée, la fumée générée contient un faible taux de phénols et un taux important en acides et composés carbonylés qui confèrent une saveur plus acide à la viande.

Les résultats présentés ci-dessous sont issus d'analyses classiques de matière sèche (105°C pendant 24h) des sciures fraîchement produites. Sachant que les sciures sont stockées à température ambiante et en extérieur (à l'abri dans le container), le taux d'humidité est amené à varier. A titre d'exemple, la sciure de hêtre a un taux garanti inférieur à 12% par le fabricant à l'ouverture du paquet, et présente ici un taux d'humidité de 14%.

TYPE DE SCIURE	TAUX D'HUMIDITÉ (%)
Filaos	19
Tamarin	18
Letchi	18
Baies Roses	16
Pêcher	14
Hêtre	14

Tableau 4 : Taux d'humidité des sciures de bois utilisées au cours des productions de boucané

C. Matières premières

1- Poitrine de porc :

a) Fournisseurs

Les poitrines de porc sont achetées fraîches chez des bouchers réunionnais, à Saint-Denis pour les premières expérimentations. Les productions sont ensuite toutes réalisées à partir de matière première fournie par la charcuterie Clovis de Mr Morel. Ce dernier s'approvisionne auprès d'éleveurs indépendants situés vers St-Joseph. La viande est stockée à +4°C.

Les pièces de viande maigres sont découpées (figure 7) et la couenne est perforée afin de positionner une ficelle pour la suspension des morceaux sur les eses de boucher du fumoir.

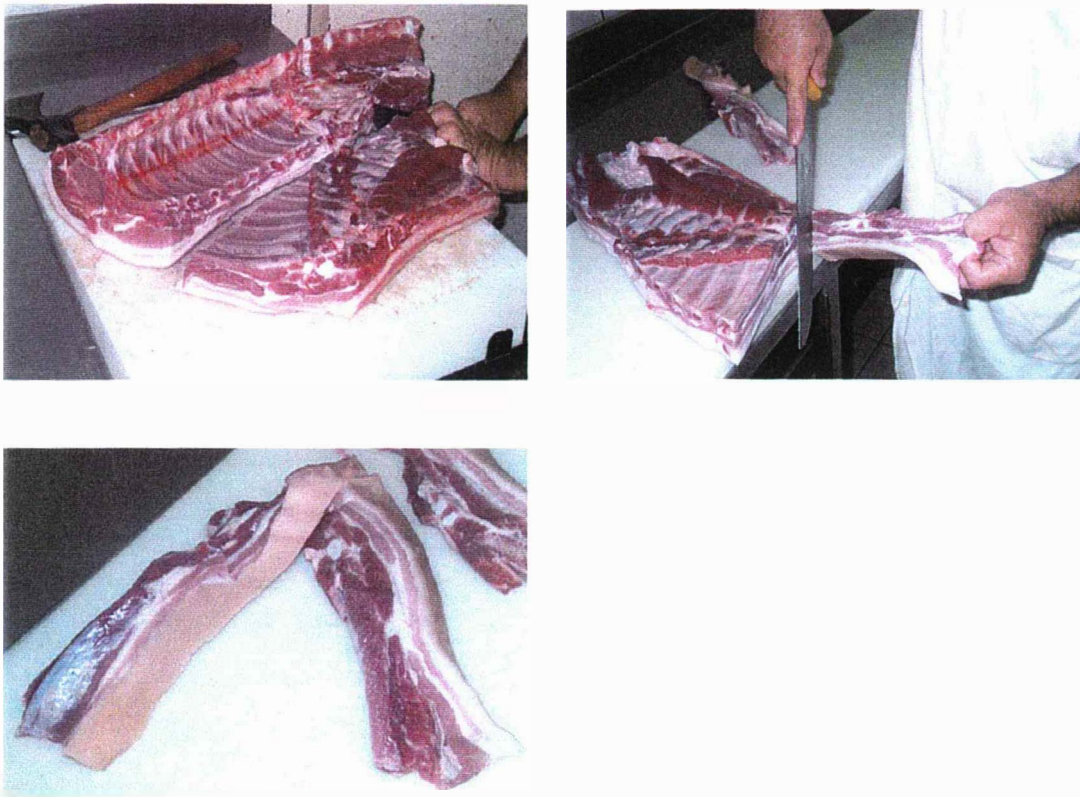


Figure 7 : Découpe et préparation de la matière première avant transformation.

b) Caractéristiques

On présente les ordres de grandeur pour les principales caractéristiques physico-chimiques et colorimétriques relatives à la viande fraîche (tableau 5).

Tableau 5 : Caractéristiques de la matière première.

	Données générales
Caractéristiques physico-chimiques	
Teneur en eau (kg/100 kg)	50
Teneur en matières grasses (kg/100 kg)	30
Teneur en chlorure de sodium (kg/100 kg)	0,2
PH	6,3
Aw	1
Couleur	
Partie maigre	
L*	45
a*	13
b*	6
Partie grasse	
L*	80
a*	2,5
b*	5,5

Etant donné le type de matière première, il faut noter l'hétérogénéité des pièces de viande traitées. En effet, selon les fournisseurs de poitrine de porc, la viande peut être très différente et ce malgré la spécification « maigre » des produits. Ceci dépend d'une part de l'élevage (races, alimentation, conduite générale) et d'autre part des animaux eux-mêmes. La variabilité inter-moreaux est donc très

forte, notamment au niveau des teneurs en matière grasse, et aura un impact sur les caractéristiques des produits obtenus.

2- Ingrédients

Le seul ingrédient utilisé au cours de la transformation de la matière première est le chlorure de sodium (sel de mer fin).

La saumure réalisée est saturée en sel : 375 g pour 1 l d'eau. La solution est homogénéisée à l'aide d'un agitateur mécanique, et stockée dans la halle technologique à 10°C avant son utilisation.

D. Méthodes

1- Process

a) Saumurage

Les poitrines de porc fraîches, une fois étiquetées, sont placées dans la saumure ; on réalise un saumurage statique de 2h30. Les morceaux sont maintenus immergés pendant toute la durée du saumurage et régulièrement agités pour éviter qu'ils ne se collent entre eux.

b) Enregistrement des données expérimentales

➤ Températures

Les relevés de températures sont réalisés au moyen de thermocouples de type K (NiCr-Ni). Les données sont enregistrées sur une centrale d'acquisition Almeno 2290-8 (Ahlborn, France). Cinq relevés sont réalisés : température de l'air, températures en surface et à cœur des produits, températures des plaques de chauffe aux niveaux haut et bas de l'enceinte.

Le thermocouple servant à la prise de température de l'air de l'enceinte est isolé du rayonnement thermique des plaques par un système simple (figure..).

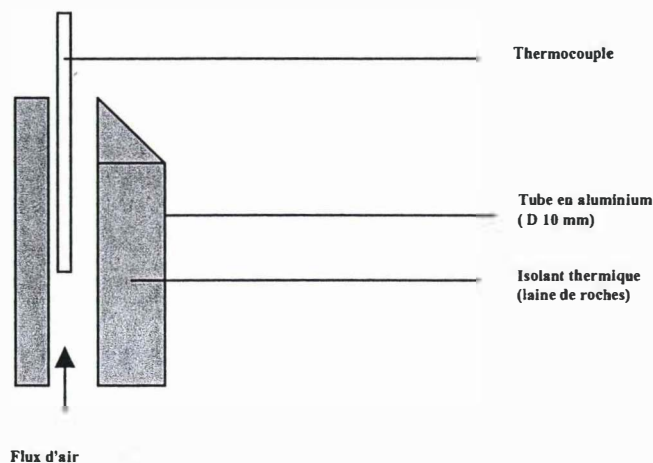


Figure 8 : Protection anti-rayonnement des thermocouples

➤ Vitesses d'air

Les vitesses d'air sont mesurées par un anémomètre à fil chaud Ahlborn (type FV A645-TH3). Les données sont enregistrées sur une centrale d'acquisition Almeno 2290-8 (Ahlborn, France).

2- Analyses physicochimiques

a) Echantillonnage

La couenne est ôtée des poitrines de porc. Une fois découpées et désossées, elles sont finement broyées à l'aide d'un robot mixeur de façon à obtenir une purée la plus homogène possible. Un prélèvement du broyat est ensuite réalisé, et conservé dans un pot stérile à une température de 4°C.

b) Dosage de l'humidité

Cette mesure consiste à évaluer la teneur en eau du produit par différence de pesée entre la matière humide et la matière sèche (AFNOR, 1968-a). Dans une coupelle exempte de toute trace d'humidité, l'échantillon finement broyé est mélangé à du sable de Fontainebleau puis placé à l'étuve à 104°C pendant 24h. Cette température, supérieure à la température d'ébullition de l'eau à pression atmosphérique, permet d'évaporer l'eau contenue dans les tissus où il s'exerce des forces capillaires de résistance à l'évaporation de l'eau. Avant la pesée, l'échantillon est laissé à refroidir dans un dessiccateur afin d'éviter une reprise en humidité. On détermine ensuite la teneur en eau (base humide) :

$$T_{eau} = \frac{(m_{coup} + m_{hum}) - (m_{coup} + m_{sec})}{((m_{coup} + m_{hum}) - m_{coup})}$$

avec : T_{eau} : teneur en eau du produit (g / 100 g produit),
 m_{coup} : masse de la coupelle (g),
 m_{hum} : masse de produit humide (g),
 m_{sec} : masse de produit sec (g).

On en déduit également la perte en eau du produit (en %) :

$$P_{eau} = T_{ei} - \left(\frac{T_{ef} * M_f}{M_i} \right)$$

avec : T_{ei} : teneur en eau initiale du produit (g / 100 g de produit)
 T_{ef} : teneur en eau finale du produit (g / 100 g de produit)
 M_i : masse initiale de produit (g)
 M_f : masse finale de produit (g)

c) Dosage du chlorure de sodium

La teneur en sel est mesurée à partir d'une masse d'échantillon comprise entre 0.2 et 0.7g. Le broyat ensuite est mis en solution dans 50 mL d'acide nitrique 0,3 N et placé sous agitation pendant 2 heures (Bohuon, 1995).

Un chlorimètre (CORNING chloride analyser 926) mesure la différence de potentiel entre une électrode d'argent et une électrode de référence plongées dans une solution tampon contenant 500 µL de l'extrait. Un complexe se formant entre les ions Ag^+ et les ions Cl^- crée une différence de potentiel

proportionnelle à la quantité d'ions Cl⁻ en solution. La teneur en sel (base humide) est calculée de la façon suivante :

$$T_{sel} = \frac{(1.648.10^{-4} * x * V)}{m}$$

avec : T_{sel} : teneur en sel de l'échantillon (g/100 g de produit),
 x : réponse du chlorimètre,
 V : volume de la solution d'acide nitrique utilisée pour l'extraction (mL),
 m : masse d'échantillon prélevée (g).

On calcule le gain en sel (en %) du produit :

$$G_{sel} = \left(\frac{T_{sf} * M_f}{M_i} \right) * 100$$

avec : T_{sf} : teneur en sel finale du produit (g / 100g de produit)
 M_i : masse initiale de produit (g)
 M_f : masse finale de produit (g)

d) Mesure de l'activité de l'eau (A_w)

Le produit broyé est laissé à température ambiante (25°C). L'activité de l'eau de l'échantillon est mesurée à l'aide d'un A_w mètre (type GBX FA-st/1) réglé à 24+/-1°C.

e) Dosage des phénols totaux

Le principe général du dosage des phénols totaux consiste en une méthode de détection colorimétrique des composés par lecture de densité optique à 455 nm.

Cette technique de dosage a été élaborée par l'Ifremer sur des poissons fumés puis adaptée par le CIRAD aux produits carnés, en l'occurrence le boucané.

➤ Méthodologie

Cinq grammes (à 0,01 g près) d'échantillon broyé de manière très homogène sont placés avec 35 mL d'éthanol à 95 % dans un tube à centrifuger. L'ensemble est homogénéisé manuellement, puis placé au repos pendant 15 minutes afin de favoriser l'extraction des composés. Une 1ère centrifugation de 10 minutes à 2000 tours par minute est réalisée, le surnageant est recueilli dans une fiole jaugée de 50 mL. Le culot est remis en suspension dans 10 mL d'éthanol et homogénéisé à l'aide d'une spatule. Une seconde centrifugation est conduite dans les mêmes conditions et l'extrait alcoolique est recueilli dans la fiole jaugée complétée à 50 mL avec l'éthanol. Le dosage des phénols totaux est réalisé par comparaison avec une gamme étalon. L'ampoule est agitée énergiquement et laissée à décanter 10 minutes pour la gamme étalon et 30 minutes pour les prises d'essais sur les produits fumés. La phase chloroformique, plus dense, est reprise à l'aide d'un entonnoir garni d'un filtre rempli de 6 g environ de sulfate de sodium anhydre. La lecture de la densité optique du filtrat est réalisée à 455 nm dans une cuve en quartz. Le zéro est réalisé avec la solution de la gamme étalon ne contenant pas de phénols.

La droite d'étalonnage établie à partir de la gamme a pour équation :

$$C = a * DO + b$$

avec :

C : quantité de phénols contenue dans l'ampoule à décanter (μg)
 a : pente de la droite d'étalonnage.
 DO : densité optique lue à 455 nm
 b : ordonnée à l'origine de la droite d'étalonnage.

La teneur en phénols totaux (base humide) dans l'échantillon, notée T_{ph} , est calculée à l'aide de l'équation :

$$T_{ph} = C * 10^{-3} * (50/5) * (100/5) = 0.2 * C$$

On peut ensuite calculer le gain en phénols totaux :

$$G_{ph} = T_{ph} * \left(\frac{M_f}{M_i}\right) * 100$$

avec :

G_{ph} : gain en phénols totaux (mg / 100 g de produit)

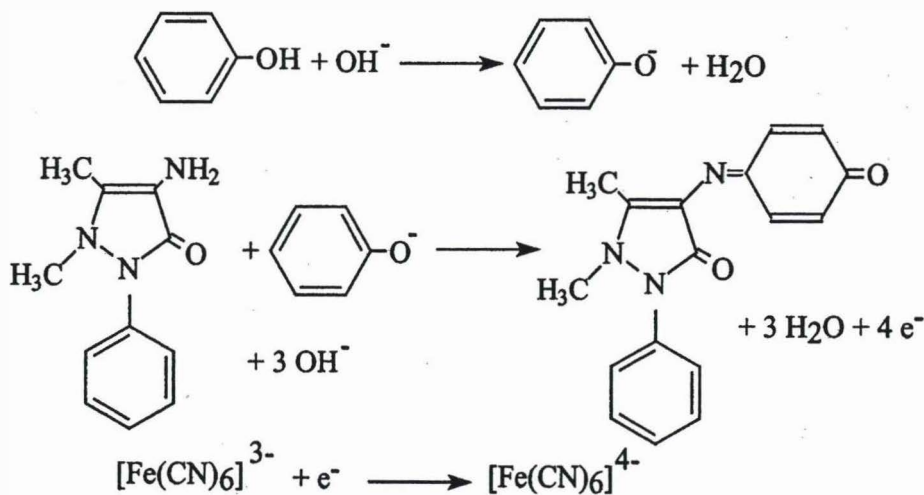
M_i : masse initiale de produit (g)

M_f : masse finale de produit (g)

➤ Principe réactionnel

Etant donné la complexité des molécules formées au cours du fumage du boucané, il est nécessaire de bien comprendre la réaction qui entre en jeu pour l'interprétation des résultats.

Le principe réactionnel pour une molécule de monophénol est le suivant :



L'aminopyrine réagit avec le phénol en milieu basique. Le ferrocyanure de potassium révèle le complexe formé pour donner une coloration jaune/orangée directement proportionnelle à la quantité de phénols.

Cette réaction ne se déroule pas de façon similaire selon les types de radicaux positionnés sur les phénols substitués. Le comportement des composés phénoliques vis-à-vis de l'aminopyrine n'est en effet pas le même : les phénols meta et ortho substitués, et dans certaines conditions quelques para substitués, réagissent préférentiellement. De plus, les composés phénoliques formés au niveau de la fumée sont souvent très complexes et portent différents groupements. Ainsi, selon la position des radicaux et leur taille relative par rapport au noyau benzénique, la réaction peut être plus ou moins favorisée. On ne peut donc pas parler de dosage des phénols totaux à proprement parler. La gamme de phénols étant particulièrement large, il n'y a pas de comportement type. On retiendra pour la suite de l'étude que cette méthode de dosage sous-estime, de façon variable, la teneur réelle totale de l'échantillon en phénols.

3- Mesures colorimétriques

Les mesures de couleurs sont réalisées au moyen d'un chromamètre Minolta CR-300 (Osaka, Japon) après calibrage de l'appareil sur un solide blanc de référence (vitrolite), avec un éclairage diffus normalisé D_{65} sous un angle correspondant à la normale par rapport à l'échantillon. Les résultats ont été retenus sous le mode de mesure $L^*a^*b^*$ avec L^* représentant la luminosité. Plus les couleurs ont un indice a^* élevé plus elles tendent vers le rouge ; et plus leur indice b^* est élevé plus elles tendent vers le jaune.

L'ensemble des autres relevés de couleur se fait directement par photographies (appareil Hewlett Packard) ; elles sont traitées par la suite à l'aide du logiciel PhotoSmart.

4- Analyse sensorielle

a) Outils, matériel, salle, jury

Les dégustations sont réalisées dans une salle d'analyse sensorielle de 5 boxes, conforme aux normes en vigueur. Les pièces de viande sont présentées dans des assiettes de plastique blanches ; l'eau utilisée est une eau minérale plate de goût neutre (source Edena).

Le jury se compose d'une vingtaine de consommateurs λ , pris au hasard, majoritairement parmi le personnel travaillant à la MRST (Maison Régionale des Sciences et de la Technologie), et ne consommant pas nécessairement le boucané de façon régulière.

On présente (figure 9) la répartition des juges selon différents critères pertinents :

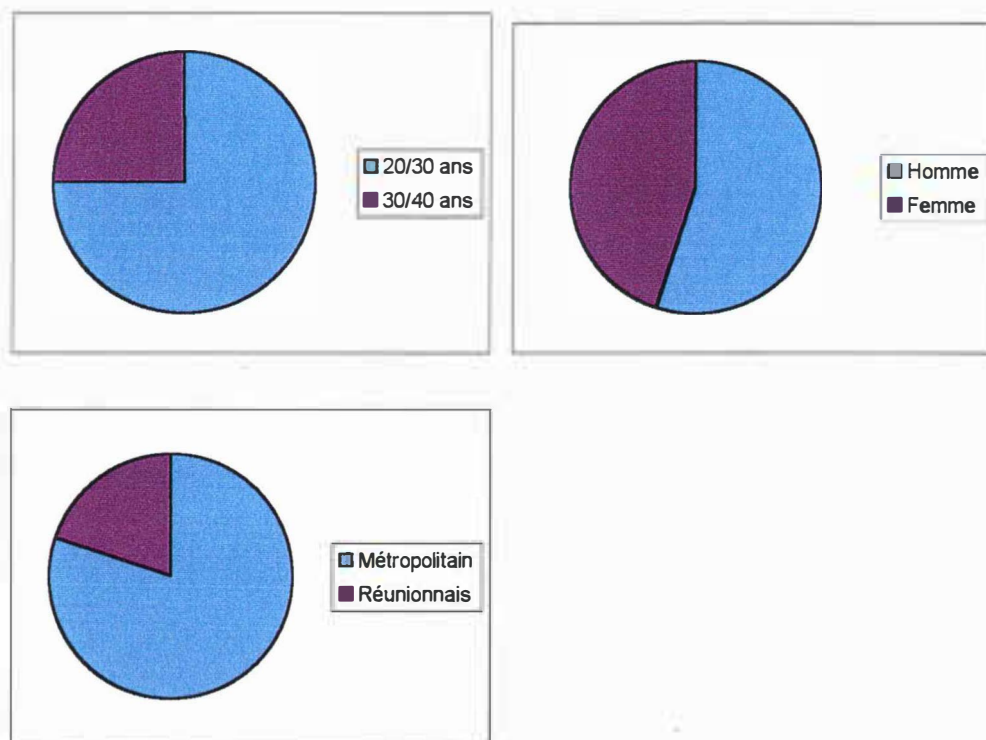


Figure 9 : Présentation du jury (âge, sexe, origine)

b) Présentation & traitement des produits

Le boucané, non destiné à une consommation directe, nécessite un traitement avant d'être présenté aux juges. Le produit est fortement salé et est quasiment inconsommable directement ; le dessalage est donc indispensable.

Après conseil auprès de réunionnais consommant régulièrement du boucané et la mise en place de quelques essais préliminaires, le dessalage réalisé est le suivant :

- 1^{ère} eau : 10 minutes à partir de l'ébullition
- 2^{ème} eau (portée auparavant à 100°C) : 20 minutes

Les produits étant au préalable désossés et coupés en morceaux d'une taille d'environ 5 cm, ils sont ensuite égouttés, puis conservés au froid. La dégustation est réalisée sur les boucanés froids, à une température d'environ 10°C. Le choix d'une dégustation à froid a été réalisé pour une meilleure perception des arômes, bien que ce ne soit pas le mode habituel de consommation (en carri !).

Cette étape est réalisée la veille des dégustations ; en effet, une fois traités, la durée de conservation est largement diminuée.

c) Outil de statistiques

Le traitement des résultats est réalisé à l'aide du logiciel de statistiques Spad version 5.0.

III. RESULTATS & DISCUSSION

A - Caractérisation technique du procédé innovant

Le pilote de fumage doit permettre de définir les conditions de fabrication du boucané et, à terme, d'ajuster les paramètres du modèle développé par le LEPT-ENSAM. Ce modèle aidera au dimensionnement de l'équipement définitif. Ainsi une parfaite caractérisation du procédé, aussi bien au niveau du process lui-même que des produits, est-elle nécessaire. A partir des données expérimentales présentées ici, le modèle sera adapté pour une utilisation ultérieure du prototype, notamment à plus grande échelle.

La mise en place du cycle de traitement s'est basée sur l'étude préalable des produits et des procédés de fabrication de Mr Morel ; une fois les principaux critères identifiés, les productions « Cirad » ont eu pour objectif de retrouver les caractéristiques de ce boucané choisi comme référence.

1- Impact des opérations de séchage et de fumage sur les produits

a) Profils thermiques

La production classique de boucané telle qu'elle est réalisée avec le pilote se décompose en 2 étapes :

- le séchage, d'une durée de 4 h, assuré par un brassage d'air en circuit fermé, doublé d'une cuisson grâce à une montée en température de l'enceinte
- le fumage, d'une durée de 4h, assuré par l'injection de fumées froides au sein du pilote, avec une ventilation nulle au niveau de l'extracteur extérieur pour garantir une bonne opacité des fumées et favoriser ainsi le dépôt des composés.

On rappelle que cinq points de température sont suivis sur l'intégralité de la fabrication, soit sur une durée de 8 h :

- la température en bas de plaque de chauffe (à 10 cm du bord supérieur)
- la température en haut de plaque de chauffe (à 10 cm du bord inférieur, au même niveau vertical)
- la température de l'air de l'enceinte
- la température en surface des produits
- la température à cœur des produits

Les profils thermiques obtenus sont présentés dans le graphe suivant. Nous avons tenté, dans la mesure du possible, de reproduire à plus petite échelle le cycle opéré par Mr Morel.

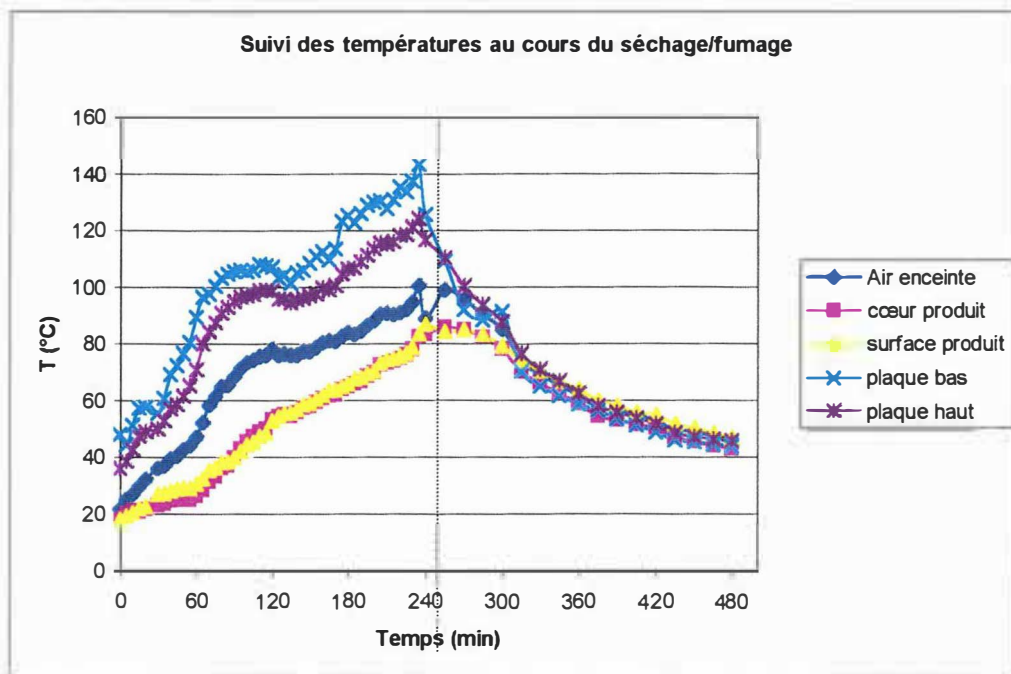


Figure 10 : Températures au cours des cycles de séchage et de fumage

De façon classique, la montée en température au niveau des produits se fait régulièrement tout au long des 4 heures de la phase de séchage. L'air chaud est ventilé en circuit fermé ; le séchage est assuré pendant toute cette opération et l'activité de l'eau des produits baisse jusqu'à sa valeur quasi-définitive (autour de 0.75).

Les températures visées sont de l'ordre de 70°C en surface des produits ; la note grillée obtenue est en effet particulièrement appréciée du consommateur. Des températures plus fortes, aux alentours de 80°C, entraînent une forte évaporation d'eau qui provoque une exsudation de sel. La cristallisation qui en résulte est assez dépréciative visuellement : on modère ainsi la montée en température de l'enceinte, dès 2 heures de traitement, afin d'éviter ce phénomène.

Les profils de température mettent en évidence la similitude des évolutions de température au niveau des plaques d'une part, et au niveau de l'air de l'enceinte et des produits d'autre part.

Les températures diminuent régulièrement au cours du fumage ; l'enceinte n'est en effet plus chauffée.

b) Cinétiques de perte en eau et perte en matière grasse

Au cours du séchage, la perte de masse des pièces de viande s'explique principalement par deux phénomènes : l'évaporation de l'eau, majoritaire, et la fonte des matières grasses, qui s'écoulent alors par gravité.

Un suivi des cinétiques de poids et de fonte des matières grasses a permis d'évaluer la perte en eau au cours du séchage et du fumage. Les courbes suivantes montrent les pertes cumulées (figure 11)

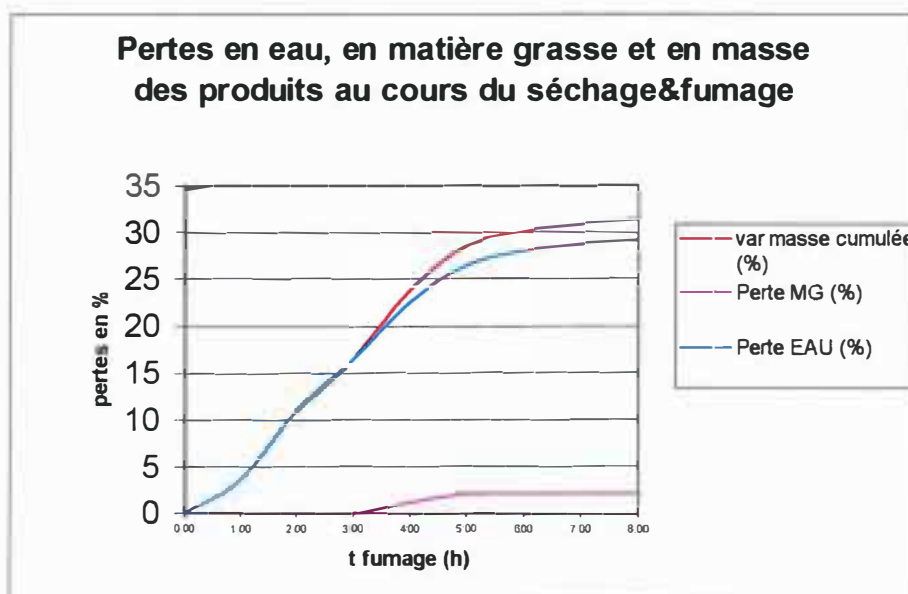


Figure 11 : Pertes en eau, en matière grasse et en masse des produits au cours des cycles de séchage et de fumage

La fusion des matières grasses s'opère généralement dès que la température atteint 60°C au niveau des produits, soit au bout de 2 à 3 heures de traitement. La qualité de la matière première, particulièrement sa richesse en tissu adipeux, joue bien évidemment un rôle prépondérant dans la quantité de matière grasse perdue. Entre une poitrine maigre et une poitrine grasse, le comportement au cours du séchage peut varier fortement en raison de la quantité plus ou moins abondante de graisse qui s'écoule. C'est toute la question de l'hétérogénéité des poitrines de porc qui a déjà été abordée plus haut.

Dans la production étudiée ici typique d'un boucané « Morel », la perte totale en eau s'élève à 30% pour une perte en matière grasse de l'ordre de 2%.

c) Cinétiques de gain en phénols

La teneur en phénols totaux caractérise le degré de fumage appliqué aux produits.

La production présentée ici est fumée au hêtre, essence noble classiquement utilisée pour le fumage des produits carnés.

On présente les gains des produits en phénols totaux au cours du fumage :

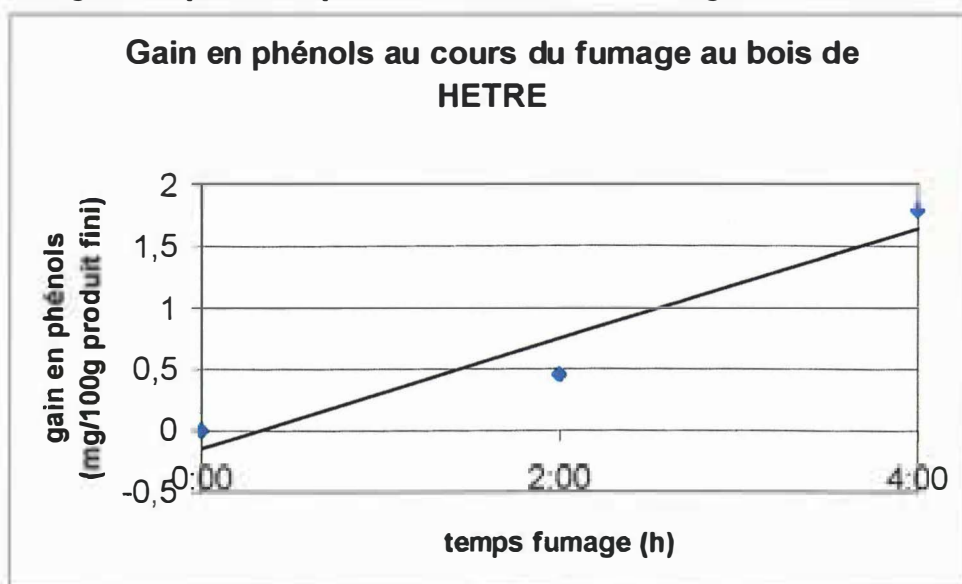


Figure 12 : Gain des produits en phénols totaux au cours du fumage au bois de hêtre

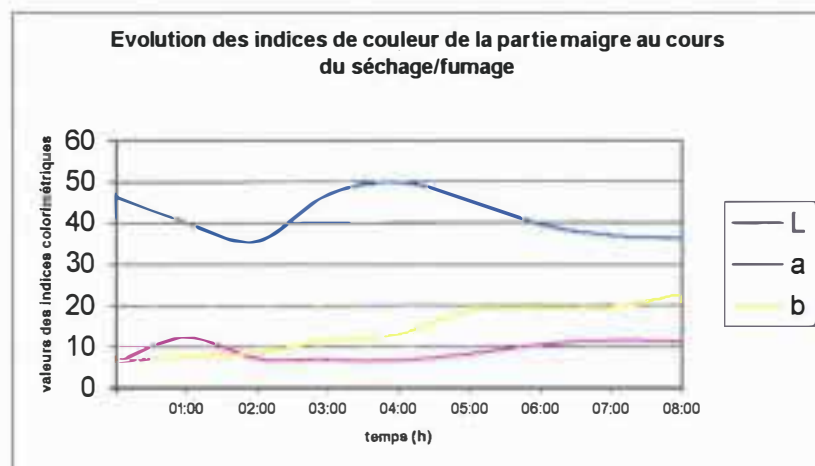
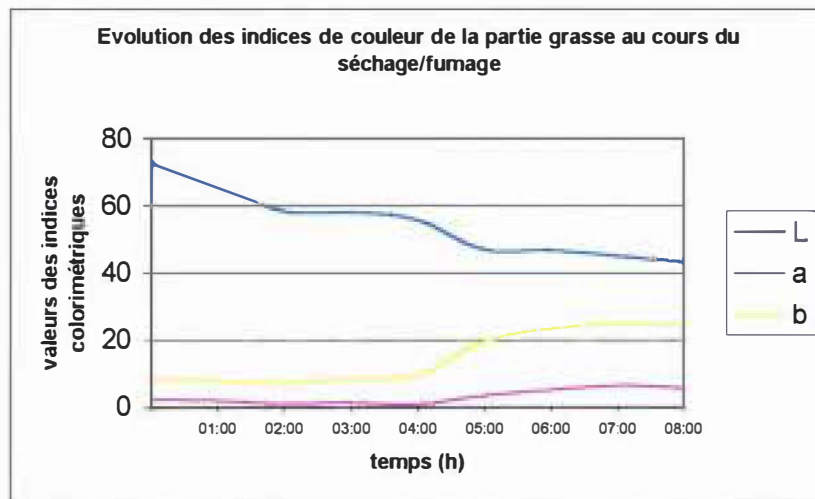
Le gain en phénols suit une évolution linéaire classique. L'enceinte étant uniformément remplie de fumée, la quantité de fumée est donc homogène quel que soit le positionnement du produit dans l'enceinte. Elle est également constante grâce à un apport continu dans le temps. Les composés se déposent en surface des produits par condensation et/ou adsorption, puis migrent au cœur des produits tout au long du processus de fumage.

d) Evolution de la couleur des parties grasse et maigre

L'évolution de la couleur des pièces de boucané est un facteur de qualité important ; l'aspect visuel étant en effet prépondérant pour l'achat du boucané. De plus, la configuration du fumoir, avec une porte vitrée, permet aisément de visualiser l'évolution de la couleur, et de déterminer ainsi la fin de l'opération de fumage.

Trois critères colorimétriques classiques sont pris en compte au travers de l'espace couleur L*a*b, où L représente la clarté (luminance) et a et b sont des coordonnées de chromaticité (a : du vert vers le rouge, b : du bleu vers le jaune).

On s'intéresse au comportement distinct de la partie grasse et de la partie maigre des poitrines de porc. Les courbes suivantes montrent l'évolution de chacune des parties au cours des opérations de séchage et de fumage (figures 13 et 14).



Figures 13 et 14 : Evolution des indices de couleur des parties grasse et maigre d'un même produit au cours des cycles de séchage et de fumage

Les relevés colorimétriques sont réalisés sur le même échantillon.

Globalement on remarque trois tendances :

- diminution marquée de la clarté de la partie grasse, assombrissement de la partie maigre
- peu d'évolution de la couleur rouge
- jaunissement marqué du produit aussi bien pour le gras que pour le muscle

La brusque augmentation de l'indice L pour la partie maigre à 2 heures de traitement s'explique par le début de la fonte des matières grasses : en s'écoulant le long des pièces de viande, elles accentuent la luminosité des parties maigres. La couleur s'en trouve ainsi modifiée. Vers la fin du traitement de séchage et fumage, les différences entre partie maigre et partie grasse s'atténuent nettement du fait de l'homogénéisation progressive des différentes parties composant le boucané, à la différence de la matière première qui oppose nettement le blanc de la partie grasse au rouge de la partie maigre.

On retrouve bien ces tendances visuellement. Le logiciel Chromamagic ne peut cependant traduire les coordonnées du système L*a*b directement en couleurs; en effet, les pièces de boucané sont intrinsèquement trop hétérogènes et il est donc difficile d'obtenir un rendu de couleur correct. On préférera par la suite réaliser des photographies pour mieux caractériser des différences de couleur plus fines.

L'étude complète du cycle de production permettant de retrouver le boucané traditionnel de type Morel a permis de décrire le comportement des produits, et de caractériser ainsi les étapes importantes de ce cycle. Les critères pertinents d'évolution du boucané sont les profils thermiques, les cinétiques de pertes en eau et en matière grasse, l'évolution de la couleur, la cinétique de gain en phénols. Toutes ces mesures nous permettent de mieux comprendre les conditions expérimentales requises pour l'élaboration d'un boucané traditionnel.

2- Caractérisation aéraulique du process

La caractérisation des performances du pilote pour chacune des opérations est indispensable si l'on veut dans un premier temps optimiser les productions de boucané, et dans un deuxième temps améliorer le procédé pour des versions ultérieures du prototype.

Les vitesses d'air au sein du pilote ont une action déterminante sur les transferts de chaleur et de matière dans l'enceinte. Tous les relevés sont présentés ci-après.

a) Evaluation de la performance du séchage

En phase de séchage, l'air chaud est brassé par un ventilateur qui fonctionne en boucle fermée : il est injecté dans l'enceinte par les buses en position basse, et aspiré par les buses en position haute. Les trois compartiments contiennent une buse basse et haute. L'air chaud est ainsi brassé dans l'enceinte et autour des produits.

Ce brassage d'air est un élément-clé pour la performance du séchage. On s'intéresse ici aux flux d'air dans l'enceinte, pour chacun des trois compartiments.

Il reste à préciser que les vitesses d'air soufflé par les buses sont hétérogènes, ceci étant lié à la position du ventilateur par rapport à la longueur de la buse. Le schéma suivant permet de bien appréhender ce phénomène (figure 15).

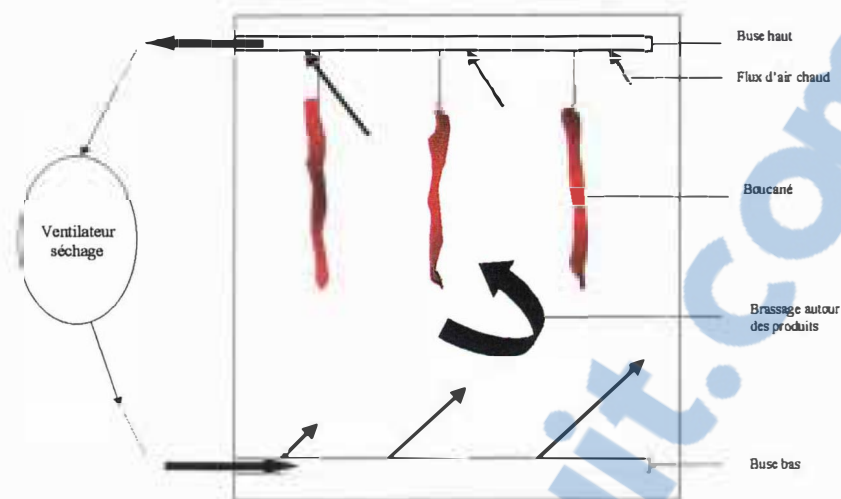


Figure 15 : Circulation des flux d'air au sein d'un même compartiment de l'enceinte

Un chemin préférentiel des flux d'air se crée en diagonale depuis le bas de l'enceinte partant de la porte jusqu'au fond vers le haut de l'enceinte.

Les flux présentés sont donc calculés à partir des moyennes des vitesses d'air mesurées à différents points des buses.

BUSES	FLUX (M3.S-1)		
	compartiment gauche	compartiment milieu	compartiment droite
BAS	0,0294	0,0338	0,0247
HAUT	0,0116	0,0155	0,0133
Ecart	0,0178	0,0183	0,0115
Perte flux (%)	60,4	54,2	46,3

Tableau 6 : Flux d'air en régime de séchage au sein des 3 compartiments

L'air est brassé autour des produits et le flux d'air chaud entre les buses basses et les buses hautes diminue ainsi d'en moyenne 54% pour les trois compartiments.

Les mesures des vitesses d'air autour des produits sont à la limite de l'incertitude de mesure pour l'anémomètre à fil chaud : elles se situent aux environs de 0.1 m.s-1 pour les deux composantes verticale et horizontale.

Pour les productions de type Morel, avec une opération de 4 heures, les boucanés obtenus sont fortement séchés. L'efficacité observée de ce système de séchage reste à adapter en fonction du type de produit que l'on souhaite obtenir : on peut en effet régler la vitesse de brassage d'air au niveau du ventilateur, et jouer sur le temps de séchage.

b) Estimation des fuites

On distingue deux types de flux dans l'enceinte : le flux des fumées froides (fumage) ou d'air chaud (séchage) en contact direct avec les produits, et le flux des fumées chaudes assurant le chauffage de l'enceinte.

Des mesures de vitesses d'air opérées au niveau de l'extracteur extérieur permettent de caractériser le flux des fumées chaudes issues de la combustion des bûches dans le poêle. Leur cheminement au travers des plaques de chauffe est également évalué grâce à des mesures intra-plaque.

Les mesures sont effectuées hors cycle de production, en convection forcée (ventilateur de l'extracteur en position 1). En effet, l'anémomètre à fil chaud ne peut pas être en contact avec des fumées chaudes, la température forte pouvant endommager la sonde.

Tableaux 7 et 8 : Vitesses d'air au niveau de l'extracteur extérieur et à l'intérieur d'une plaque

<u>EXTRACTEUR EXTERIEUR</u>		
Position sonde	v air (m.s-1)	Moyenne finale
0%	0,39	0,732
10%	0,275	
50%	2,275	
90%	0,32	
100%	0,4	

<u>INTRA PLAQUE</u>		
Position sonde	v air (m.s-1)	Moyenne finale
0%	0,185	0,244
10%	0,235	
20%	0,195	
30%	0,145	
40%	0,205	
50%	0,5	

Les flux concernés sont calculés ci-après .

Tableau 9 : Récapitulatif des flux au sein de l'enceinte (en m³.s-1)

Flux total Extracteur mesuré	Flux Intra-plaque mesuré	Flux intra-plaque théorique	Fuite par plaque	Fuite totale (perte de flux pour la totalité des plaques)
0.052	0.004	0.013	0.009	0.037

Les chiffres présentés donnent avant tout un ordre de grandeur et doivent être pris comme tels. Le calcul des flux permet ainsi de mettre en évidence l'existence de fuites relativement importantes. D'après les résultats, la fuite totale s'élève à 0.04 m³.s-1 pour un flux au niveau de l'extracteur de 0.05 m³.s-1, ce qui signifierait que le flux initial serait quasiment divisé par deux. Ce résultat paraît surprenant à première vue. En effet, des travaux ont été réalisés sur le pilote dès sa mise en fonctionnement puisque les fuites étaient alors particulièrement importantes : les plaques de chauffage, prévues initialement pour être démontées pour le nettoyage, ont été siliconées afin de limiter ces fuites. Nous pouvons simplement dégager de ces résultats le fait que des pertes de flux existent au niveau de l'enceinte en phase de chauffe, qu'elles sont relativement importantes mais sans pouvoir les caractériser avec plus de précision, en relation avec l'approximation réalisée au niveau des mesures.

Actuellement, l'extracteur extérieur n'est plus utilisé en cours de production :

- en régime de séchage : la convection naturelle des fumées chaudes suffit à assurer un bon tirage au niveau du poêle et permet donc un chauffage satisfaisant de l'enceinte, tout en limitant l'approvisionnement en bois.
- en régime de fumage : les fumées froides doivent stagner dans l'enceinte et l'extraction est éteinte afin d'éviter l'aspiration de la fumée au niveau des parties non étanches.

c) Flux des fumées froides en phase fumage

Les fumées froides issues du générateur sont injectées dans l'enceinte via les buses ; un petit ventilateur permet de réguler l'apport en fumée. Lors des mesures présentées ici, la ventilation est en position minimale (1), la plus fréquemment employée en phase de production.

Tableau 10 : Flux des fumées froides (en m³.s⁻¹)

	compartiment gauche	compartiment milieu	compartiment droite
SECHAGE	0,0058	0,0054	0,0035
FUMAGE	Non significatif : inf à 0,0003525		

Les flux d'air au niveau des buses basses sont de l'ordre de 10 fois inférieurs aux flux en régime de séchage. Une fois la fumée injectée dans l'enceinte, les flux internes sont très faibles et non significatifs pour notre méthode de mesure avec l'anémomètre à fil chaud.

Ces mesures illustrent bien le fait qu'en mode fumage, on cherche à prolonger au maximum le temps de séjour des fumées dans l'enceinte, et donc au contact des produits, afin de favoriser leur dépôt sur les produits.

d) Comparaison des flux inter-compartiments

Pour l'ensemble des mesures, en séchage et en fumage, les trois compartiments ont des caractéristiques aérauliques différentes bien que l'ordre de grandeur soit comparable. Ceci peut entraîner des différences de traitement des produits notamment lors de la phase de séchage, plus délicate car plus sensible aux variations de flux d'air de l'enceinte.

Des relevés systématiques de rendements de production pour chacun des compartiments permettent de répondre à cette question : en effet, les rendements observés sont liés principalement à l'opération de séchage, elle-même majoritairement déterminée par les flux d'air de l'enceinte. Si ces flux d'air sont significativement différents d'un compartiment à un autre, alors les rendements seront différents de la même façon.

Le tableau 11 présente les variabilités inter et intra-compartiments observées sur 5 productions.

	variabilité intra (écart-types rendements)			variabilité inter (écart-type rendements)
	gauche	milieu	droite	
PROD 1	3,30791858	1,461003	0,38982164	0,67196649
PROD 2	1,31300276	2,48814076	1,45929404	0,64042642
PROD 3	2,5495598	3,01795766	1,85282234	3,22339474
PROD 4	5,60640218	2,2961365		1,37130091
PROD 5	0,17731231	1,63829696	10,2112691	0,81874465

Moyenne variabilité intra

Moyenne variabilité inter

Tableau 11 : Variabilités intra et inter des compartiments pour les rendements massiques



Si la variabilité inter est significativement supérieure à la variabilité intra, alors il existe un effet compartiment. Les résultats montrent clairement que ce n'est pas le cas. Au contraire, il existerait même un effet à l'intérieur des compartiments, lié au positionnement des pièces dans l'enceinte. Ceci pourrait s'expliquer par le chemin préférentiel des flux d'air en diagonale par rapport aux buses. Le rayonnement ayant également un effet important, la température pourrait ne pas être homogène sur toute la longueur des plaques. Cependant, les données actuelles ne sont pas suffisantes pour déceler un effet ; une étude plus approfondie des rendements par rapport aux positionnements des produits permettrait sans doute d'établir une corrélation.

B – Etude de l'impact d'essences de bois locales sur le fumage et la qualité du boucané

Le pilote de fumage développé utilise de la sciure de bois pour la production de fumée ; les quantités nécessaires sont faibles, de l'ordre de 2 kilogrammes environ pour 4 heures de fumage. De plus, l'approvisionnement en bois pour la fabrication de la sciure peut se faire avec des branches de petite taille, issues de l'élagage par exemple, et moins coûteuses. Il est donc envisageable de travailler avec des bois « nobles » de fumage, et on cherche à valoriser cet aspect du procédé innovant. Aussi la question de l'utilisation de l'essence de bois de fumage se pose-t-elle dans le cadre de cette étude, notamment concernant l'impact de l'essence sur la qualité finale du produit. En effet, le choix de l'essence est un facteur clé de la saveur apportée au boucané au cours de l'opération de fumage.

1- Typicité d'essences de bois de l'île de la Réunion

a) Choix des essences

Le boucané traditionnel est généralement fumé avec des essences locales, utilisées à la fois pour cuire, sécher et fumer les produits. Le choix du bois s'établit bien souvent en fonction des coûts de cette matière première, sachant que les bois recherchés sont à la fois des bois durs, c'est-à-dire à l'écart des résineux peu adaptés au fumage, et des bois de chauffe, satisfaisants pour une cuisson en boucan.

Les artisans charcutiers ont généralement une « recette » qui leur est propre. Ils peuvent varier les essences de bois selon la saison, l'apport, les coûts ou plus simplement l'habitude, faire des mélanges ou bien encore utiliser des épices pour parfumer les produits.

Mr Morel, notre partenaire charcutier, utilise quant à lui du bois de filaos. Ce dernier est reconnu pour sa qualité de bon bois de chauffe, et est très courant sur le littoral réunionnais, ce qui facilite l'approvisionnement.

Par ailleurs, le pêcher est très apprécié des charcutiers car il a la réputation de conférer une belle couleur et un bon fumage à la viande, ainsi qu'une saveur parfumée très agréable. Cependant, il s'agit d'un bois assez rare, contrairement au filaos ou à l'acacia, et il reste donc peu utilisé, réservé pour des petites productions (notamment au niveau familial).

Dans le cadre de notre étude, nous avons ainsi choisi de retenir 5 essences de bois locaux :

- Le filaos
- Le pêcher
- Le tamarin
- Le letchi
- Les baies roses

Le tableau 12 présente les caractéristiques de chaque essence.

Ces bois sont relativement faciles à se procurer, notamment en période d'élagage où l'on peut récupérer les branchages. La sciure est réalisée directement à l'aide du broyeur à bois.

Enfin, les procédés classiques de fumaison de produits carnés, typiquement des produits de charcuterie de porc, utilisent des sciures « industrielles » produites en Europe : ce sont, en général, de sciures de hêtre, parfois de chêne. Le hêtre, essence classique de fumage, est réputé pour apporter un goût

« neutre » et peu typé à la viande. Les boucanés de type industriel produits sur l'île sont ainsi fumés au hêtre.

Pour compléter notre étude, nous avons donc également choisi de travailler avec cette essence.

Tableau 12 : Présentation des essences de fumage retenues

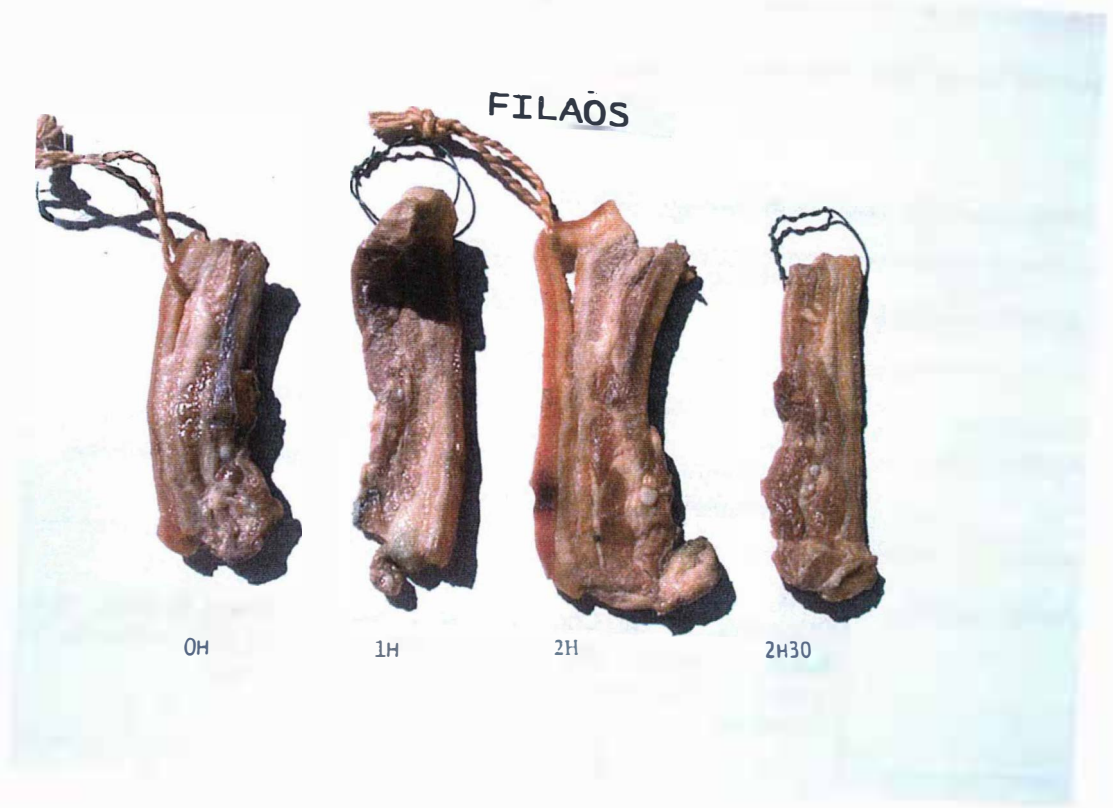
ESSENCE	NOM SCIENTIFIQUE	ENDEMIQUE	LOCALISATION A LA REUNION	UTILISATIONS
Filaos	<i>Casuarina equisetifolia</i>	NON Présent dans régions australiennes & malaisiennes	Fréquent en basse altitude - coulées de lave, littoral (fixe le sable)	Bon bois de feu Bois de construction Propriétés médicinales
Pêcher	<i>Prunus persica</i>	NON Originaire de Chine, largement diffusé depuis l'Antiquité	Commun dans les hauts de l'île	Production fruitière (fruit de saison : d'octobre à décembre)
Tamarin	<i>Acacia heterophylla</i>	OUI	Espèce dominante des forêts d'altitude (entre 1500 et 1900 m)	Bon bois de construction & Ebénisterie
Letchi	<i>Litchi chinensis</i>	NON Présent dans pays de la zone intertropicale Introduit à La Réunion en 1764	Largement cultivé	Très importante culture fruitière (une des premières sur l'île)
Baies Roses	<i>Schinus molle</i>	NON Originaire d'Amérique du Sud, diffusé en tant qu'épice	Peste végétale, très commun dans les forêts	Epice fréquemment employée en cuisine (baies)
Hêtre	<i>Fagus sylvatica</i>	NON Non présent à La Réunion		

b) Mise en place d'études préliminaires

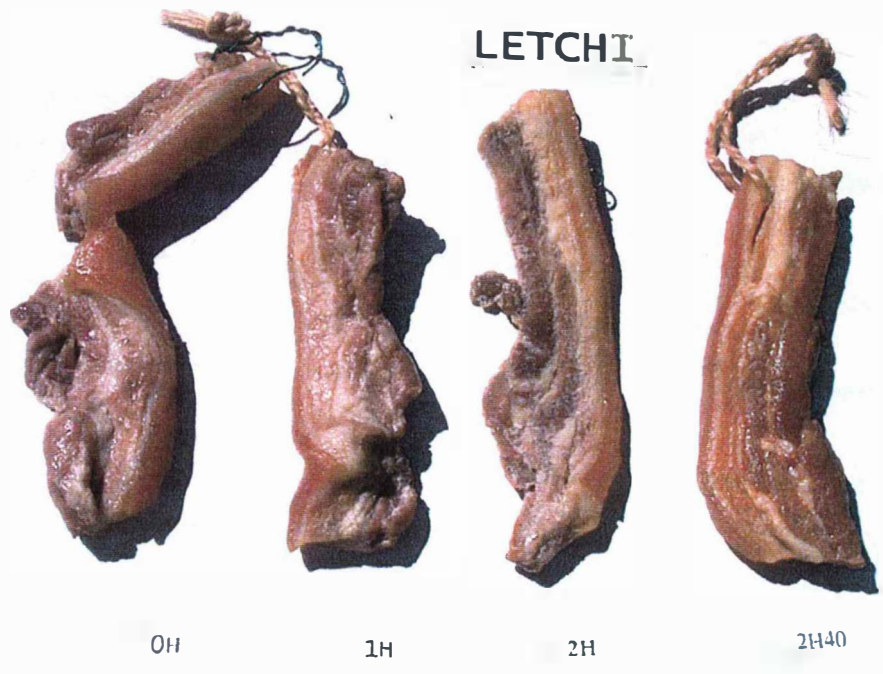
Une première série de productions est réalisée selon le protocole adopté pour obtenir les boucanés de type « Morel ». La durée de fumage est fixée à 4 heures pour chaque essence de bois.

Un certain nombre d'essais ont été nécessaires afin d'obtenir des résultats satisfaisants, d'une part pour maîtriser l'utilisation de chaque sorte de sciure en fumage, et d'autre part pour perfectionner le fonctionnement du pilote lui-même.

Six productions sont donc réalisées, d'une durée de 8 heures chacune, avec chaque essence de bois noble.



**Evolution de la couleur du boucané au cours du fumage :
Essences de bois de FILAOS et de LETCHI**



Cependant, au cours de ces productions, qui s'étalent sur plusieurs mois, le pilote a subi un certain nombre de modifications, notamment concernant l'étanchéité des conduites. On relèvera ainsi une non-répétabilité de ces expériences.

c) Détermination du point optimal de fumage

Chaque essence confère au boucané des caractéristiques différentes, au niveau aromatique comme au niveau de la couleur. Tous les boucanés produits doivent ainsi présenter le même degré de fumage si l'on souhaite étudier l'impact des essences sur la qualité finale. Pour cela, on établira des comparaisons entre des produits présentant la même teneur en phénols totaux, qui est l'indicateur classiquement retenu pour caractériser le degré de fumage.

Le boucané de Mr Morel présente une teneur en phénols totaux de l'ordre de 3 à 5 mg/100g de produit. Les essais préalables de production avaient notamment eu pour objectif de retrouver ces teneurs pour les boucanés « Cirad », et d'assurer un fumage satisfaisant. Il s'agit donc de déterminer un point optimal de degré de fumage pour notre étude. D'un point de vue sensoriel, de même que d'un point de vue analytique, nous cherchons à établir des comparaisons et il est donc préférable d'avoir des produits suffisamment différenciés pour cela. Par ailleurs, un excès de fumage risquerait de forcer la note fumée et donc de masquer la typicité aromatique de chaque essence.

Le point optimal de degré de fumage est donc positionné à **3 mg de phénols totaux pour 100g de boucané** (produit fini).

2- Mise en place des productions

a) Evaluation des temps de fumage pour l'étude des différentes essences

Pour chaque essence, de nouvelles productions ont permis de positionner le temps de fumage nécessaire pour obtenir la teneur en phénols souhaitée pour les produits finis.

Le gain en phénols des produits, présenté dans le graphe suivant, permet d'évaluer la vitesse de dépôt des phénols en fonction des différentes essences. Le comportement est sensiblement le même pour les boucanés fumés aux bois de baies roses, pêcher, filaos et de hêtre. Les gains sont plus marqués pour des essences comme le letchi et le tamarin, ce dernier faisant l'objet d'un gain en phénols très fort au niveau des produits. Ces écarts importants peuvent s'expliquer par la différence de composition en phénols des fumées produites par chacune des essences. La sciure de tamarin, lors de la pyrolyse, formerait ainsi une fumée fortement chargée en composés phénoliques.

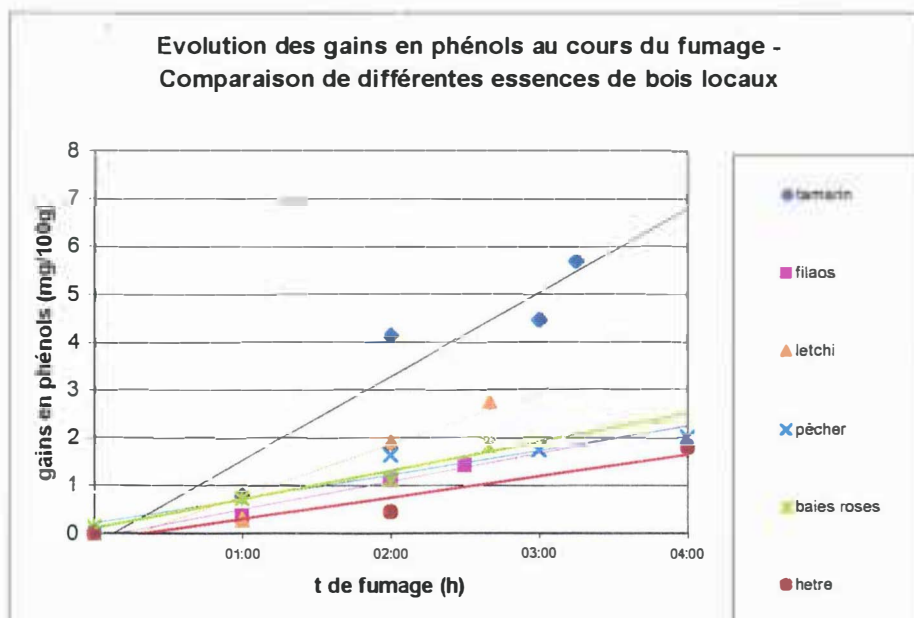
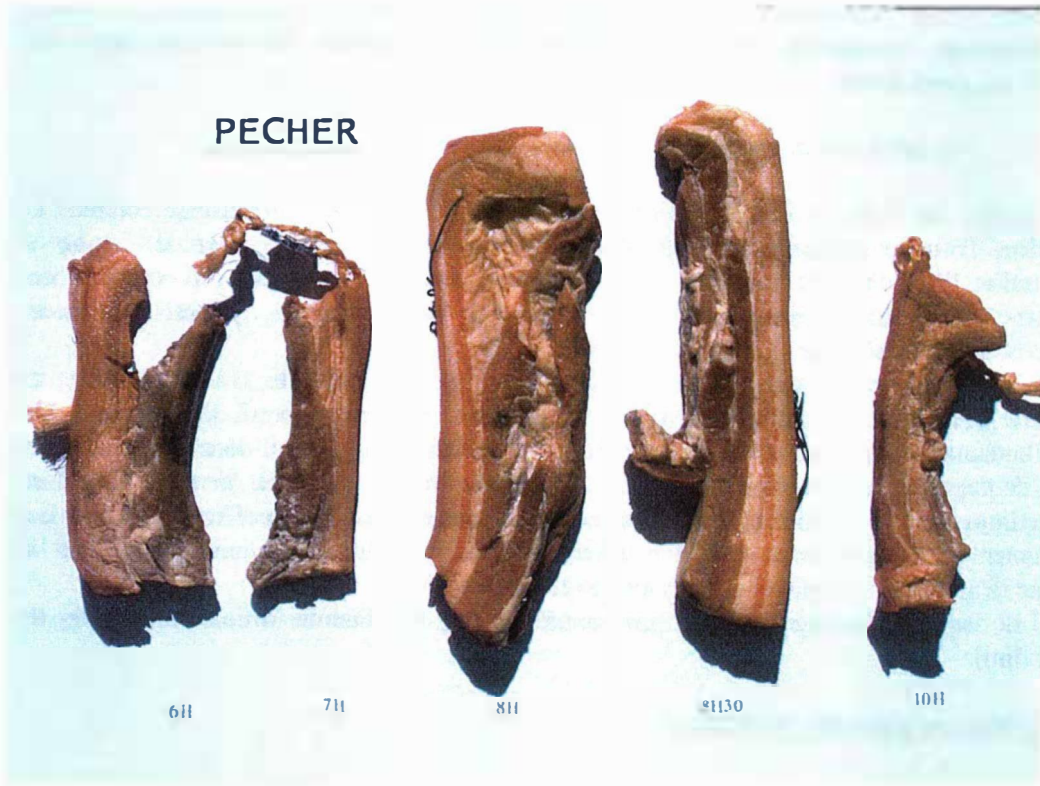
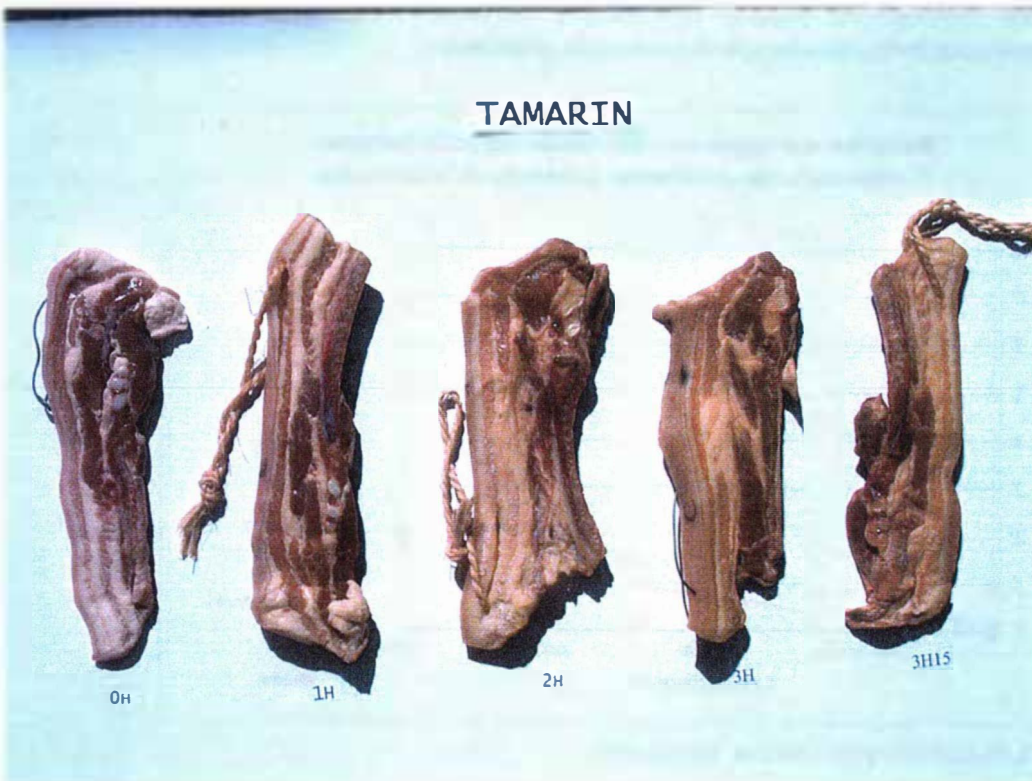


Figure 16 : Gains en phénols pour chaque production

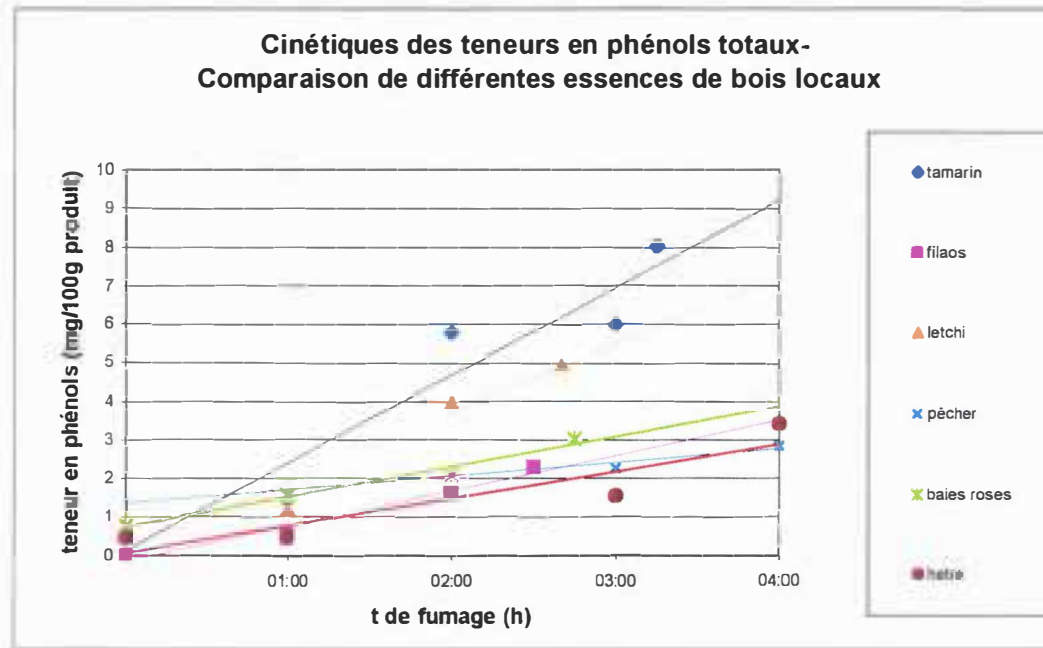


**Evolution de la couleur du boucané au cours du fumage :
Essences de bois de PECHER et de TAMARIN**



Afin d'établir le degré de fumage nécessaire pour un point optimal de comparaison entre les six essences, on s'intéresse à l'évolution des teneurs en phénols des boucanés au cours du fumage (figure 17). On détermine alors par régression linéaire le temps de fumage nécessaire pour obtenir une teneur en phénols de 3 mg/100g pour les boucanés.

Figure 17 : Evolution des teneurs en phénols totaux des produits au cours du fumage.



On retrouve, de même que précédemment, une évolution plus forte des teneurs en phénols pour les boucanés fumés aux bois de letchi et tamarin.

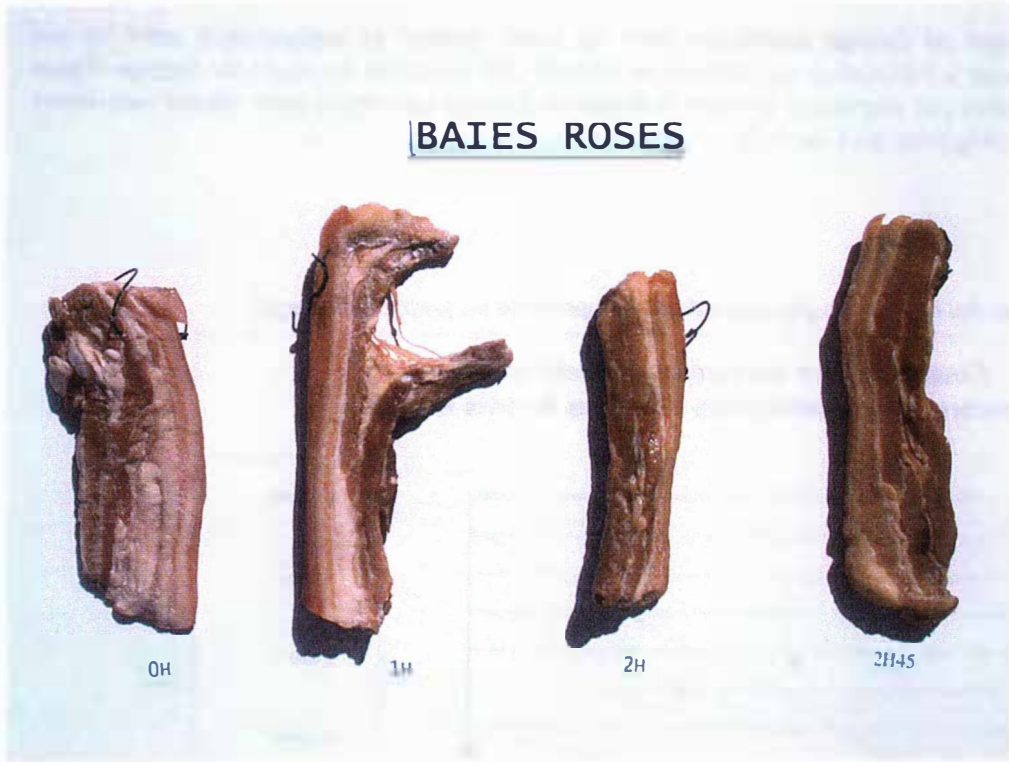
Les temps de fumage nécessaires pour chaque essence sont les suivants :

Essence de fumage	Temps de fumage pour 3 mg /100 g phénols dans boucané
Filaos	3h22m
Pêcher	3h49m
Tamarin	1h21m
Letchi	1h39m
Baies roses	2h40m
Hêtre	3h35m

Tableau 13 : Temps de fumage par essence de bois à appliquer pour la comparaison des produits finis -

Les bois pour lesquels les gains en phénols sont les plus forts, soit le tamarin et le letchi, nécessitent un temps de fumage plus court que ceux pour lequel le gain est plus faible, comme le pêcher ou le hêtre.

BAIES ROSES



**Evolution de la couleur du boucané au cours du fumage :
Essences de bois de BAIES ROSES et de HÊTRE**



Matière saumurée



0H



1H

Hêtre



2H



3H



4H

b) Comparaisons techniques des productions

Les productions sont réalisées selon le même protocole : un lot unique de matière première est saumuré, mis sous vide puis congelé à -24°C . Les poitrines de porc pour chaque production sont décongelées à 5°C la veille de chaque fabrication.

Mis à part le temps de fumage, les conditions expérimentales sont les mêmes pour chaque production. Pour s'assurer de cette répétabilité, deux critères sont particulièrement pertinents :

➤ Températures

Les cycles de température sont du même ordre de grandeur bien qu'ils varient d'une production à l'autre : en effet, le procédé de chauffage de l'enceinte est artisanal et constitue l'un des points les moins maîtrisés du process.

Le relevé le plus pertinent pour la comparaison des cycles de production est le relevé de la température à cœur des pièces de viande. Il constitue un bon indicateur du taux de cuisson et est facilement applicable à chaque production.

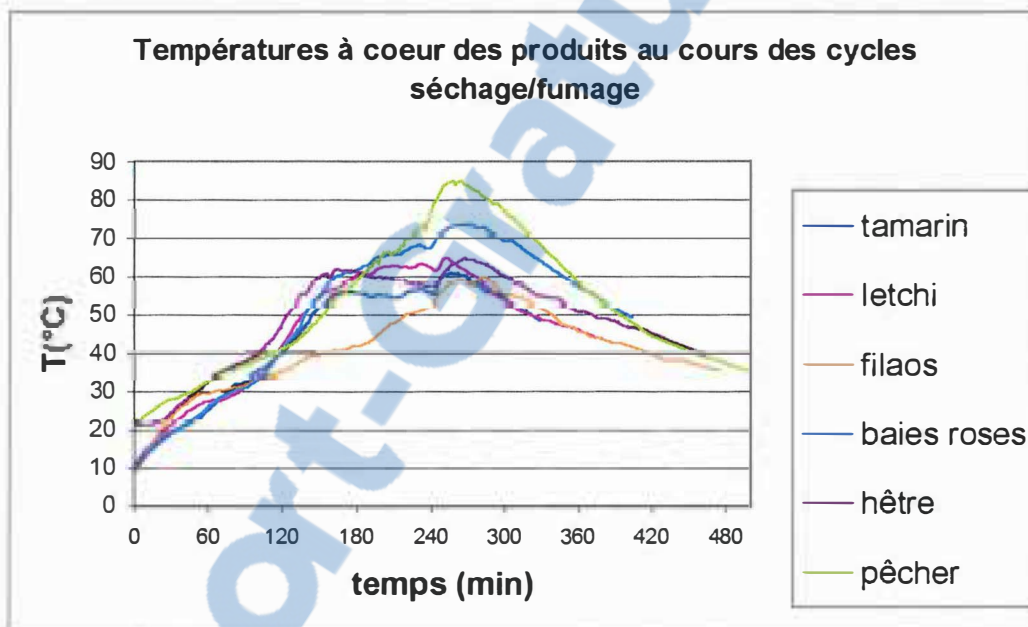


Figure 18 : Cycle des températures à cœur des produits pour chaque production

Selon la taille des bûches et l'approvisionnement au niveau du foyer, la montée en température de l'enceinte évolue différemment. Ainsi, pour le filaos, le foyer a été chargé en grosses bûches qui assurent une montée en température régulière mais plus lente. Pour les autres productions, un coup de chauffe est réalisé au bout de 2 heures du cycle de séchage pour griller les produits en surface. En général ce brusque apport de bois se fait avec de petites bûches, ce qui explique que la production réalisée au bois de filaos soit un peu différente. Par ailleurs, des bûches restant dans le foyer à la fin du cycle de séchage en production « pêcher » ont allongé le cycle de cuisson pour les boucanés de cette fabrication.

Malgré ces écarts, attendus mais faibles, les cycles sont comparables : les températures tout au long du procédé sont du même ordre de grandeur.

➤ Rendements moyens

Les rendements moyens, c'est-à-dire sur l'ensemble des compartiments de l'enceinte, permettent également de caractériser les six fabrications.

Tableau 14 : Rendements massiques des boucanés pour les 6 productions

Type de production	Rendement moyen (%)	
<i>Tamarin</i>	76,71	MOYENNE 72.83 %
<i>Letchi</i>	71,79	
<i>Filaos</i>	76,29	
<i>Baies roses</i>	72,17	ECART TYPE 3.76
<i>Hêtre</i>	73,66	
<i>Pêcher</i>	66,38	

Les rendements des productions au tamarin, letchi, filaos, baies roses et hêtre oscillent entre 72 et 76 % : les produits finis sont très proches du point de vue de la cuisson et du séchage. Le rendement de la production au pêcher est nettement inférieur, d'environ 10% par rapport à la moyenne des rendements des autres productions. Comme le montrent les relevés de températures, les produits ont en effet été soumis à des températures plus fortes (85°C contre 70°C habituellement) et pendant un temps plus long (30 minutes au minimum selon les cycles) que les autres productions. Le rendement des produits en est donc réduit de façon significative : on retrouve avec ce cycle des rendements proches de ceux rencontrés chez Morel. L'apport en bûches, d'un point de vue qualitatif comme d'un point de vue quantitatif, est donc l'un des points critiques qu'il est nécessaire de maîtriser si l'on souhaite optimiser les rendements des produits finaux.

D'après ces résultats, toutes les productions sont comparables en ce qui concerne la cuisson et le séchage, hormis les produits « pêcher » qui sont davantage cuits et grillés en surface.

c) Validation de la stabilité et du fumage des produits finis

➤ Stabilité à température ambiante

On mesure les activités d'eau pour chaque produit fini :

Tableau 15 : Activités d'eau des différents boucanés

Type de production	Activité de l'eau	
<i>Tamarin</i>	0.75	MOYENNE 0.78
<i>Letchi</i>	0.81	
<i>Filaos</i>	0.74	
<i>Baies roses</i>	0.77	ECART TYPE 0.04
<i>Hêtre</i>	0.84	
<i>Pêcher</i>	0.76	

En moyenne les boucanés obtenus ont une A_w de 0.78, ce qui garantit des produits stables à température ambiante. L'activité d'eau obtenue est inférieure à celle des boucanés Morel, qui est de 0.85 ; le résultat est donc tout à fait satisfaisant. La stabilité est en effet un facteur-clé pour la validation des produits traités par le fumoir artisanal.

Les boucanés fumés à partir de pêcher et de filaos présentent les mêmes valeurs d' A_w , alors que les cycles de cuisson/séchage de ces productions sont les plus différents. A l'inverse, la production fumée au bois de hêtre s'est réalisée dans les mêmes conditions de température que les autres et les produits ont une stabilité moins forte (A_w de 0.84). Cette différence peut s'expliquer en raison de l'hétérogénéité des pièces de viande et du saumurage réalisé.

➤ Taux de fumage

La qualité du fumage final est évaluée par l'analyse de la teneur en phénols totaux des différents boucanés. Le tableau 16 donne les résultats pour chaque production.

L'installation « définitive » du pilote a été réalisée peu avant les productions (cf. Matériel & méthodes, II-A-1-c). Or, malgré ce dispositif, la phase de fumage est difficile à réaliser. Après étude plus approfondie des circuits et des fuites envisageables, trois constats se sont imposés :

- fort encrassement des conduites au niveau du refroidisseur, en relation avec la condensation des fumées
- usure des joints en silicone au niveau des plaques de chauffe dans l'enceinte, donc des fuites accrues
- usure générale au niveau de l'ouverture basse du fumoir et de la connexion avec les buses (utilisées à la fois en séchage et en fumage)

Deux mesures ont été adoptées : nettoyage et ramonage des conduites bouchées, étanchéisation de l'enceinte.

Après le transport du container jusqu'au lycée agricole de St-Joseph, et malgré ces mesures, la mise en route de la phase fumage est toujours difficile : le flux de fumées refroidies remplit préférentiellement les interstices de l'enceinte. Cependant, une fois les compartiments de l'enceinte saturés en fumée, la phase de fumage se déroule alors normalement, si l'on met de côté l'importance des fuites et donc la surconsommation de sciure qui en découle. Nous avons donc jugé préférable de travailler dans ces conditions, pour une question de temps imparti à notre étude, sachant qu'il sera indispensable par la suite de démonter entièrement l'enceinte de fumage pour résoudre ce problème.

Ceci explique que les résultats en terme de qualité de fumage soient peu satisfaisants. Les conditions de fumaison n'étant pas répétables, et malgré des temps de fumage accrus suite à l'apparition des problèmes, les produits n'atteignent pas l'objectif de fumaison fixé à 3 mg/100g, excepté pour la production fumée au tamarin.

Type de production	Teneur en phénols (mg/100g de boucané)	
<i>Filaos</i>	2.5	MOYENNE 2.04
<i>Baies roses</i>	1.8	
<i>Hêtre</i>	1.5	
<i>Tamarin</i>	3.0	ECART TYPE 0.58
<i>Letchi</i>	1.7	
<i>Pêcher</i>	1.7	

Tableau 16 : Teneurs en phénols totaux des différentes productions

Les boucanés sont donc globalement insuffisamment fumés. Cependant, par simple examen visuel, cette « carence » n'est pas perceptible et les produits sont bien colorés et odorants.

On considère pour la suite de l'étude que le degré de fumaison est satisfaisant bien que faible : nous en tiendrons compte pour l'analyse sensorielle ultérieure.

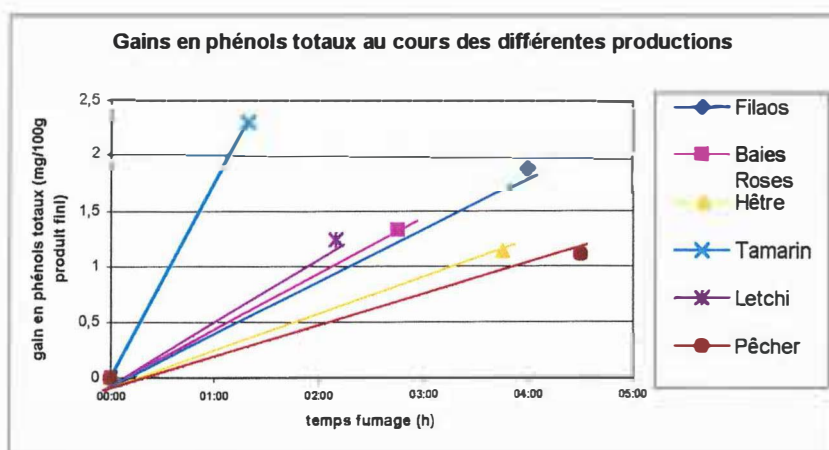


Figure 19 : Gains en phénols totaux des boucanés pour les 6 productions

3- Analyse sensorielle

a) Présentation des séances de dégustations

Les six boucanés sont présentés parallèlement. Trois descripteurs ont été retenus :

- intensité de la couleur fumée
- intensité de l'odeur de produit fumé
- intensité des notes aromatiques en bouche

Une vingtaine de juges déguste l'ensemble des six boucanés, préparés selon le protocole décrit dans la partie matériel & méthodes. Aucune répétition n'est réalisée.

Dans un premier temps on cherche à évaluer les différences et/ou ressemblances entre les boucanés du point de vue du fumage, à travers l'aspect, l'odeur et l'arôme conférés par chacune des essences. Plusieurs types d'arômes peuvent être transférés au produit au cours du procédé, d'une part les arômes classiques de fumage, et d'autre part les arômes spécifiques développés par les différentes essences de bois. Une simple description qualitative en commentaire libre est demandée aux juges, afin de caractériser au mieux la diversité des arômes générés.

Dans un deuxième temps on s'intéresse aux préférences des juges ; on cherche ainsi à déterminer si l'un des produits est significativement préféré aux autres et quelles seront éventuellement les intentions de reconsommation.

D'autres questions permettent également d'évaluer l'impact de la note fumée par rapport à la perception des autres saveurs, notamment la sensation salée.

La fiche de dégustation est présentée en annexe (n°3).

b) Comparaisons qualitatives des boucanés fumés à partir des 6 essences

On s'intéresse à la mise en évidence des différences et/ou ressemblances entre les différents boucanés, et à évaluer leur nature. Deux types d'approche sont ainsi réalisées :

- une modélisation
- une analyse de données

➤ Modélisation

On cherche à déterminer si les produits sont perçus différemment pour chacun des critères que sont l'intensité de la couleur fumée, l'intensité de l'odeur de produit fumé, et l'intensité aromatique de la saveur.

Les modèles étudiés sont les suivants :

$$\text{Note couleur fumée}(i,j) = \mu + \alpha_i P + \beta_j J + \varepsilon$$

$$1 \leq i \leq 6$$

$$1 \leq j \leq 20$$

Où P et J sont respectivement les variables produit et juge, α et β étant les coefficients rattachés.

On note de la même façon :

$$\text{Note odeur produit fumé}(i,j) = \mu + \alpha_i P + \beta_j J + \varepsilon$$

$$1 \leq i \leq 6$$

$$1 \leq j \leq 20$$

$$\text{Note intensité aromatique}(i,j) = \mu + \alpha_i P + \beta_j J + \varepsilon$$

$$1 \leq i \leq 6$$

$$1 \leq j \leq 20$$

N'ayant pas réalisé de répétitions, les interactions d'ordre 2 entre les produits et les juges ne peuvent pas être caractérisées (non séparables de la résiduelle ε).

Des analyses de la régression sont réalisées sur chacun des modèles. L'ensemble des listings obtenus sont présentés en annexes. Les résultats obtenus montrent qu'il n'y a pas d'effet significatif pour les critères « couleur » et « odeur », que ce soit au niveau des produits comme au niveau des juges.

Les produits ne sont donc pas significativement différents pour ces descripteurs, c'est-à-dire que la couleur et l'odeur ne sont pas des critères pertinents pour la différenciation des boucanés présentés.

Cependant, à l'étude des estimations des coefficients, on remarque globalement plusieurs tendances :

❶ du point de vue de la couleur :

- le boucané « baies roses » paraît le moins fumé
- les boucanés « tamarin » et « filaos » paraissent les plus fumés
- les produits « hêtre » « pêcher » et « letchi » sont d'une couleur jugée moyenne

❷ du point de vue de l'odeur :

- le boucané « baies roses » a l'odeur de produit fumé la moins forte
- le boucané « filaos » a l'odeur la plus forte
- les produits « hêtre » « pêcher » « letchi » et « tamarin » sont jugés comme des boucanés moyens

Le descripteur « intensité des arômes perçus en bouche » est le plus intéressant : en effet, ce facteur est à la limite de la significativité pour un seuil à 10%. Ce résultat montre qu'il existe une tendance de différenciation, plus forte pour la saveur:

❸ du point de vue de l'intensité aromatique:

le faible effet produit observé est lié à deux produits :

- le boucané « baies roses » est jugé significativement plus intense que les autres produits (seuil à 5%)
- le boucané « letchi » est jugé significativement moins intense que les autres produits (seuil à 10%)
- les autres produits peuvent être classés de la façon suivante, du moins intense au plus intense au niveau de la note aromatique :

hêtre \longrightarrow tamarin/filaos \longrightarrow pêcher

L'analyse des commentaires libres demandés aux juges permet d'étoffer ce classement :



Classement des boucanés	Commentaires généraux sur les arômes perçus
LETCHI	peu fumé, pas de saveur, pas d'arômes particuliers, fade
HETRE	fumé, traditionnel
TAMARIN	fumé, fruité, fleuri
FILAOS	goût de terre, poussière, charbon/bois
PECHER	Bien fumé, goûts légers & aromatiques
BAIES ROSES	Fumé, poivré, épicé

Tableau 17 : Notes aromatiques des différents boucanés

La teneur en phénols variant d'un boucané à un autre, cela indique que le taux de fumage n'est pas identique. On cherche à déterminer si cette différence de fumage a un impact sur l'intensité aromatique en bouche des boucanés. Pour cela, on étudie le modèle suivant, dans lequel on prend également en considération la teneur en sel et l'activité de l'eau, à titre de comparaison :

$$\text{Note intensité aromatique} = \mu + \alpha \text{ Ph} + \beta \text{ Se} + \gamma \text{ Aw} + \varepsilon$$

L'analyse de la régression montre que qu'il n'y a aucun effet significatif : la teneur en phénols, bien que variable d'un produit à un autre, n'a donc pas joué de rôle direct dans la perception de l'intensité des notes aromatiques.

➤ Analyse de données

Si les modèles proposés ne donnent pas les résultats escomptés au niveau décisionnel, une analyse de données permet d'observer les différences entre les produits et d'affiner la nature des tendances observées ; on réalise ainsi deux types d'analyses :

- une ACP (Analyse en Composantes Principales) à partir des moyennes des notes données pour chacun des descripteurs, afin d'évaluer les différences et de les expliquer grâce à l'interprétation des premières valeurs propres de l'analyse
- une AFM (Analyse Factorielle Multiple) à partir du jeu de données intégral, afin de différencier les produits à partir des 3 critères que sont la couleur, l'odeur et l'intensité des arômes perçus en bouche

L'ACP permet d'observer que les boucanés testés sont nettement différents ; le graphe des individus montre une répartition éparpillée des produits sur le plan constitué par les deux premières valeurs propres. Les deux premiers axes de l'analyse suggèrent ainsi une variabilité forte. De plus, ils expliquent directement 91.75 % de la variabilité totale observée entre les produits, donc le plan proposé ici est bien représentatif de la variabilité réelle.

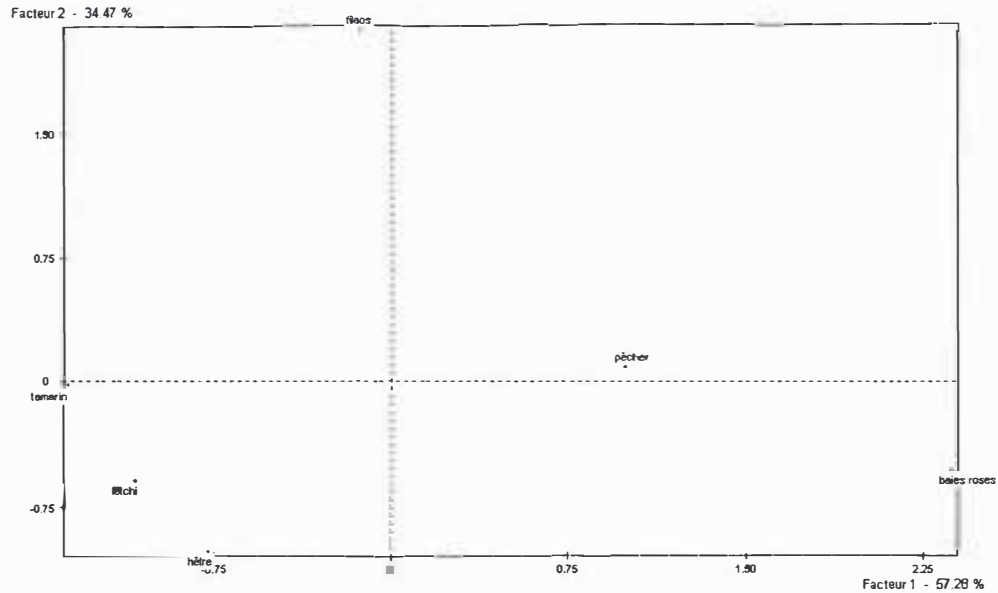


Figure 20 : Graphe des individus de l'ACP : répartition des différents boucanés

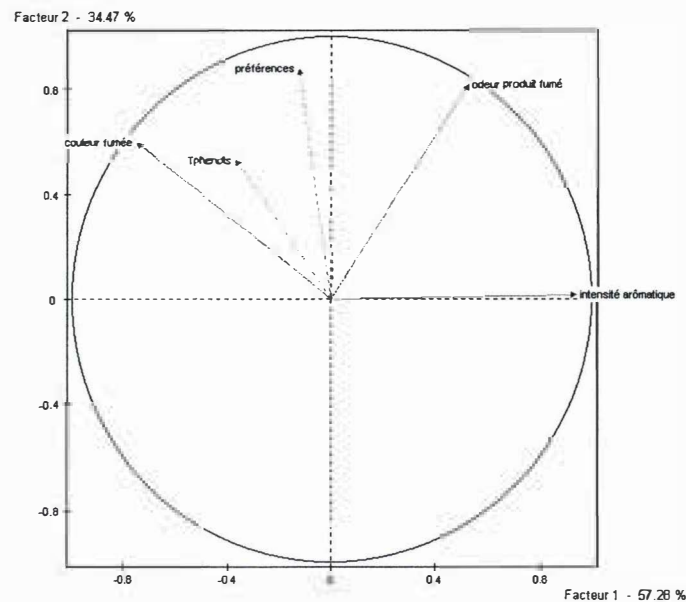


Figure 21 : Cercle de corrélation de l'ACP

Les facteurs sont bien corrélés au plan : on remarque que l'axe 1 est fortement expliqué par l'intensité aromatique. Ce résultat confirme les résultats de la modélisation précédente : les différences entre les produits s'expliquent majoritairement par la saveur et les arômes perçus en bouche. On retrouve bien l'opposition entre le boucané « baies roses », le plus intense au niveau aromatique, et le boucané « letchi », très peu intense et plutôt fade. Cependant, un autre facteur intervient car le produit le plus faible en arômes correspond ici au boucané « tamarin ». Le premier axe, qui résume 57% de la variabilité totale observée entre les produits, pourrait ainsi correspondre à une opposition entre des arômes fleuris/fruits et des arômes poivrés/épicés. Le deuxième axe, qui explique 34% de la variabilité, est une combinaison des facteurs couleur et odeur. Il est également en relation forte avec les préférences, variable placée ici en illustratif. Le deuxième axe correspond donc à un critère multidimensionnel, et fait appel à plusieurs facteurs qu'il est difficile d'identifier précisément. Retenons simplement le fort écart engendré par le boucané « filaos », qui s'oppose nettement aux

autres produits du point de vue de l'axe 2. L'essence « filaos » confère à la viande un caractère très particulier, et la différencie fortement des autres essences.

Enfin, la teneur en phénols, variable illustrative, n'est pas bien corrélée au plan, et n'explique aucun des deux premiers axes de l'analyse. Ceci montre que bien que les fumages appliqués soient différents, ceci n'intervient pas au niveau de l'interprétation des résultats pour les différences qualitatives entre les essences.

L'AFM (Analyse Factorielle Multiple) permet d'affiner cette première observation entre les différences et ressemblances sur les boucanés fumés à partir des différentes essences. Le plan proposé ici explique 57% de la variabilité total. Il permet d'évaluer plus précisément les contributions de chacun des groupes à savoir la couleur, l'odeur et la saveur, pour la représentation finale des six produits dans le plan.

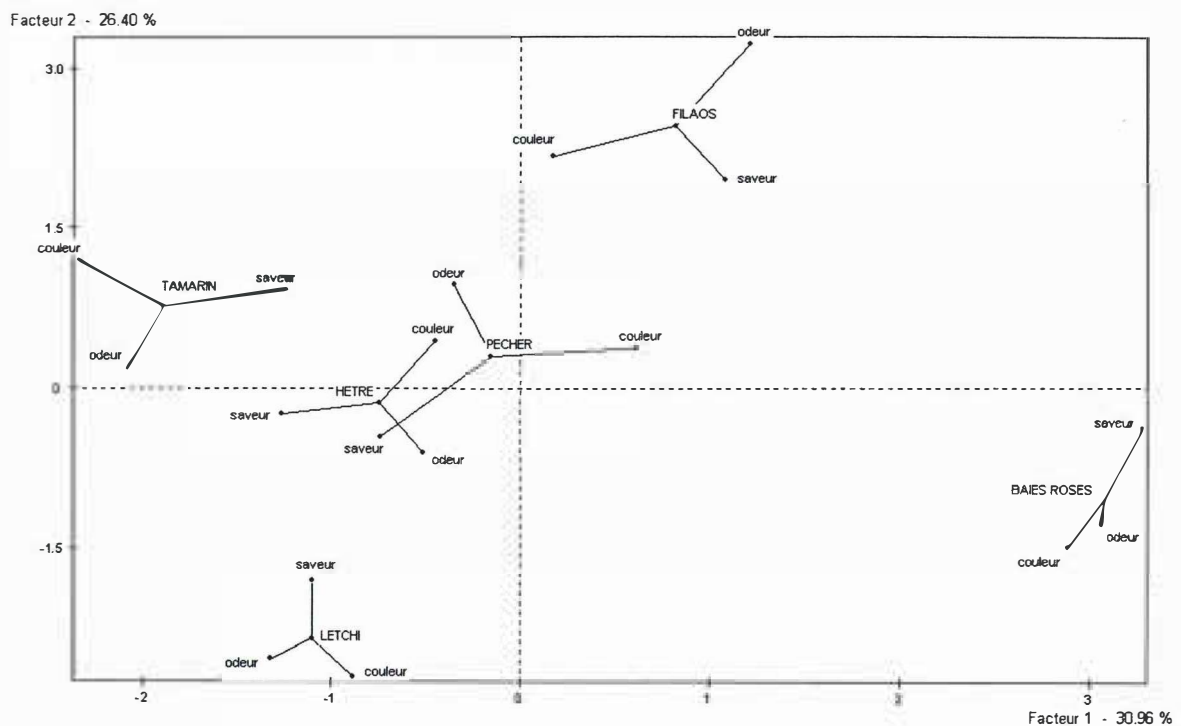


Figure 22 : Graphe des individus de l'AFM

On retrouve une bonne répartition des six produits dans le plan, montrant qu'ils ne se ressemblent pas globalement, hormis le hêtre et le pêcher qui paraissent assez proches notamment au niveau de la saveur en bouche. Le boucané « baies roses » est très différent des autres à tous les points de vue. Les boucanés « letchi », « hêtre » et « pêcher » constituent quant à eux des produits moyens. Le produit « tamarin » est très différent des autres du point de vue de la couleur et de l'odeur, mais cette différence est moins perceptible en bouche. Enfin, le boucané « filaos » possède également une typicité qui semble davantage marquée par l'odeur et la saveur.

➤ Récapitulatif

On récapitule les différences et ressemblances qualitatives observées entre l'ensemble des types de boucanés testés :

Le **boucané BAIES ROSES** paraît le moins fumé, a l'odeur de produit fumé la moins prononcée, mais son intensité aromatique est de façon très significative la plus forte. Cette saveur jugée forte est liée à une tonalité poivrée, épicée.

Le **boucané FILAOS** paraît très fumé, en relation avec une odeur forte de produit fumé. Son intensité en bouche du point de vue aromatique est moyennement prononcée et rappelle des goûts de terre, de poussière et de bois. Ce produit se distingue nettement des autres boucanés, notamment du point de vue de l'odeur et de la saveur.

Le **boucané LETCHI** est d'une couleur et d'une odeur jugées moyennes en comparaison avec les autres produits. L'intensité aromatique en bouche est par contre jugée faible : c'est un produit assez fade, sans arômes ni saveur particuliers. C'est en ce sens qu'il se différencie des autres boucanés.

Le **boucané TAMARIN** paraît bien fumé, mais est d'une odeur et d'une saveur jugées moyennes. Les arômes perçus sont du type fruité ou fleuri. En revanche, les juges ont perçu chez ce boucané une odeur inhabituelle (7 citations sur 20 juges).

Les **boucanés HETRE et PECHER** sont assez comparables du point de vue de la couleur et de l'odeur qui sont jugées moyennes. Par contre, le **PECHER** confère au boucané une intensité aromatique en bouche assez forte, avec un goût bien fumé et une note aromatique légère agréable, alors que le **HETRE** donne un goût assez neutre, évoqué comme traditionnel par les dégustateurs.

c) Appréciation hédonique

Une analyse de variance est réalisée à partir du modèle suivant :

$$\text{Note préférence} = \mu + \alpha_i P + \beta_j J + \varepsilon$$

La probabilité critique associée à la variable produit est très faible (inférieure à 5%) : on a donc un effet produit très significatif. On n'observe pas d'effet juge, ce qui est encourageant car cela signifie que les différences de jugement sont uniquement liées aux produits. Les produits sont donc suffisamment différents pour que les préférences observées soient en relation directe avec les différences des produits eux-mêmes.

Ce résultat est particulièrement intéressant d'une part parce que les juges ont des avis relativement convergents, et d'autre part parce que les produits, même s'ils sont jugés significativement non différents pour des critères particuliers tels que la couleur fumée, l'odeur de fumé ou l'intensité des arômes perçus en bouche, sont perçus différemment par les juges. Le jury a donc été capable de percevoir des différences fortes, qui ne s'expliquent pas directement par les descripteurs retenus pour notre étude.

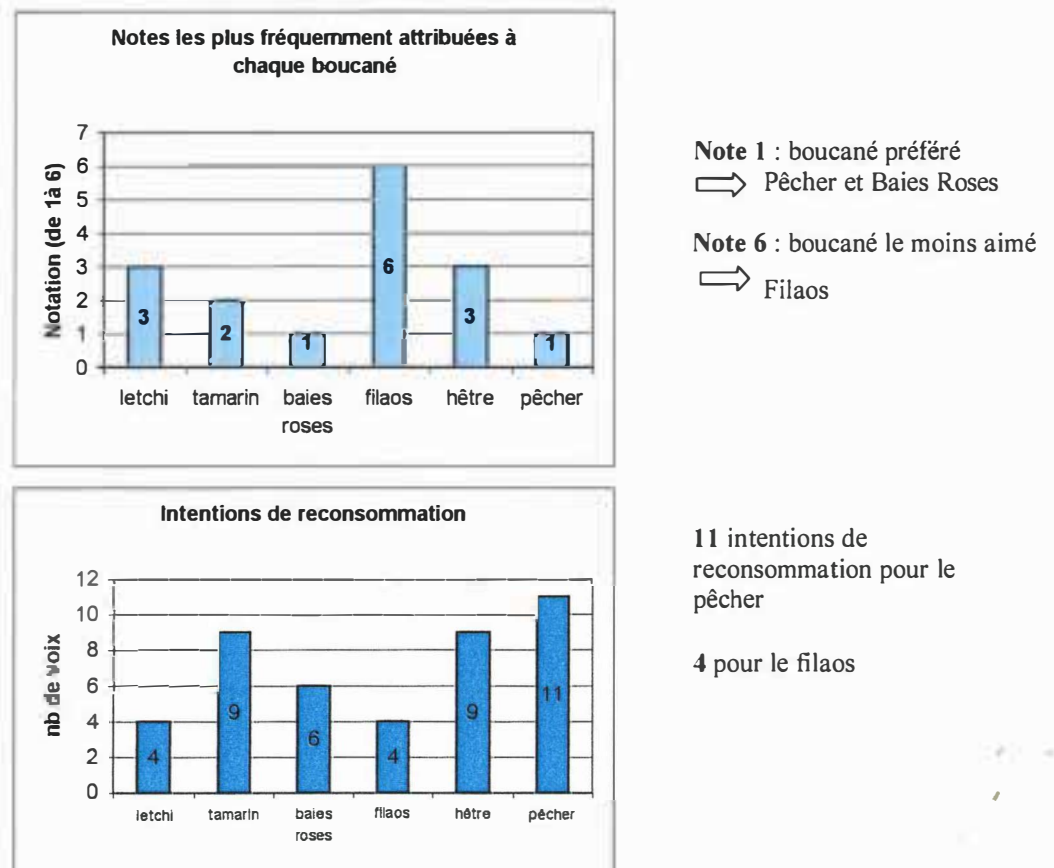
L'analyse détaillée du modèle montre que l'effet produit est très net pour le boucané « filaos » (probabilité critique inférieure à 1%) : celui-ci est fortement reconnu comme étant le moins savoureux de la série !

Le boucané « hêtre » est significativement préféré aux autres produits au seuil de 5%, suivi par le pêcher dont l'effet n'est pas démontré bien qu'il existe une tendance.

Ce résultat peut paraître étonnant lorsqu'il est confronté aux résultats bruts de la dégustation. On présente en effet plus loin les notes les plus fréquemment attribuées à chaque boucané. Le boucané PECHER et le boucané BAIES ROSES sont les plus souvent cités en position 1, soit en position préférée. Or ils sont préférés généralement en raison d'une aromaticité forte, ce qui suggère une

opposition entre les partisans de ce type de saveur et ceux qui n'aiment pas et qui vont donc noter en conséquence ces produits. Par ailleurs, le hêtre est généralement apprécié car il est jugé traditionnel ; aussi, parmi la masse des dégustateurs, ce produit ressortira comme significativement préféré.

On présente (figures 23 et 24) pour chaque boucané la note la plus fréquemment attribuée, en parallèle avec les intentions de reconsommation :



Figures 23 et 24 : Notes de préférence et intentions de reconsommation attribuées aux différents boucanés

Le produit au pêcher apparaît comme étant le boucané préféré des juges, et celui qui sera le plus reconsommé. Le hêtre vient en deuxième position. Par contre, le boucané baies roses, bien que souvent noté comme préférence, sera moins reconsommé que le boucané tamarin, ayant obtenu une note moins bonne.

Afin d'expliquer les différences (et de confirmer notre diagnostic précédent) une nouvelle analyse de la régression est réalisée à partir du modèle suivant, où C, O et S sont respectivement la couleur, l'odeur et la saveur des boucanés :

$$\text{Note préférence } (i,j,k) = \mu + \alpha_i C + \beta_j O + \gamma_k S + \varepsilon$$

$$1 \leq i \leq 10$$

$$1 \leq j \leq 10$$

$$1 \leq k \leq 10$$

Les résultats de l'analyse indiquent que l'intensité aromatique a un effet très significatif : la probabilité critique est très inférieure à 1%. Les préférences observées sont donc expliquées principalement par l'intensité des arômes perçus en bouche. Ceci n'est pas étonnant car la couleur et l'odeur ne permettaient pas de différencier les produits. Les juges ont donc établi des différences au niveau des

saveurs, lors de la dégustation des boucanés. De plus, les deux facteurs sont corrélés positivement ; il ne s'agit cependant que d'une simple tendance.

Une fois la source de variabilité identifiée, on s'intéresse au degré de fumage des différents boucanés : on cherche à savoir si la différence des taux de fumages réalisés a eu un impact lors du choix des préférences.

On pose alors le modèle suivant, avec la variable teneur en phénols Tph :

$$\text{Note préférence} = \mu + \alpha S + \beta \text{Tph} + \varepsilon$$

L'analyse de variance montre que les deux effets sont significatifs au seuil de 5% (1% pour l'intensité aromatique). Les tendances au niveau de la préférence sont les suivantes :

- plus l'intensité des arômes en bouche augmente, plus la préférence augmente
- plus la teneur en phénols augmente, plus la préférence chute

Cependant, un autre facteur intervient, car le coefficient de corrélation n'est pas très élevé. Ainsi, ces tendances ne sont pas systématiquement vérifiées, par exemple pour le boucané fumé au tamarin dont l'intensité de la saveur est moyenne pour une teneur en phénols forte et qui ne constitue pas pour autant le boucané le moins aimé de la série. L'étude ne permet pas d'identifier les autres facteurs entrant en jeu dans l'appréciation des différents produits.

En relation avec les commentaires des juges sur leurs préférences, il ressort de cette étude que :

Le **boucané PECHER** est le plus apprécié des dégustateurs, pour son goût bien fumé et sa saveur aromatique légère et parfumée, très agréable.

Le **boucané HETRE** est également très apprécié, pour son caractère traditionnel, son goût équilibré et proche des produits du commerce.

Le **boucané BAIES ROSES** est globalement moyennement apprécié, mais son côté original en relation avec une note poivrée est très apprécié de certains consommateurs.

Le **boucané TAMARIN** est un produit globalement assez apprécié ; il ne présente pas de défaut mais pas de typicité non plus. Par contre il est souvent choisi comme produit éventuellement reconsommé. C'est donc un produit « moyen ».

Le **boucané LETCHI** est moyennement apprécié dans l'ensemble. Il s'agit de la même façon d'un produit assez neutre, plutôt fade.

Enfin, le **boucané FILAOS** est unanimement peu apprécié ; il est désigné comme le produit le moins savoureux de la série. Ceci est en rapport avec un fort goût de poussière, de cendre, de sable ou de terre qui masque l'arôme de fumée.

d) Limites de la dégustation

La préparation des produits, l'hétérogénéité des morceaux présentés, le non-entraînement des juges sont autant de faiblesses rencontrées dans le cadre de notre étude.

En effet, les boucanés ont été présentés aux juges une fois dessalés ; or ce traitement, réalisé à 100°C dans deux bains successifs, est relativement dénaturant. Il modifie l'aspect des produits (blanchiment) et diminue l'odeur caractéristique de chaque type de fumée (perte des arômes dans l'eau à ébullition). Les deux critères de la couleur et de l'odeur sont donc réalisés sur des produits qui sont relativement dégradés et donc très différents de l'aspect habituel à l'achat. Or la couleur et l'odeur sont les deux critères de choix pour l'acheteur potentiel. Ainsi il aurait été plus judicieux de présenter deux morceaux différents aux juges : le premier « brut » pour l'évaluation de la couleur et de l'odeur, le deuxième dessalé pour la dégustation proprement dite.

Par ailleurs, nous avons déjà soulevé la question de l'hétérogénéité des morceaux de viande : ainsi la répartition entre les parties maigre et grasse joue-t-elle un rôle dans l'appréciation du boucané. De même la note aromatique peut être modifiée suivant le pourcentage de matière grasse du produit. En effet, les arômes sont généralement concentrés dans la phase lipidique de la viande.

La texture semble également avoir joué un rôle dans l'appréciation des boucanés, et ce bien que les fabrications aient été réalisées à partir de la même matière première et selon les mêmes protocoles. Ceci met en évidence le côté multidimensionnel d'une telle analyse sensorielle.

Enfin, le nombre important de produits présentés (6) est également un facteur limitant. Le boucané est en effet un produit très aromatique, fumé et salé, et la perception des différentes notes doit rapidement arriver à saturation, après des dégustations répétées. On illustre ce phénomène par la perception de la note salée :

La matière première est saumurée en une seule fabrication ; les traitements de dessalage appliqués à chaque production sont rigoureusement les mêmes. Les boucanés dégustés présentent donc théoriquement les mêmes teneurs en sel. Le tableau 18 donne les taux de sel pour chaque type de boucané :

Boucanés dessalés	Teneur en sel (%)	
<i>Tamarin</i>	4.5	MOYENNE
<i>Letchi</i>	4.5	
<i>Filaos</i>	4.1	
<i>Baies roses</i>	4.6	ECART TYPE
<i>Hêtre</i>	5.3	
<i>Pêcher</i>	4.4	

Tableau 18 : Teneurs en sel des différents boucanés préparés pour la dégustation

Les analyses confirment donc que les taux de sel sont très proches pour tous les produits. Or la plupart des juges ont perçu des produits comme étant plus salés. L'histogramme suivant présente la fréquence de citations pour chaque sorte de boucané.

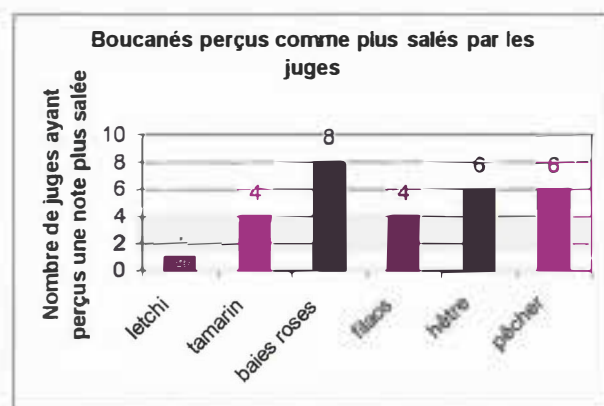


Figure 25 : Perceptions de notes salées plus fortes

La répartition des citations est aléatoire et n'est pas en relation avec les variations de taux de sel, aussi infimes soient-elles, entre les produits.

Ceci illustre bien la saturation qui apparaît lors de la dégustation ; il devient difficile, après quelques mises en bouche, de bien définir l'intensité et la nature des sensations perçues, surtout après des répétitions.

Aussi l'observation de tendances nettes de différenciation entre les différentes essences, comme nous l'avons vu précédemment, est-elle à considérer comme particulièrement importante, car ces différences ont bien été perçues au-delà de la difficulté de la dégustation elle-même.

IV – DÉVELOPPEMENT ET INSTALLATION DU PROCÉDÉ AU NIVEAU LOCAL

A. Bilan fonctionnel du prototype

1- Atouts

➤ Validation des objectifs

Comme nous l'avons vu au cours des parties précédentes, le procédé de fabrication mis en place remplit les différents objectifs fixés :

- Obtention d'un boucané traditionnel (stabilité, aromaticité, etc)
- Qualité sanitaire satisfaisante
- Rendements optimisés

➤ Originalité du concept

L'originalité du procédé réside dans la séparation des circuits de fumées chaudes et froides. Le fumoir a ainsi fait l'objet d'un dépôt de brevet :

- Demande de brevet n° 02 08 153 déposée le 28 juin 2002 (INPI)
 « Procédé et dispositif de cuisson et de fumage d'aliments tels que la viande ou le poisson »
 - Demandeur : CNRS
 - Inventeurs : Denis Bruneau, Antoine Collignan, Jean-Pierre Nadeau, Isabelle Poligné, Anne Prieur, Michel Rivier, Patrick Sebastian, Yoann Vernat

➤ Fonctionnalité du pilote

La mise en place du système de vannes étanches assure la fonctionnalité finale du pilote, tel qu'il sera présenté aux artisans charcutiers. Les différents réseaux électriques sont un premier pas vers l'automatisation. De même, le respect des règles élémentaires de sécurité (tableau de bord électrique avec disjoncteurs, extincteur, etc) en fait un matériel utilisable en dehors du cadre « laboratoire ».

2- Limites

a) Dimensionnements de l'installation

De nombreuses modifications ont été apportées au pilote depuis sa construction en 2001.

Si le dimensionnement de l'enceinte, autorisant une production de 20 à 25 kg, correspond bien aux besoins de l'étude du produit boucané, il n'en va pas de même pour les autres éléments du pilote. En effet, le refroidisseur de fumées (une cuve remplie d'eau dans laquelle circule des tubes de faible diamètre) est largement surdimensionné par rapport au refroidissement nécessaire à la condensation des hydrocarbures aromatiques polycycliques. Un échangeur de taille inférieure suffirait à assurer un refroidissement satisfaisant pour la réduction de la teneur en benzo(a)pyrène du produit fini. Toute la question des niveaux de températures de fumées chaudes & froides par rapport aux taux de condensation des HAP est à évaluer et à prendre en compte pour le dimensionnement de l'équipement. De même, la taille des ventilateurs (puissance, diamètre des pâles, etc) est un élément-clé pour le bon déroulement des phases de séchage et de fumage. Un ventilateur adapté au brassage des fumées est donc indispensable pour une version satisfaisante de l'équipement de fumage.

b) Efficacité des différents éléments

Le poêle utilisé pour le chauffage de l'enceinte est un des points faibles du pilote. S'agissant d'un matériel de récupération, la taille n'est donc pas adaptée directement aux besoins de l'enceinte. Elle est

en effet largement insuffisante, et son inertie thermique trop faible : les approvisionnements en bois sont trop fréquents avec des bûches de taille trop faible. Une dimension adaptée permettrait une meilleure maîtrise du cycle de séchage ainsi qu'une relative indépendance de l'artisan pendant cette opération.

c) Passage en phase de production : contraintes « industrielles »

Les contraintes de la production sont liées à la mise en route des équipements, à leur utilisation facilitée et à leur système de nettoyage. Il est bien évident qu'elles sont différentes de celles rencontrées au cours de la phase d'élaboration du pilote.

Au niveau du fumoir, trois points sont à prendre en considération pour le passage de l'utilisation en laboratoire en situation de production :

- Tableau de commande du pilote (ex : arrêt automatique du circuit de fumage par exemple)
- Système de nettoyage simple (ex : ramonage facilité des circuits de refroidissement des fumées chaudes, démontage des pâles du ventilateur)
- Ventilateurs industriels pour la circulation des fumées chaudes (résistance aux déformations et encrassements)

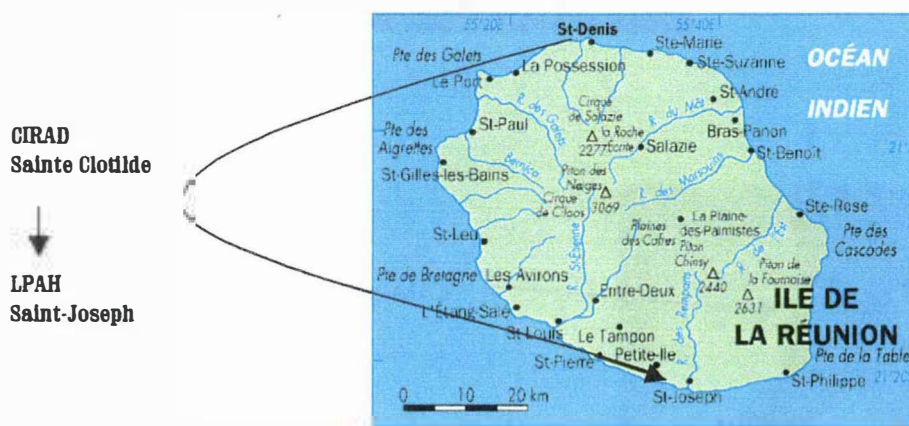
B. Installation chez le partenaire charcutier

1- Déroulement de l'implantation du pilote

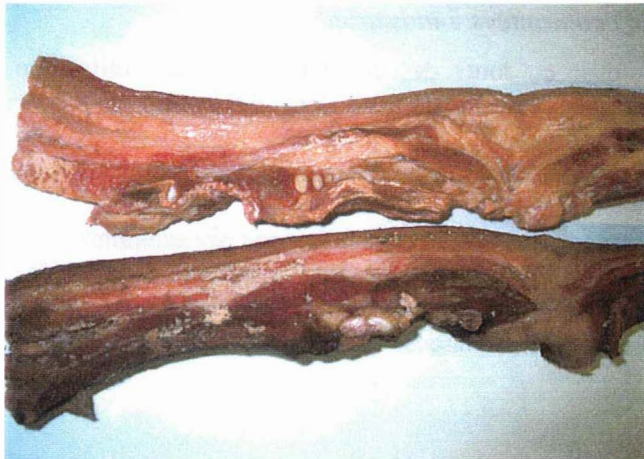
a) Installation au lycée agricole de St-Joseph (LPAH : lycée professionnel agricole et horticole)

Le container est transporté au lycée agricole de Saint-Joseph, à proximité d'une halle de technologie alimentaire et se situant dans les environs de la boucherie Morel. Le site choisi permet donc à Mr Morel de réaliser des expérimentations, tout en en faisant un lieu de démonstration auprès d'autres artisans charcutiers. Enfin la halle à proximité autorise notamment le stockage des produits (chambres froides).

A terme l'équipe d'enseignement du LPAH utilisera également le fumoir, pour réaliser leurs propres essais ainsi que des formations sur les techniques de séchage et fumage auprès des étudiants du lycée.



Comparaison des charcuteries issues du procédé innovant avec les produits du charcutier Morel

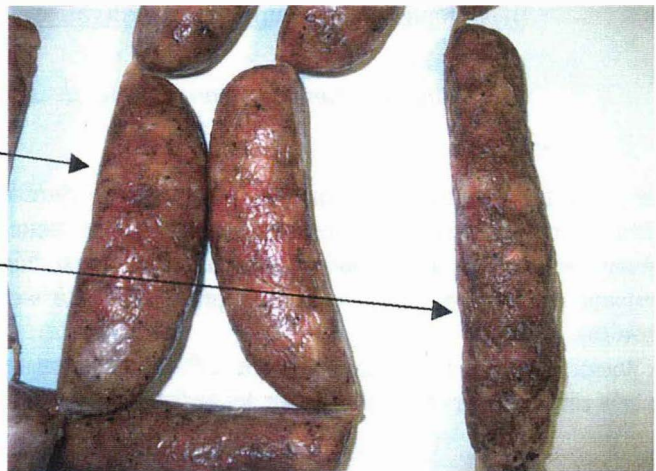


Boucané Cirad

Boucané Morel

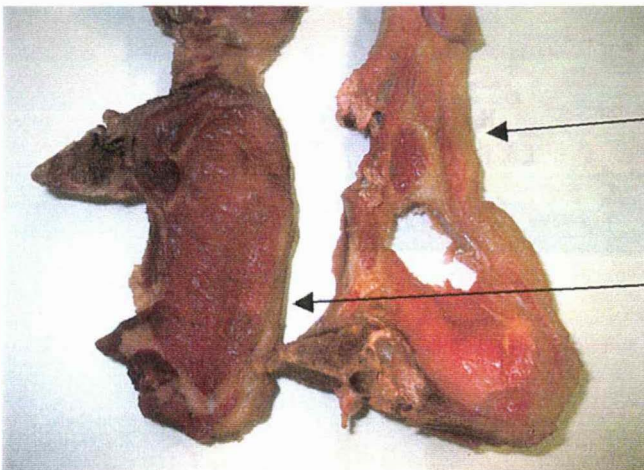
Saucisses Cirad

Saucisses Morel



Côte boucanée Cirad

Côte boucanée Morel



b) Premiers essais

Une première production est réalisée avec le charcutier Mr Morel. Elle a pour double objectif de former les enseignants du lycée agricole et Mr Morel sur l'utilisation du pilote, et de valider les produits issus de cette technologie en comparaison avec les charcuteries de l'artisan.

Différents produits sont mis à sécher et fumer selon le cycle préalablement établi de 4 heures de durée pour chaque mode. Ce cycle est calé pour la production de boucané, et permettra d'établir ensuite pour les autres produits les degrés inférieurs ou supérieurs de séchage et/ou fumage à appliquer.

Quatre types de produits sont salés rapidement en saumure saturée en sel :

- poitrines de porc pour boucané maigre classique
- épaules de porc pour boucané épaule
- saucisses
- zandouilles

La phase de cuisson suit une montée en température classique, telle que présentée plus haut. On ne réalise pas de coup de feu fort afin de ne pas trop griller les produits.

La fumaison est réalisée à partir de filaos, l'essence habituellement utilisée par Mr Morel.

Les résultats obtenus à la fin du traitement sont très encourageants :

- les boucanés classiques sont très proches des produits Morel, le séchage et la cuisson sont satisfaisants
- les saucisses sont également très proches de celles du charcutier, avec une bonne cuisson et un bon fumage
- les zandouilles ne sont pas assez cuites et séchées ; ceci n'est pas étonnant compte tenu de l'épaisseur et du poids des produits
- les boucanés type épaule ne sont pas suffisamment séchés ; ce résultat était également à prévoir étant donné la taille de la pièce de viande qui est nettement plus large que la poitrine que nous traitons habituellement

La plaquette de photographies présentée ci-contre donne un aperçu des produits obtenus. La couleur plus prononcée des produits Morel est liée au dépôt de composés lourds, alors que celui-ci est évité dans le procédé Cirad puisque ces composés sont condensés au niveau du refroidisseur.

c) Réactions de l'artisan, critiques et remarques

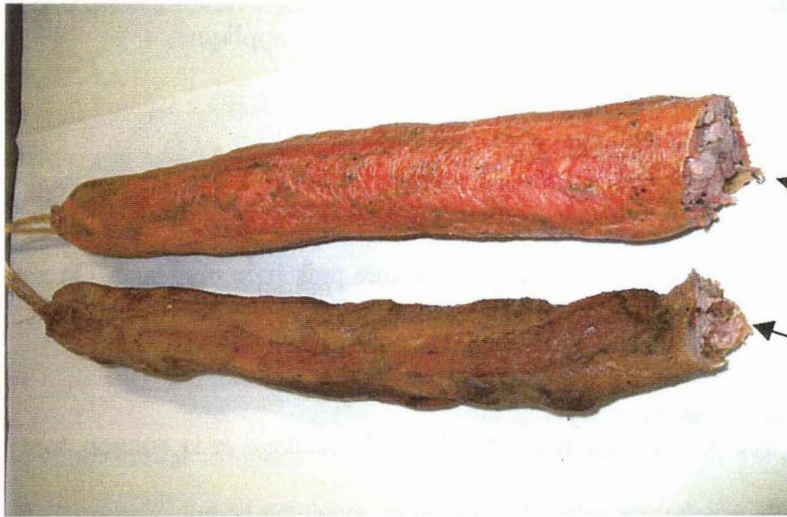
Les principales réactions de Mr Morel se focalisent sur les défauts liés au prototype même. Il apparaît bien évidemment qu'un pilote, aussi performant soit-il du point de la vue technique, reste un outil non automatisé et dont les faiblesses sont compensées par l'utilisation qui en est faite : c'est-à-dire à petite échelle et dans le cadre d'une surveillance et contrôle permanents.

Le prototype de fumage constitue ainsi un modèle à améliorer et à critiquer. C'est en ce sens que le pilote sera par la suite présenté aux artisans charcutiers. Il est en effet important de les rassurer, sachant qu'ils ne travailleront jamais directement avec le matériel présenté.

Concernant la technique elle-même, et les cycles de séchage/fumage, Mr Morel est très satisfait. L'utilisation simple du fumoir, l'efficacité du séchage et la performance du fumage sont autant d'atouts qui nous sont confirmés par le charcutier. Par ailleurs, la présentation même du fumoir est un élément important : Mr Morel propose que le fumoir, et donc l'élaboration du boucané, soient directement visibles des clients. Le poêle évoque en effet le côté traditionnel de fumage au bois, et le client serait rassuré quant au mode de fabrication qui constitue souvent une inquiétude. En fin de production, les produits pourraient être stockés dans l'enceinte, avec par exemple un très léger chauffage pour maintenir les produits au chaud avant de les servir.

Les premières améliorations à apporter pour adapter le pilote à une phase plus productive seraient :

- Automatisation des éléments :
 - déclencheur électrique du générateur de fumée (mise en chauffe et arrêt automatique de la plaque de pyrolyse)



Zandouille Cirad

Zandouille Morel

Pêle - mêle



- blocage des ventilateurs séchage/fumage si mauvaise connexion des circuits (ou basculement automatique des clapets selon l'une ou l'autre position des ventilateurs)
L'idéal consisterait à placer au niveau de l'armoire électrique un tableau de bord permettant la programmation et le déclenchement électrique de chaque circuit (séchage / fumage).
- Ventilateurs adaptés aux utilisations intensives, résistants aux fortes températures et aux dépôts de fumée
 - séparation des moteurs et des pâles : permettant le nettoyage facile du système de ventilation, et évitant une surchauffe du circuit électrique

Par ailleurs, Mr Morel réagit quant au mode de production actuel du boucané, simple et peu contraignant : une fois le feu lancé, il est entretenu régulièrement, surtout au niveau de la phase « coup de feu » mais il n'y a pas de surveillance permanente. Pour un charcutier, le pilote doit également présenter une souplesse d'utilisation.

2- Transfert de la technologie

a) Rencontres et formations des artisans-charcutiers

Au mois de juillet, deux sessions de présentation du fumoir et de la technologie innovante sont organisées pour les artisans charcutiers. Une dégustation des produits (boucanés, saucisses, zandouilles) est également proposée.

Les charcutiers viennent principalement du sud de l'île, mais certains font le déplacement depuis le nord ou les hauts (cirques de Salazie, Cilaos).

Une présentation de la technique et des problématiques suscitées leur sont distribuées. Par la suite un questionnaire sera mis en place pour recueillir leurs remarques, critiques et points d'améliorations proposées. Ce travail est réalisé en partenariat avec la CCI de la Réunion (CRITT agroalimentaire) et la Chambre des Métiers.

b) Mise en place d'un groupe de travail autour du boucané

La phase de présentation réalisée, dans la continuité des rencontres réalisées, un groupe de travail doit se mettre en place afin de :

- valider les améliorations à apporter au niveau du fumoir, tout en conservant la particularité du boucané traditionnel
- apporter des réflexions autour de la filière « boucané traditionnel »

C. Perspectives

1- Version optimisée du fumoir

Toutes les remarques des artisans devront être prises en compte lors de la conception et réalisation de l'équipement définitif.

Le coût économique de l'installation dépendra ainsi de l'ensemble des choix technologiques retenus. Enfin, le carnet de commandes du fabricant d'équipements conditionnera le coût unitaire de chaque installation.

Ces différents points seront étudiés lors de la mission, dans les prochains mois, d'un collègue du CIRAD de Montpellier ayant participé à l'élaboration du prototype. Elle permettra également de trouver des solutions techniques aux différents problèmes rencontrés. Cette mission aura notamment pour but ultime d'identifier les équipementiers susceptibles de construire le matériel au niveau local, et d'établir les devis correspondants. En effet, c'est une étape-clé qui doit être traitée rapidement afin de proposer aux charcutiers des tarifs en terme d'équipement et d'installation. Ce coût devra être attractif

par rapport aux coûts des matériels industriels provenant de métropole, pour que les artisans puissent envisager l'achat d'un fumoir répondant à leurs attentes.

2- Démarche de certification produit

a) Reconnaissance de l'authenticité du boucané traditionnel

L'intérêt initial du projet est de conserver la caractéristique traditionnelle du boucané ; le fumoir ne se justifie que dans la mesure où il existe une reconnaissance au niveau local de cette typicité.

La perspective majeure des suites du projet doit donc être suscitée par les artisans charcutiers eux-mêmes. Il est en effet nécessaire de bien positionner le produit traditionnel dans un contexte de marché réunionnais où les deux types de produits, industriel et artisanal, coexistent. Le boucané que l'on trouve en grande distribution est un produit assez éloigné du boucané *dantan* ; or ce produit sera le seul autorisé à la commercialisation lorsque la recommandation deviendra une norme pour le taux maximum d'HAP dans les produits carnés fumés.

Ceci suggère l'importance de la mobilisation des artisans autour de la reconnaissance du boucané traditionnel.

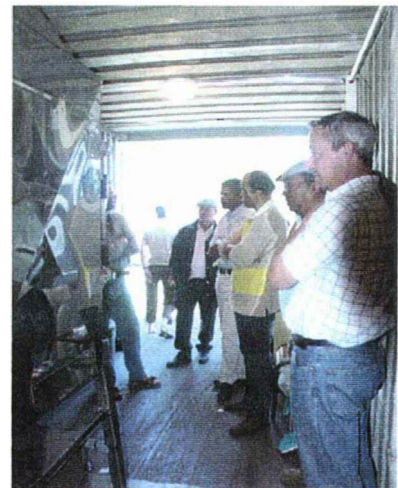
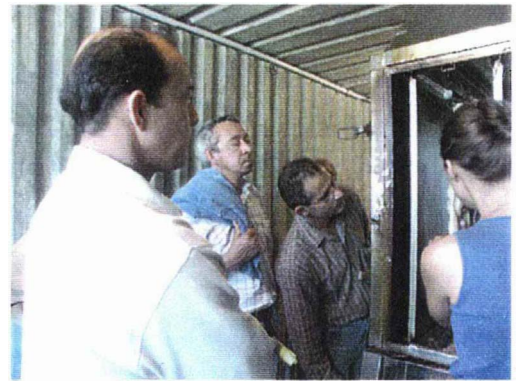
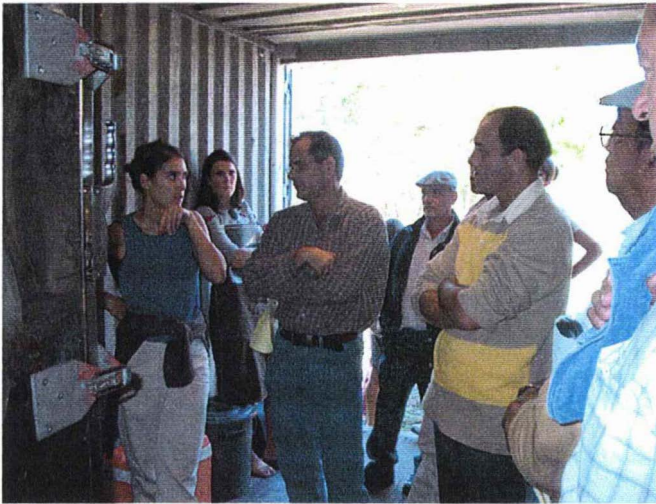
b) Partenaires & cahier des charges

Associée à l'utilisation du fumoir, qui constituerait une base de travail commune pour un groupe de charcutiers, une certification produit pourrait ainsi être envisagée. Elle permettrait de démarquer le boucané issu du fumoir innovant des autres boucanés, en particulier des produits industriels. En effet, les consommateurs sont souvent méfiants quant au mode de fabrication et notamment quant à l'utilisation du bois pour la fumaison. Proposer une certification serait donc un gage de qualité pour les clients, au travers par exemple d'un guide de bonnes pratiques pour l'utilisation du fumoir et du choix des essences de bois. La certification pourrait également privilégier l'approvisionnement en matière première locale et fraîche.

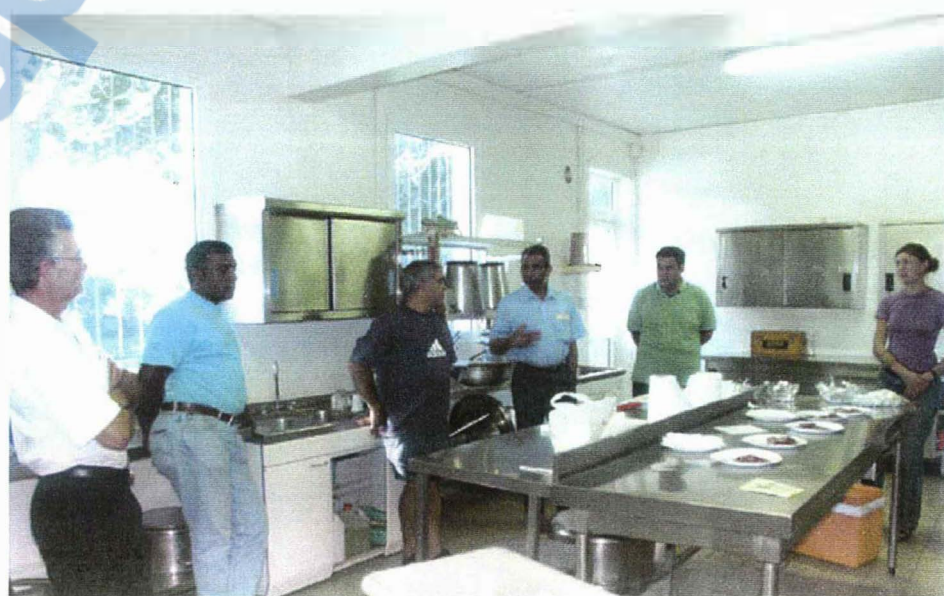
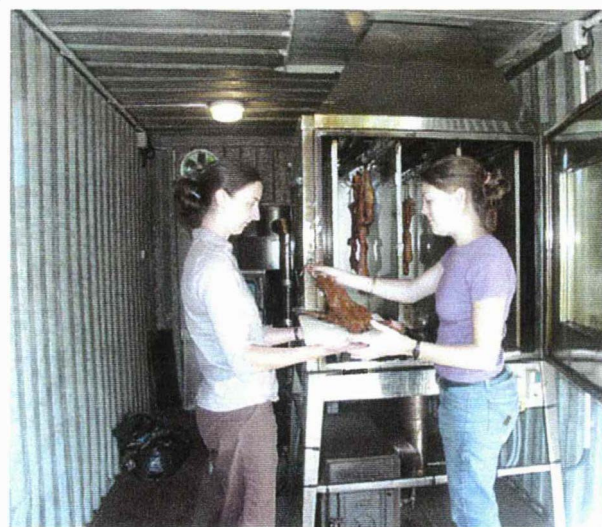
Tout ce travail autour de la reconnaissance et de la qualité du boucané constitue l'une des priorités pour les perspectives à venir.



Présentation du fumoir aux artisans charcutiers



Présentation et dégustation des produits issus du fumoir artisanal



CONCLUSION PERSPECTIVES

Le procédé de fumage développé constitue ainsi une alternative innovante à la fabrication de porc boucané traditionnel. Cette alternative a été retenue avec succès car elle permet de satisfaire aux exigences de travail posées, à savoir le maintien d'un produit traditionnel, en terme de stabilité et de couleur, tout en assurant une qualité sanitaire satisfaisante, une amélioration des rendements et une bonne maîtrise du procédé lui-même.

Différentes essences de bois locaux ont été retenues pour opérer le fumage du boucané. Il apparaît que dans le cadre de l'utilisation du fumoir, les coûts d'approvisionnement en bois nobles sont minimisés du fait de la faible consommation de sciure. Cette perspective laisse alors aux charcutiers la possibilité de choisir les essences en fonction de leur bonne aptitude au fumage, mais également de leur caractère aromatique, ce qui n'était pas nécessairement le cas jusqu'à présent. La plupart des essences classiquement utilisées par les charcutiers réunionnais ont ainsi été étudiées et il en ressort plusieurs tendances nettes. Le filaos est une essence peu appréciée au niveau aromatique, car elle génère des goûts de terre et de poussière désagréables. Le pêcher apporte une note fumée agréable riche en arômes plus légers, fruités ou fleuris. Le bois de baies roses confère une note originale poivrée, alors que le hêtre apporte une saveur jugée traditionnelle, proche des produits du commerce. Le tamarin ne donne pas de forte typicité aux produits mais confère une belle couleur. Le letchi est une essence plutôt neutre, apportant un goût relativement fade au boucané. Toutes ces observations sont particulièrement intéressantes dans le cadre d'un lancement du process au niveau local. L'utilisation de petites quantités de sciure permet en effet de valoriser certaines essences nobles, et de proposer éventuellement aux consommateurs toute une gamme de boucanés, aux notes plus ou moins aromatiques, épicées, fleuries ou traditionnelles. Si l'analyse sensorielle a permis d'identifier les points forts et faibles de chacune des essences, une analyse plus poussée des arômes confirmera ces tendances, et constituera une valorisation intéressante au niveau scientifique. Des échantillons de chaque boucané ont ainsi été analysés à l'INRA de Theix par chromatographie en phase gazeuse suite à une extraction des composés volatils. Les chromatogrammes présentés en annexes donnent un aperçu des différences aromatiques des boucanés ; leur analyse plus détaillée permettra d'identifier la nature des composants responsables des différentes notes aromatiques perçues.

Le fumoir artisanal a ainsi été présenté à une petite trentaine d'artisans charcutiers de l'île, qui ont également pu déguster les produits de fumaison réalisés à partir du pilote, en partenariat avec un artisan impliqué dans le projet depuis quelques années, Inel Morel. Le bilan de cette première phase de développement est largement positive car d'une part, les produits obtenus sont très proches des produits traditionnels et ont donc convaincu la majorité des artisans, et d'autre part l'innovation a été bien accueillie, en relation avec les inquiétudes des professionnels vis-à-vis de la réglementation quant à l'utilisation des foyers directs.

Si le prototype présenté doit faire l'objet de modifications pour son utilisation en phase de production, le principe même de fonctionnement est bien accueilli. Une mission d'un spécialiste du Cirad de Montpellier pour la conception et la réalisation d'équipement permettra, au mois d'octobre 2003, d'intégrer l'ensemble des remarques des artisans à travers une nouvelle configuration du fumoir, de redimensionner l'équipement final et enfin de proposer des tarifs suite à une prospection auprès des équipementiers locaux. A terme, une installation « pionnière » sera réalisée, et servira de site de démonstration pour les charcutiers intéressés par cette innovation. Enfin, il paraît important qu'une démarche de certification soit entreprise afin d'assurer la reconnaissance du boucané artisanal en tant que produit traditionnel réunionnais.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Doumeizel E., 1998. Filière, production et consommation du porc boucané à la Réunion. *Rapport interne CIRAD*.

Larsson B.K., Sahlberg G.P., Eriksson A.T., Busk L.A., 1983. Polycyclic aromatic hydrocarbons in grilled food. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, **31**, 867-873.

Poligné I., 2001. Etude des transferts et des mécanismes réactionnels lors du salage, séchage, cuisson et fumage de pièces de viandes. Cas du porc boucané à la Réunion. Thèse.

Poligné I., Collignan A., 2002. Mise au point d'un fumoir à chaud adapté à la production artisanale de salaison de porc fumé. Rapport de fin de programme ANVAR d'aide à l'innovation.

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

FIGURES

Figure 1 : La filière porc boucané à l'île de la Réunion (p.4)

Figure 2 : Fumoir à foyer direct (fût de 220 L) (p.9)

Figure 3 : Fumoir à foyer indirect. (p.9)

Figure 4 : Blocs fonctionnels du prototype de fumage à chaud (p.13)

Figure 5 : Principes de fonctionnement des circuits de séchage et fumage (p.14)

Figure 6 : Schéma général du pilote de fumage artisanal (p.14)

Figure 7 : Découpe et préparation de la matière première avant transformation. (p.19)

Figure 8 : Protection anti-rayonnement des thermocouples (p.20)

Figure 9 : Présentation du jury (âge, sexe, origine) (p.24)

Figure 10 : Températures au cours des cycles de séchage et de fumage (p.27)

Figure 11 : Pertes en eau, en matière grasse et en masse des produits au cours des cycles de séchage et de fumage (p.28)

Figure 12 : Gain des produits en phénols totaux au cours du fumage au bois de hêtre (p.28)

Figures 13 et 14 : Evolution des indices de couleur des parties grasse et maigre d'un même produit au cours des cycles de séchage et de fumage (p.29)

Figure 15 : Circulation des flux d'air au sein d'un même compartiment de l'enceinte (p.31)

Figure 16 : Gains en phénols pour chaque production (p.36)

Figure 17 : Evolution des teneurs en phénols totaux des produits au cours du fumage (p.37)

Figure 18 : Cycle des températures à cœur des produits pour chaque production (p.38)

Figure 19 : Gains en phénols totaux des boucanés pour les 6 productions (p.41)

Figure 20 : Graphe des individus de l'ACP : répartition des différents boucanés (p.44)

Figure 21 : Cercle de corrélation de l'ACP (p.44)

Figure 22 : Graphe des individus de l'AFM (p.45)

Figures 23 et 24 : Notes de préférence et intentions de reconsommation attribuées aux différents boucanés (p.47)

Figure 25 : Perceptions de notes salées plus fortes (p.49)

TABLEAUX

Tableau 1 : Comparaison des productions industrielle et artisanale de porc boucané (p.6)

Tableau 2 : Principaux HAP et leur pouvoir cancérigène (p.11)

Tableau 3 : Rappel des caractéristiques cibles du boucané artisanal et validation des objectifs (p.16)

Tableau 4 : Taux d'humidité des sciures de bois utilisées au cours des productions de boucané (p.18)

Tableau 5 : Caractéristiques de la matière première (p.19)

Tableau 6 : Flux d'air en régime de séchage au sein des 3 compartiments (p.31)

Tableaux 7 et 8 : Vitesses d'air au niveau de l'extracteur extérieur et à l'intérieur d'une plaque (p.32)

Tableau 9 : Récapitulatif des flux au sein de l'enceinte (en m³.s⁻¹) (p.32)

Tableau 10 : Flux des fumées froides (en m³.s⁻¹) (p.33)

Tableau 11 : Variabilités intra et inter des compartiments pour les rendements massiques (p.33)

Tableau 12 : Présentation des essences de bois de fumage retenus (p.35)

Tableau 13 : Temps de fumage par essence de bois à appliquer pour la comparaison des produits finis (p.37)

Tableau 14 : Rendements massiques des boucanés pour les 6 productions (p.39)

Tableau 15 : Activités d'eau des différents boucanés (p.39)

Tableau 16 : Teneurs en phénols totaux des différentes productions (p.40)

Tableau 17 : Notes aromatiques des différents boucanés (p.43)

Tableau 18 : Teneurs en sel des différents boucanés préparés pour la dégustation (p.49)

ANNEXES

Annexe 1 : Présentation du CIRAD et du pôle agroalimentaire de l'île de la Réunion

Annexe 2 : Dosage des phénols totaux

Annexe 3 : Fiche de dégustation des boucanés

Annexe 4 : Quelques fichiers de résultats de l'analyse sensorielle (Commentaires)

Annexe 5 : Résultats de l'analyse statistique (listings SPAD)

Annexe 6 : Chromatogrammes issus de l'analyse en chromatographie en phase gazeuse (extraction des composés volatiles par espace de tête dynamique) des 6 types de boucanés (INRA de Theix)

Annexe 1

PRESENTATION DU CIRAD

PRESENTATION GENERALE

Le CIRAD (Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) est un organisme scientifique français spécialisé en recherche agronomique appliquée aux régions chaudes. Il a pour mission de contribuer au développement agricole des pays tropicaux et subtropicaux par des recherches, des réalisations expérimentales, des actions de formation et de l'information scientifique et technique en France et à l'étranger. Ses activités recouvrent les domaines des sciences agronomiques, vétérinaires, forestières et agroalimentaires.

Le champ d'action du CIRAD est important puisqu'il couvre plus de 90 pays d'Afrique, d'Asie, du Pacifique, d'Amérique latine et d'Europe. Les chercheurs du CIRAD sont répartis dans 50 pays et travaillent au sein de structures nationales de recherche ou en appui à des opérations de développement.

Le CIRAD dispose aussi d'un dispositif de recherche important basé en France :

- à Montpellier, en région parisienne et en Corse,
- dans les DOM/TOM : Guadeloupe, Martinique, Guyane, Réunion, Nouvelle Calédonie, Mayotte, Polynésie française.

L'effectif du CIRAD est d'environ 1800 personnes dont la moitié sont des cadres. Son budget annuel est de 152 millions d'euros, dont plus de la moitié provient de fonds publics.

Le CIRAD s'organise autour de 26 programmes répartis dans les 7 départements suivants :

- Cirad-ca : cultures annuelles
- Cirad-cp : cultures pérennes
- Cirad-emvt : élevage et médecine vétérinaire
- Cirad-forêt : forêts
- Cirad-tera : territoire, environnement et acteurs
- **Cirad-amis : amélioration des méthodes pour l'innovation scientifique**
- Cirad-flhor : productions fruitières, légumières et horticoles

dont les champs d'activité sont :

- **Agroalimentaire**
- Agronomie
- Biotechnologie et ressources génétiques végétales (Biotrop)
- Economie, politique et marchés (Ecopol)
- Modélisation des plantes (Amap)
- Protection des cultures

- **Agroalimentaire** : transformation des produits carnés (viande, produits de la pêche et de l'aquaculture), valorisation des productions végétales.

Le pôle agroalimentaire

L'industrie réunionnaise doit, à l'heure actuelle, répondre à une double nécessité : mieux valoriser les matières premières agricoles pour les marchés locaux et prendre en compte la qualité totale pour affronter la concurrence sur les marchés internationaux. Pour cela, l'acquisition et la reconnaissance d'une expertise forte dans ce domaine porteur à la Réunion sont nécessaires. Elles dépendent de la coexistence d'une formation et d'une recherche de qualité, indispensables pour le développement local et régional. La partie agroalimentaire du CIRAD-Réunion s'est implantée à la MRST (Maison Régionale des Sciences et de la Technologie) et a signé en 1994 un accord avec l'Université et la Chambre de Commerce et d'Industrie de la Réunion afin d'engager des collaborations fortes sur ce thème.

Les deux projets du pôle agroalimentaire sont les suivants :

- **Transformation des produits carnés** :
 - Amélioration du procédé de fabrication du porc boucané
 - Innovation en matière de traitement des produits animaux
 - Optimisation des produits de salaison de volaille
- **Caractérisation et traitement post-récolte des productions végétales** :
 - Caractérisation et aptitude à la transformation des productions locales et régionales
 - Conservation en frais des produits végétaux
 - Transformation à petite échelle

Annexe 2

Gamme étalon du dosage des phénols totaux par spectrophotométrie (Afnor, 1996).

	Essai (mL)	Gamme d'étalonnage (mL)				
Extrait alcoolique	5	-	-	-	-	-
Solution étalon de phénol à 5 mg/L	-	0	1	2	4	6
Eau distillée	30	35	34	33	31	29
Amino antipyrine à 2%	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Ammoniaque 2N	2	2	2	2	2	2
Ferrocyanure de potassium à 2%	2	2	2	2	2	2
Chloroforme	10	10	10	10	10	10
Tphénols (µg)	?	0	5	10	20	30



NOM :

FICHE DE DEGUSTATION - BOUCANE TRADITIONNEL

Bonjour et bienvenue !

Les boucanés que vous allez goûter sont des essais ; ils sont donc volontairement peu colorés (contrairement à ceux du commerce). Ne portez pas trop d'attention au goût salé.

1^{ère} Partie : Descriptions

Goûtez et classez les produits les uns par rapport aux autres, en utilisant au maximum l'échelle de notation qui vous est présentée : de 1 à 10. Vous pouvez donner la même note à des produits qui vous paraissent semblables. Commencez par positionner les extrêmes pour les notes 1 et 10.

COULEUR

Couleur fumée : classez du moins fumé au plus fumé
1= produit peu fumé, rose
10= produit très fumé, très brun

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10





ODEUR

Odeur caractéristique de produit fumé : classez du moins fumé au plus fumé

1= odeur peu prononcée

10= odeur très forte

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Odeur étrangère / inhabituelle

Précisez si l'un des produits vous semble avoir une odeur inhabituelle :

N° produit	Odeur étrangère		Si oui, laquelle ?
527	Oui	Non	
341	Oui	Non	
869	Oui	Non	
151	Oui	Non	
904	Oui	Non	
483	Oui	Non	





SAVEUR

Intensité des notes aromatiques :

1= produit globalement peu aromatique

10 = produit globalement très aromatique

Précisez pour chaque produit les arômes perçus et qui justifient votre classement: fumé, épicé, poivré, fruité, fleuri, traditionnel, etc.

NOTE	PRODUIT	AROMES & commentaires
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Rapport-gratuit.com

LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES



- Un ou plusieurs des produits vous semblent-ils plus salés que les autres ?

OUI

NON

- Si oui, lequel, ou lesquels ?

2^{ème} Partie : Préférences

Classez les produits par ordre de préférence, en commençant par celui que vous préférez (en position 1).

Si des produits vous paraissent comparables et vous n'avez pas de préférence, vous pouvez les positionner au même numéro.

1 produit que vous préférez	2	3	4	5	6 produit que vous aimez le moins

Merci d'expliquer les raisons de votre choix :

pour le produit que vous préférez (en position 1)

pour le produit que vous aimez le moins (en position 6)



- Si des produits vous paraissent très différents, merci d'en donner les raisons :

○ Produits différents :

○ Pourquoi ?

- Quel(s) produit(s) consommeriez-vous ?

Commentaires libres (produits, dégustation, autre remarques) :

Merci de votre participation !

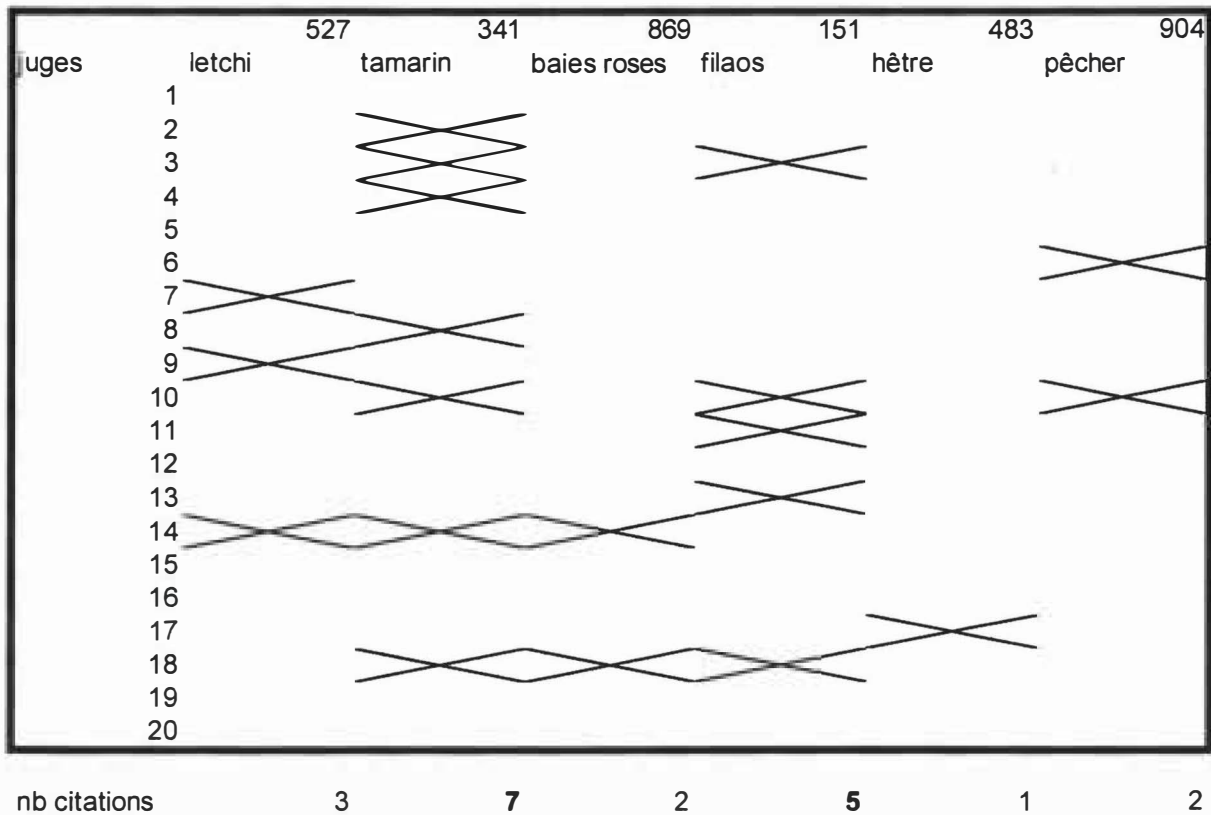


Annexe 4

Commentaires & remarques des dégustateurs :

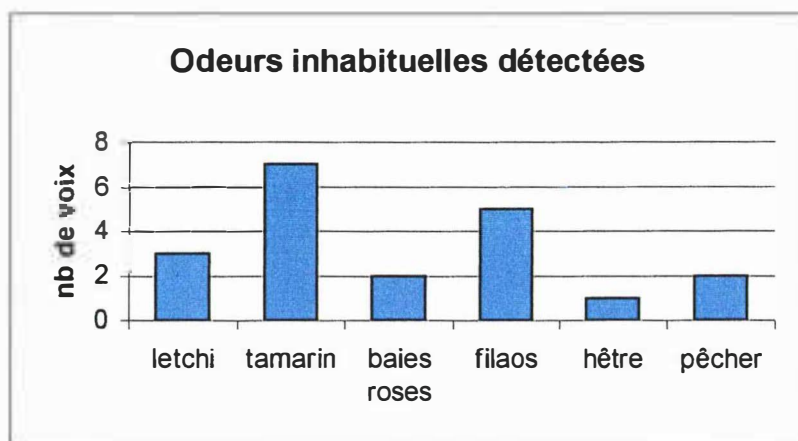
- Présence d'odeur inhabituelle
- Commentaires sur les arômes perçus (pour le descripteur « intensité aromatique en bouche »)
- Répartition des notes pour le jugement de PREFERENCE, et commentaires sur les boucanés préférés / moins aimés
- Critiques pertinentes des dégustateurs sur la séance de dégustation

Présence odeur inhabituelle



Remarques des juges

- letchi: plastique, viande non cuite, pâte arachide
- tamarin: bizarre, odeur forte=avarié, nourriture éventée, poulet, jambon de parme, désagréable
- baies roses: cacahuète grillée, désagréable
- filaos: odeur forte=avarié, moisi, plastique, désagréable
- hêtre: croquettes pour chiens
- pêcher:



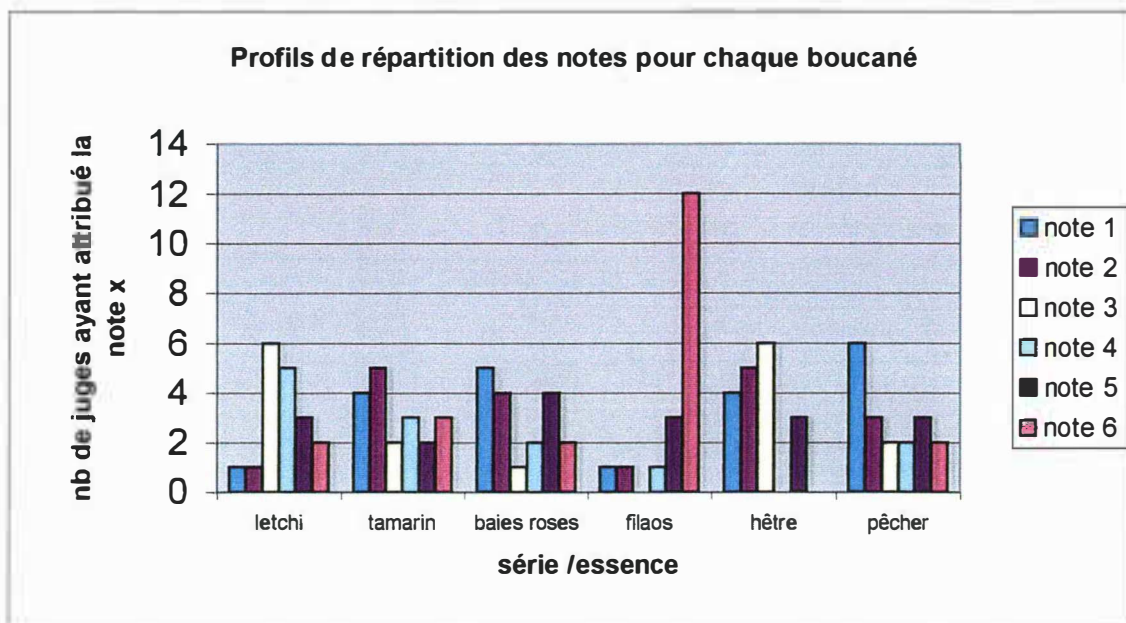
Arômes & commentaires

	527	341	869	151	483	904
juges	tamarin	baies roses	filaios	hêtre	pêcher	
1	peu fumé	peu fumé	cedre, poussière, renfermé	fumé agréable	un peu aromatisé & bien fumé	
2	poivré, drôle de goût	fumé	traditionnel	traditionnel	fumé, plus fade que baies roses	
3	sans arôme particulier	petit goût fumé	goût fort	épicé	petit goût fumé	
4	non noté!!!	fumé, traditionnel	goût de terre	assez fumé & aromatisé	peu aromatisé	
5	fumé	arômes perceptibles (?)	goût de terre	trop fade	fumé	
6	peu fumé, mais goût particulier	essez fade	trop fumé, goût poussière	légèrement poivré	fumé et goûts légers (fleuri?)	
7	traditionnel	fruité	poivré	traditionnel	fumé	
8	pas assez fumé	fumé, épicé	fade	fade	trop fumé	
9	traditionnel	traditionnel	traditionnel	traditionnel	fruité	
10	pas de saveur	fumé, poivré	fleuri	fruité, fumé, traditionnel	fumé	
11	parfumé	goût fumé assez fort	goût moisi	fumé faible	très fumé	
12				fumé		
13	plastique	jambon	charbon, trop fort			
14	bien épicé, fruité, sucré	traditionnel	traditionnel	fumé, poivré, fruité	fumé	
15	légèrement fumé	fumé	étrange, poussière	poivré, traditionnel	fumé	
16	légèrement fumé	très fumé, poivré	trop fumé, goût bois	poivré, traditionnel	épicé, fumé	
17	très fade	fumé	boisé, cuit		fruité	
18	fumé, poivré	traditionnel		fumé, épicé	fumé, traditionnel	
19	fleuri (mimosa) pas trop fumé	très fumé	fumé mais pas d'arômes poivre, épice	fumé, épicé, poivré	pas trop fumé, poivré	

Répartition des notes des boucanés

(nb de juges ayant attribué la note x)

NOTE	letchi	tamarin	baies roses	filaos	hêtre	pêcher	
note 1		1	4	5	1	4	6
note 2		1	5	4	1	5	3
note 3		6	2	1	0	6	2
note 4		5	3	2	1	0	2
note 5		3	2	4	3	3	3
note 6		2	3	2	12	0	2



Commentaires produits préférés

PECHER

- fruité, fumé agréablement, pas sec, pas trop salé
- bon goût, bonne coloration, bonne texture, appétissant
- fumé avec goûts plus légers, différents (vs autres avec note cendre/poussière)
- fumé OK, pas trop salé
- goût proche du boucané habituellement consommé
- a rôle agréable, couleur et odeur correctes

BAIESROSES

- goût traditionnel
- aromatique, texture agréable, salé
- pas trop fumé, assez salé, assez cuit
- bonne odeur, saveur originale
- goût fumé plus prononcé

TAMARIN

- bonne couleur, note épicée
- goût proche du boucané habituellement consommé
- équilibré, pas trop de goût "charbon", bonne viande
- pas trop fumé, non fade, agréable en bouche et homogène, pas d'arrière goût

FILAOS

- même niveau de goût que produits du commerce (GMS, boucheries), mais manque de fumaison

HETRE

- même niveau de goût que produits du commerce (GMS, boucheries), mais manque de fumaison

- aspect appétissant, bonne consistance
- odeur agréable, pas trop fumé, arôme particulier
- belle couleur fumée sans excès, idem odeur, bon équilibre en bouche

LETCHI - aromes ressortent bien, texture plus tendre, impression de rillettes

Commentaires produits moins aimés

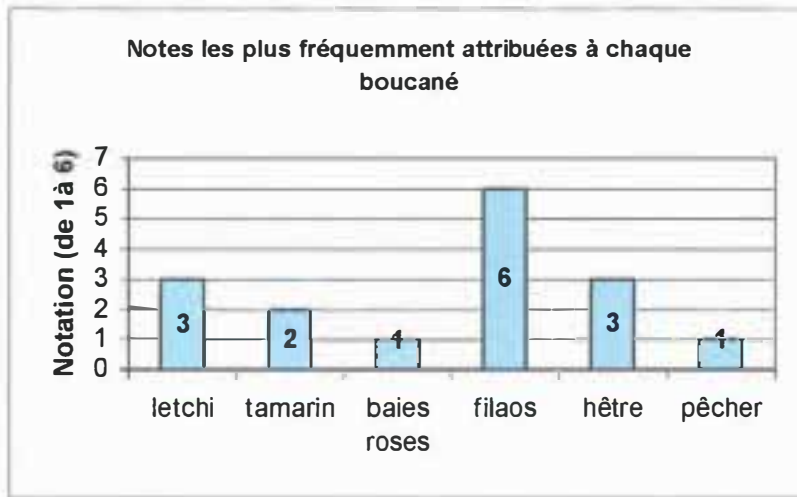
- FILAOS
- arôme de poussière, cendre
 - goût prononcé peu agréable, texture molle
 - goût de terre
 - fumé trop prononcé qui masque tt le reste
 - saveur goût de sable
 - peu de goût voire goût moisi
 - trop fort, odeur agressive
 - trop sec
 - goût particulier, pas de note fumée au 1er abord
 - goût de trop cuit
 - goût très désagréable, pas assez fumé
 - pâle, pas de saveur sauf goût fumé pas très fort

PECHER - goût fade, vs cuisine réunionnaise
 - texture ferme, très salé, arôme plat uniforme

TAMARIN - goût fade, vs cuisine réunionnaise
 - pas fumé (goût peu prononcé), trop salé

LETCHI - odeur
 - couleur blanche, mou

BAIES ROSES - trop fumé, goût désagréable car trop marqué



Remarques pertinentes des dégustateurs

- 1 - difficile avec 6 produits, classements difficiles pour odeur et aromatique : part forte du salé
- 2 - aime les produits qui ressemblent à ceux du commerce (gms)
- 3
- 4
- 5 perception évolue au cours de dégustation (odeurs, arômes)
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11 - enrhumée!
- 12 - peu appétissant!
- 13 - à froid : différent d'un carry!
- 14 imaginer une fois cuisiné?
morceaux hétérogènes d'où pbsde comparaison
difficulté de différencier les arômes à cette température
produits ressemblent plus à jambon qu'au boucané!! PAS ASSEZ FUMES
- 15 produits pas suffisamment colorés
- 16 arôme fumé domine d'où difficultés, + variations entre morceaux goûtés
- 17
- 18
- 19
- 20

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES
 STATISTIQUES SOMMAIRES DES VARIABLES CONTINUES
 EFFECTIF TOTAL 6 POIDS TOTAL 6.00

NUM	IDEN	LIBELLE	EFFECTIF	POIDS	MOYENNE	ECART-TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
1	C3	- couleur fumée	6	6.00	5.92	0.39	5.26	6.42
2	C4	- odeur produit fumé	6	6.00	5.60	1.08	4.50	7.53
3	C5	- intensité aromatique	6	6.00	5.09	0.85	4.06	6.53
4	C6	- préférences	6	6.00	3.47	0.86	2.61	5.22
5	C7	- Tphenols	6	6.00	2.04	0.53	1.54	3.01

MATRICE DES CORRELATIONS

	C3	C4	C5
C3	1.00		
C4	0.04	1.00	
C5	-0.59	0.43	1.00

MATRICE DES VALEURS-TESTS

	C3	C4	C5
C3	99.99		
C4	0.09	99.99	
C5	-1.67	1.14	99.99

VALEURS PROPRES
 APERCU DE LA PRECISION DES CALCULS | TRACE AVANT DIAGONALISATION -- 3.0000
 SOMME DES VALEURS PROPRES --- 3.0000

HISTOGRAMME DES 3 PREMIERES VALEURS PROPRES

NUMERO	VALEUR PROPRE	POURCENT.	POURCENT. CUMULE
1	1.7183	57.28	57.28
2	1.0342	34.47	91.75
3	0.2475	8.25	100.00

ATTENTION (EDCAT-810)

LE TEST DE CATTEL EST INDISPONIBLE POUR
 PEU DE VALEURS IMPORTANTES.
 INTERVALLES LAPLACIENS D'ANDERSON
 INTERVALLES AU SEUIL 0.95

NUMERO	BORNE INFERIEURE	VALEUR PROPRE	BORNE SUPERIEURE
1	-0.4117	1.7183	3.8484
2	-0.2478	1.0342	2.3162
3	-0.0593	0.2475	0.5542

ETENDUE ET POSITION RELATIVE DES INTERVALLES

1	
2	
3	

COORDONNEES DES VARIABLES SUR LES AXES 1 A 3
 VARIABLES ACTIVES

IDEN - LIBELLE COURT	COORDONNEES					CORRELATIONS VARIABLE-FACTEUR					ANCIENS AXES UNITAIRES				
	1	2	3	0	0	1	2	3	0	0	1	2	3	0	0
C3 - couleur fumée	-0.75	0.60	-0.28	0.00	0.00	-0.75	0.60	-0.28	0.00	0.00	-0.57	0.59	-0.57	0.00	0.00
C4 - odeur produit fumé	0.53	0.82	0.21	0.00	0.00	0.53	0.82	0.21	0.00	0.00	0.40	0.81	0.43	0.00	0.00
C5 - intensité aromatique	0.94	0.02	-0.35	0.00	0.00	0.94	0.02	-0.35	0.00	0.00	0.72	0.01	-0.70	0.00	0.00

VARIABLES ILLUSTRATIVES

IDEN - LIBELLE COURT	COORDONNEES					CORRELATIONS VARIABLE-FACTEUR					ANCIENS AXES UNITAIRES				
	1	2	3	0	0	1	2	3	0	0	1	2	3	0	0
C6 - préférences	-0.13	0.88	0.37	0.00	0.00	-0.13	0.88	0.37	0.00	0.00					
C7 - Tphenols	-0.37	0.53	-0.60	0.00	0.00	-0.37	0.53	-0.60	0.00	0.00					

ANALYSE FACTORIELLE MULTIPLE
 RESULTATS PRELIMINAIRES
 STATISTIQUES SOMMAIRES DES VARIABLES CONTINUES
 EFFECTIF TOTAL : 6 POIDS TOTAL 6.00

NUM	IDEN	LIBELLE	EFFECTIF	POIDS	MOYENNE	ECART-TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
1	C3	- C1	6	6.00	6.00	3.16	1.00	10.00
2	C4	- C2	6	6.00	4.33	0.94	3.00	6.00
3	C5	- C3	6	6.00	6.67	2.13	3.00	9.00
4	C6	- C4	5	5.00	7.60	2.06	4.00	10.00
5	C7	- C5	6	6.00	5.83	1.95	4.00	9.00
6	C8	- C6	6	6.00	6.33	3.09	1.00	10.00
7	C9	- C7	6	6.00	6.67	1.97	4.00	10.00
8	C10	- C8	6	6.00	8.17	1.07	7.00	10.00
9	C11	- C9	6	6.00	6.17	1.46	4.00	8.00
10	C12	- C10	6	6.00	6.00	3.16	1.00	10.00
11	C13	- C11	6	6.00	4.17	1.95	2.00	8.00
12	C14	- C12	6	6.00	6.67	1.80	4.00	9.00
13	C15	- C13	6	6.00	5.17	2.41	2.00	9.00
14	C16	- C14	6	6.00	6.33	3.20	2.00	10.00
15	C17	- C15	6	6.00	3.67	1.97	1.00	7.00
16	C18	- C16	6	6.00	5.83	2.79	1.00	10.00
17	C19	- C17	6	6.00	5.33	3.35	1.00	10.00
18	C20	- C18	6	6.00	6.33	2.87	1.00	10.00
19	C21	- C19	6	6.00	5.50	3.40	1.00	10.00
20	C22	- O1	6	6.00	5.33	3.20	1.00	10.00
21	C23	- O2	6	6.00	6.67	1.11	5.00	8.00
22	C24	- O3	6	6.00	5.67	2.56	2.00	9.00
23	C25	- O4	5	5.00	5.20	3.31	1.00	10.00
24	C26	- O5	6	6.00	4.67	2.56	2.00	9.00
25	C27	- O6	6	6.00	5.50	3.20	1.00	10.00
26	C28	- O7	5	5.00	7.00	2.00	4.00	10.00
27	C29	- O8	6	6.00	7.83	3.18	1.00	10.00
28	C30	- O9	6	6.00	5.50	2.14	2.00	8.00
29	C31	- O10	6	6.00	5.50	2.22	2.00	9.00
30	C32	- O12	6	6.00	2.83	1.07	2.00	5.00
31	C33	- O13	6	6.00	6.50	2.63	3.00	10.00
32	C34	- O14	6	6.00	5.00	3.21	1.00	10.00
33	C35	- O15	6	6.00	3.83	2.11	1.00	7.00
34	C36	- O16	6	6.00	5.33	3.14	2.00	10.00
35	C37	- O17	6	6.00	7.00	1.91	5.00	10.00
36	C38	- O18	6	6.00	5.33	3.35	1.00	10.00
37	C39	- O19	6	6.00	5.83	2.91	1.00	10.00
38	C40	- S1	6	6.00	4.50	3.35	1.00	10.00
39	C41	- S2	6	6.00	3.17	1.95	1.00	7.00
40	C42	- S3	6	6.00	4.33	2.87	1.00	8.00
41	C43	- S4	6	6.00	4.80	3.31	1.00	10.00
42	C44	- S5	6	6.00	4.50	1.12	3.00	6.00
43	C45	- S6	6	6.00	4.50	2.50	1.00	8.00
44	C46	- S7	6	6.00	5.67	3.50	1.00	10.00
45	C47	- S8	6	6.00	5.50	3.59	1.00	10.00
46	C48	- S9	6	6.00	7.00	1.41	6.00	9.00
47	C49	- S10	6	6.00	5.00	2.94	1.00	9.00
48	C50	- S11	6	6.00	5.17	3.18	1.00	9.00
49	C51	- S12	6	6.00	3.17	1.21	2.00	5.00
50	C52	- S13	6	6.00	5.17	3.34	1.00	10.00
51	C53	- S14	6	6.00	7.50	1.26	6.00	9.00
52	C54	- S15	6	6.00	5.67	3.50	1.00	10.00
53	C55	- S16	6	6.00	6.50	2.50	3.00	10.00
54	C56	- S17	6	6.00	3.83	2.73	1.00	9.00
55	C57	- S18	6	6.00	5.67	3.50	1.00	10.00
56	C58	- S19	6	6.00	5.17	3.18	1.00	10.00
57	C59	- P1	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00
58	C60	- P2	6	6.00	3.50	2.22	1.00	6.00
59	C61	- P3	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00
60	C62	- P4	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00
61	C63	- P5	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00
62	C64	- P6	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00
63	C65	- P7	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00
64	C66	- P8	3	3.00	3.00	2.16	1.00	6.00
65	C67	- P9	6	6.00	3.00	1.53	1.00	6.00
66	C68	- P10	6	6.00	3.33	1.80	1.00	6.00
67	C69	- P11	5	5.00	3.60	2.15	1.00	6.00
68	C70	- P12	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00
69	C71	- P13	5	5.00	3.40	1.85	1.00	6.00
70	C72	- P14	6	6.00	3.83	1.95	1.00	6.00
71	C73	- P15	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00
72	C74	- P16	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00

NUM	IDEN	LIBELLE	EFFECTIF	POIDS	MOYENNE	ECART-TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
73	C75	- P17	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00
74	C76	- P18	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00
75	C77	- P19	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00

RESULTATS DES ANALYSES PAR GROUPE
 GROUPE 1 (ACP NORMEE ACTIVE)
 STATISTIQUES SOMMAIRES DES VARIABLES CONTINUES
 EFFECTIF TOTAL : 6 POIDS TOTAL 6.00

NUM	IDEN	LIBELLE	EFFECTIF	POIDS	MOYENNE	ECART-TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
1	C3	- C1	6	6.00	6.00	3.16	1.00	10.00
2	C4	- C2	6	6.00	4.33	0.94	3.00	6.00
3	C5	- C3	6	6.00	6.67	2.13	3.00	9.00
4	C6	- C4	5	5.00	7.60	2.06	4.00	10.00
5	C7	- C5	6	6.00	5.83	1.95	4.00	9.00
6	C8	- C6	6	6.00	6.33	3.09	1.00	10.00
7	C9	- C7	6	6.00	6.67	1.97	4.00	10.00
8	C10	- C8	6	6.00	8.17	1.07	7.00	10.00
9	C11	- C9	6	6.00	6.17	1.46	4.00	8.00
10	C12	- C10	6	6.00	6.00	3.16	1.00	10.00
11	C13	- C11	6	6.00	4.17	1.95	2.00	8.00
12	C14	- C12	6	6.00	6.67	1.80	4.00	9.00
13	C15	- C13	6	6.00	5.17	2.41	2.00	9.00
14	C16	- C14	6	6.00	6.33	3.20	2.00	10.00
15	C17	- C15	6	6.00	3.67	1.97	1.00	7.00
16	C18	- C16	6	6.00	5.83	2.79	1.00	10.00
17	C19	- C17	6	6.00	5.33	3.35	1.00	10.00
18	C20	- C18	6	6.00	6.33	2.87	1.00	10.00
19	C21	- C19	6	6.00	5.50	3.40	1.00	10.00

VALEURS PROPRES
 APERCU DE LA PRECISION DES CALCULS : TRACE AVANT DIAGONALISATION . . 19.0000
 SOMME DES VALEURS PROPRES 19.0000

HISTOGRAMME DES 5 PREMIERES VALEURS PROPRES

NUMERO	VALEUR PROPRE	POURCENT.	POURCENT. CUMULE

1	6.4924	34.17	34.17	*****
2	5.2603	27.69	61.86	*****
3	3.8243	20.13	81.98	*****
4	2.1383	11.25	93.24	*****
5	1.2848	6.76	100.00	*****

GRUPE 2 (ACP NORMEE ACTIVE)

STATISTIQUES SOMMAIRES DES VARIABLES CONTINUES
EFFECTIF TOTAL : 6 POIDS TOTAL 6.00

NUM	IDEN	LIBELLE	EFFECTIF	POIDS	MOYENNE	ECART-TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
20	C22	O1	6	6.00	5.33	3.20	1.00	10.00
21	C23	O2	6	6.00	6.67	1.11	5.00	8.00
22	C24	O3	6	6.00	5.67	2.56	2.00	9.00
23	C25	O4	6	5.00	5.20	3.31	1.00	10.00
24	C26	O5	6	6.00	4.67	2.56	2.00	9.00
25	C27	O6	6	6.00	5.50	3.20	1.00	10.00
26	C28	O7	5	5.00	7.00	2.00	4.00	10.00
27	C29	O8	6	6.00	7.83	3.18	1.00	10.00
28	C30	O9	6	6.00	5.50	2.14	2.00	8.00
29	C31	O10	6	6.00	5.50	2.22	2.00	9.00
30	C32	O12	6	6.00	2.83	1.07	2.00	5.00
31	C33	O13	6	6.00	6.50	2.63	3.00	10.00
32	C34	O14	6	6.00	5.00	3.21	1.00	10.00
33	C35	O15	6	6.00	3.83	2.11	1.00	7.00
34	C36	O16	6	6.00	5.33	3.14	2.00	10.00
35	C37	O17	6	6.00	7.00	1.91	5.00	10.00
36	C38	O18	6	6.00	5.33	3.35	1.00	10.00
37	C39	O19	6	6.00	5.83	2.91	1.00	10.00

VALEURS PROPRES

APERCU DE LA PRECISION DES CALCULS : TRACE AVANT DIAGONALISATION .. 18.0000
SOMME DES VALEURS PROPRES 18.0000

HISTOGRAMME DES 5 PREMIERES VALEURS PROPRES

NUMERO	VALEUR PROPRE	POURCENT.	POURCENT. CUMULE	
1	6.2183	34.55	34.55	*****
2	5.4540	30.30	64.85	*****
3	2.8223	15.68	80.53	*****
4	2.2183	12.32	92.85	*****
5	1.2870	7.15	100.00	*****

GRUPE 3 (ACP NORMEE ACTIVE)

STATISTIQUES SOMMAIRES DES VARIABLES CONTINUES
EFFECTIF TOTAL : 6 POIDS TOTAL 6.00

NUM	IDEN	LIBELLE	EFFECTIF	POIDS	MOYENNE	ECART-TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
38	C40	S1	6	6.00	4.50	3.35	1.00	10.00
39	C41	S2	6	6.00	3.17	1.95	1.00	7.00
40	C42	S3	6	6.00	4.33	2.87	1.00	8.00
41	C43	S4	6	5.00	4.80	3.31	1.00	10.00
42	C44	S5	6	6.00	4.50	1.12	3.00	6.00
43	C45	S6	6	6.00	4.50	2.50	1.00	8.00
44	C46	S7	6	6.00	5.67	3.50	1.00	10.00
45	C47	S8	6	6.00	5.50	3.59	1.00	10.00
46	C48	S9	6	6.00	7.00	1.41	6.00	9.00
47	C49	S10	6	6.00	5.00	2.94	1.00	9.00
48	C50	S11	6	6.00	5.17	3.18	1.00	9.00
49	C51	S12	6	6.00	3.17	1.21	2.00	5.00
50	C52	S13	6	6.00	5.17	3.34	1.00	10.00
51	C53	S14	6	6.00	7.50	1.26	6.00	9.00
52	C54	S15	6	6.00	5.67	3.50	1.00	10.00
53	C55	S16	6	6.00	6.50	2.50	3.00	10.00
54	C56	S17	6	6.00	3.83	2.73	1.00	9.00
55	C57	S18	6	6.00	5.67	3.50	1.00	10.00
56	C58	S19	6	6.00	5.17	3.18	1.00	10.00

VALEURS PROPRES

APERCU DE LA PRECISION DES CALCULS : TRACE AVANT DIAGONALISATION .. 19.0000
SOMME DES VALEURS PROPRES 19.0000

HISTOGRAMME DES 5 PREMIERES VALEURS PROPRES

NUMERO	VALEUR PROPRE	POURCENT.	POURCENT. CUMULE	
1	7.5204	39.58	39.58	*****
2	4.6039	24.23	63.81	*****
3	2.8263	14.88	78.69	*****
4	2.3365	12.30	90.98	*****
5	1.7130	9.02	100.00	*****

GRUPE 4 (ACP NORMEE ILLUSTRATIVE)

STATISTIQUES SOMMAIRES DES VARIABLES CONTINUES
EFFECTIF TOTAL : 6 POIDS TOTAL 6.00

NUM	IDEN	LIBELLE	EFFECTIF	POIDS	MOYENNE	ECART-TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
57	C59	P1	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00
58	C60	P2	6	6.00	3.50	2.22	1.00	6.00
59	C61	P3	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00
60	C62	P4	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00
61	C63	P5	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00
62	C64	P6	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00
63	C65	P7	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00
64	C66	P8	3	3.00	3.00	2.16	1.00	6.00
65	C67	P9	6	6.00	3.00	1.53	1.00	6.00
66	C68	P10	6	6.00	3.33	1.80	1.00	6.00
67	C69	P11	5	5.00	3.60	2.15	1.00	6.00
68	C70	P12	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00
69	C71	P13	5	5.00	3.40	1.85	1.00	6.00
70	C72	P14	6	6.00	3.83	1.95	1.00	6.00
71	C73	P15	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00
72	C74	P16	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00
73	C75	P17	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00
74	C76	P18	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00
75	C77	P19	6	6.00	3.50	1.71	1.00	6.00

VALEURS PROPRES

APERCU DE LA PRECISION DES CALCULS : TRACE AVANT DIAGONALISATION .. 19.0000
SOMME DES VALEURS PROPRES 19.0000

HISTOGRAMME DES 5 PREMIERES VALEURS PROPRES

NUMERO	VALEUR PROPRE	POURCENT.	POURCENT. CUMULE	
1	6.8718	36.17	36.17	*****
2	4.6899	24.68	60.85	*****
3	3.2540	17.13	77.98	*****

2.8392 14.94 92.92 *****
 1.3451 7.08 100.00 *****

TABLEAU RESUME DES VALEURS PROPRES DES ANALYSES PARTIELLES

GRP TYPE	DIM	VALEURS PROPRES					POURCENTAGES D'INERTIE					POURCENTAGES CUMULES				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1 ACP NORMEE ACT	5	6.492	5.260	3.824	2.138	1.285	34.2	27.7	20.1	11.3	6.8	34.2	61.9	82.0	93.2	100.0
2 ACP NORMEE ACT	5	6.218	5.454	2.822	2.218	1.287	34.5	30.3	15.7	12.3	7.2	34.5	64.8	80.5	92.8	100.0
3 ACP NORMEE ACT	5	7.520	4.604	2.826	2.336	1.713	39.6	24.2	14.9	12.3	9.0	39.6	63.8	78.7	91.0	100.0
4 ACP NORMEE ILL	5	6.872	4.690	3.254	2.839	1.345	36.2	24.7	17.1	14.9	7.1	36.2	60.9	78.0	92.9	100.0

MATRICE DES CORRELATIONS ENTRE FACTEURS PARTIELS (GGFF AVEC G = GROUPE ET F = FACTEUR)

GGFF	101	102	103	104	105	201	202	203	204	205	301	302	303	304	305	401	402	
101	1.00																	
102	0.00	1.00																
103	0.00	0.00	1.00															
104	0.00	0.00	0.00	1.00														
105	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00													
201	-0.26	0.80	0.26	-0.36	-0.31	1.00												
202	0.74	0.33	-0.30	0.31	-0.39	0.00	1.00											
203	-0.56	0.27	-0.54	0.57	0.05	0.00	0.00	1.00										
204	0.25	0.36	-0.32	-0.29	0.79	0.00	0.00	0.00	1.00									
205	-0.10	-0.23	-0.67	-0.60	-0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00								
301	0.36	-0.13	-0.70	0.60	0.03	-0.61	0.61	0.48	0.11	0.09	1.00							
302	0.82	0.47	0.06	-0.32	0.07	0.27	0.61	-0.54	0.50	-0.07	0.00	1.00						
303	-0.08	-0.28	-0.48	-0.60	0.56	-0.28	-0.42	-0.08	0.65	0.56	0.00	0.00	1.00					
304	-0.42	0.82	-0.26	0.12	0.25	0.57	-0.03	0.68	0.44	-0.13	0.00	0.00	0.00	1.00				
305	0.11	-0.10	0.45	0.40	0.78	-0.38	-0.27	-0.07	0.35	-0.81	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00			
401	0.01	0.26	-0.12	-0.92	-0.25	0.59	-0.06	-0.40	0.21	0.67	-0.51	0.40	0.40	0.07	-0.65	1.00		
402	-0.96	0.25	0.07	0.06	-0.01	0.45	-0.63	0.60	-0.20	-0.03	-0.40	-0.68	-0.06	0.60	-0.09	0.00	1.00	
403	-0.04	-0.25	0.71	-0.32	0.57	-0.07	-0.65	-0.59	0.22	-0.42	-0.65	0.04	0.24	-0.27	0.66	0.00	0.00	
404	0.11	0.54	-0.39	0.01	0.74	0.07	0.09	0.34	0.92	-0.14	0.27	0.37	0.44	0.69	0.36	0.00	0.00	
405	0.24	0.72	0.57	0.20	-0.26	0.66	0.41	-0.15	-0.13	-0.60	-0.29	0.49	-0.76	0.29	0.08	0.00	0.00	

ANALYSE GLOBALE

VALEURS PROPRES

APERCU DE LA PRECISION DES CALCULS : TRACE AVANT DIAGONALISATION 8.3477
 SOMME DES VALEURS PROPRES 8.3477

HISTOGRAMME DES 5 PREMIERES VALEURS PROPRES

NUMERO	VALEUR PROPRE	POURCENT.	POURCENT. CUMULE
1	2.5842	30.96	30.96
2	2.2037	26.40	57.36
3	1.6417	19.67	77.02
4	1.0907	13.07	90.09
5	0.8274	9.91	100.00

COEFFICIENTS DE LIAISON ENTRE GROUPE

COEFFICIENTS Lg DE LIAISON ENTRE GROUPE

	1	2	3	4	AFM
1	2.151				
2	1.870	2.145			
3	1.557	1.645	1.664		
4	1.561	1.592	1.426	1.899	
AFM	2.158	2.190	1.883	1.772	2.411

COEFFICIENTS RV DE LIAISON ENTRE GROUPE

	1	2	3	4	AFM
1	1.000				
2	0.870	1.000			
3	0.823	0.871	1.000		
4	0.772	0.789	0.802	1.000	
AFM	0.948	0.963	0.940	0.828	1.000

COORDONNEES ET AIDES A L'INTERPRETATION DES GROUPE ACTIFS

AXES 1 A 5

GRP.	P.REL	DISTO	COORDONNEES					CONTRIBUTIONS					COSINUS CARRES				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
GR 1	0.33	2.15	0.81	0.78	0.68	0.35	0.29	31.5	35.5	41.4	32.5	35.6	0.31	0.28	0.22	0.06	0.04
GR 2	0.33	2.15	0.90	0.87	0.49	0.35	0.29	34.9	39.3	29.6	31.8	35.5	0.38	0.35	0.11	0.06	0.04
GR 3	0.33	1.66	0.87	0.55	0.48	0.39	0.24	33.5	25.2	29.0	35.8	29.0	0.45	0.18	0.14	0.09	0.03
			ENSEMBLE					ENSEMBLE					ENSEMBLE				
			=100.0					=100.0					=100.0				

COORDONNEES ET AIDES A L'INTERPRETATION DES GROUPE ILLUSTRATIFS

AXES 1 A 5

GRP.	P.REL	DISTO	COORDONNEES					CONTRIBUTIONS					COSINUS CARRES				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
GR 4	0.33	1.90	0.66	0.40	0.54	0.63	25.5	18.2	32.9	49.3	75.8	0.23	0.08	0.15	0.15	0.21	
			ENSEMBLE					ENSEMBLE					ENSEMBLE				
			=25.5					=18.2					=75.8				

CORRELATIONS ENTRE LES VARIABLES CANONIQUES ET LES FACTEURS DE L'ANALYSE GLOBALE

AXES 1 A 5

CORRELATIONS					
FAC.	1	2	3	4	5
GR 1	0.95	0.97	0.95	0.92	0.87
GR 2	0.99	0.97	0.96	0.92	0.85
GR 3	0.97	0.95	0.86	0.99	0.98

RAPPORT : INERTIE INTER/INERTIE TOTALE

AXES 1 A 5

RAPPORTS					
FAC.	1	2	3	4	5
	0.94	0.91	0.84	0.89	0.78

INDIVIDUS AYANT LES PLUS FORTES CONTRIBUTIONS

AXE 1											
INDIVIDUS	CTR	CUMUL	INDIVIDUS	CTR	CUMUL	INDIVIDUS	CTR	CUMUL	INDIVIDUS	CUMUL	
3	61.05	61.05	2	23.00	84.05	1	7.86	91.91			
AXE 2											
INDIVIDUS	CTR	CUMUL	INDIVIDUS	CTR	CUMUL	INDIVIDUS	CTR	CUMUL	INDIVIDUS	CUMUL	
4	45.44	45.44	1	41.19	86.63	3	8.17	94.80			
AXE 3											
INDIVIDUS	CTR	CUMUL	INDIVIDUS	CTR	CUMUL	INDIVIDUS	CTR	CUMUL	INDIVIDUS	CUMUL	
6	39.56	39.56	2	37.78	77.34	5	14.65	91.99			
AXE 4											
INDIVIDUS	CTR	CUMUL	INDIVIDUS	CTR	CUMUL	INDIVIDUS	CTR	CUMUL	INDIVIDUS	CUMUL	
6	42.85	42.85	5	36.29	79.15	4	9.02	88.17			
AXE 5											
INDIVIDUS	CTR	CUMUL	INDIVIDUS	CTR	CUMUL	INDIVIDUS	CTR	CUMUL	INDIVIDUS	CUMUL	
1	31.54	31.54	5	28.67	60.21	4	24.26	84.48			
INDIVIDUS AYANT LES PLUS FORTES INERTIES INTRA											
AXE 1											
INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	CUMUL	
6	34.11	34.11	2	22.90	57.01	4	22.42	79.43			
AXE 2											
INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	CUMUL	
6	24.21	24.21	4	22.50	46.71	3	16.60	63.31			
AXE 3											
INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	CUMUL	
2	37.05	37.05	4	26.99	64.04	1	19.44	83.48			
AXE 4											
INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	CUMUL	
3	54.32	54.32	4	15.37	69.69	6	13.57	83.26			
AXE 5											
INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	CUMUL	
1	38.15	38.15	4	18.28	56.43	6	16.04	72.47			
INDIVIDUS AYANT LES PLUS FAIBLES INERTIES INTRA											
AXE 1											
INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	CUMUL	
3	2.62	2.62	1	3.40	6.02	5	14.55	20.57			
AXE 2											
INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	CUMUL	
1	10.64	10.64	2	12.86	23.50	5	13.19	36.69			
AXE 3											
INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	CUMUL	
6	0.59	0.59	5	4.05	4.64	3	11.88	16.52			
AXE 4											
INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	CUMUL	
5	0.41	0.41	2	6.11	6.52	1	10.22	16.74			
AXE 5											
INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	INER	CUMUL	INDIVIDUS	CUMUL	
3	6.65	6.65	2	8.27	14.92	5	12.61	27.53			
INDIVIDUS PARTIELS AYANT LES PLUS FORTES INERTIES INTRA											
AXE 1											
INDIVIDUS	GROUPE	INER	CUMUL	INDIVIDUS	GROUPE	INER	CUMUL	INDIVIDUS	GROUPE	INER	CUMUL
6	1	21.02	21.02	4	1	14.76	35.78	2	3	14.48	50.25
AXE 2											
INDIVIDUS	GROUPE	INER	CUMUL	INDIVIDUS	GROUPE	INER	CUMUL	INDIVIDUS	GROUPE	INER	CUMUL
4	2	14.61	14.61	6	3	13.37	27.97	3	3	10.72	38.69
AXE 3											
INDIVIDUS	GROUPE	INER	CUMUL	INDIVIDUS	GROUPE	INER	CUMUL	INDIVIDUS	GROUPE	INER	CUMUL
2	1	23.64	23.64	4	3	17.99	41.63	1	3	12.93	54.56
AXE 4											
INDIVIDUS	GROUPE	INER	CUMUL	INDIVIDUS	GROUPE	INER	CUMUL	INDIVIDUS	GROUPE	INER	CUMUL
3	2	30.45	30.45	3	1	23.41	53.86	4	2	10.24	64.10
AXE 5											
INDIVIDUS	GROUPE	INER	CUMUL	INDIVIDUS	GROUPE	INER	CUMUL	INDIVIDUS	GROUPE	INER	CUMUL
1	1	20.99	20.99	1	2	16.94	37.94	4	2	11.74	49.67

COORDONNEES ET AIDES A L'INTERPRETATION DES VARIABLES ACTIVES
AXES 1 A 5

VARIABLES		COORDONNEES					CONTRIBUTIONS					COSINUS CARRES				
IDENT./GROUPE	DISTO	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
GROUPE 1 (ACP NORMEE)																
C1	1.00	-0.29	-0.48	0.43	-0.63	0.33	0.5	1.6	1.7	5.6	2.0	0.09	0.23	0.18	0.40	0.11
C2	1.00	0.76	-0.62	0.00	0.11	0.16	3.5	2.7	0.0	0.2	0.5	0.58	0.38	0.00	0.01	0.03
C3	1.00	0.18	0.84	0.34	-0.34	-0.15	0.2	5.0	1.1	1.6	0.4	0.03	0.71	0.12	0.12	0.02
C4	1.00	0.06	0.02	0.95	0.28	-0.15	0.0	0.0	8.4	1.1	0.4	0.00	0.00	0.90	0.08	0.02
C5	1.00	0.11	0.10	0.10	0.54	0.82	0.1	0.1	0.1	4.1	12.6	0.01	0.01	0.01	0.29	0.68
C6	1.00	-0.36	0.50	-0.63	0.37	0.30	0.8	1.7	3.7	1.9	1.7	0.13	0.25	0.40	0.13	0.09
C7	1.00	-0.79	0.15	0.57	0.05	0.18	3.7	0.2	3.1	0.9	0.6	0.62	0.02	0.33	0.00	0.03
C8	1.00	-0.76	0.04	0.11	-0.55	-0.32	3.5	0.0	0.1	4.3	1.9	0.58	0.00	0.01	0.31	0.10
C9	1.00	0.70	0.18	-0.42	-0.42	-0.35	3.0	0.2	1.6	2.5	2.2	0.50	0.03	0.17	0.18	0.12
C10	1.00	0.02	-0.65	-0.66	0.36	-0.05	0.0	3.0	4.1	1.8	0.0	0.00	0.43	0.44	0.13	0.00
C11	1.00	-0.64	0.43	0.63	-0.13	0.05	2.4	1.3	3.7	0.3	0.1	0.41	0.18	0.39	0.02	0.00
C12	1.00	-0.07	0.70	-0.68	-0.08	-0.20	0.0	3.4	4.3	0.1	0.7	0.00	0.49	0.46	0.01	0.04
C13	1.00	0.84	0.25	-0.04	-0.47	-0.12	4.2	0.4	0.0	3.1	0.3	0.70	0.06	0.00	0.22	0.02
C14	1.00	-0.18	0.49	-0.71	0.44	0.16	0.2	1.7	4.8	2.7	0.5	0.03	0.24	0.51	0.19	0.02
C15	1.00	-0.11	0.96	0.13	0.21	-0.01	0.1	6.5	0.2	0.6	0.0	0.01	0.93	0.02	0.04	0.00
C16	1.00	-0.06	0.66	0.44	0.04	-0.61	0.0	3.1	1.8	0.0	6.8	0.00	0.44	0.19	0.00	0.37
C17	1.00	0.58	-0.62	0.08	-0.29	0.44	2.0	2.7	0.1	1.2	3.6	0.33	0.38	0.01	0.08	0.19
C18	1.00	-0.95	0.05	0.19	-0.04	0.24	5.4	0.0	0.4	0.0	1.1	0.90	0.00	0.04	0.00	0.06
C19	1.00	-0.59	-0.54	0.50	0.31	-0.10	2.1	2.0	2.4	1.3	0.2	0.35	0.29	0.25	0.09	0.01
ENSEMBLE							31.5	35.5	41.4	32.5	35.6	0.28	0.27	0.23	0.12	0.10

VARIABLES		COORDONNEES					CONTRIBUTIONS					COSINUS CARRES				
IDENT./GROUPE	DISTO	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
GROUPE 2 (ACP NORMEE)																
O1	1.00	-0.41	-0.22	-0.10	-0.80	0.37	1.1	0.4	0.1	9.4	2.6	0.17	0.05	0.01	0.64	0.14
O2	1.00	0.21	-0.64	0.71	0.17	0.11	0.3	3.0	5.0	0.4	0.2	0.04	0.41	0.51	0.03	0.01
O3	1.00	-0.04	0.68	0.59	-0.31	0.29	0.0	3.4	3.5	1.4	1.6	0.00	0.47	0.35	0.10	0.08
O4	1.00	0.71	-0.50	0.07	0.49	0.08	3.1	1.8	0.1	3.5	0.1	0.50	0.25	0.01	0.24	0.01
O5	1.00	0.30	0.79	-0.16	-0.31	0.40	0.5	4.6	0.3	1.4	3.1	0.09	0.63	0.03	0.10	0.16
O6	1.00	0.52	0.42	-0.63	-0.24	0.32	1.7	1.3	3.8	0.8	2.0	0.27	0.18	0.39	0.06	0.10
O7	1.00	0.76	0.13	0.43	-0.44	0.18	3.6	0.1	1.8	2.8	0.6	0.58	0.02	0.18	0.19	0.03
O8	1.00	-0.73	0.29	-0.37	0.03	0.50	3.3	0.6	1.3	0.0	4.8	0.53	0.08	0.13	0.00	0.25
O9	1.00	0.16	0.80	0.51	0.03	-0.27	0.2	4.7	2.5	0.0	1.4	0.03	0.65	0.26	0.00	0.07
O10	1.00	0.94	-0.06	-0.17	-0.03	0.27	5.6	0.0	0.3	0.0	1.5	0.89	0.00	0.03	0.00	0.08
O12	1.00	0.15	0.79	-0.33	0.32	0.37	0.1	4.6	1.1	1.6	2.7	0.02	0.62	0.11	0.11	0.14
O13	1.00	-0.30	0.28	0.45	0.01	0.79	0.6	0.6	2.0	0.0	12.2	0.09	0.08	0.20	0.00	0.63
O14	1.00	0.53	0.50	0.14	0.67	-0.04	1.8	1.8	0.2	6.6	0.0	0.28	0.25	0.02	0.45	0.00
O15	1.00	0.78	0.56	-0.03	0.29	-0.02	3.8	2.2	0.0	1.3	0.0	0.60	0.31	0.00	0.09	0.00
O16	1.00	0.91	0.20	-0.08	-0.27	0.22	5.2	0.3	0.1	1.1	1.0	0.83	0.04	0.01	0.07	0.05
O17	1.00	0.18	-0.90	0.28	0.27	0.10	0.2	5.9	0.8	1.0	0.2	0.03	0.81	0.08	0.07	0.01
O18	1.00	-0.17	0.72	-0.64	-0.15	0.15	0.2	3.8	4.0	0.3	0.4	0.03	0.52	0.41	0.02	0.02
O19	1.00	0.79	-0.20	-0.54	-0.03	-0.22	3.8	0.3	2.9	0.0	0.9	0.62	0.04	0.29	0.00	0.05
ENSEMBLE							34.9	39.3	29.6	31.8	35.5	0.31	0.30	0.17	0.12	0.10

VARIABLES		COORDONNEES					CONTRIBUTIONS					COSINUS CARRES				
IDENT./GROUPE	DISTO	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
GROUPE 3 (ACP NORMEE)																
S1	1.00	-0.32	0.02	-0.75	-0.31	-0.49	0.5	0.0	4.5	1.1	3.9	0.10	0.00	0.56	0.09	0.24
S2	1.00	0.61	-0.54	0.57	0.03	-0.09	1.9	1.8	2.7	0.0	0.1	0.37	0.29	0.33	0.00	0.1
S3	1.00	-0.27	0.83	0.39	0.24	-0.15	0.4	4.2	1.3	0.7	0.4	0.07	0.69	0.16	0.06	0.02
S4	1.00	0.73	-0.42	-0.01	0.48	-0.24	2.8	1.1	0.0	2.8	0.9	0.54	0.18	0.00	0.23	0.06
S5	1.00	0.77	-0.23	-0.07	-0.26	0.52	3.1	0.3	0.0	0.8	4.4	0.60	0.05	0.01	0.07	0.28
S6	1.00	-0.65	-0.35	-0.58	-0.31	0.17	2.1	0.7	2.7	1.2	0.5	0.42	0.12	0.34	0.09	0.03
S7	1.00	0.36	0.62	0.63	-0.25	0.11	0.7	2.4	3.3	0.8	0.2	0.13	0.39	0.40	0.06	0.01
S8	1.00	0.43	-0.62	-0.42	-0.47	0.19	0.9	2.3	1.4	2.7	0.6	0.18	0.38	0.18	0.22	0.04
S9	1.00	0.64	-0.18	-0.31	-0.65	-0.18	2.1	0.2	0.8	5.2	0.5	0.41	0.03	0.10	0.42	0.03
S10	1.00	0.32	0.02	0.30	-0.56	-0.70	0.5	0.0	0.8	3.8	7.9	0.10	0.00	0.09	0.31	0.49
S11	1.00	-0.29	-0.57	0.13	-0.72	0.24	0.4	2.0	0.1	6.3	1.0	0.09	0.33	0.02	0.51	0.06
S12	1.00	-0.08	0.47	-0.78	0.37	-0.19	0.0	1.3	4.9	1.7	0.6	0.01	0.22	0.60	0.14	0.03
S13	1.00	0.72	0.53	-0.02	-0.29	0.35	2.6	1.7	0.0	1.0	2.0	0.51	0.28	0.00	0.08	0.12
S14	1.00	-0.59	-0.50	-0.58	-0.20	0.13	1.8	1.5	2.8	0.5	0.3	0.35	0.25	0.34	0.04	0.02
S15	1.00	0.59	0.53	0.57	-0.22	-0.10	1.8	1.7	2.6	0.6	0.2	0.35	0.28	0.32	0.05	0.01
S16	1.00	0.71	0.64	0.15	-0.23	0.11	2.6	2.5	0.2	0.6	0.2	0.51	0.41	0.02	0.05	0.01
S17	1.00	0.98	0.09	-0.05	-0.05	-0.14	5.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.97	0.01	0.00	0.00	0.02
S18	1.00	-0.65	-0.01	-0.34	-0.43	-0.52	2.2	0.0	0.9	2.3	4.4	0.43	0.00	0.12	0.19	0.27
S19	1.00	0.63	-0.50	0.05	0.55	-0.21	2.0	1.5	0.0	3.7	0.7	0.39	0.25	0.00	0.31	0.04
ENSEMBLE							33.5	25.2	29.0	35.8	29.0	0.34	0.22	0.19	0.15	0.09

COORDONNEES ET AIDES A L'INTERPRETATION DES VARIABLES ILLUSTRATIVES
AXES 1 A 5

VARIABLES		COORDONNEES					CONTRIBUTIONS					COSINUS CARRES				
IDENT./GROUPE	DISTO	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
GROUPE 4 (ACP NORMEE)																
P1	1.00	0.52	0.16	0.58	0.37	0.48	1.5	0.2	2.9	1.9	4.1	0.27	0.03	0.33	0.14	0.23
P2	1.00	-0.54	-0.26	0.09	-0.79	0.12	1.7	0.4	0.1	8.2	0.2	0.29	0.07	0.01	0.62	0.01
P3	1.00	-0.08	0.40	0.74	0.28	0.45	0.0	1.1	4.9	1.0	3.6	0.01	0.16	0.55	0.08	0.21
P4	1.00	-0.46	0.34	0.24	0.42	0.66	1.2	0.8	0.5	2.3	7.6	0.21	0.12	0.06	0.17	0.43
P5	1.00	-0.26	0.31	-0.68	-0.17	0.58	0.4	0.6	4.1	0.4	6.0	0.07	0.10	0.47	0.03	0.34
P6	1.00	0.47	0.37	0.70	0.27	0.27	1.3	0.9	4.4	1.0	1.3	0.22	0.14	0.49	0.07	0.08
P7	1.00	-0.07	-0.15	-0.43	0.26	0.85	0.0	0.2	1.6	0.9	12.7	0.00	0.02	0.18	0.07	0.72
P8	1.00	-0.73	0.49	0.33	-0.22											

AXE 1	0.20	1.00	-0.008	0.192	-0.063	-0.554	0.807	0.0	0.3	0.0	5.6	15.6	0.00	0.04	0.00	0.31	0.65	
ENSEMBLE								31.5	35.5	41.4	32.5	35.6	0.28	0.27	0.23	0.12	0.10	

GROUPE 2 (ACP NORMEE)																		
AXE 1	1.00	1.00	-0.590	-0.757	0.215	0.031	-0.177	13.5	26.0	2.8	0.1	3.8	0.35	0.57	0.05	0.00	0.03	
AXE 2	0.88	1.00	0.787	-0.515	0.162	0.237	-0.180	21.0	10.6	1.4	4.5	3.4	0.62	0.27	0.03	0.06	0.03	
AXE 3	0.45	1.00	-0.022	0.260	0.952	0.090	0.133	0.0	1.4	25.1	0.3	1.0	0.00	0.07	0.91	0.01	0.02	
AXE 4	0.36	1.00	0.171	-0.257	0.083	-0.813	0.487	0.4	1.1	0.1	21.6	10.2	0.03	0.07	0.01	0.66	0.24	
AXE 5	0.21	1.00	0.052	0.165	0.121	-0.523	-0.826	0.0	0.3	0.2	5.2	17.1	0.00	0.03	0.01	0.27	0.68	
ENSEMBLE								34.9	39.3	29.6	31.8	35.5	0.31	0.30	0.17	0.12	0.10	

GROUPE 3 (ACP NORMEE)																		
AXE 1	1.00	1.00	0.855	0.257	0.448	0.030	0.043	28.3	3.0	12.2	0.1	0.2	0.73	0.07	0.20	0.00	0.00	
AXE 2	0.61	1.00	0.417	-0.802	-0.325	-0.269	0.072	4.1	17.9	3.9	4.1	0.4	0.17	0.64	0.11	0.07	0.01	
AXE 3	0.38	1.00	-0.020	0.336	-0.087	-0.937	-0.034	0.0	1.9	0.2	30.3	0.1	0.00	0.11	0.01	0.88	0.00	
AXE 4	0.31	1.00	-0.306	-0.378	0.786	-0.213	0.317	1.1	2.0	11.7	1.3	3.8	0.09	0.14	0.62	0.05	0.10	
AXE 5	0.23	1.00	0.032	0.188	-0.262	0.057	0.944	0.0	0.4	1.0	0.1	24.5	0.00	0.04	0.07	0.00	0.89	
ENSEMBLE								33.5	25.2	29.0	35.8	29.0	0.34	0.22	0.19	0.15	0.09	

CONTRIBUTION CUMULEE=100.0100.0100.0100.0100.0																		
COORDONNEES ET AIDES A L'INTERPRETATION DES AXES PARTIELS ILLUSTRATIFS																		
AXES 1 A 5																		

VARIABLES			COORDONNEES					CONTRIBUTIONS					COSINUS CARRES					
IDENT./GROUPE	POIDS	DISTO	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	

GROUPE 4 (ACP NORMEE)																		
AXE 1	1.00	1.00	-0.316	-0.460	-0.171	-0.552	-0.596	3.9	9.6	1.8	27.9	42.9	0.10	0.21	0.03	0.30	0.35	
AXE 2	0.68	1.00	-0.812	0.181	0.545	0.097	0.044	17.4	1.0	12.3	0.6	0.2	0.66	0.03	0.30	0.01	0.00	
AXE 3	0.47	1.00	-0.445	0.110	-0.712	-0.163	0.507	3.6	0.3	14.6	1.2	14.7	0.20	0.01	0.51	0.03	0.26	
AXE 4	0.41	1.00	0.171	-0.271	0.409	-0.626	0.582	0.5	1.4	4.2	14.8	16.9	0.03	0.07	0.17	0.39	0.34	
AXE 5	0.20	1.00	-0.118	-0.818	-0.014	0.518	0.220	0.1	5.9	0.0	4.8	1.1	0.01	0.67	0.00	0.27	0.05	
ENSEMBLE								25.5	18.2	32.9	49.3	75.8	0.24	0.15	0.20	0.19	0.23	

CONTRIBUTION CUMULEE=25.5 18.2 32.9 49.3 75.8																		

Rapport-Gratuit.com

ANALYSES DE VARIANCE ET REGRESSIONS MULTIPLES

MODELE *

DEFINITION

:----- MODELE

V3 = V1 + V2

STATISTIQUES SOMMAIRES SUR LES VARIABLES DU MODELE

NOMBRE DE VARIABLES NOMINALES : 2

NOMBRE DE MODALITES ASSOCIEES : 25

TRI A PLAT DES VARIABLES DU MODELE

MODALITES		EFF.	POIDS	HISTOGRAMME DES POIDS RELATIFS
IDEN	LIBELLE			
1 . produit				
AA_1	C3=1	18	18.00	*****
AA_2	C3=2	19	19.00	*****
AA_3	C3=3	19	19.00	*****
AA_4	C3=4	19	19.00	*****
AA_5	C3=5	19	19.00	*****
AA_6	C3=6	19	19.00	*****
2 . juge				
AB_1	C4=1	6	6.00	**
AB_2	C4=2	6	6.00	**
AB_3	C4=3	6	6.00	**
AB_4	C4=4	5	5.00	**
AB_5	C4=5	6	6.00	**
AB_6	C4=6	6	6.00	**
AB_7	C4=7	6	6.00	**
AB_8	C4=8	6	6.00	**
AB_9	C4=9	6	6.00	**
AB10	C4=10	6	6.00	**
AB11	C4=11	6	6.00	**
AB12	C4=12	6	6.00	**
AB13	C4=13	6	6.00	**
AB14	C4=14	6	6.00	**
AB15	C4=15	6	6.00	**
AB16	C4=16	6	6.00	**
AB17	C4=17	6	6.00	**
AB18	C4=18	6	6.00	**
AB19	C4=19	6	6.00	**

STATISTIQUES SUR LES 1 VARIABLES CONTINUES				
NUM.	VARIABLE	EFFECTIF	MOYENNE	MINIMUM
	IDEN - LIBELLE	POIDS	ECART-TYPE	MAXIMUM
3	C5 - couleur fumée	113	5.92	1.00
		113.00	2.69	10.00

IDENTIFICATION DES COEFFICIENTS DE L'AJUSTEMENT

VARIABLE ENDOGENE (Y) : couleur fumée
 CRITERE : produit

COEFFICIENT 1 : AA_1 = C3=1
 COEFFICIENT 2 : AA_2 = C3=2
 COEFFICIENT 3 : AA_3 = C3=3
 COEFFICIENT 4 : AA_4 = C3=4
 COEFFICIENT 5 : AA_5 = C3=5

CRITERE : juge

COEFFICIENT 7 : AB_1 = C4=1
 COEFFICIENT 8 : AB_2 = C4=2
 COEFFICIENT 9 : AB_3 = C4=3
 COEFFICIENT 10 : AB_4 = C4=4
 COEFFICIENT 11 : AB_5 = C4=5
 COEFFICIENT 12 : AB_6 = C4=6
 COEFFICIENT 13 : AB_7 = C4=7
 COEFFICIENT 14 : AB_8 = C4=8
 COEFFICIENT 15 : AB_9 = C4=9
 COEFFICIENT 16 : AB10 = C4=10
 COEFFICIENT 17 : AB11 = C4=11
 COEFFICIENT 18 : AB12 = C4=12
 COEFFICIENT 19 : AB13 = C4=13
 COEFFICIENT 20 : AB14 = C4=14
 COEFFICIENT 21 : AB15 = C4=15
 COEFFICIENT 22 : AB16 = C4=16
 COEFFICIENT 23 : AB17 = C4=17
 COEFFICIENT 24 : AB18 = C4=18

ESTIMATION / COEFFICIENTS

AJUSTEMENT DES MOINDRES CARRÉS (AVEC TERME CONSTANT)
 113 INDIVIDUS, 24 PARAMETRES (CONSTANTE EN QUEUE).

IDEN	LIBELLE	COEFFICIENT	ECART-TYPE	STUDENT	PROBA.	V.TEST
CRITERE(S)						
AA_1	= C3=1	0.0463	0.592	0.078	0.938	0.08
AA_2	= C3=2	0.4855	0.577	0.841	0.402	0.84
AA_3	= C3=3	-0.6724	0.577	1.165	0.247	-1.16
AA_4	= C3=4	0.4328	0.577	0.750	0.455	0.75
AA_5	= C3=5	-0.1461	0.577	0.253	0.801	-0.25
AA_6	= C3=6	-0.1461	0.577	0.253	0.801	-0.25

IDEN	LIBELLE	COEFFICIENT	ECART-TYPE	STUDENT	PROBA.	V. TEST
AB 1	C4=1	0.0644	1.094	0.059	0.953	0.06
AB 2	C4=2	-1.6022	1.094	1.465	0.147	-1.45
AB 3	C4=3	0.7311	1.094	0.668	0.506	0.67
AB 4	C4=4	1.6737	1.198	1.397	0.166	1.39
AB 5	C4=5	-0.1022	1.094	0.093	0.926	-0.09
AB 6	C4=6	0.3978	1.094	0.364	0.717	0.36
AB 7	C4=7	0.7311	1.094	0.668	0.506	0.67
AB 8	C4=8	2.2311	1.094	2.039	0.044	2.01
AB 9	C4=9	0.2311	1.094	0.211	0.833	0.21
AB10	C4=10	0.0644	1.094	0.059	0.953	0.06
AB11	C4=11	-1.7689	1.094	1.617	0.109	-1.60
AB12	C4=12	0.7311	1.094	0.668	0.506	0.67
AB13	C4=13	-0.7689	1.094	0.703	0.484	-0.70
AB14	C4=14	0.3978	1.094	0.364	0.717	0.36
AB15	C4=15	-2.2689	1.094	2.074	0.041	-2.04
AB16	C4=16	-0.1022	1.094	0.093	0.926	-0.09
AB17	C4=17	-0.6022	1.094	0.550	0.583	-0.55
AB18	C4=18	0.3978	1.094	0.364	0.717	0.36
AB19	C4=19	-0.4356	1.094	0.398	0.691	-0.40

CONSTANTE 5.9356 0.259 22.899 0.000 13.08
 TEST D'AJUSTEMENT GLOBAL
 SOMME DES CARRES DES ECARTS SCE = 674.2222
 COEFFICIENT DE CORRELATION MULTIPLE ... R = 0.4220 R2 = 0.1781
 VARIANCE ESTIMEE DES RESIDUS S2 = 7.5755 S = 2.7524
 TEST DE NULLITE SIMULTANEE DES COEFFICIENTS DES 23 VARIABLES
 FISHER = 0.838 DEG.LIB = 23 89
 P.CRIT = 0.6758 V.TEST = -0.46
 ANALYSE DE LA VARIANCE (SANS EFFET DE REPETABILITE)
 NB. AJUSTEMENT DES MOINDRES CARRES SUR LE MODELE RENDU DE
 PLEIN RANG PAR LES CONTRAINTES : SOMMES NULLES DES
 COEFFICIENTS. LES SOMMES DE CARRES CORRESPONDENT A
 L'ANNULATION SUCCESSIVE DE GROUPES DE COEFFICIENTS SUR
 LE MODELE DE PLEIN RANG

SOURCE	SOMME DES CARRES	FISHER	DEGRES DE LIBERTE	PROBA. CRITIQUE	VALEUR TEST
ECARTS RESIDUELS	674.222		89		
CRITERE(S)					
produit					
*****	17.478	0.461	89	0.8038	-0.86
juge					
*****	128.608	0.943	18 89	0.5307	-0.08

MODELE 2
 DEFINITION
 V4 - V1 + V2
 STATISTIQUES SOMMAIRES SUR LES VARIABLES DU MODELE
 NOMBRE DE VARIABLES NOMINALES : 2
 NOMBRE DE MODALITES ASSOCIEES : 25
 TRI A PLAT DES VARIABLES DU MODELE

IDENT - LIBELLE	EFF.	POIDS	HISTOGRAMME DES POIDS RELATIFS
1 . produit			
AA_1 - C3=1	19	19.00	*****
AA_2 - C3=2	19	19.00	*****
AA_3 - C3=3	19	19.00	*****
AA_4 - C3=4	18	18.00	*****
AA_5 - C3=5	19	19.00	*****
AA_6 - C3=6	19	19.00	*****

2 . juge			
AB_1 - C4=1	6	6.00	**
AB_2 - C4=2	6	6.00	**
AB_3 - C4=3	6	6.00	**
AB_4 - C4=4	5	5.00	**
AB_5 - C4=5	6	6.00	**
AB_6 - C4=6	6	6.00	**
AB_7 - C4=7	6	6.00	**
AB_8 - C4=8	6	6.00	**
AB_9 - C4=9	6	6.00	**
AB10 - C4=10	6	6.00	**
AB11 - C4=11	6	6.00	**
AB12 - C4=12	6	6.00	**
AB13 - C4=13	6	6.00	**
AB14 - C4=14	6	6.00	**
AB15 - C4=15	6	6.00	**
AB16 - C4=16	6	6.00	**
AB17 - C4=17	6	6.00	**
AB18 - C4=18	6	6.00	**
AB19 - C4=19	6	6.00	**

STATISTIQUES SUR LES 1 VARIABLES CONTINUES

NUM	VARIABLE IDEN - LIBELLE	EFFECTIF POIDS	MOYENNE ECART-TYPE	MINIMUM MAXIMUM
4	C6 - odeur produit fumé	113	5.85	1.00
		113.00	2.73	10.00

IDENTIFICATION DES COEFFICIENTS DE L'AJUSTEMENT
 VARIABLE ENDOGENE (Y) odeur produit fumé

CRITERE 1 produit
 COEFFICIENT 1 : AA_1 = C3=1
 COEFFICIENT 2 : AA_2 = C3=2
 COEFFICIENT 3 : AA_3 = C3=3
 COEFFICIENT 4 : AA_4 = C3=4
 COEFFICIENT 5 : AA_5 = C3=5

CRITERE 2 juge
 COEFFICIENT 7 : AB_1 = C4=1
 COEFFICIENT 8 : AB_2 = C4=2
 COEFFICIENT 9 : AB_3 = C4=3
 COEFFICIENT 10 : AB_4 = C4=4
 COEFFICIENT 11 : AB_5 = C4=5
 COEFFICIENT 12 : AB_6 = C4=6
 COEFFICIENT 13 : AB_7 = C4=7
 COEFFICIENT 14 : AB_8 = C4=8
 COEFFICIENT 15 : AB_9 = C4=9
 COEFFICIENT 16 : AB10 = C4=10
 COEFFICIENT 17 : AB11 = C4=11
 COEFFICIENT 18 : AB12 = C4=12
 COEFFICIENT 19 : AB13 = C4=13
 COEFFICIENT 20 : AB14 = C4=14
 COEFFICIENT 21 : AB15 = C4=15
 COEFFICIENT 22 : AB16 = C4=16
 COEFFICIENT 23 : AB17 = C4=17
 COEFFICIENT 24 : AB18 = C4=18

ESTIMATION / COEFFICIENTS

AJUSTEMENT DES MOINDRES CARRES (AVEC TERME CONSTANT)
 113 INDIVIDUS, 24 PARAMETRES (CONSTANTE EN QUEUE).

IDEN	LIBELLE	COEFFICIENT	ECART-TYPE	STUDENT	PROBA.	V.TEST
89						
CRITERE(S)						
AA_1	- C3=1	0.2034	0.598	0.340	0.735	0.34
AA_2	- C3=2	0.2034	0.598	0.340	0.735	0.34
AA_3	- C3=3	-0.6913	0.598	1.155	0.251	-1.15
AA_4	- C3=4	0.5093	0.614	0.829	0.409	0.83
AA_5	- C3=5	-0.1650	0.598	0.276	0.783	-0.27
AA_6	- C3=6	-0.0597	0.598	0.100	0.921	-0.10

IDEN	LIBELLE	COEFFICIENT	ECART-TYPE	STUDENT	PROBA.	V. TEST
AB 1	C4=1	-0.5159	1.134	0.455	0.650	-0.45
AB 2	C4=2	0.8174	1.134	0.721	0.473	0.72
AB 3	C4=3	-0.1826	1.134	0.161	0.873	-0.16
AB 4	C4=4	-0.5474	1.242	0.441	0.661	-0.44
AB 5	C4=5	-0.0159	1.134	0.014	0.989	-0.01
AB 6	C4=6	0.4841	1.134	0.427	0.671	0.43
AB 7	C4=7	0.8174	1.134	0.721	0.473	0.72
AB 8	C4=8	2.3174	1.134	2.043	0.044	2.01
AB 9	C4=9	0.3174	1.134	0.280	0.780	0.28
AB10	C4=10	0.1508	1.134	0.133	0.895	0.13
AB11	C4=11	-1.6826	1.134	1.483	0.142	-1.47
AB12	C4=12	0.8174	1.134	0.721	0.473	0.72
AB13	C4=13	-0.6826	1.134	0.602	0.549	-0.60
AB14	C4=14	0.4841	1.134	0.427	0.671	0.43
AB15	C4=15	-2.1826	1.134	1.924	0.058	-1.90
AB16	C4=16	-0.0159	1.134	0.014	0.989	-0.01
AB17	C4=17	-0.5159	1.134	0.455	0.650	-0.45
AB18	C4=18	0.4841	1.134	0.427	0.671	0.43
AB19	C4=19	-0.3492	1.134	0.308	0.759	-0.31

CONSTANTE 5.8492 0.269 21.764 0.000 12.78

TEST D'AJUSTEMENT GLOBAL

SOMME DES CARRÉS DES ECARTS SCE = 724.7790

COEFFICIENT DE CORRELATION MULTIPLE ... R = 0.3764 R2 = 0.1417

VARIANCE ESTIMÉE DES RESIDUS S2 = 8.1436 S = 2.8537

TEST DE NULLITÉ SIMULTANÉE DES COEFFICIENTS DES 23 VARIABLES

FISHER = 0.639 DEG. LIB = 23 89

P. CRIT = 0.8891 V. TEST = -1.22

ANALYSE DE LA VARIANCE (SANS EFFET DE REPETABILITÉ)

NB. AJUSTEMENT DES MOINDRES CARRÉS SUR LE MODÈLE RENDU DE PLEIN RANG PAR LES CONTRAINTES : SOMMES NULLES DES COEFFICIENTS. LES SOMMES DE CARRÉS CORRESPONDENT À L'ANNULATION SUCCESSIVE DE GROUPES DE COEFFICIENTS SUR LE MODÈLE DE PLEIN RANG

SOURCE	SOMME DES CARRÉS	FISHER	DEGRES DE LIBERTÉ	PROBA. CRITIQUE	VALEUR TEST
ECARTS RESIDUELS	724.779		89		
CRITERE(S)					
produit					
+----->	15.854	0.389	5 89	0.8548	-1.06
Juge					
+----->	103.183	0.704	18 89	0.7986	-0.84

MODELE 3
 DEFINITION
 VS - V1 + V2
 STATISTIQUES SOMMAIRES SUR LES VARIABLES DU MODELE
 NOMBRE DE VARIABLES NOMINALES : 2
 NOMBRE DE MODALITES ASSOCIEES : 25
 TRI A PLAT DES VARIABLES DU MODELE

MODALITES			
IDENT - LIBELLE	EFF.	POIDS	HISTOGRAMME DES POIDS RELATIFS
1 . produit			
AA_1 - C3=1	18	18.00	*****
AA_2 - C3=2	19	19.00	*****
AA_3 - C3=3	19	19.00	*****
AA_4 - C3=4	19	19.00	*****
AA_5 - C3=5	19	19.00	*****
AA_6 - C3=6	19	19.00	*****

2 . juge			
AB_1 - C4=1	6	6.00	**
AB_2 - C4=2	6	6.00	**
AB_3 - C4=3	6	6.00	**
AB_4 - C4=4	5	5.00	**
AB_5 - C4=5	6	6.00	**
AB_6 - C4=6	6	6.00	**
AB_7 - C4=7	6	6.00	**
AB_8 - C4=8	6	6.00	**
AB_9 - C4=9	6	6.00	**
AB10 - C4=10	6	6.00	**
AB11 - C4=11	6	6.00	**
AB12 - C4=12	6	6.00	**
AB13 - C4=13	6	6.00	**
AB14 - C4=14	6	6.00	**
AB15 - C4=15	6	6.00	**
AB16 - C4=16	6	6.00	**
AB17 - C4=17	6	6.00	**
AB18 - C4=18	6	6.00	**
AB19 - C4=19	6	6.00	**

STATISTIQUES SUR LES 1 VARIABLES CONTINUES

NUM .	VARIABLE	EFFECTIF	MOYENNE	MINIMUM
IDEN	LIBELLE	POIDS	ECART-TYPE	MAXIMUM
5 .	C7 - intensité aromatique	113	5.10	1.00
		113.00	3.02	10.00

IDENTIFICATION DES COEFFICIENTS DE L'AJUSTEMENT

VARIABLE ENDOGENE (Y) --- intensité aromatique
 CRITERE 1 ... produit
 COEFFICIENT 1 : AA_1 = C3=1
 COEFFICIENT 2 : AA_2 = C3=2
 COEFFICIENT 3 : AA_3 = C3=3
 COEFFICIENT 4 : AA_4 = C3=4
 COEFFICIENT 5 : AA_5 = C3=5
 CRITERE 2 ... juge
 COEFFICIENT 7 : AB_1 = C4=1
 COEFFICIENT 8 : AB_2 = C4=2
 COEFFICIENT 9 : AB_3 = C4=3
 COEFFICIENT 10 : AB_4 = C4=4
 COEFFICIENT 11 : AB_5 = C4=5
 COEFFICIENT 12 : AB_6 = C4=6
 COEFFICIENT 13 : AB_7 = C4=7
 COEFFICIENT 14 : AB_8 = C4=8
 COEFFICIENT 15 : AB_9 = C4=9
 COEFFICIENT 16 : AB10 = C4=10
 COEFFICIENT 17 : AB11 = C4=11
 COEFFICIENT 18 : AB12 = C4=12
 COEFFICIENT 19 : AB13 = C4=13
 COEFFICIENT 20 : AB14 = C4=14
 COEFFICIENT 21 : AB15 = C4=15
 COEFFICIENT 22 : AB16 = C4=16
 COEFFICIENT 23 : AB17 = C4=17
 COEFFICIENT 24 : AB18 = C4=18

ESTIMATION / COEFFICIENTS

AJUSTEMENT DES MOINDRES CARRÉS (AVEC TERME CONSTANT)

113 INDIVIDUS, 24 PARAMETRES (CONSTANTE EN QUEUE).

IDEN	LIBELLE	COEFFICIENT	ECART-TYPE	STUDENT	PROBA.	V. TEST
CRITERE(S)						
AA_1	= C3=1	-1.0556	0.648	1.629	0.107	-1.61
AA_2	= C3=2	-0.2942	0.631	0.466	0.642	-0.46
AA_3	= C3=3	1.4427	0.631	2.285	0.025	2.25
AA_4	= C3=4	-0.2415	0.631	0.383	0.703	-0.38
AA_5	= C3=5	-0.6626	0.631	1.049	0.297	-1.04
AA_6	= C3=6	0.8111	0.631	1.285	0.202	1.28

IDEN	LIBELLE	COEFFICIENT	ECART-TYPE	STUDENT	PROBA.	V.TEST
AB 1	C4=1	-0.5836	1.197	0.488	0.627	-0.49
AB 2	C4=2	-1.9170	1.197	1.601	0.113	-1.59
AB 3	C4=3	-0.7503	1.197	0.627	0.532	-0.62
AB 4	C4=4	-0.4947	1.311	0.377	0.707	-0.38
AB 5	C4=5	-0.5836	1.197	0.488	0.627	-0.49
AB 6	C4=6	-0.5836	1.197	0.488	0.627	-0.49
AB 7	C4=7	0.5830	1.197	0.487	0.627	0.49
AB 8	C4=8	0.4164	1.197	0.348	0.729	0.35
AB 9	C4=9	1.9164	1.197	1.601	0.113	1.59
AB10	C4=10	-0.0836	1.197	0.070	0.944	-0.07
AB11	C4=11	0.0830	1.197	0.069	0.945	0.07
AB12	C4=12	-1.9170	1.197	1.601	0.113	-1.59
AB13	C4=13	0.0830	1.197	0.069	0.945	0.07
AB14	C4=14	2.4164	1.197	2.019	0.047	1.99
AB15	C4=15	0.5830	1.197	0.487	0.627	0.49
AB16	C4=16	1.4164	1.197	1.183	0.240	1.18
AB17	C4=17	-1.2503	1.197	1.045	0.299	-1.04
AB18	C4=18	0.5830	1.197	0.487	0.627	0.49
AB19	C4=19	0.0830	1.197	0.069	0.945	0.07
CONSTANTE		5.0836	0.284	17.924	0.000	11.63
TEST D'AJUSTEMENT GLOBAL						
SOMME DES CARRÉS DES ECARTS SCE =				807.1611		
COEFFICIENT DE CORRELATION MULTIPLE . . . R =				0.4651	R2 =	0.2163
VARIANCE ESTIMÉE DES RESIDUS S2 =				9.0692	S =	3.0115
TEST DE NULLITE SIMULTANÉE DES COEFFICIENTS DES 23 VARIABLES						
FISHER =		1.068	DEG.LIB = 23		89	
P.CRIT =		0.3958	V.TEST =		0.26	
ANALYSE DE LA VARIANCE (SANS EFFET DE REPETABILITE)						
NB. AJUSTEMENT DES MOINDRES CARRÉS SUR LE MODÈLE RENDU DE PLEIN RANG PAR LES CONTRAINTES : SOMMES NULLES DES COEFFICIENTS. LES SOMMES DE CARRÉS CORRESPONDENT A L'ANNULATION SUCCESSIVE DE GROUPES DE COEFFICIENTS SUR LE MODÈLE DE PLEIN RANG						
SOURCE	SOMME DES CARRÉS	FISHER	DEGRES DE LIBERTE	PROBA. CRITIQUE	VALEUR TEST	
ECARTS RESIDUELS	807.161		89			
CRITERE(S)						
produit	82.972	1.830	5	89	0.1148	1.20
juge	140.625	0.861	18	89	0.6247	-0.32

MODELE 4
 DEFINITION
 $V_6 = V_1 + V_2$
 STATISTIQUES SOMMAIRES SUR LES VARIABLES DU MODELE
 NOMBRE DE VARIABLES NOMINALES
 NOMBRE DE MODALITES ASSOCIEES : 25
 TRI A PLAT DES VARIABLES DU MODELE

IDENT - MODALITES LIBELLE	EFF.	POIDS	HISTOGRAMME DES POIDS RELATIFS
1 - produit			
AA_1 - C3=1	18	18.00	*****
AA_2 - C3=2	19	19.00	*****
AA_3 - C3=3	18	18.00	*****
AA_4 - C3=4	18	18.00	*****
AA_5 - C3=5	18	18.00	*****
AA_6 - C3=6	18	18.00	*****
2 - juge			
AB_1 - C4=1	6	6.00	
AB_2 - C4=2	6	6.00	
AB_3 - C4=3	6	6.00	
AB_4 - C4=4	6	6.00	
AB_5 - C4=5	6	6.00	
AB_6 - C4=6	6	6.00	
AB_7 - C4=7	6	6.00	
AB_8 - C4=8	3	3.00	
AB_9 - C4=9	6	6.00	
AB10 - C4=10	6	6.00	
AB11 - C4=11	5	5.00	
AB12 - C4=12	6	6.00	
AB13 - C4=13	5	5.00	
AB14 - C4=14	6	6.00	
AB15 - C4=15	6	6.00	
AB16 - C4=16	6	6.00	
AB17 - C4=17	6	6.00	
AB18 - C4=18	6	6.00	
AB19 - C4=19	6	6.00	

STATISTIQUES SUR LES 1 VARIABLES CONTINUES

NUM .	VARIABLE IDEN - LIBELLE	EFFECTIF POIDS	MOYENNE ECART-TYPE	MINIMUM MAXIMUM
6 .	C8 - préférences	109	3.47 1.80	1.00 6.00

Rapport-Gratuit.com

IDENTIFICATION DES COEFFICIENTS DE L'AJUSTEMENT

VARIABLE ENDOGENE (Y) : *** préférences
 CRITERE 1 : *** produit
 COEFFICIENT 1 : AA_1 = C3=1
 COEFFICIENT 2 : AA_2 = C3=2
 COEFFICIENT 3 : AA_3 = C3=3
 COEFFICIENT 4 : AA_4 = C3=4
 COEFFICIENT 5 : AA_5 = C3=5
 CRITERE 2 : ... juge
 COEFFICIENT 7 : AB_1 = C4=1
 COEFFICIENT 8 : AB_2 = C4=2
 COEFFICIENT 9 : AB_3 = C4=3
 COEFFICIENT 10 : AB_4 = C4=4
 COEFFICIENT 11 : AB_5 = C4=5
 COEFFICIENT 12 : AB_6 = C4=6
 COEFFICIENT 13 : AB_7 = C4=7
 COEFFICIENT 14 : AB_8 = C4=8
 COEFFICIENT 15 : AB_9 = C4=9
 COEFFICIENT 16 : AB10 = C4=10
 COEFFICIENT 17 : AB11 = C4=11
 COEFFICIENT 18 : AB12 = C4=12
 COEFFICIENT 19 : AB13 = C4=13
 COEFFICIENT 20 : AB14 = C4=14
 COEFFICIENT 21 : AB15 = C4=15
 COEFFICIENT 22 : AB16 = C4=16
 COEFFICIENT 23 : AB17 = C4=17
 COEFFICIENT 24 : AB18 = C4=18

ESTIMATION / COEFFICIENTS

AJUSTEMENT DES MOINDRES CARRES (AVEC TERME CONSTANT)

109 INDIVIDUS, 24 PARAMETRES (CONSTANTE EN QUEUE).

IDEN	LIBELLE	COEFFICIENT	ECART-TYPE	STUDENT	PROBA.	V.TEST
85						
CRITERE(S)						
AA_1	= C3=1	0.3274	0.387	0.847	0.400	0.84
AA_2	= C3=2	-0.3038	0.377	0.807	0.422	-0.80
AA_3	= C3=3	-0.3580	0.387	0.926	0.357	-0.92
AA_4	= C3=4	1.7411	0.385	4.523	0.000	4.27
AA_5	= C3=5	-0.8700	0.385	2.260	0.026	-2.22
* AA_6	= C3=6	-0.5367	0.385	1.394	0.167	-1.38

IDEN	LIBELLE	COEFFICIENT	ECART-TYPE	STUDENT	PROBA.	V.TEST
AB_1	C4=1	0.0383	0.711	0.054	0.957	0.05
AB_2	C4=2	0.0383	0.711	0.054	0.957	0.05
AB_3	C4=3	0.0383	0.711	0.054	0.957	0.05
AB_4	C4=4	0.0383	0.711	0.054	0.957	0.05
AB_5	C4=5	0.0383	0.711	0.054	0.957	0.05
AB_6	C4=6	0.0383	0.711	0.054	0.957	0.05
AB_7	C4=7	0.0383	0.711	0.054	0.957	0.05
AB_8	C4=8	-0.3502	1.004	0.349	0.728	-0.35
AB_9	C4=9	-0.4617	0.711	0.650	0.518	-0.65
AB10	C4=10	-0.1284	0.711	0.181	0.857	-0.18
AB11	C4=11	0.2038	0.779	0.262	0.794	0.26
AB12	C4=12	0.0383	0.711	0.054	0.957	0.05
AB13	C4=13	-0.1333	0.779	0.171	0.864	-0.17
AB14	C4=14	0.3716	0.711	0.523	0.602	0.52
AB15	C4=15	0.0383	0.711	0.054	0.957	0.05
AB16	C4=16	0.0383	0.711	0.054	0.957	0.05
AB17	C4=17	0.0383	0.711	0.054	0.957	0.05
AB18	C4=18	0.0383	0.711	0.054	0.957	0.05
AB19	C4=19	0.0383	0.711	0.054	0.957	0.05
CONSTANTE		3.4617	0.173	19.971	0.000	12.13
TEST D'AJUSTEMENT GLOBAL						
SOMME DES CARRES DES ECARTS		SCE =		270.7867		
COEFFICIENT DE CORRELATION MULTIPLE		R =		0.4829	R2 = 0.2332	
VARIANCE ESTIMEE DES RESIDUS		S2 =		3.1857	S = 1.7849	
TEST DE NULLITE SIMULTANEE DES COEFFICIENTS DES 23 VARIABLES						
FISHER =		DEG.LIB = 23		85		
P.CRIT =		0.3383		V.TEST =	0.42	
ANALYSE DE LA VARIANCE (SANS EFFET DE REPETABILITE)						
NB. AJUSTEMENT DES MOINDRES CARRES SUR LE MODELE RENDU DE PLEIN RANG PAR LES CONTRAINTES : SOMMES NULLES DES COEFFICIENTS. LES SOMMES DE CARRES CORRESPONDENT A L'ANNULATION SUCCESSIVE DE GROUPES DE COEFFICIENTS SUR LE MODELE DE PLEIN RANG						
SOURCE	SOMME DES CARRES	FISHER	DEGRES DE LIBERTE	PROBA. CRITIQUE	VALEUR TEST	
ECARTS RESIDUELS	270.787		85			
CRITERE(S)						
produit	79.280	4.977	5 85	0.0005	3.31	
juge	2.962	0.052	18 85	1.0000	-5.77	

ANALYSES DE VARIANCE ET REGRESSIONS MULTIPLES

MODELE 1

DEFINITION

----- MODELE

V5 = V8 + V9 + V7

STATISTIQUES SOMMAIRES SUR LES VARIABLES DU MODELE

STATISTIQUES SUR LES 4 VARIABLES CONTINUES

NUM	VARIABLE IDEN - LIBELLE	EFFECTIF POIDS	MOYENNE ECART-TYPE	MINIMUM MAXIMUM
5	C7 - intensité aromatique	113 113.00	5.10 3.02	1.00 10.00
7	C9 - Aw	113 113.00	0.78 0.03	0.74 0.84
8	C10 - Teneur en phénols	113 113.00	2.04 0.53	1.54 3.01
9	C11 - teneur en sel	113 113.00	0.77 0.02	0.75 0.81

IDENTIFICATION DES COEFFICIENTS DE L'AJUSTEMENT

VARIABLE ENDOGENE (Y) ... intensité aromatique

VARIABLE 7 ... Aw
COEFFICIENT 1 : C9

VARIABLE 8 ... Teneur en phénols
COEFFICIENT 2 : C10

VARIABLE 9 ... teneur en sel
COEFFICIENT 3 : C11

ESTIMATION / COEFFICIENTS

AJUSTEMENT DES MOINDRES CARRÉS (AVEC TERME CONSTANT)

113 INDIVIDUS, 4 PARAMETRES (CONSTANTE EN QUEUE).

IDEN	LIBELLE	COEFFICIENT	ECART-TYPE	STUDENT	PROBA.	V.TEST
				109		

CRITERE(S)

C9	Aw	29.8361	22.590	1.321	0.189	1.31
----	----	---------	--------	-------	-------	------

C10	Teneur en phénols	0.4355	0.712	0.611	0.542	0.61
-----	-------------------	--------	-------	-------	-------	------

C11	teneur en sel	-50.5733	35.795	1.413	0.161	-1.40
-----	---------------	----------	--------	-------	-------	-------

CONSTANTE		20.0948	12.408	1.619	0.108	1.61
-----------	--	---------	--------	-------	-------	------

TEST D'AJUSTEMENT GLOBAL

SOMME DES CARRÉS DES ECARTS ... SCE = 1009.9467

COEFFICIENT DE CORRELATION MULTIPLE ... R = 0.1393 R2 = 0.0194

VARIANCE ESTIMÉE DES RESIDUS ... S2 = 9.2656 S = 3.0439

TEST DE NULLITÉ SIMULTANÉE DES COEFFICIENTS DES 3 VARIABLES

FISHER = 0.719 DEG.LIB = 3 109

P.CRIT = 0.5418 V.TEST = -0.10

ANALYSE DE LA VARIANCE (SANS EFFET DE REPETABILITÉ)

NB. AJUSTEMENT DES MOINDRES CARRÉS SUR LE MODELE RENDU DE

PLEIN RANG PAR LES CONTRAINTES : SOMMES NULLES DES

COEFFICIENTS. LES SOMMES DE CARRÉS CORRESPONDENT A

L'ANNULATION SUCCESSIVE DE GROUPES DE COEFFICIENTS SUR

LE MODELE DE PLEIN RANG

SOURCE	SOMME DES CARRÉS	FISHER	DEGRES DE LIBERTÉ	PROBA. CRITIQUE	VALEUR TEST
ECARTS RESIDUELS	1009.947		109		

ANALYSES DE VARIANCE ET REGRESSIONS MULTIPLES

MODELE 1

DEFINITION

----- MODELE

$V_6 = V_3 + V_4 + V_5$

STATISTIQUES SOMMAIRES SUR LES VARIABLES DU MODELE

STATISTIQUES SUR LES 4 VARIABLES CONTINUES

NUM	VARIABLE IDEN	LIBELLE	EFFECTIF POIDS	MOYENNE ECART-TYPE	MINIMUM MAXIMUM
3	C5	- couleur fumée	107 107.00	5.83 2.71	1.00 10.00
4	C6	- odeur produit fumé	107 107.00	5.77 2.76	1.00 10.00
5	C7	- intensité aromatique	107 107.00	5.05 3.01	1.00 10.00
6	C8	- préférences	107 107.00	3.43 1.79	1.00 6.00

IDENTIFICATION DES COEFFICIENTS DE L'AJUSTEMENT

VARIABLE ENDOGENE (Y) ... préférences

VARIABLE 3 *** couleur fumée
COEFFICIENT 1 : C5

VARIABLE 4 *** odeur produit fumé
COEFFICIENT 2 : C6

VARIABLE 5 *** intensité aromatique
COEFFICIENT 3 : C7

ESTIMATION / COEFFICIENTS

AJUSTEMENT DES MOINDRES CARRES (AVEC TERME CONSTANT)

107 INDIVIDUS, 4 PARAMETRES (CONSTANTE EN QUEUE)

IDEN	LIBELLE	COEFFICIENT	ECART-TYPE	STUDENT	PROBA.	V.TEST
CRITERE(S)						
C5	- couleur fumée	-0.1017	0.139	0.733	0.465	-0.73
C6	- odeur produit fumé	0.0167	0.139	0.120	0.904	0.12
C7	- intensité aromatique	-0.1581	0.059	2.699	0.008	-2.65
CONSTANTE		4.7244	0.446	10.587	0.000	8.69

103

TEST D'AJUSTEMENT GLOBAL

SOMME DES CARRES DES ECARTS SCE = 308.9772

COEFFICIENT DE CORRELATION MULTIPLE ... R = 0.3200 R2 = 0.1024

VARIANCE ESTIMEE DES RESIDUS S2 = 2.9998 S = 1.7320

TEST DE NULLITE SIMULTANEE DES COEFFICIENTS DES 3 VARIABLES

FISHER = 3.917 DEG.LIB = 3 103

P.CRIT = 0.0107 V.TEST = 2.30

ANALYSE DE LA VARIANCE (SANS EFFET DE REPETABILITE)

NB. AJUSTEMENT DES MOINDRES CARRES SUR LE MODELE RENDU DE

PLEIN RANG PAR LES CONTRAINTES : SOMMES NULLES DES

COEFFICIENTS. LES SOMMES DE CARRES CORRESPONDENT A

L'ANNULATION SUCCESSIVE DE GROUPES DE COEFFICIENTS SUR

LE MODELE DE PLEIN RANG

SOURCE SOMME FISHER DEGRES DE PROBA. VALEUR

DES CARRES LIBERTE CRITIQUE TEST

ECARTS RESIDUELS 308.977 103

ANALYSES DE VARIANCE ET REGRESSIONS MULTIPLES

MODELE 1

DEFINITION

VS = V5 + V8

STATISTIQUES SOMMAIRES SUR LES VARIABLES DU MODELE

STATISTIQUES SUR LES 3 VARIABLES CONTINUES

NUM	VARIABLE IDEN - LIBELLE	EFFECTIF POIDS	MOYENNE ECART-TYPE	MINIMUM MAXIMUM
1	C7 - intensité aromatique	108 108.00	5.04 2.99	1.00 10.00
6	C8 - préférences	108 108.00	3.45 1.80	1.00 6.00
8	C10 - Teneur en phénols	108 108.00	2.05 0.54	1.54 3.01

IDENTIFICATION DES COEFFICIENTS DE L'AJUSTEMENT

VARIABLE ENDOGENE (Y) ... préférences

VARIABLE 5 ... intensité aromatique

COEFFICIENT 1 : C7

VARIABLE 8 ... Teneur en phénols

COEFFICIENT 2 : C10

ESTIMATION / COEFFICIENTS

AJUSTEMENT DES MOINDRES CARRÉS (AVEC TERME CONSTANT)

108 INDIVIDUS, 3 PARAMETRES (CONSTANTE EN QUEUE).

IDEN LIBELLE COEFFICIENT ECART-TYPE STUDENT PROBA. V.TEST

CRITERE(S) C7 - intensité aromatique -0.1758 0.055 3.192 0.002 -3.11

C10 - Teneur en phénols 0.6209 0.305 2.033 0.045 2.01

CONSTANTE 3.0644 0.709 4.322 0.000 4.14

TEST D'AJUSTEMENT GLOBAL

SOMME DES CARRÉS DES ECARTS SCE = 308.1391

COEFFICIENT DE CORRELATION MULTIPLE ... R = 0.3486 R2 = 0.1215

VARIANCE ESTIMÉE DES RESIDUS S2 = 2.9347 S = 1.7131

TEST DE NULLITE SIMULTANÉE DES COEFFICIENTS DES 2 VARIABLES

FISHER = 7.263 DEG. LIB = 2 105

P.CRIT = 0.0011 V.TEST = 3.07

ANALYSE DE LA VARIANCE (SANS EFFET DE REPETABILITE)

NB. AJUSTEMENT DES MOINDRES CARRÉS SUR LE MODELE RENDU DE

PLEIN RANG PAR LES CONTRAINTES : SOMMES NULLES DES

COEFFICIENTS. LES SOMMES DE CARRÉS CORRESPONDENT A

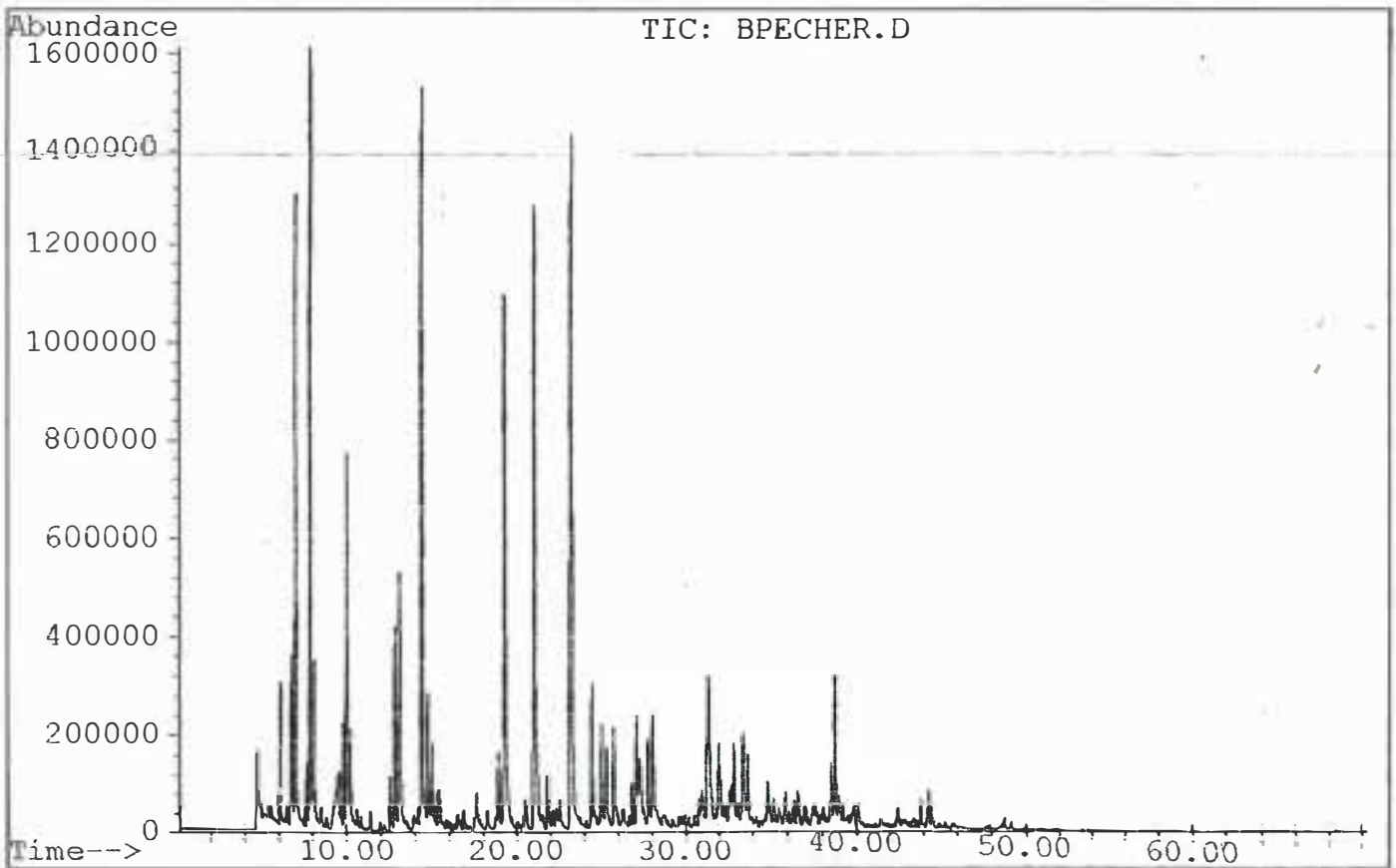
L'ANNULATION SUCCESSIVE DE GROUPES DE COEFFICIENTS SUR

LE MODELE DE PLEIN RANG

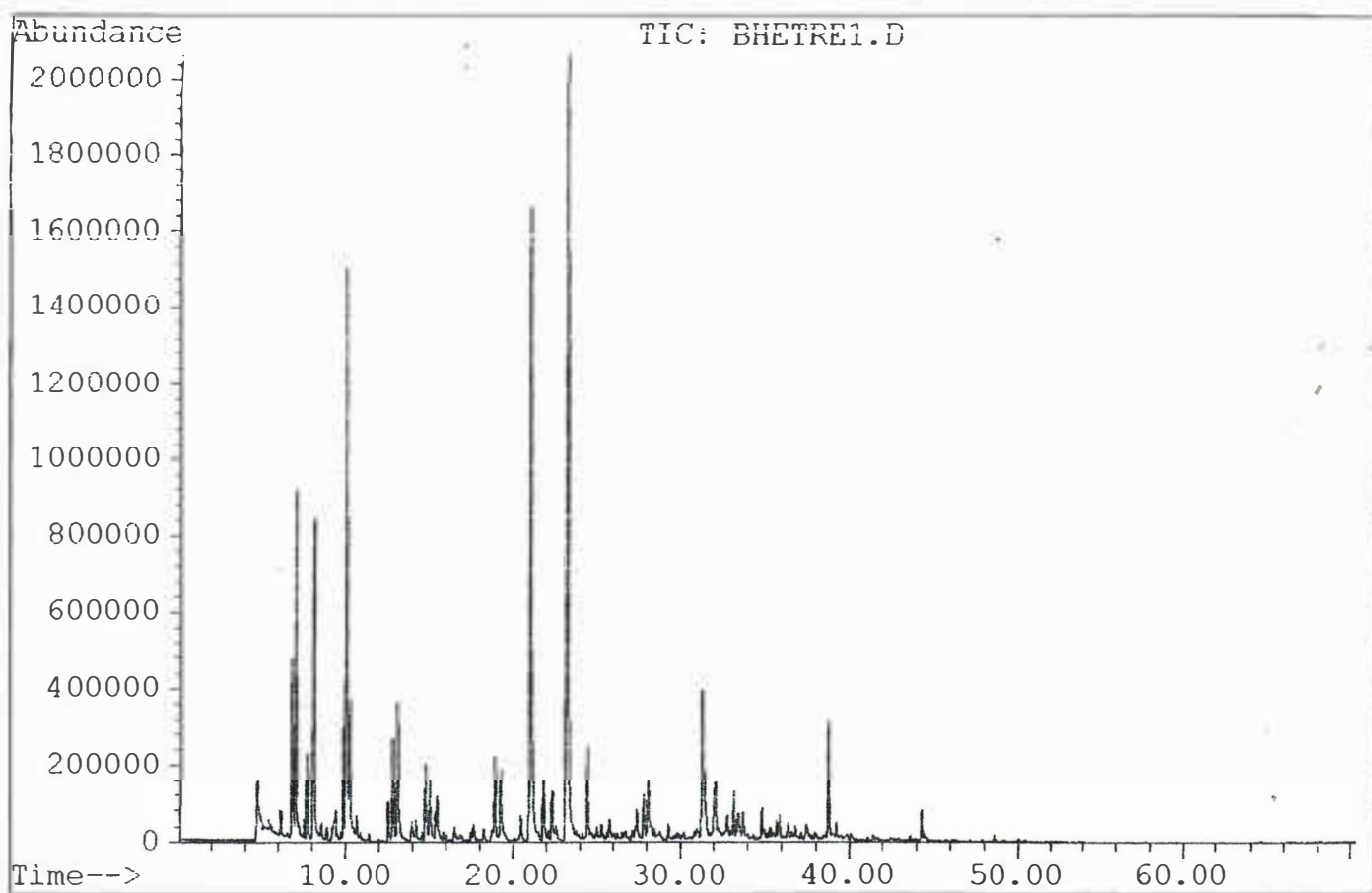
SOURCE DES CARRÉS SOMME FISHER DEGRES DE PROBA. VALEUR

ECARTS RESIDUELS 308.139 105 CRITIQUE TEST

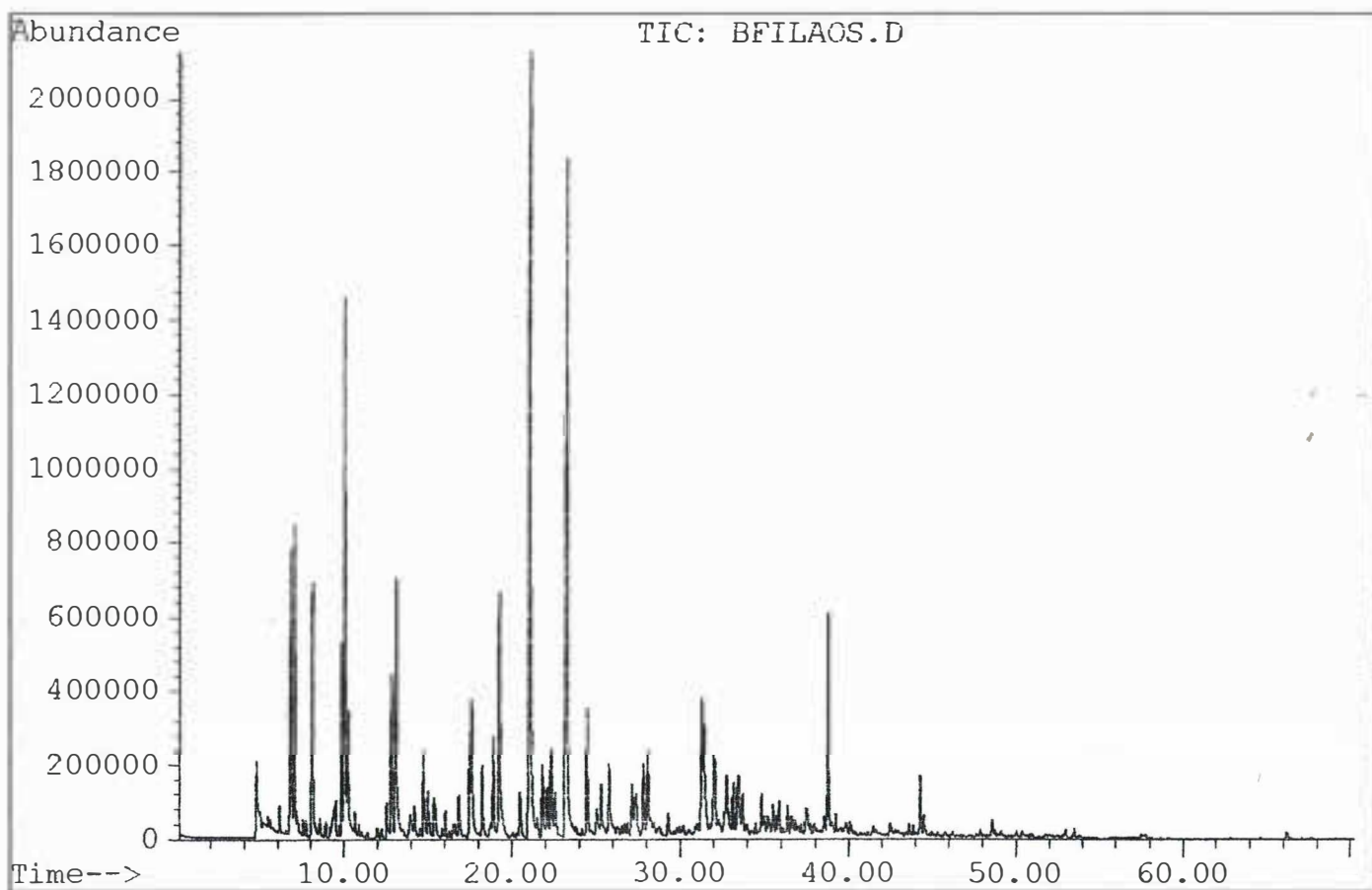
File : C:\HPCHEM\1\DATA\BOUCANE\BPECHER.D
Operator : clem
Acquired : 29 Jul 03 10:29 am using AcqMethod BOUCANE
Instrument : Masse n°4
Sample Name: boucané pecher
Misc Info :
Vial Number: 1



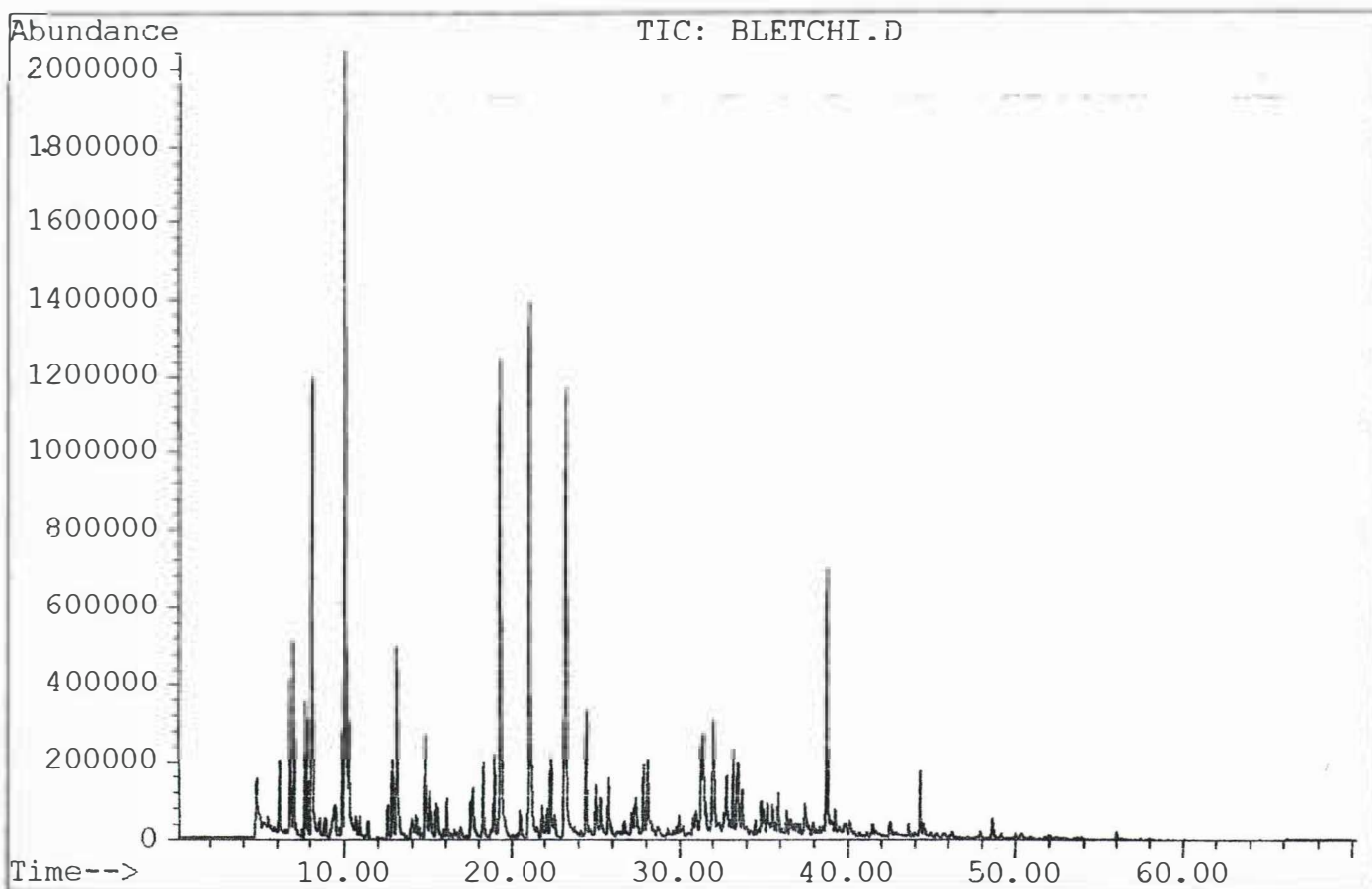
File : C:\HPCHEM\1\DATA\BOUCANE\BHETRE1.D
Operator : clem
Acquired : 16 Jul 03 2:52 pm using AcqMethod BOUCANE
Instrument : Masse n°4
Sample Name:
Misc Info :
Vial Number: 1



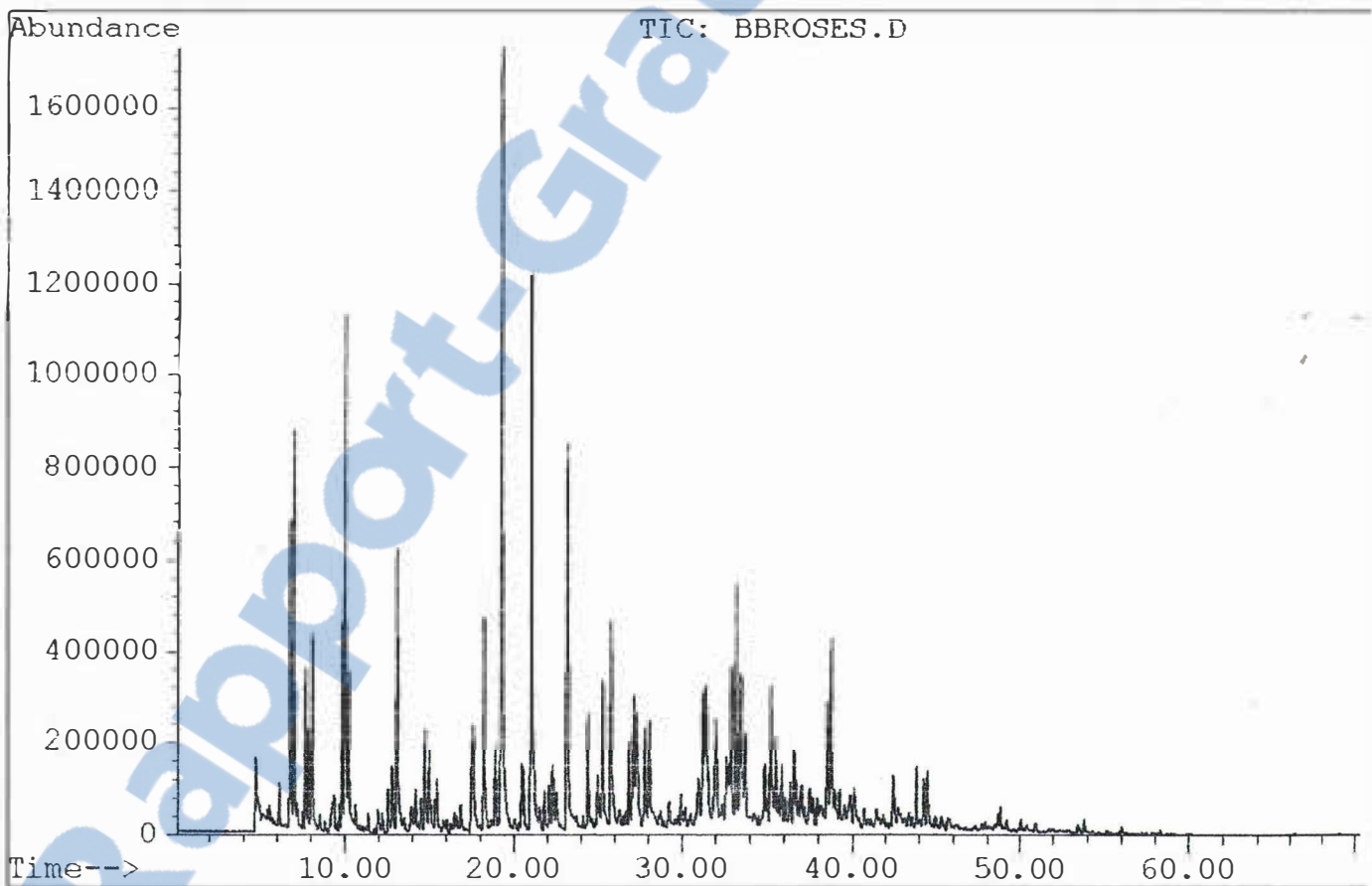
File : C:\HPCHEM\1\DATA\BOUCANE\BFILAOS.D
Operator : clem
Acquired : 16 Jul 03 10:21 am using AcqMethod BOUCANE
Instrument : Masse n°4
Sample Name:
Misc Info :
Vial Number: 1



File : C:\HPCHEM\1\DATA\BOUCANE\BLETCHI.D
Operator : clem
Acquired : 15 Jul 03 4:49 pm using AcqMethod BOUCANE
Instrument : Masse n°4
Sample Name:
Misc Info :
Vial Number: 1



File : C:\HPCHEM\1\DATA\BOUCANE\BBROSES.D
Operator : clem
Acquired : 16 Jul 03 1:12 pm using AcqMethod BOUCANE
Instrument : Masse n°4
Sample Name:
Misc Info :
Vial Number: 1



File : C:\HPCHEM\1\DATA\BOUCANE\BTAMARIN.D
Operator : clem
Acquired : 15 Jul 03 3:13 pm using AcqMethod BOUCANE
Instrument : masse n°4
Sample Name:
Misc Info :
Vial Number: 1

