

FranceAgriMer

Convention d'exécution PRIZ 2008-2
Compte Rendu Année 5 - 2009

*«Optimisation des conditions de traitement
et de conservation du riz pour la qualité
aromatique»*

*R. BOULANGER, J. POONLAPHDECHA, B. PONS, J.M. MEOT, M.C. LAHON,
Z GUNATA, C. MESTRES*

Plan d'adaptation de la filière riz camarguaise

1 Introduction

Dans le cadre du suivi de la filière riz camarguaise et aux vues des résultats précédents, les travaux de recherche sur la qualité aromatique du riz ont été axés sur la conservation de l'arôme durant le traitement après récolte et le stockage. Ces travaux ont donc porté sur deux axes.

- Le premier porte sur l'influence des conditions de stockage du riz. En effet, en 2008, il avait été montré qu'un stockage à 4°C permettait une bonne conservation de la teneur en 2-acétyl-1-pyrroline (2AP) dans le riz contrairement à un stockage à température ambiante. Suite à ces résultats, une étude sur l'influence de différents modes de stockage a été initiée. Trois types de stockage ont été réalisés afin de suivre la teneur en 2AP dans le riz (paquet souple d'aluminium scellé, en paquet carton et en vrac) à deux températures.
- Le deuxième axe de ce travail a porté sur la perte en 2AP induit par le séchage du riz. L'étude a été réalisée sur des types de séchage s'approchant de ceux réalisés par les industriels. Le séchage a donc été conduit sous quatre conditions pour quatre teneurs en eau du produit.

2 Influence des conditions de stockage sur la qualité aromatique du riz

2.1 Méthodologie

2.1.1 Matériel végétal

L'étude sur l'influence du stockage a été réalisée sur deux riz aromatiques de Camargue collectés en 2008, Aychade (31/09) et Fidji (32/09), fourni par le centre français du riz.

Après réception, le décorticage a été effectué avec un décortiqueur *Satake*. Les grains paddy, riz brut de récolte, subissent un passage entre deux rouleaux en caoutchouc afin d'enlever les balles, puis celles-ci sont séparées des grains par aspiration.

Le blanchiment a été réalisé par un Blanchisseur à cône abrasif (*Colombini Sergio & C. Mod. G. 150*) qui sépare le son des riz cargos par friction entre les riz et un cône en pierre.

Après les traitements les riz ont été triés afin d'enlever les brisures dans nos échantillons.

2.1.2 Conditionnement des échantillons

Les échantillons de riz ont été conditionnés en lot de 50 g. Afin de suivre l'évolution au cours du temps, six échantillons par condition ont été créés. Chaque mois durant six mois, un lot par type de conditionnement a été analysé. Les formes et les conditions de stockage sont récapitulées dans le Tableau 1.

Les emballages aluminium et cartons sont des lots commerciaux provenant de la société Lustucru.

Tableau 1: Conditions de stockage des riz de Camargue

Conditionnement	Variété			
	Aychade		Fidji	
Aluminium	4°C	20°C	4°C	20°C
Aluminium sous vide	4°C	20°C	4°C	20°C
Aluminium sous azote	4°C	20°C	4°C	20°C
Carton	4°C	20°C	4°C	20°C
À l'air libre	4°C	20°C	4°C	20°C

2.1.3 Quantification des teneurs en composés volatils (2AP)

Suite aux travaux réalisés en année 4 qui ont montré que la finesse du broyage n'intervenait que peu dans la libération du 2AP, l'analyse des composés d'arôme a été réalisée sur des riz broyés grossièrement avec un broyeur de type Cemotec (Granulométrie de 1 mm). Trois grammes de riz broyés sont mis dans un vial de 10 ml, fermé ensuite avec un bouchon septum PolyTetraFluoroÉthylène/Silicone (PTFE/Si). Les vials ont été conservés à 4°C jusqu'à l'analyse SPME.

Les composés volatils ont été extraits par la technique SPME avec une fibre DVB/Carboxen/pdms. Les conditions d'extraction SPME et d'analyse en CPG-SM ont également été conservées suite aux travaux précédents puisque la détermination de la teneur en 2AP est calculée à l'aide d'une courbe de calibration et corrigée de la dérive éventuelle de la fibre SPME (rapport année 4). Comme les années précédentes, trois mesures ont été effectuées par échantillons

2.1.4 Mesure de la teneur en oxygène

La mesure de la teneur en oxygène dans les emballages aluminium sous vide et sous azote a été réalisée avec un analyseur de gaz checmate 990 (PBI Dansensor). La mesure est réalisée grâce à une seringue qui est piquée à travers l'emballage aluminium de l'échantillon.

2.2 Analyse des teneurs en oxygène

Les teneurs en oxygène dans les différents échantillons de riz conditionnés sous azote ont été mesurés afin vérifier que cette teneur était bien inférieure à celle de l'air ambiant. En effet, l'oxygène est à l'origine de la dégradation des acides en gras en composés d'arôme. La limitation de cet élément avait donc pour intérêt de limiter les phénomènes d'oxydation des acides gras. L'analyse des teneurs en oxygène en fonction des riz et de l'emballage aluminium est donnée dans le tableau 2.

Les résultats de l'analyse de la teneur en oxygène indiquent que les essais conservés à 4°C contrairement à ceux de 20°C ont des teneurs très proches de celle de l'atmosphère. Le scellement des sachets a donc dû subir des dégradations ne permettant plus à l'emballage d'être parfaitement hermétique aux transferts de gaz. L'analyse du suivi de la composition

aromatique sera donc à rapprocher des teneurs observées à celle des sachets aluminium scellés sous atmosphère non modifiée.

Tableau 2 : Teneur en oxygène en % dans les différents types de conditionnement

Variété	Température	Conditionnement : Aluminium sous azote					
		Mois de stockage					
		1	2	3	4	5	6
Aychade	4°C	14.2	21.4	5.2	21.4	21.4	21.3
	20°C	4.1	21.3	1.7	18.4	2.21	3.16
Fidji	4°C	20.3	3.1	21.2	21.4	21.4	4.01
	20°C	4.4	1.14	4.3	2.56	4.77	1.62

2.3 Suivi de la concentration en 2AP au cours du stockage

L'analyse de tous les composés d'arôme a été réalisée sur les deux variétés (Aychade et Fidji). Parmi les composés identifiés (Annexe 1, fig. I et II), les aldéhydes représentent la famille la plus importante, suivie de celle des alcools. Pour les deux variétés, parmi ces molécules, les composés d'arôme quantitativement les plus importants sont la 2AP, et deux aldéhydes l'hexanal et le nonanal. Les teneurs en ces composés sont cependant plus importantes dans la variété Aychade. Pour la suite de l'étude sur l'évolution sur la qualité aromatique du riz au cours du stockage, seul le dosage de la 2AP a été réalisé, cette molécule étant la molécule reconnue comme une des plus importantes de l'arôme du riz. La teneur initiale en cette molécule est de 1074 et 805 ppb, respectivement pour les variétés Aychade et Fidji. Ces deux teneurs initiales sont fortes et indiquent une bonne qualité aromatique des deux riz.

2.3.1 Stockage à 20° C

Quelle que soit la variété étudiée, l'évolution de la teneur en 2AP au cours du stockage montrent une importante diminution (Fig. 1, variété Aychade ; Fig. 2 variété Fidji). Celle-ci est très importante (entre 60 et 70% de la teneur initiale) au cours des deux ou trois premiers mois. Au cours des mois suivants, la teneur en 2AP dans le riz se stabilise pour ensuite légèrement diminuer au sixième mois. Par conséquent, la perte de 2AP se réalise très rapidement lors du stockage pour ensuite arriver à une teneur qui paraît relativement constante.

L'évolution de ces teneurs a été étudiée pour cinq types de stockage différents. Un stockage à l'air libre, un stockage en paquet cartonné, et trois en paquet aluminium. Le conditionnement en paquet aluminium a été réalisé sous air, sous azote ou sous vide. L'analyse statistique de la teneur en 2AP en fonction des conditionnements ne montre pas de différence significative indiquant alors que quel que soit le type de conditionnement utilisé la perte en 2AP n'est pas limitée. La perte en 2AP n'est donc pas limitée par les échanges et/ou reliée de manière directe à la teneur en oxygène du milieu. Les types d'emballages commerciaux utilisés couramment ne permettent donc pas de limiter la perte en 2AP. Ces conclusions s'avèrent identiques quelle que soit la variété étudiée (Aychade ou Fidji).

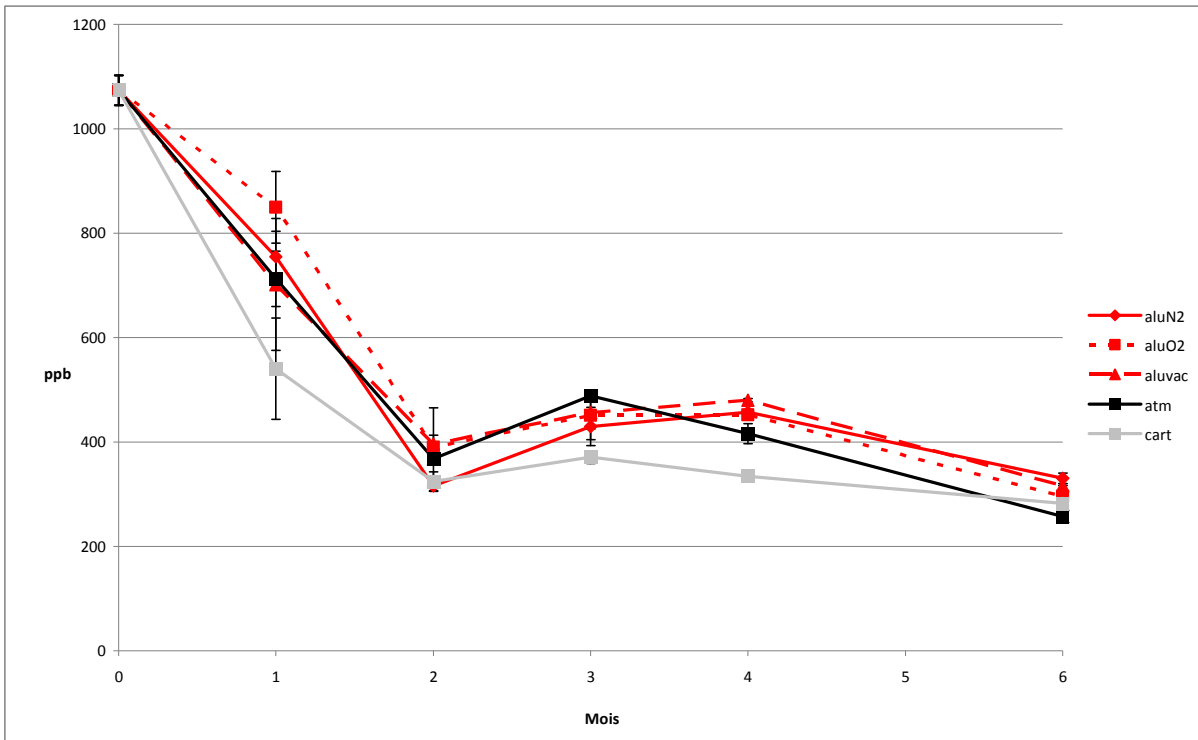


Figure 1: Suivi de la concentration en 2AP dans la variété Aychade

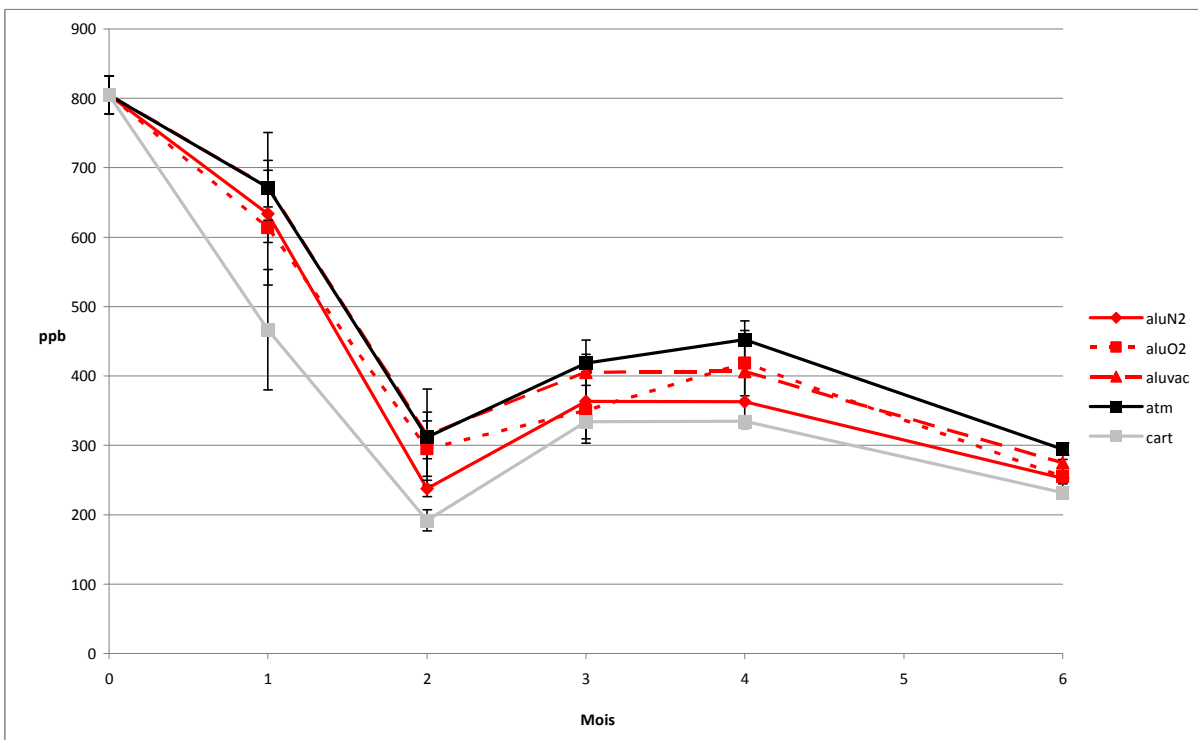


Figure 2 : Suivi de la concentration en 2AP dans la variété Fidji

2.3.2 Stockage à 4° C

Comme observés à 20°C, à 4°C la teneur en 2AP au cours du stockage diminue de manière importante après deux mois (Fig. 3, variété Aychade ; Fig. 4, variété Fidji). Cette perte varie entre 35 et 58 % de la teneur initiale en fonction des essais. Ensuite la teneur en 2AP augmente au cours des mois suivants pour subir une deuxième diminution après six de stockage. La perte finale de 2AP varie entre 42 à 51% pour tous les essais hormis celui stockés en carton où la diminution de la perte est plus importante puisqu'elle est de 64% pour la variété Aychade et de 71% pour Fidji.

L'évolution de cette teneur a été étudiée pour les cinq types de conditionnements décrits précédemment pour 20°C. Contrairement aux résultats obtenus à 20°C, des différences sont observées en fonction du type d'emballage utilisé. L'analyse statistique (Tab. 3) montre que les emballages aluminium permettent de limiter un peu mieux la perte en 2AP. Le stockage en carton est celui qui aboutit à la perte la plus importante en 2AP, bien après le conditionnement à l'air libre. Le stockage du riz à l'air libre a été réalisé en bocaux en verre, d'où une diffusion de l'air plus faible dans cette essai que dans celui où le riz était stockés en carton. Les échanges gazeux ont donc dû être plus importants dans l'emballage carton que dans le verre induisant alors cette perte plus importante dans ce dernier emballage.

Suite aux problèmes de scellement des sachets à 4°C, il n'est pas possible de dire si un stockage appauvri en oxygène permet une meilleure conservation de la teneur en 2AP. Les résultats obtenus pour cet essai s'avère statistiquement identique aux ceux obtenus sous air. Cependant le stockage en aluminium sous vide n'aboutit non plus à des résultats statistiquement différents des deux autres types de conservation en aluminium. Par conséquent, il apparaît que le stockage du riz en emballage en aluminium à 4°C quelle que soit son atmosphère permet de limiter un peu les pertes en composés d'arômes.

Tableau 3 : Analyse statistique de la teneur en 2AP (ppb) en fonction du type d'emballage à 4°C

Conditionnement	Aychade	Conditionnement	Fidji
Alu_vide	968 a	Alu_vide	723 a
Alu_O2	968 ab	Alu_O2	705ab
Alu_N2	828 bc	Alu_N2	648ab
Atm	765 cd	Atm	622 b
Carton	642 d	Carton	423 c

2.3.3 Comparaison de l'évolution de la teneur en 2AP en fonction du type d'emballage à 4° et 20°C

La comparaison de l'évolution entre les teneurs en 2AP à 4°C et 20°C montrent que le stockage à 4°C permet de limiter les pertes en ce composé pour les deux variétés étudiées (Annexe 2, Fig. III à VII). Les emballages de types aluminium permettent de limiter la perte de 2AP de 21 à 29% après six mois de stockage. La conservation à 4°C à l'air libre (bocaux en verre non scellés) aboutit à une perte de 25 et 16% respectivement pour les variétés Aychade et Fidji. L'emballage en carton ralentit seulement cette perte au cours des cinq premiers mois, bien que de façon moins importante que les autres types d'emballages. Au

cours du sixième mois, les teneurs en 2AP du riz à 4°C ou 20°C sont très voisines indiquant que ce type d'emballage ne fournit pas la même protection au riz que les emballages aluminium.

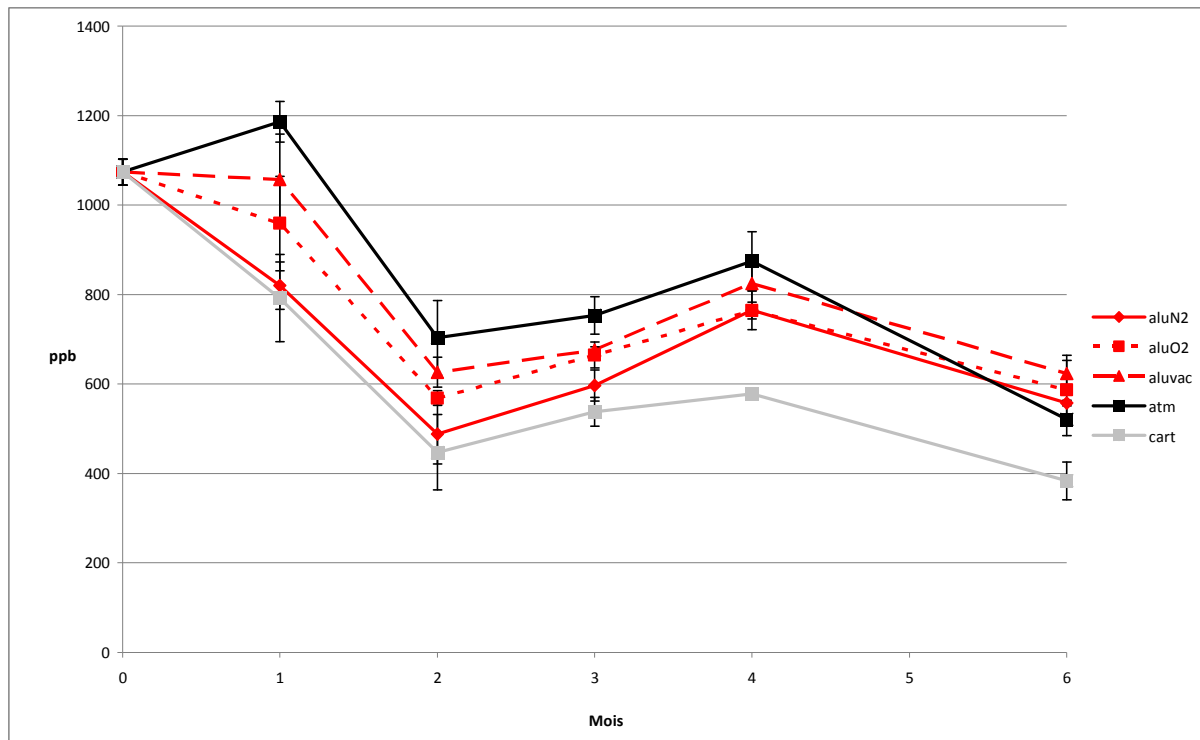


Figure 3: Suivi de la concentration en 2AP dans la variété Aychade stockée à 4°C

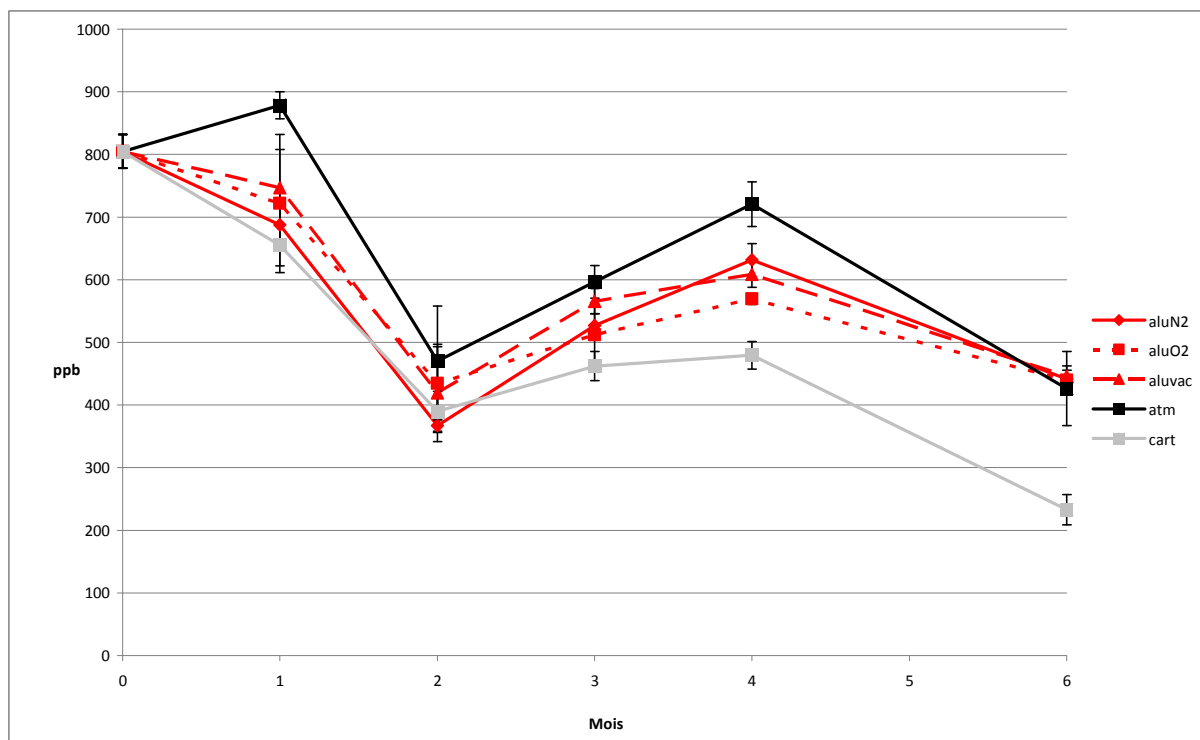


Figure 4 : Suivi de la concentration en 2AP dans la variété Fidji stockée à 4°C

3 Influence des conditions de séchage sur la qualité aromatique du riz

3.1 Méthodologie

3.1.1 Matériel végétal

L'étude de l'influence des conditions de séchage a été réalisée sur un riz aromatique de Camargue collecté en 2009, variété Fidji (331/10), fourni par le centre français du riz. N'ayant pu disposer de riz humide, le Cirad a réhydraté le riz (teneur en eau initiale 13,8% MH) avant de le sécher. Le riz a été stocké à 4°C jusqu'à la réalisation du séchage.

Après séchage, le décorticage a été réalisé comme décrit précédemment dans le paragraphe 2.1.1. Le rendement cargo est calculé.

Le blanchiment a été réalisé par un Blanchisseur à cône abrasif (*Colombini Sergio & C. Mod. G. 150*). Le rendement global en grains blanchi est calculé par rapport à la prise d'essai paddy au départ.

Après les traitements les riz ont été triés afin d'enlever les grains brisés dans nos échantillons. Le rendement en grains entiers est calculé par rapport à la prise d'essai paddy de départ.

Le riz étudié lors des essais de séchage avait déjà subi un séchage. Ainsi, les résultats présentés dans cette partie du rapport ne doivent être considérés que comme des valeurs relatives, comparables entre elles. Les conclusions devront être confirmées par des essais sur des riz « naturellement » humides.

3.1.2 Réhumidification du riz

Afin de pouvoir réaliser les essais de séchage, le riz a été réhydraté deux jours en couche mince (<1 cm) dans des enceintes climatiques ventilées BINDER (KBF240 et KBF720). Des conditions spécifiques ont été choisies pour obtenir des teneurs en eau finale de 16%, 19% et 22% proches de celles observées lors de la récolte du riz en Camargue. Les paramètres permettant d'obtenir ces teneurs en eau sont respectivement une température de 35° C et une d'humidité relative variant de 88.5 à 95,3%.

Après hydratation, les riz ont été stockés deux à trois jours en boîte plastique étanche à température ambiante (20°C) avant d'être séchés. Ce temps d'attente visait à permettre une homogénéisation de la teneur en eau au sein des grains.

Lors des essais, des débuts de développement de moisissures ont été constatés. Faute de méthode de travail alternative, les essais ont été conduits malgré ce défaut.

3.1.3 Séchage du riz

Les essais ont été réalisés sur la boucle pilote de séchage du Cirad. Cet équipement est représenté à la figure 5.

C'est un séchoir à air chaud, à recirculation et à chauffage électrique. Il est régulé en température par une batterie de chauffage électrique et un dispositif de refroidissement par échangeur à forte surface d'échange. La régulation d'humidité est assurée par un dispositif

atmosphérique de production de vapeur et deux vannes papillons de renouvellement d'air. Un ordinateur de conduite assure la régulation ainsi que les phases séquentielles de démarrage, arrêt et pesées.

Son domaine de travail est défini par les points suivants :

45°C, 30%HR
45°C, 90%HR
80°C, 90%HR
120°C, 25%HR

La vitesse d'air est réglable entre 0.8 et 4 m/s. Nos essais ont été réalisés avec un débit de 2,5 m/s

La température et l'humidité de l'air sont mesurées à l'aide d'un hygromètre capacitif Rotronic (convertisseur HTS11X et sonde HYGROCLIP IC-3) qualifié annuellement. Les valeurs mesurées sont enregistrées en fichier compatible Excel à une période de 30 s.

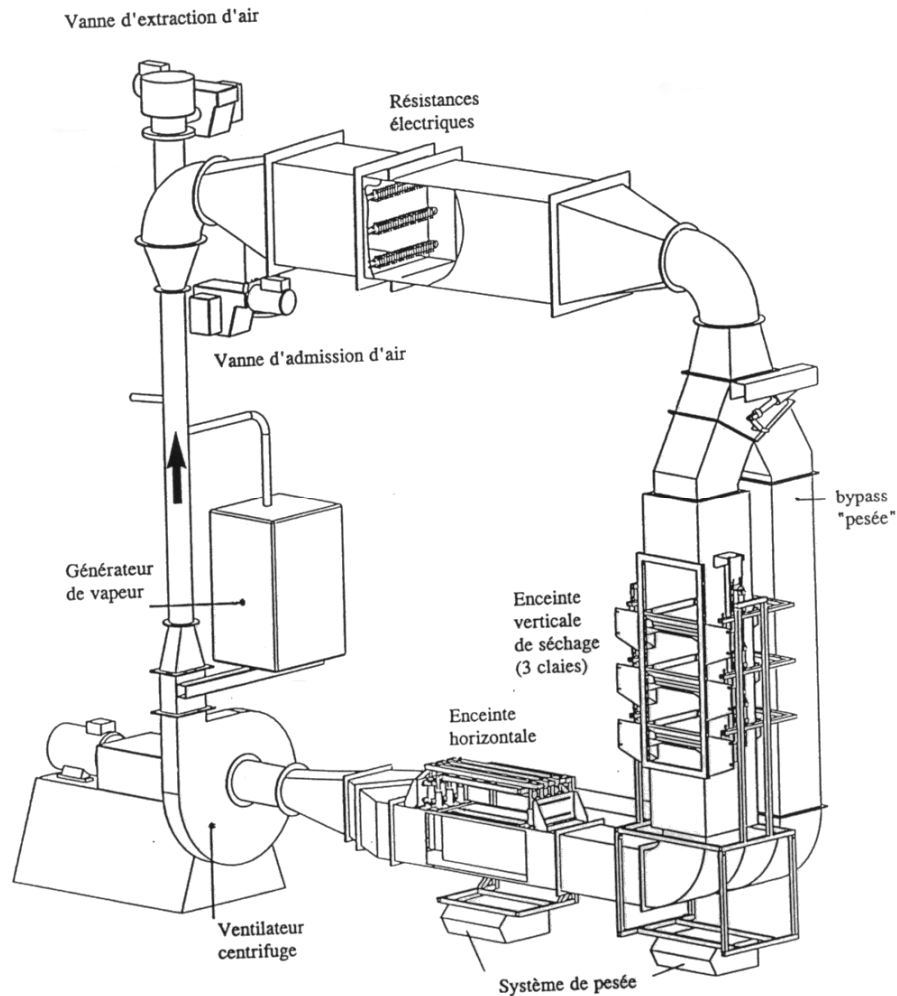


Figure 5 : Boucle de séchage du Cirad

Pour les essais, la veine verticale est utilisée. Le produit est disposé dans d'un tissu polyester type « rideau blanc translucide », l'ensemble étant disposé sur une claie de dimensions utiles 25 x 25 x 6 cm. Une précaution particulière est apportée lors du dépôt pour que le riz et le tissu recouvrent l'ensemble de la surface de la claie. L'air traverse la couche de produit du haut vers le bas lors du séchage.

Le suivi par pesée est réalisé en semi continu : Lors des pesées, l'air de séchage est dévié dans une veine d'air secondaire. Après stabilisation de l'air sur le produit, une pesée est faite par dépôt du mobile sur une balance, sans modifier sensiblement l'ambiance à laquelle est soumise le produit. La durée d'un cycle de pesée est de 20 secondes environ.

Les essais ont été conduits selon le protocole suivant :

1. Les conditions de séchage (programme) sont préalablement introduites dans l'ordinateur de conduite.
2. Le séchoir est conditionné à vide en température et humidité jusqu'à obtention des conditions d'air souhaitées. La claie qui servira au séchage est dans le séchoir pendant le conditionnement. Ainsi, si des gouttelettes d'eau doivent se fixer ou si des matières hygroscopiques doivent réagir à l'humidité, leur poids en condition d'essai est intégré à la tare. Des pesées sont réalisées à intervalle similaire à celui utilisé lors de l'essai. Elles servent à vérifier le bon fonctionnement du séchoir et du dispositif de pesée et les valeurs obtenues sont utilisées comme tare (**tare**) pour la conduite de l'essai.
3. L'échantillon est alors pesé ($M_{s,i}$) sur une balance de laboratoire disposé sur une table.
4. Le préchauffage du séchoir est arrêté.
5. L'échantillon est rapidement mis en place par un transfert quantitatif.
6. Le cycle de séchage est lancé.
 - Automatiquement, le séchoir mesure la masse initiale (Tare + échantillon), avant de mettre en route le ventilateur
 - Des pesées sont faites selon la périodicité choisie.
7. Vérification de cohérence des pesées
Dès le cycle de séchage lancé, le poids résiduel des échantillons ayant contenu le riz humide est mesuré ($M_{s,f}$). On vérifie que ($M_{p,0} - \text{tare}$) est suffisamment proche de ($M_{s,i} - M_{s,f}$) pour confirmer l'absence d'erreur ou de problème.
8. L'arrêt de séchage est fait :
 - Un opérateur suit l'évolution du poids présent dans le séchoir. Il arrête le séchoir lorsque le poids atteint le poids souhaité.L'arrêt du séchage comprend les étapes suivantes :
 - 8.1. Tarage d'un récipient dans lequel sera récolté le riz.
 - 8.2. Arrêt du cycle de séchage
 - 8.3. Récupération quantitative du riz et mise dans le récipient
 - 8.4. Pesée de l'ensemble (récipient + riz)

- 8.5. Refroidissement du riz pendant 5 minutes en récipient ouvert, en conditions ambiantes.
- 8.6. Pesée de l'ensemble (récipient + riz)
- 8.7. Prélèvement d'environ 15 g de riz pour mesure de teneur en eau finale
- 8.8. Mise en sachet du riz

Ce mode opératoire évite d'éventuelles condensations de vapeur d'eau à l'intérieur des sachets. Celles-ci pourraient induire des lieux humides, propices au développement de microorganismes, ainsi que des gradients de teneur en eau dans le sachet.

En temps différé, une vérification des bonnes performances de pesées est effectuée en fin de séchage en comparant le poids final de riz pesé dans le séchoir et celui mis dans le sachet.

Traitement et mise en forme des résultats d'essais

Lorsque la teneur en eau finale du riz a été mesurée, le traitement des résultats d'essais comprend les étapes décrites ci-dessous.

1. Vérification de la cohérence des données
Vérification à partir des données enregistrées en fichier que les consignes de température et d'humidité relative de l'air ont été respectées correctement.
2. Calcul des teneurs en eau à partir de celle mesurée sur le produit sec
La mesure de teneur en eau est toujours plus précise sur produit sec que sur produit humide. A partir de la valeur de teneur en eau mesurée sur le produit séché et des masses mesurées, la masse de matière sèche est déterminée.
Les teneurs en eau au cours du séchage sont ensuite recalculées.
3. Correction de la durée de séchage
La durée de séchage contenue dans les fichiers de données issus du programme de conduite du séchoir est réduite de 20 secondes afin de tenir compte de la durée de lancement du ventilateur en début de séchage.

Les durées des pesées ne sont pas déduites du temps de séchage. Ce choix vient du fait que, pour le riz aux teneurs en eau travaillées, le phénomène limitant est en général le transfert interne. En l'absence de ventilation, ce transfert se poursuit (« revenu »). La reprise du séchage lors du retour du flux d'air conduit à des données très proches de celles qui pourraient être obtenues en absence d'interruption de séchage. Plusieurs publications ont montré que ce raisonnement est correct. Par ailleurs, dans le cadre de ce travail, l'important est de soumettre le riz à un séchage sans revendiquer que celui-ci représente exactement un séchage industriel.

Le temps référence pour les pesées est celui de la fin de pesée.

4. Détermination des conditions d'air
Le programme de conduite du séchoir Cirad produit deux fichiers séparés, l'un contenant des enregistrements de valeurs instantanées de température et d'humidité d'air, l'autre contenant les poids mesurés lors des pesées.

3.2 Suivi de la teneur en eau lors des séchages

Quatre conditions de séchage ont été testées afin de savoir si la température et l'humidité relative avaient un effet sur la teneur en 2AP finale du riz. Les conditions de séchage suivantes ont donc été testées.

- Température : 40°C et humidité relative de l'air : 60%
- Température : 40°C et humidité relative de l'air : 40%
- Température : 60°C et humidité relative de l'air : 60%
- Température : 60°C et humidité relative de l'air : 40%

Les courbes de séchage du riz en fonction des paramètres du séchoir sont données figures 6 (40°C) et 7 (60°C). Pour atteindre une teneur en eau finale d'environ 13.5 (bh), une température de 40°C implique des temps de séchage allant de 40 mn à 6h suivant la teneur initiale du grain et l'HR de l'air. Les temps de séchage vont de 15 mn à 1h40 à 60°C. Une humidité relative de 60 % génère une diminution en eau dans le riz plus progressive que celle à 40 %. Ces différentes conditions nous permettent donc d'avoir une variation de séchage du riz importante qui pourra être reliée à la concentration en 2AP afin de savoir quel paramètre peut-être influant.

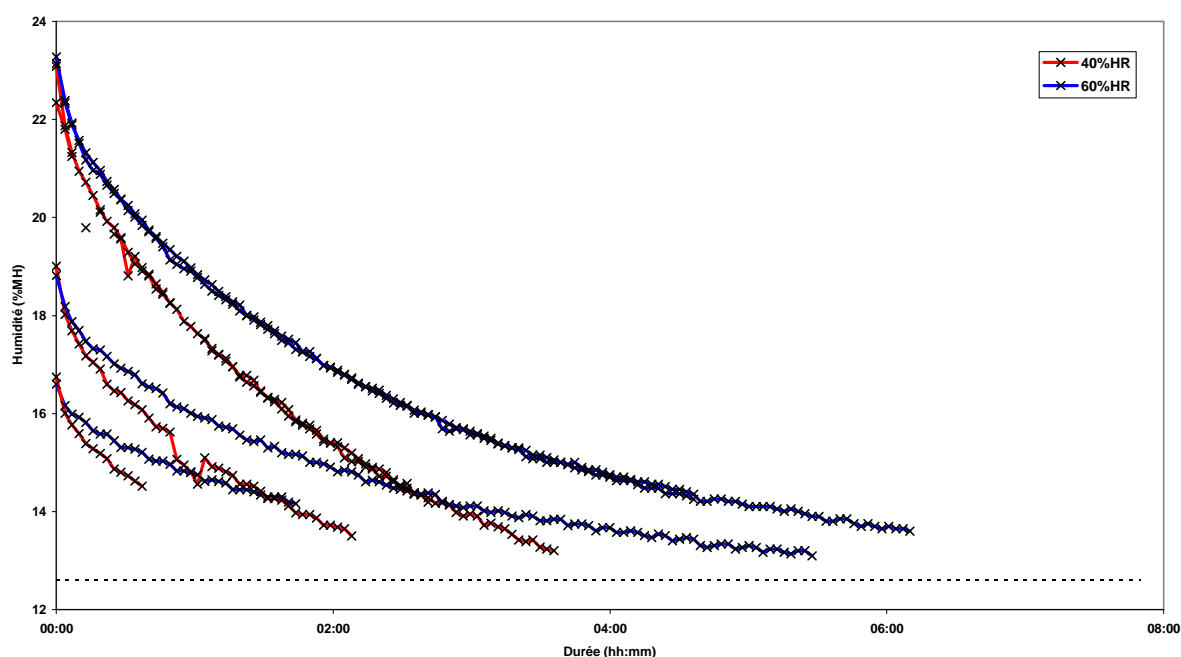


Figure 6 : Evolution de la teneur en eau du riz au cours du séchage à 40°C

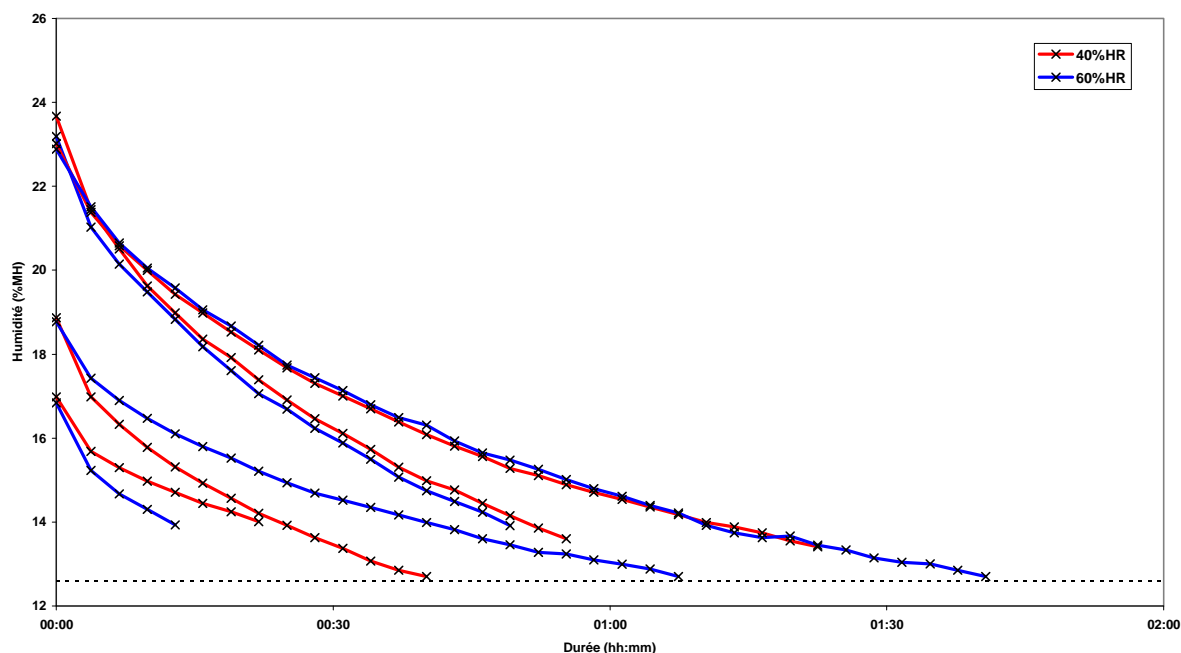


Figure 7 : Evolution de la teneur en eau du riz au cours du séchage à 60°C

3.3 Influence du séchage sur les caractéristiques du riz

3.3.1 Evolution des rendements en fonction du séchage

Les rendements de décortilage, d'usinage totale et sur grains entiers ont été mesurés sur l'échantillon initial c'est-à-dire avant réhumidification (tel qu'il a été reçu et après stockage à 4°C, il servira de référence) et après les essais de séchage (Annexe 3).

Quelles que soient les conditions de séchage et la teneur en eau initiale du riz, aucun effet significatif sur le rendement au décortilage ou sur le rendement usinage global blanchi n'a été constaté (Annexe 4, figure VIII à XI). Les valeurs respectives sont égales en moyenne à 81% et 71%. Cependant, un séchage des grains très humide (22% bh) réalisé à 60°C et 40 % d'humidité relative aboutit à des résultats d'usinage sur grains entiers très faible (entre 23 et 31) en comparaison des autres conditions. Ce résultat est logique. Une teneur en eau initiale élevée et un séchage intense induisent des gradients de teneur en eau internes aux grains importants. La forte rétraction de la surface met en place des contraintes qui conduisent à la cassure des grains pendant le séchage, ou lors de son usinage. Au vu de ces résultats, ce type de séchage ne semble pas être correct pour sécher des riz récoltés à des teneurs en eau supérieures à 18%.

3.3.2 Evolution des teneurs en 2AP

Les teneurs en 2AP de l'échantillon initial (avant réhumidification et séchage) et des différents échantillons (Fig. 8 et 9 et annexe 3) ont été mesurées sur riz blanchi et broyé.

La teneur en 2AP de l'échantillon initial est égale à 383,7 ppb.

Les riz séchés aux teneurs en eau initiales les plus faibles (16,7%) ont des teneurs en 2AP très supérieures (environ 200 ppb) à celles des riz initialement plus humides (de 90 à 120 ppb), et ce quelles que soient les conditions de séchage. La perte en 2AP varie de 32 à 42 % Pour des riz à forte teneur en eau (22,6 et 22,9%), les pertes en 2AP (~ 60%) sont équivalentes et ne dépendent pas des conditions de séchage. Pour une teneur en eau intermédiaire (18,4%), une température de séchage de 40°C limite un peu la perte en 2AP (~ 58%) alors que celle de 60°C aboutit à des pertes (~ 62%) et teneurs identiques à celles mesurées pour des riz réhumidifiés à une teneur en eau de 22%.

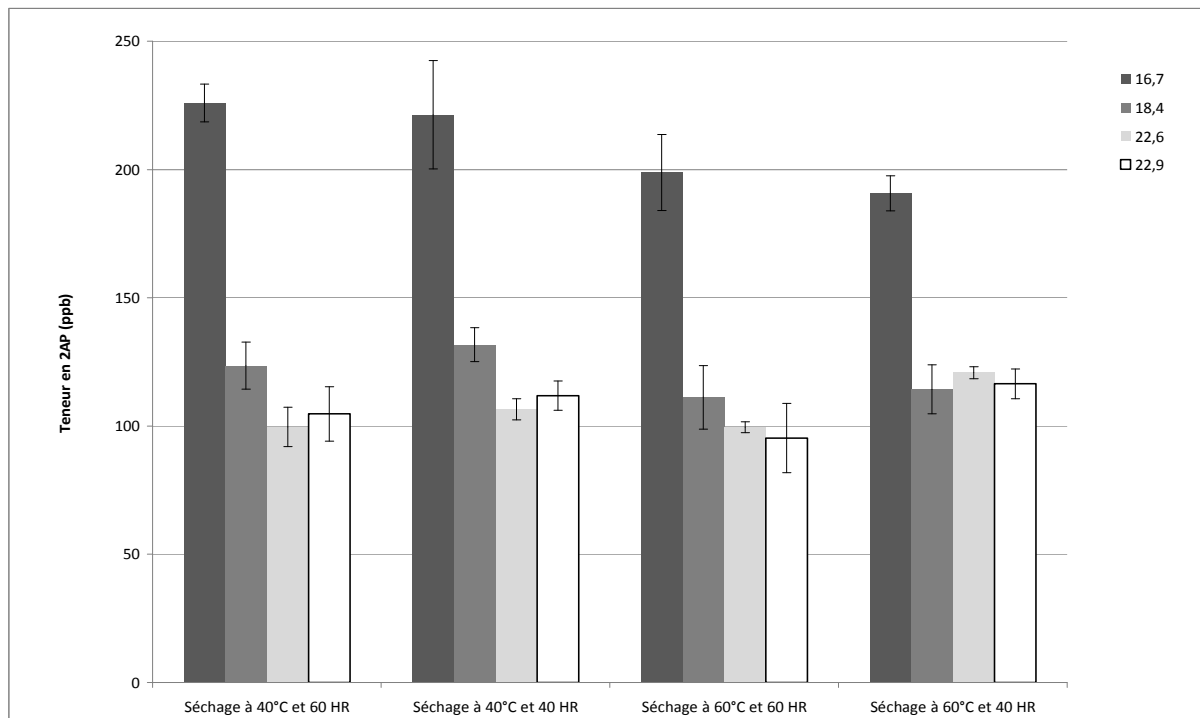


Figure 8 : Teneur finale en 2AP dans le riz en fonction des conditions de séchage du riz

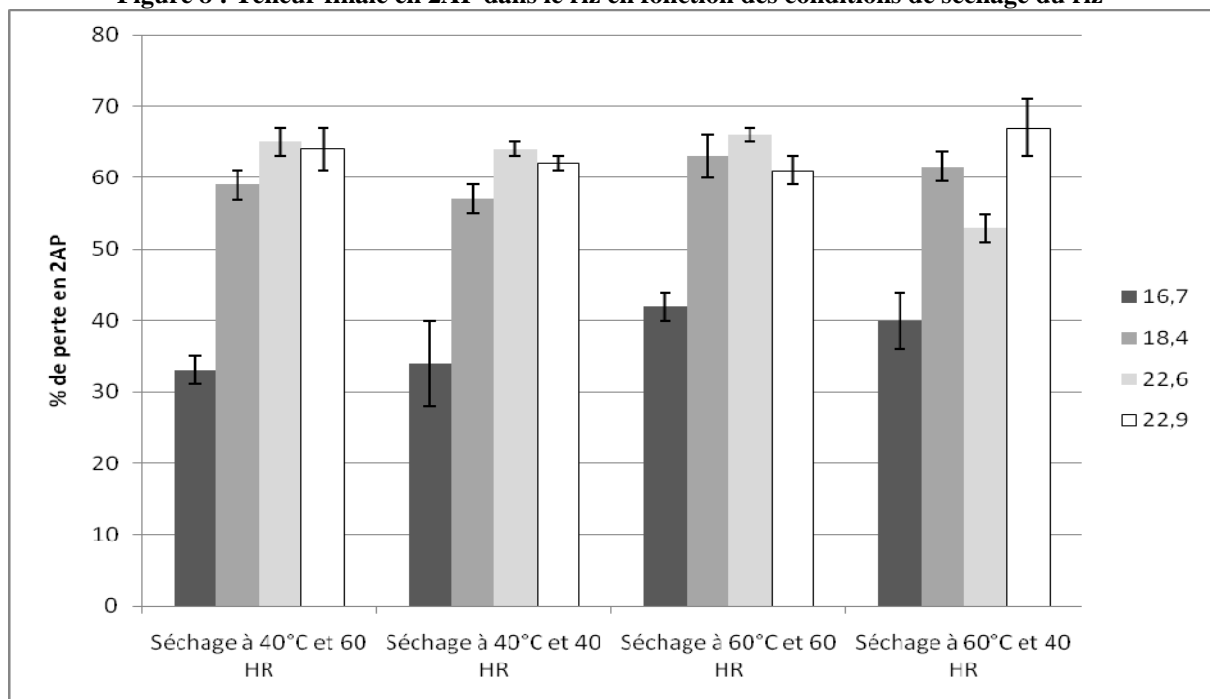


Figure 9: Pourcentage de perte en 2AP dans le riz en fonction des paramètres du séchage

La disparition en 2AP semble donc reliée au couple temps/température du séchage plus la température et le temps augmentent plus la perte en 2AP est importante. (Fig. 10). Pour l'humidité relative, contrairement à la température, aucune corrélation n'a pu être mise en évidence.

Le séchage réduit donc la teneur en 2AP du riz mais comme observé pour l'étude de conservation dans différentes conditions et emballages, une teneur limite existe au-delà de laquelle il n'y a plus ou peu de pertes. En outre, des conditions de séchage fragilisant les grains (60°C, 40%HR) n'induisent pas de perte plus importante de 2AP, indiquant donc qu'il n'y a pas de relation directe entre la structure externe du grain et la molécule de 2AP.

Pour favoriser la conservation du 2AP dans le grain, il convient donc de réaliser un séchage rapide du riz. Cependant les conditions permettant un séchage rapide induisent souvent une forte baisse du rendement usinage. Il sera donc nécessaire de trouver des conditions de séchage qui aboutissent à un optimum entre un séchage rapide et un rendement usinage acceptable.

Pour un riz dans un état donné, il semblerait que la disparition du 2AP soit liée à un phénomène interne, les conditions externes, séchage et/ou conservation, ne jouant que sur la cinétique de la disparition.

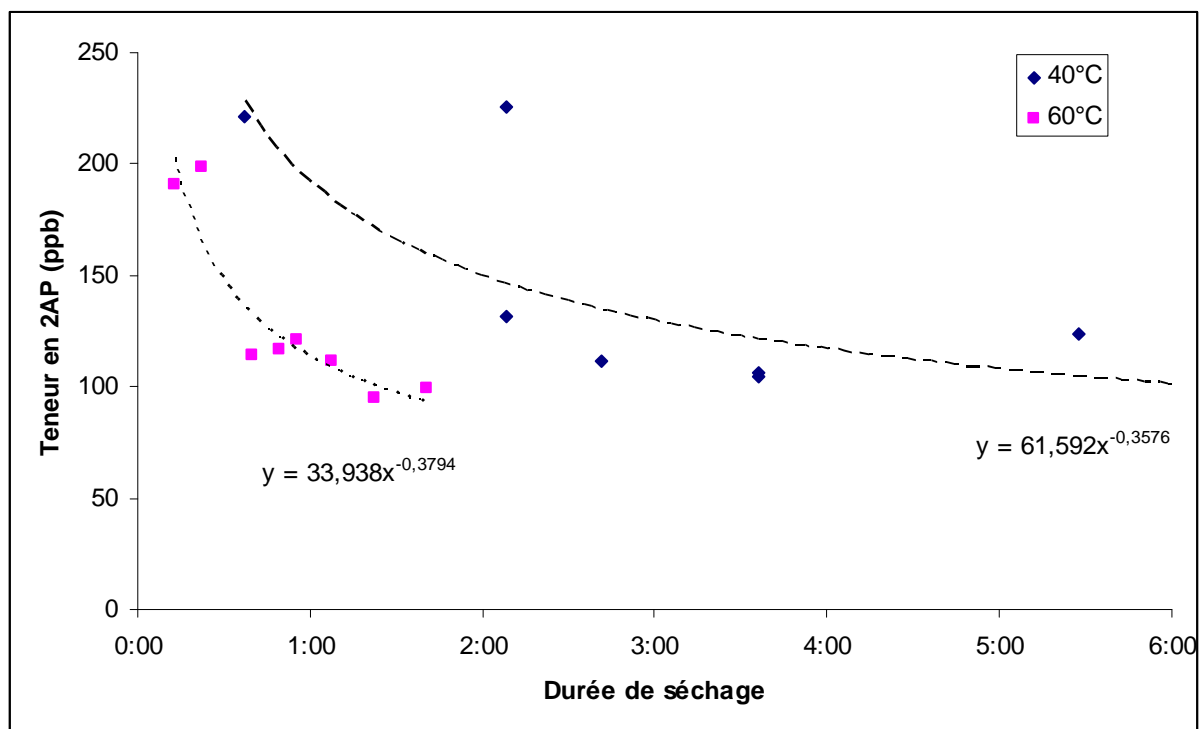


Figure 10 : Perte en AP dans le riz en fonction du temps de séchage

4 Conclusion

La première partie de ce travail a porté sur l'influence des emballages sur la concentration en 2AP du riz. L'analyse des teneurs en ce composé dans le riz en fonction du mode de stockage nous a permis de montrer que le stockage à 20°C aboutissait à une perte équivalente quel que soit le mode de d'emballage utilisé. A 4°C, les emballages aluminium permettaient de mieux conserver la teneur en 2AP que les autres types d'emballages.

Ces résultats nous ont permis de montrer que la diminution de la teneur en 2AP n'était pas reliée à la teneur en oxygène du milieu.

La seconde partie du travail a porté sur l'influence des paramètres du séchage sur la teneur en 2AP finale du riz. La perte en 2AP n'est pas directement liée à un entraînement par la vapeur d'eau mais plutôt au couple temps/température. Cette perte en 2AP atteint cependant un seuil limite dans nos conditions de séchage, y compris lorsque la structure des grains est endommagée.

L'ensemble des travaux montre que la perte de 2AP est un phénomène complexe dont les mécanismes ne sont pas une simple diffusion. Des conditions de séchage et de conservation bien choisies pourraient permettre de proposer un « riz aromatique primeur » pendant quelques mois après la récolte.

ANNEXE

Annexe 1 : Molécules aromatiques identifiées dans les différentes variétés de riz

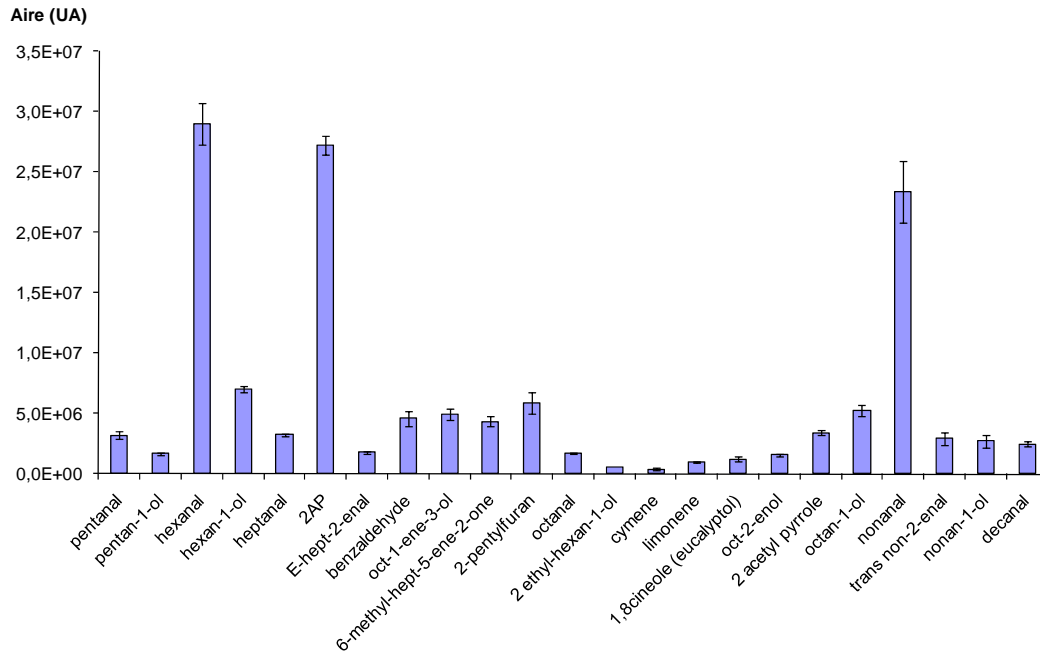


Figure I : Molécules aromatiques identifiées dans la variété Aychade à 0 mois de stockage

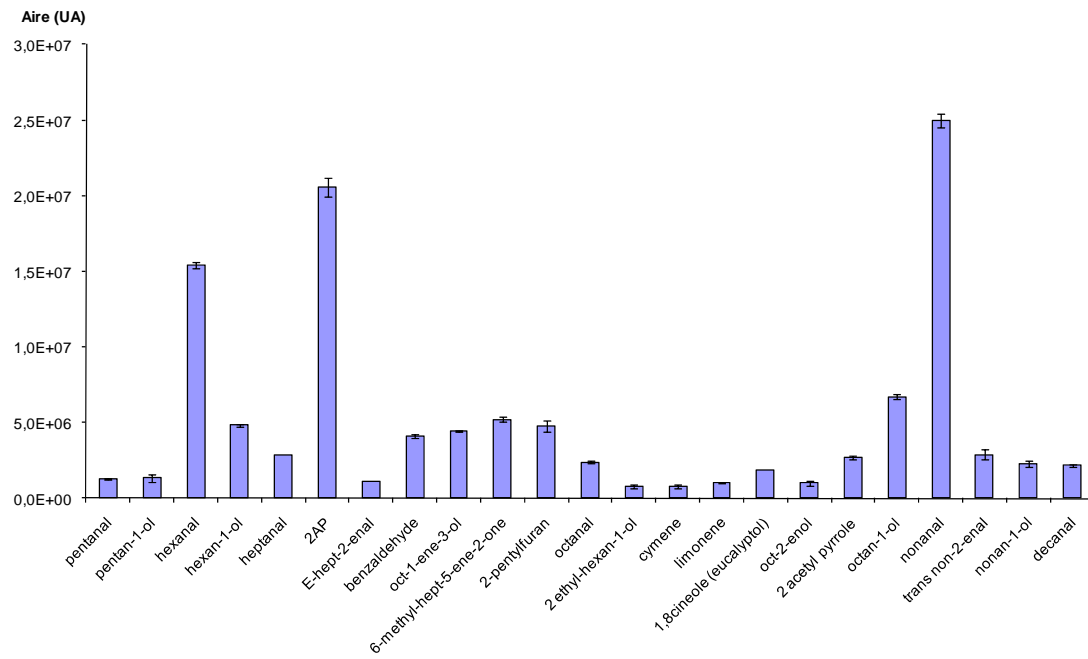


Figure II : Molécules aromatiques identifiées dans la variété Fidji à 0 mois de stockage

Annexe 2 : Comparaison des teneurs en 2AP en fonction de la température et du type d'emballage

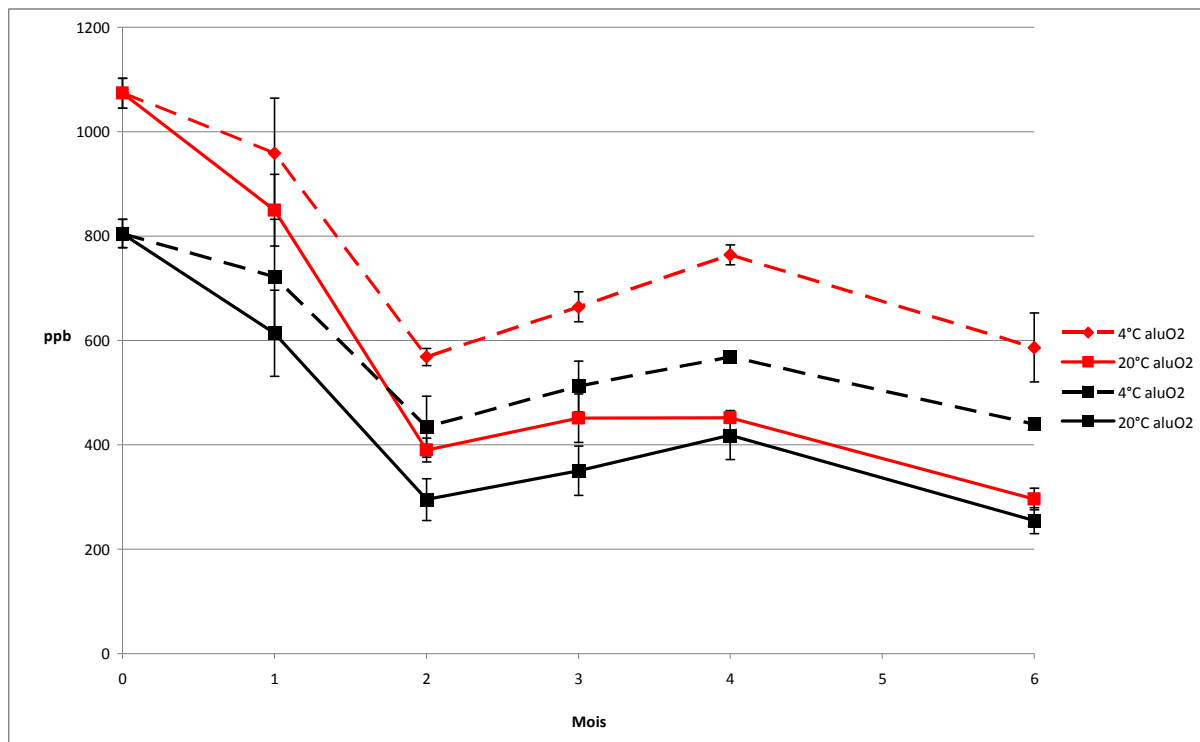


Figure III : Suivi de la concentration en 2AP du riz en emballage aluminium sous azote (Aychade, Fidji)

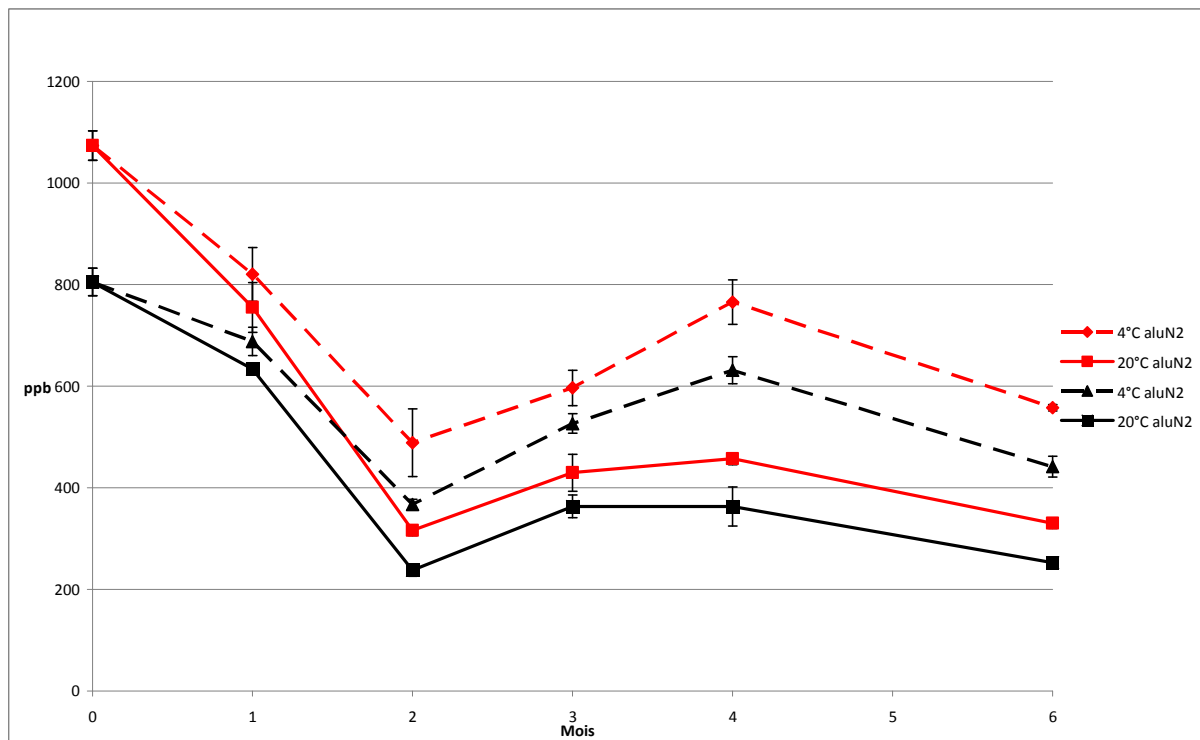


Figure IV : Suivi de la concentration en 2AP du riz en emballage aluminium sous vide (Aychade, Fidji)

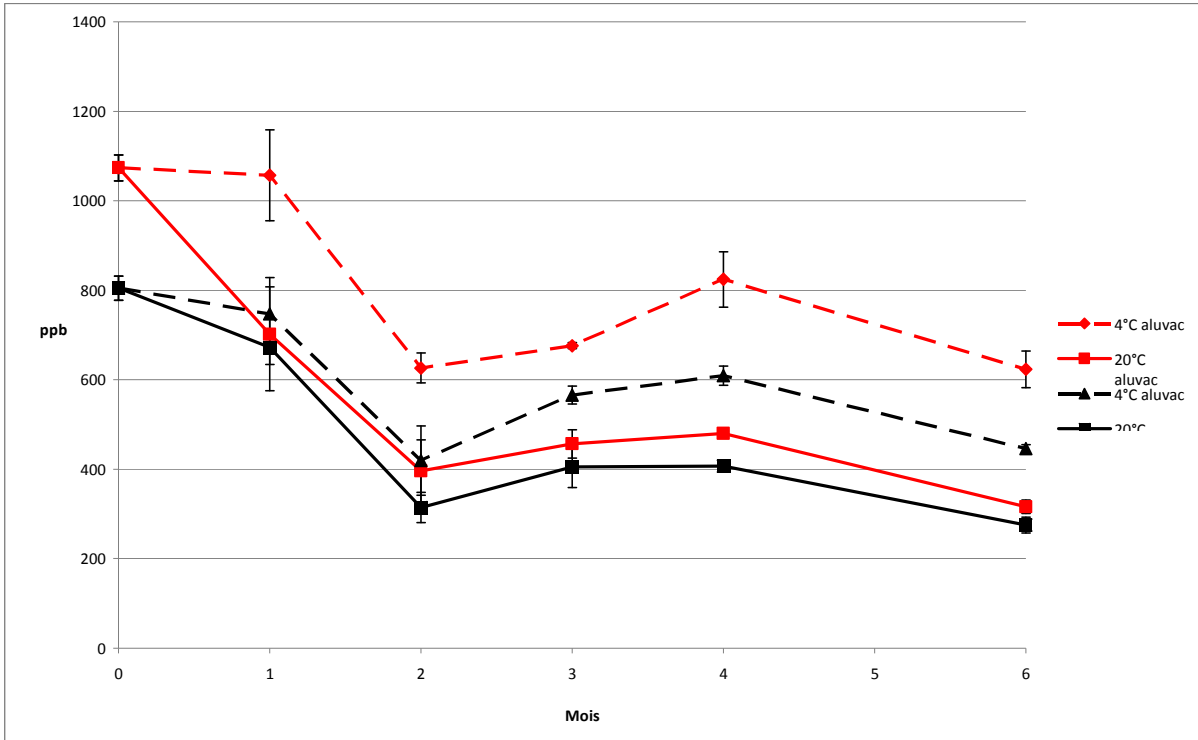


Figure V : Suivi de la concentration en 2AP du riz en emballage aluminium (Aychade, Fidji)

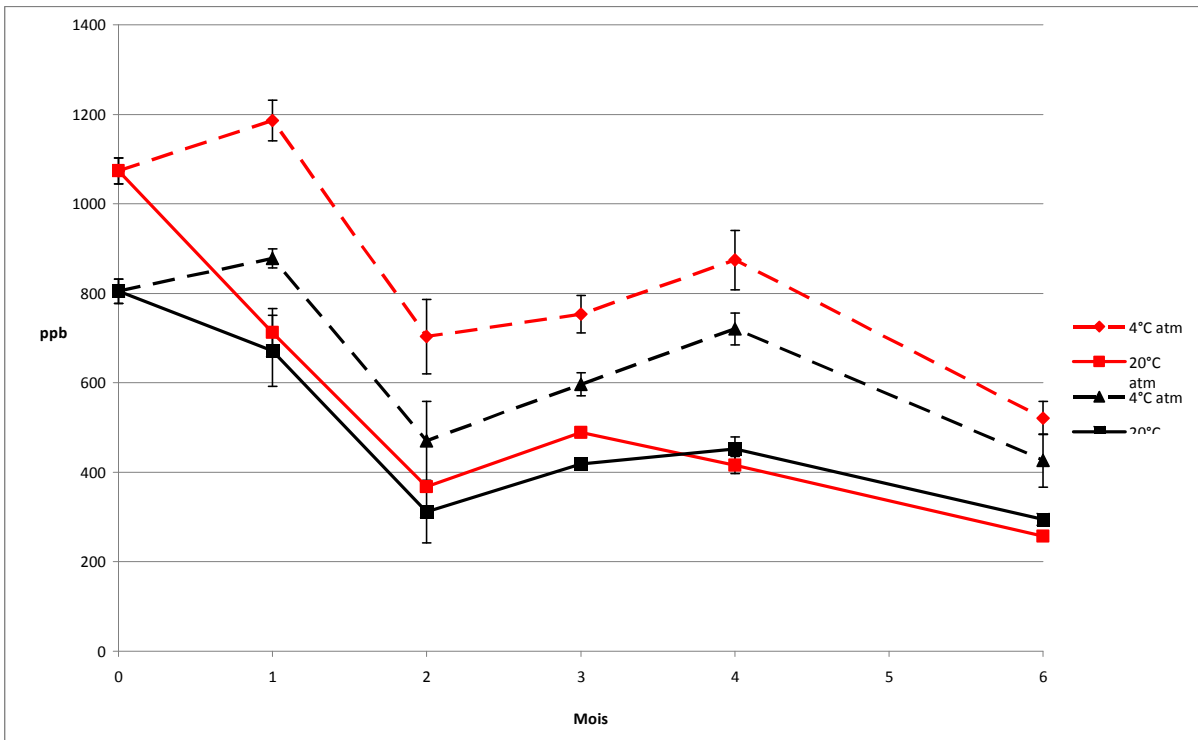


Figure VI : Suivi de la concentration en 2AP du riz non emballé (Aychade, Fidji)

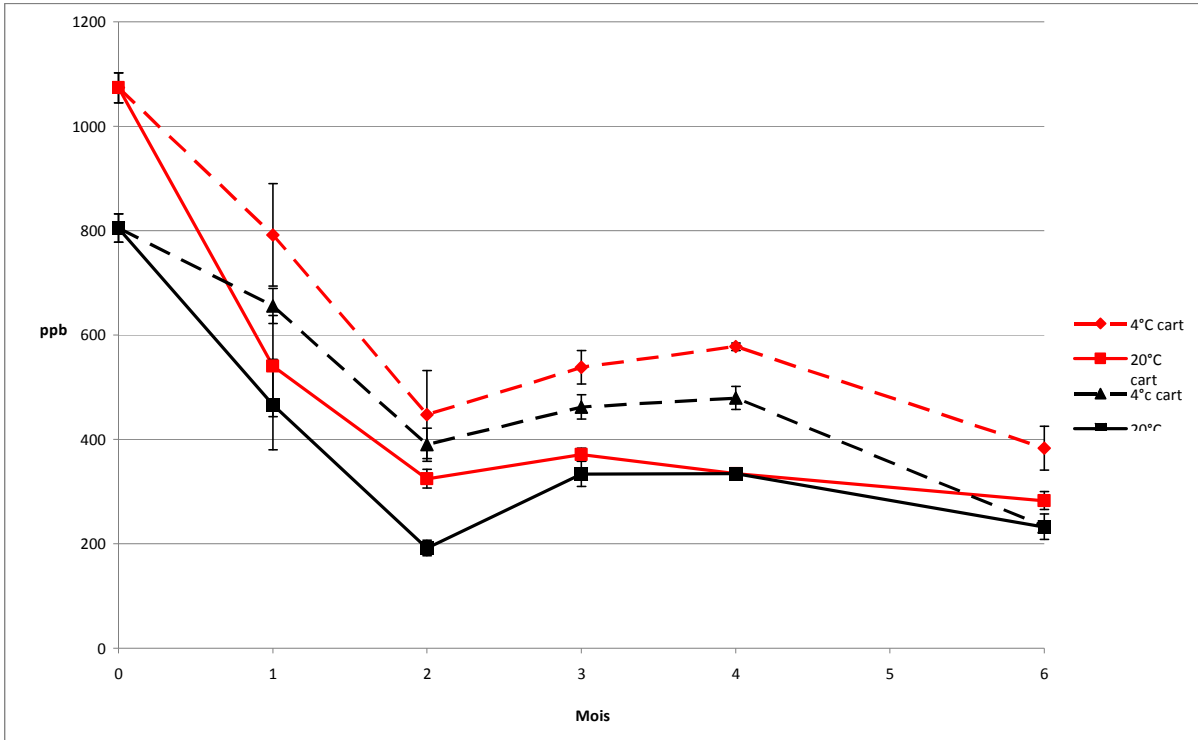


Figure VII : Suivi de la concentration en 2AP du riz en emballage carton (Aychade, Fidji)

Annexe 3 : Résultats des analyses sur le riz en fonction des conditions de séchage

	2AP ppb en MS initiale	EC	% perte	EC	Rdt décortigage	Rdt usinage total	Rdt usinage grains entier	Temperature (°C)	Humidité Relative (%)	Tps de Séchage	Teneur initiale en eau	Teneur finale en eau	Perte en eau (%)
Riz non traité	383,7	18,5			82,8	71,9	55,2						
Séchage à 40°C et 60 HR	225,9	7,4	33	2	81,91	72,2	55,4	40	60	02:08:34	16,7	14,2	2,5
Séchage à 40°C et 40 HR	221,4	21,2	34	6	82,54	72,61	54,3	40	40	00:37:07	16,7	14,5	2,2
Séchage à 60°C et 60 HR	198,8	14,8	42	2	82,47	72,64	55,7	60	60	0:22:00	16,7	14	2,7
Séchage à 60°C et 40 HR	190,7	6,8	40	4	82,73	73,34	56,3	60	40	00:12:53	16,7	13,9	2,8
Séchage à 40°C et 60 HR	123,5	9,2	59	2	80,9	70,7	55,8	40	60	05:27:38	18,4	13,1	5,3
Séchage à 40°C et 40 HR	131,7	6,6	57	2	81,7	71,6	55,6	40	40	02:08:34	18,4	13,5	4,9
Séchage à 60°C et 60 HR	111,2	12,4	63	3	81	71	52,6	60	60	01:07:24	18,4	12,7	5,7
Séchage à 60°C et 40 HR	114,3	9,6	62	2	81,5	71,3	31,3	60	40	00:40:11	18,4	12,7	5,7
Séchage à 40°C et 60 HR	99,7	7,6	65	2	80,1	69,3	51,1	40	60	06:09:59	22,6	13,6	9,0
Séchage à 40°C et 40 HR	106,5	4,1	64	1	81,1	71,5	53,9	40	40	03:35:54	22,6	13,2	9,4
Séchage à 60°C et 60 HR	99,5	2,1	66	1	81,2	70,8	47,6	60	60	01:40:43	22,6	12,7	9,9
Séchage à 60°C et 40 HR	120,8	2,4	53	2	80,7	69	23	60	40	00:55:18	22,6	13,6	9,0
Séchage à 40°C et 60 HR	104,7	10,6	64	3	82,62	72,55	55,8	40	60	03:35:54	22,9	14,2	8,7
Séchage à 40°C et 40 HR	111,9	5,7	62	1	82,25	73,15	56,5	40	40	02:41:17	22,9	14,2	8,7
Séchage à 60°C et 60 HR	95,3	13,6	61	2	82,07	72	45,2	60	60	01:22:32	22,9	13,4	9,5
Séchage à 60°C et 40 HR	116,5	5,8	67	4	82,2	70,8	50,5	60	40	00:49:17	22,9	13,9	9,0

Ec : Ecart-type, Rdt : Rendement, Tps : Temps

Annexe 4 : Comparaison des rendements de décortigage et d'usage en fonction des paramètres de séchage et de la teneur en eau initiale du riz

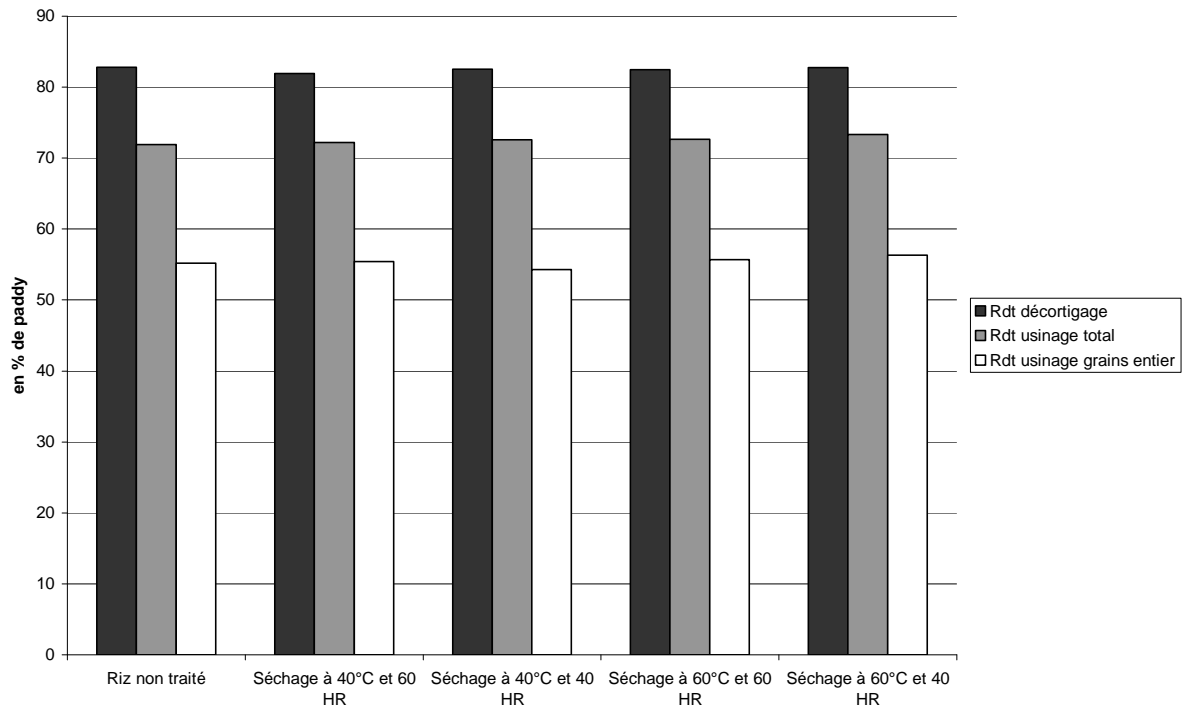


Figure VIII : Effet du séchage sur les rendements d'usage du riz à une teneur initiale en eau de 16,7%

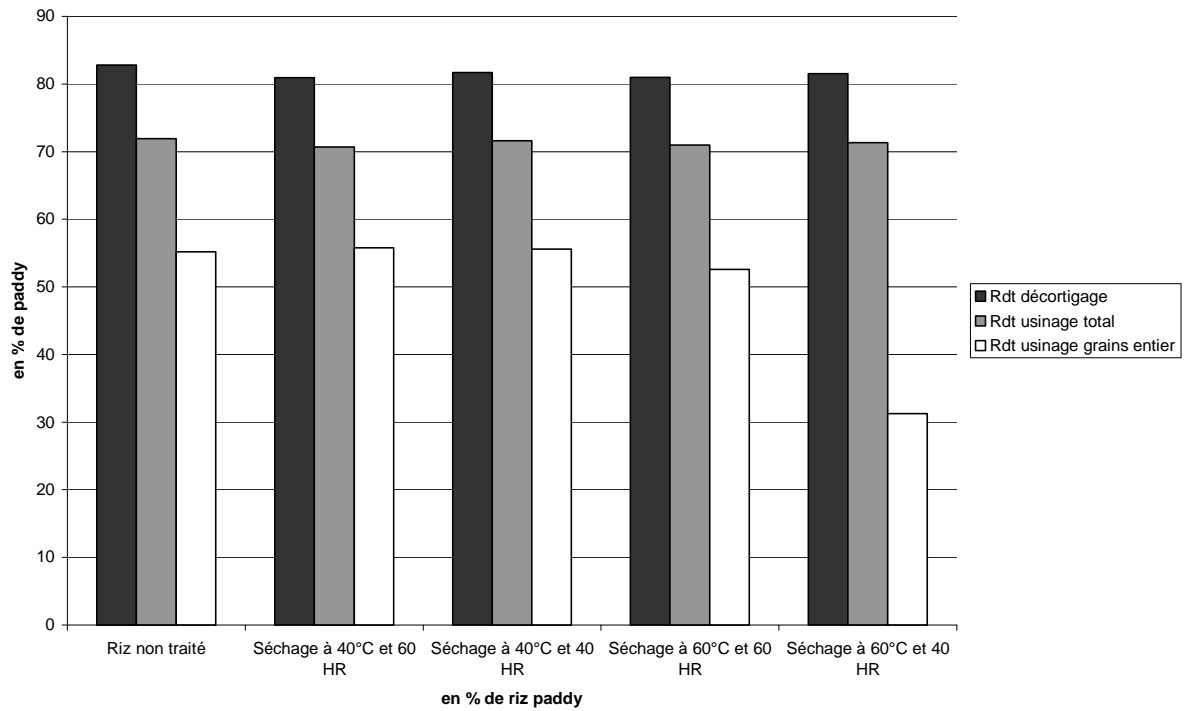


Figure IX : Effet du séchage sur les rendements d'usage du riz à une teneur initiale en eau de 18,4%

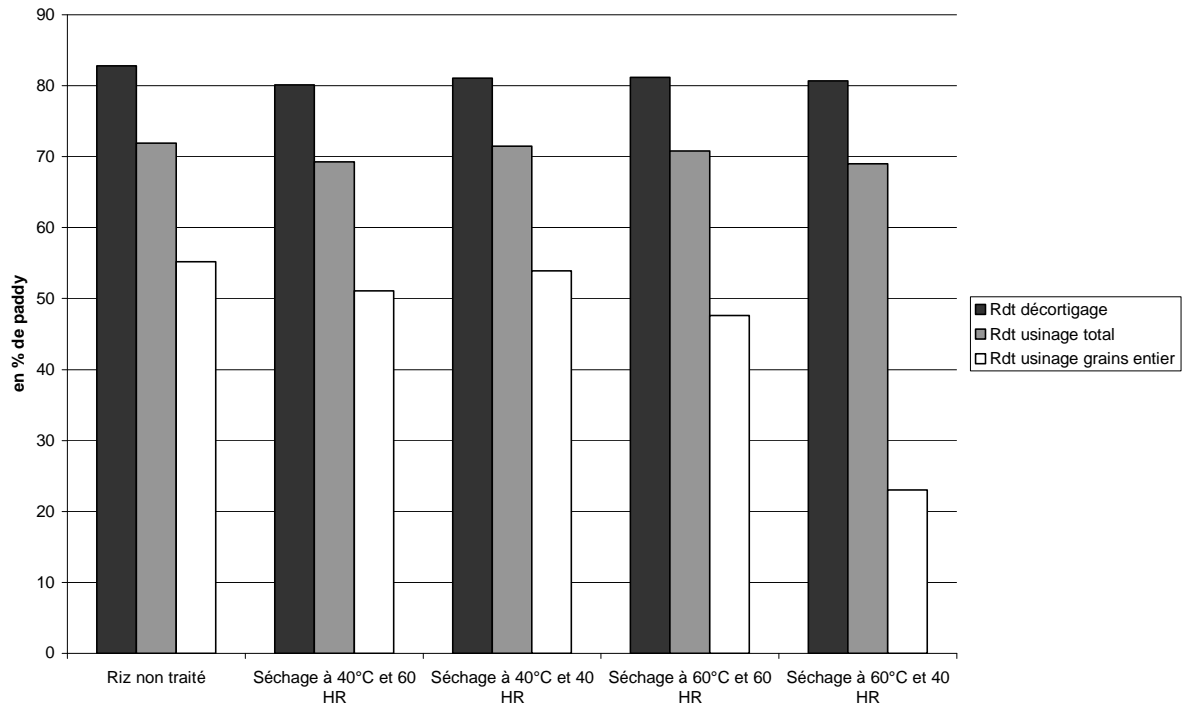


Figure X : Effet du séchage sur les rendements d'usinage du riz à une teneur initiale en eau de 22,6%

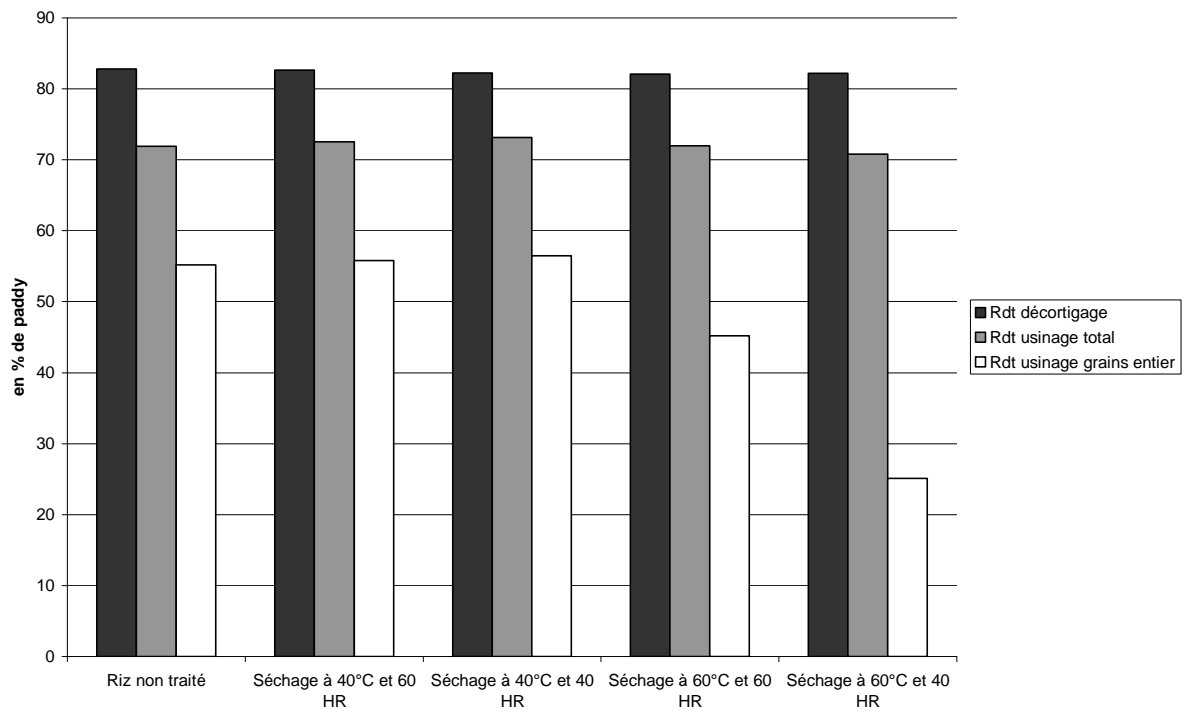


Figure XI : Effet du séchage sur les rendements d'usinage du riz à une teneur initiale en eau de 22,9%