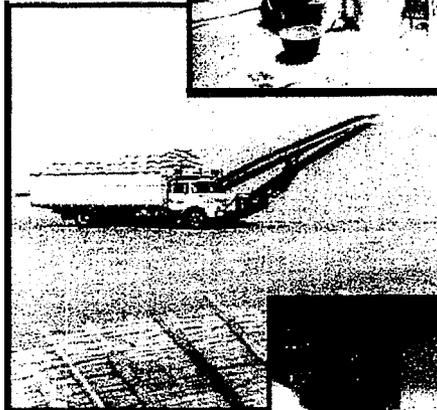


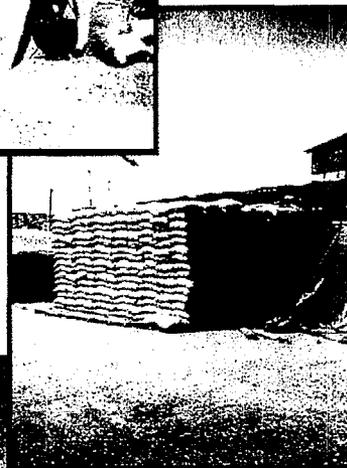
# Technologie Post-Récolte de l'Arachide

## Rapport d'expérimentation 1998

Décortiquage d'arachides sur le marché parallèle



Secos de Lydlane



Fumigation des graines  
d'arachide avant le stockage



Ensachage sous vide

CNRA - CA  
Laboratoire  
S.A.M.S.E.

Laboratoire d'Entomologie des Denrées Stockées  
et de Technologie Post-Récolte

Janvier 1999

ALIAS Emmanuel  
avec l'assistance de José Martin

CN99 0013  
SIRP  
ALI

## Table des matières

<b>1. CONSERVATION DE SEMENCES D'ARACHIDE SOUS ATMOSPHERE MODIFIEE..</b>	<b>.1</b>
1.1 MATÉRIEL ET MÉTHODE.....	.2
1.1.1 Description des essais .....	.2
1.1.2 Le matériel biologique.....	.3
1.1.3 Les sacs .....	.3
1.1.4 Le conditionnement.. ..	.3
1.1.5 Les variables mesurées .....	.3
1.2 RÉSULTATS - DISCUSSION. . .	.
1.2.1 Caractérisation de l'état initial.....	.4
1.2.2 Première série d'analyses après 6 mois de stockage .....	.6
<b>2. ADSORPTION DU DIOXYDE DE CARBONE PAR DES SEMENCES D'ARACHIDE CONSERVÉES SOUS ATMOSPHERE MODIFIEE. IMPACT SUR LEUR POUVOIR GERMINATIF.</b>	<b>.11</b>
2.1 MATÉRIEL ET MÉTHODE.....	.11
2.1.1 Description des essais.....	.11
2.1.2 Le matériel .....	.12
2.1.3 Les sacs .....	.13
2.1.4 Le conditionnement .....	.13
2.1.5 Les variables mesurées ....	.13
2.2 RÉSULTATS - DISCUSSION. . .	.14
2.2.1 L'essai préliminaire.....	.14
2.2.2 L'essai adsorption .....	.16
<b>3. ETUDE DU CYCLE DE DÉVELOPPEMENT DE LA BRUCHE DE L'ARACHIDE, CARYEDON SERRA TUS OL., DANS LES CONDITIONS D'ÉLEVAGE DU LABORATOIRE.</b>	<b>.19</b>
3.1 MATÉRIEL ET MÉTHODE .....	.19
3.1.1 Description de l'essai .....	.19
3.1.2 Matériel biologique .....	.19
3.1.3 Les variables mesurées .....	.20
3.2 RÉSULTATS .....	.21
3.3 DISCUSSION.....	.22
<b>4. ERADICATION DE LA BRUCHE DE L'ARACHIDE SOUS ATMOSPHERE MODIFIEE.....</b>	<b>.24</b>
4.1 MATÉRIEL ET MÉTHODE.....	.24
4.1.1 Description des essais.....	.24
4.1.2 L'infestation des graines d'arachide .....	.25
4.1.3 Les sacs .....	.25
4.1.4 Le conditionnement.....	.25
4.1.5 Les variables mesurées .....	.25
4.2 RÉSULTATS-DISCUSSION.....	.26
4.2.1 Composition gazeuse des sacs .....	.26
4.2.2 Mortalité des larves et pupes.....	.27
<b>5. CONCLUSION ET CONSEILS PRATIQUES .....</b>	<b>...* ..... 29</b>
<b>6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :</b>	<b>31...</b>
<b>7. ANNEXES .....</b>	<b>34.....</b>

**Conservation de semences d'arachide sous atmosphère modifiée**

## 1. Conservation de semences d'arachide sous atmosphère modifiée

La graine d'arachide est soumise, durant la période de stockage, à des agressions d'origine physico-chimiques (température, humidité relative) et **biotiques** (insectes, micro-organismes) qui entraînent des pertes importantes ainsi qu'une chute conséquente des qualités agronomiques et organoleptiques.

Traditionnellement, l'arachide est stockée en coque à température ambiante et se trouve de ce fait exposée à ces agressions. Des techniques de conservation basées sur la réfrigération peuvent être utilisées. Cependant le coût élevé de ces installations et l'approvisionnement électrique aléatoire limitent très souvent l'extension de ce procédé dans les pays en développement. L'une des méthodes de conservation des plus prometteuses mais encore à l'étude, est l'utilisation d'un conditionnement en sachet sous une atmosphère appauvrie en oxygène.

Actuellement, le manque de moyens de conservation fiable et peu onéreux conduit les chercheurs responsables des collections nationales d'arachide à semer chaque année la totalité du matériel végétal. Cette pratique présente une contrainte économique majeure, car le renouvellement de ces collections représente un coût important pour les institutions qui en ont la garde (700 numéros au Sénégal pour 1.5 M Fcfa en 1997).

Le service technologie post-récolte de l'arachide de l'Institut Sénégalais de Recherche Agronomique (ISRA) a entrepris depuis près de 20 ans., en collaboration avec le CIRAD, des recherches sur les procédés de conservation sous vide complet et atmosphère modifiée. Il ressort de ces travaux que l'application d'une atmosphère modifiée (anoxie complète ou appauvrissement en oxygène) permet de détruire à tous ses stades de développement le principal ravageur des stocks d'arachide, *Caryedon serratus* 01. après au plus 21 jours de traitement. Il a également été possible de maintenir le potentiel germinatif des semences d'arachide (sache de 200g) à un bon niveau (90% de germination après un stockage sous 10% de CO<sub>2</sub> et 88% de N<sub>2</sub>) durant trois années de stockage sous anoxie (Martin et Alias, à paraître).

Afin de mettre à profit ces connaissances deux nouveaux essais de conservation s'étalant sur trois années ont été initiés en mai 1998 avec le projet germplasm (Groundnut Germplasm Project). L'objectif du premier essai, GGP1, est de valider la technique de conservation sous anoxie compensée à l'azote sur une quantité d'arachides compatible (3,5kg) avec les conditions de stockage des SNRA et unités de production responsables du maintien des collections et noyaux génétiques de l'arachide. Si cet essai confirme les bonnes performances obtenues précédemment, le conditionnement sous azote pourra être recommandé par le GGP aux SNRA pour la conservation de semences d'arachide décortiquées sur 2 à 3 années. Le second essai, GGP2, a pour objectif de déterminer les avantages et inconvénients d'une compensation au dioxyde de carbone par rapport à une anoxie avec 98% d'azote. De même, l'intérêt d'une légère dépression au sein des sacs sera évalué.

## 1.1 Matériel et méthode

### 1.1.1 Description des essais

#### 1.1.1.1 Essai GGPI

**Hypothèse : La conservation sous une anoxie compensée à l'azote maintient les qualités semencières des graines d'arachide pendant au moins trois années.**

Il s'agit d'un essai à trois facteurs avec trois répétitions

- Composition de l'atmosphère des sacs (2 niveaux)
  - 1- Témoin air ( $O_2$  :20,9%,  $N_2$  :78%,  $CO_2$  :0,03%) ensaché sous la pression atmosphérique (1 atm.) : 'air confiné',
  - 2- Anoxie compensée avec de l'azote technique ( $N_2$  :98%,  $O_2$  : 1-2%) sous une légère dépression de 0.79atm. : 'azote'.
- Variétés (2 niveaux)
  - 1- 55-437, variété à petites graines du type Spanish,
  - 2- GH 119-20, variété à grosses graines du type Virginia.
- Durée de conservation : 6, 12, 18, 24, 30 et 36 mois.

#### 1.1.1.2 Essai GGP2

**Hypothèses :**

- **Les qualités semencières de graines d'arachide conservées sous une atmosphère enrichie en dioxyde de carbone sont équivalentes à celles de semences placées sous une anoxie compensée à l'azote.**
- **Une légère dépression améliore la conservation des graines.**

Il s'agit d'un essai à trois facteurs avec trois répétitions

- Composition de l'atmosphère des sacs (6 niveaux)
  - 1- Témoin air ( $O_2$  :20,9%,  $N_2$  :78%,  $CO_2$  :0,03%) ensaché sous la pression atmosphérique (1 atm),
  - 2- Témoin air ensaché avec une légère dépression de 0,79 atm,
  - 3- Anoxie compensée avec de l'azote technique ( $N_2$  :98%,  $O_2$  : 1-2%) sous une légère dépression de 0.79 atm,
  - 4- Anoxie compensée avec de l'azote technique ( $N_2$  :98%,  $O_2$  : 1-2%) sous la pression atmosphérique (1 atm),
  - 5- Anoxie compensée avec à 89% d'azote technique et 10% de dioxyde de carbone ( $N_2$  : 89%,  $CO_2$  : 10%,  $O_2$  : 1-2%) avec une légère dépression résiduelle de 0.79 atm,
  - 6- Anoxie compensée avec à 89% d'azote technique et 10% de dioxyde de carbone ( $N_2$  : 89%,  $CO_2$  : 1 0%,  $O_2$  : 1-2%) sous la pression atmosphérique (1 atm),
- Variétés (2 niveaux)
  - 1- 55-437, variété à petites graines du type Spanish,
  - 2- GH 119-20, variété à grosses graines du type Virginia.
- Durée de conservation : 6, 12, 18, 24, 30 et 36 mois.

Dans les deux essais, le plan d'expérience est un plan en randomisation totale avec trois répétitions de 3,5kg (essai GGPI) ou 200g (essai GGP2). A ce jour seules la caractérisation de l'état initial des graines et la première série d'analyses (6mois) ont été menées. Les analyses statistiques sont réalisées à l'aide du logiciel SAS en collaboration avec le biométricien du

Centre d'Etude Régional pour l'Amélioration et l'Adaptation à la Sécheresse (CERAAS), David Boggio.

### 1.1.2 *Le matériel biologique*

Les arachides utilisées appartiennent aux variétés GH 119-20 (type *Virginia*) et 55-437 (type *Spanish*) produites respectivement dans la région de Kaolack et de Diourbel durant la campagne pluviale de 1997. Les graines de GH 119-20, arachide de bouche, proviennent d'un décortiquage et d'un triage effectués avec soin dans le laboratoire de l'ISRA de Bambey. L'arachide d'huilerie, 55-437, acquise décortiquée sur le marché de Bambey a également été soigneusement triée au laboratoire avant d'être utilisée.

### 1.1.3 *Les sacs*

Les graines sont conditionnées dans des sacs plastiques souples à structure multicouches (polyamide-polyéthylène) ce qui leur confère une forte résistance mécanique et une imperméabilité aux gaz élevés (pour l'oxygène  $15 \text{ cm}^3/24\text{h.m}^2.\text{bar}$ ). Il s'agit des sacs BT 300x60 (annexe 1) de la firme CRYOVAC.

### 1.1.4 *Le conditionnement*

Le conditionnement en atmosphère modifiée s'effectue à l'aide d'une ensacheuse à cloche Multivac A300/43 à cycle de réinjection de gaz. A l'application d'un vide poussé succède une compensation avec de l'azote technique ou avec un mélange azote-dioxyde de carbone. La durée du cycle d'injection du gaz est réglée de manière à maintenir une légère dépression au sein des sacs. La valeur de la dépression créée dans le sac est estimée par celle de la cloche, lue sur le cadran de la machine au moment de la soudure. Les témoins placés en atmosphère confinée sont ensachés avec de l'air dans le même type de sac à l'aide d'un soude-sac, Impulse Sealer (Tew, Electronic Heating Equipment co., LTD).

Les semences ensachées sont placées dans une armoire métallique à l'abri des rongeurs et des termites. Toutes les saches subiront les mêmes conditions de stockage à savoir la température et l'humidité relative ambiantes. Elles seront ainsi stockées pour une durée de 3 ans avec 6 séries d'analyses (tous les 6 mois).

### 1.1.5 *Les variables mesurées*

#### 1.1.5.1 Caractérisation de l'état initial des graines

Elles portent sur les caractères physiques, sanitaires et le pouvoir germinatif des graines. Ce dernier est estimé par deux paramètres, la vitesse et le taux de germination.

○ **Les caractéristiques physiques** des graines sont évaluées sur 30 et 10 échantillons (respectivement essai GGP1 et GGP2) de 200g. On détermine le poids moyen de 100 graines et le nombre de graines cassées et dépelliculées. La teneur en eau des graines est exprimée en pourcentage du poids frais.

○ **L'état sanitaire** des graines est estimé après avoir placé les échantillons (également 30 et 10 échantillons de 200g) 45 jours en observation dans notre salle d'élevage d'insectes (température et humidité relative ambiante en moyenne 30°C et 60%). On dénombre alors les graines présentant des dommages de *Caryedon serratus* (Oliver) (trou de sortie à bord net de larves ou d'adultes), de *Tribolium castaneum* (Herbst), de moisissures (graines jaunes). On dénombre également à cette occasion les graines présentant des dommages du diplope *Peridontopyge conani* (trou à bordure irrégulière sombre occasionné au champ).

**0 Le taux et la vitesse de germination** sont établis sur 30 ou 10 échantillons de 100 graines (essai GGP1 et GGP2). Les tests de germination sont réalisés sur 100 graines déposées dans une boîte de Pétri contenant deux feuilles de papier filtre humectées d'eau distillée et stérilisée à l'autoclave (20 minutes à 120°C). Une graine est considérée comme germée lorsque la radicule crève le tégument séminal et mesure au moins 2mm. Les graines germées sont dénombrées chaque jour pendant quatre jours. Le taux de germination est le pourcentage de graines germées après 96h (Gillier et Sylvestre, 1969). Les graines utilisées pour les tests de germination ne sont pas triées au préalable. Le taux de germination représente bien l'ensemble de la population de graines d'arachide et pas uniquement les graines saines. Il reflète ce qui est observé au champ.

La vitesse de germination est estimée par la formule du coefficient de vélocité. Elle se calcule à l'aide de la formule suivante (Côme, 1970):

$$\text{Vitesse de germination (inverse du coefficient de vélocité)} = \frac{(N_1 \cdot T_1 + N_2 \cdot T_2 + \dots + N_n \cdot T_n)}{(N_1 + N_2 + \dots + N_n)}$$

$N_1$ , est le nombre de semences germées au temps  $T_1$ ,  $N_2$  le nombre de semences qui ont germé entre le temps  $T_1$  et  $T_2$  etc. Cette formule donne le temps moyen nécessaire à la germination des semences étudiées et s'exprime en unités de temps (jours, heures...). Plus facile à appréhender et représentant parfaitement l'énergie germinative des graines, ce paramètre a été préféré à l'indice d'énergie germinative utilisée précédemment, grandeur sans unité variant entre 0 et 300.

### 1. 1.5.2 Paramètres observés tous les 6 mois

Avant l'ouverture des sacs, leur composition atmosphérique est contrôlée. Les teneurs en  $O_2$  et  $CO_2$  sont mesurées à l'aide de l'analyseur  $O_2/CO_2$  Abiss PAK 12. La précision est de 0,1% pour l'oxygène et de 0,5% pour le dioxyde de carbone. Cependant cet analyseur ne permet pas de déterminer les teneurs en  $CO_2$  inférieures à 1-1,5% mais reste fiable (à 0,5% près) au-delà de cette valeur plancher. La teneur en azote est calculée par soustraction des teneurs en  $O_2$  et  $CO_2$ . A l'ouverture des sacs, on détermine sur un et trois échantillons par répétition (respectivement essai GGP2 et GGP1) la teneur en eau, le pouvoir germinatif. De même, on évalue pour un et cinq échantillons de 200g par répétition, l'état physique et sanitaire des graines.

## **1.2 Résultats - Discussion**

### *1.2.1 Caractérisation de l'état initial*

#### 1.2.1.1 Essai GGP1

Pour chaque variété, trente échantillons sont prélevés dans les lots de graines parfaitement homogénéisées. L'état physique, sanitaire et germinatif des graines est présenté dans le tableau 1. Les lots de semences présentent peu de dommages physiques et sanitaires. Le faible pourcentage de graines cassées et dépelliculées est similaire pour les deux variétés. De même, les dégâts de bruches, d'iules et de champignons sont d'égale importance pour les deux variétés. On constate néanmoins que le ravageur secondaire, *T. Castaneum* est apparemment absent du lot de semences de GH 119-20. Le taux de germination des deux variétés, 55-437 et

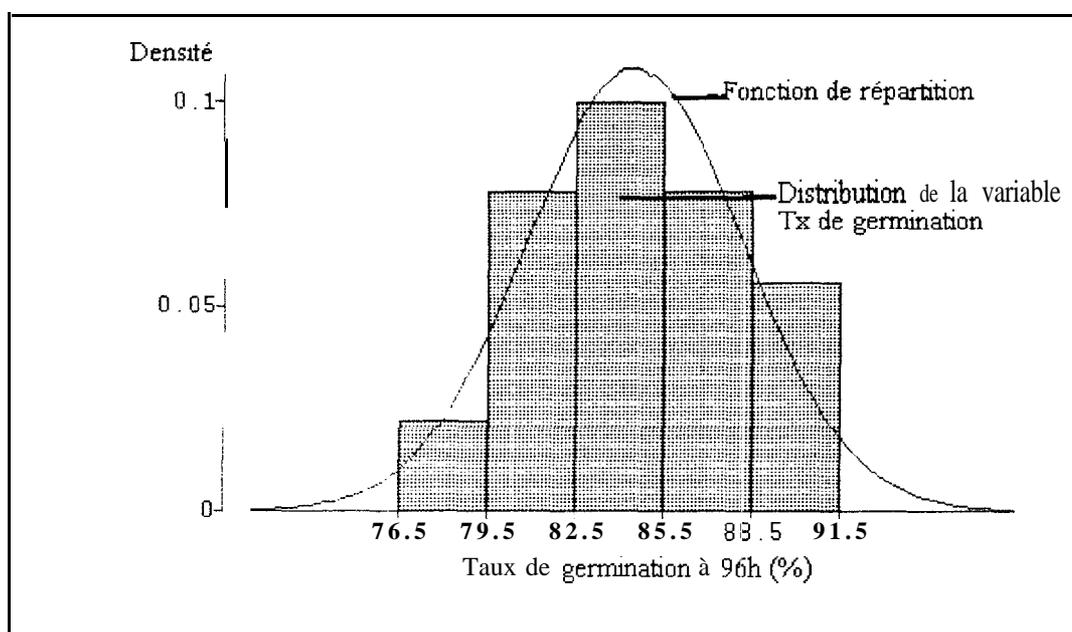
GH 119-20 est relativement élevé soit respectivement 85 et 94%. De même, les vitesses de germination des deux variétés sont voisines de 45heures.

Critère considéré		55-437	GH 119-20
Etat physique	Poids de 100 graines (g)	33,60 (0,18)	59,72 (0,44)
	Cassées (%)	0,09 (0,04)	0,15 (0,08)
	Dépelliculées (%)	0,42 (0,13)	0,44 (0,07)
	Teneur en eau (%)	3,48 (0,06)	3,93 (0,11)
Etat sanitaire	Bruchées (%)	0,03 (0,04)	0,07 (0,05)
	Dégâts d'iules (%)	0,11 (0,05)	0,35 (0,11)
	Dégâts de <i>T. castaneum</i> (%)	1,60 (0,24)	0,00 (0,00)
	Moisies (%)	0,01 (0,01)	0,01 (0,02)
Pouvoir germinatif	Taux de germination à 96H (%)	85,07 (1,28)	93,73 (0,93)
	Vitesse de germination (h)	44,95 (0,89)	46,03 (0,831)

**Tableau n°1 : caractérisation initiale des lots de graines 55-437 et GH 119-20 de l'essai GGP1.**

Les valeurs entre parenthèses représentent l'intervalle de confiance pour un risque  $\alpha=5\%$ .

Une série de vingt tests de normalité (test d'ajustement de Kolmogorov-Smirnov) a également été réalisée. Ces tests mettent en évidence que les lots de graines de 55-437 et GH 119-20 sont constitués d'une unique population de semences quelle que soit la variable considérée, taux de germination (fig. 1), teneur en eau, infestation par les différents ravageurs.. .



**Figure n°1 : Fonction de répartition et distribution de la variable taux de germination de la variété 55-437 (moyenne=mode= 84,63 ; D de Kolmogorov : 0,1351).**

### 1.2.1.2 Essai GGP2

L'essai GGP2 ayant été initié un mois après l'essai GGP1, une nouvelle caractérisation de l'état initial semblait indispensable. Les analyses ont été réalisées sur 10 échantillons de 200g. L'état sanitaire et physique des graines est comparable à celui de l'essai GGP1. On observe cependant une importante diminution du pouvoir germinatif des graines de 55-437 alors que le taux de germination à 96H de la variété GH 119-20 n'est pas significativement différent de

celui de l'essai GGP1 . La vitesse de germination est également comparable dans les deux essais (tab.2).

C ritère con sidéré		55-437	GH 119-20
Etat physique	Poids de 100 graines (g)	29,33 (1,03)	54,33 (1,00)
	Cassées (%)	0,18 (0,06)	0,27 (0,18)
	Dépelliculées (%)	1,45 (0,41)	0,92 (0,22)
	Teneur en eau (%)	3,80 (0,21)	3,98 (0,40)
Etat sanitaire	B ruchées (%)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
	Dégâts d'iules (%)	0,90 (0,80)	1,00 (0,25)
	Dégâts de <i>T. castaneum</i> (%)	1,04 (0,10)	0,00 (0,00)
	Moisies (%)	0,00 (0,00)	0,00 (0,02)
Pouvoir germinatif	Taux de germination à 96H (%)	63,80 (6,68)	89,80 (3,02)
	Vitesse de germination (h)	43,83 (2,90)	43,39 (2,10)

**Tableau n°2 : caractérisation initiale des lots de graines 55-437 et GH 119-20 de l'essai GGP2.**  
Les valeurs entre parenthèses représentent l'intervalle de confiance pour un risque  $\alpha=5\%$ .

## 1.2.2 Première série d'analyses après 6 mois de stockage

### 1.2.2.1 Teneur en gaz des sacs

#### ● Essai GGP1

Les teneurs en oxygène et en dioxyde de carbone des témoins, air confiné ont évolué au cours du stockage (tab.3). Quelle que soit la variété, la teneur en oxygène des témoins diminue de 10,1 points. En parallèle, la teneur en dioxyde de carbone augmente de 6 à 7 points. Cette modification des teneurs en oxygène et en dioxyde de carbone au sein des sacs témoins est imputable à la faible activité métabolique des graines. En effet, la dégradation des lipides de réserve d'une graine d'oléagineux est caractérisée par un quotient respiratoire (volume de CO<sub>2</sub> rejeté/volume de O<sub>2</sub> absorbé) tendant vers 7/12 (soit 0,58) (Binet et Brunel, 1968). Nous obtenons pour les deux variétés un rapport moyen de 7/10 (soit 0,7). Par ailleurs, l'augmentation du nombre de *Tribolium castaneum* (tab. 3) dans les sacs s'accompagne nécessairement d'une augmentation de l'activité respiratoire au sein des sacs.

Après 6mois de stockage, la composition gazeuse des sacs compensées avec de l'azote reste conforme à ce qui était souhaité, ceci est particulièrement vrai pour la variété d'huileries.

Variété	Traitement				
	AIR		AZOTE • 98% N2		
	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	N <sub>2</sub> (%)
55-437	10,83 (3,18)	6,50 (2,04)	1,43 (0,68)	2,00 (0,00)	96,57 (1,00)
GH 119-20	10,87 (0,35)	7,00 (1,50)	6,43 (5,72)	2,00 (0,00)	91,57 (1,00)
Etat initial	20,90 (0,00)	1,50 (0,00)	1,60 (0,30)	1,40 (0,10)	97,00 (0,10)

**Tableau n°3 : Teneurs en gaz des sacs 6 mois après l'ensachage.**

Les valeurs entre parenthèses représentent l'intervalle de confiance pour un risque  $\alpha=5\%$ .

### ● Essai GGP2

Cette essai est marqué par un problème de perte d'anoxie sur de nombreux sacs, avec des teneurs anormalement élevées en oxygène ou faibles en dioxyde de carbone (tab.4). Un seul sac sur 18 est revenu à la composition atmosphérique de l'air soit 20,9% d'oxygène et 0% de dioxyde de carbone. Dans les autres cas, la composition gazeuse correspond à des conditions d'hypoxie, avec une teneur en oxygène variant de 4 à 15%. La perméabilité des sacs n'est pas à mettre en cause puisque l'essai GGP1 met en avant l'effet barrière des sacs PBT300. Les fuites apparemment minimales proviennent probablement d'une mauvaise soudure à l'ensachage. En effet, l'utilisation continue de l'ensacheuse entraîne une surchauffe de la barre de soudure, ce qui modifierait la perméabilité aux gaz au voisinage immédiat de la ligne de suture. La durée de la thermo-soudure devrait donc être ajustée au cours de séance d'ensachage.

Ce problème de perte d'anoxie a déjà été rencontré lors des essais de 1991-97 et constitue le point faible de cette méthode car il réduit sa fiabilité. Il est imputable à l'absence de dispositifs de contrôle de l'ensachage (température, pression, composition gazeuse..), seules les durées étant réglables.

		55337		GH 119-20	
Dépression		O2	CO2	O2	CO2
Air confiné	oui	15.27 (4,53)	1.67 (0,33)	7.70 (0,11)	4,33 (0,33)
Air confiné	non	8.65 (0,49)	1,75 (0,49)	10,80 (3,63)	2,83 (0,86)
Azote (98%)	oui	3.90 (0,33)	1,83 (0,33)	7.73 (0,24)	2.00 (0,00)
Azote (98%)	non	7,27 (0,07)	1.50 (0,00)	5,85 (5,51)	1,33 (0,00)
Azote-CO2 (88%-10%)	oui	2.77 (0,07)	2.17 (0,00)	6.40 (0,34)	3,33 (0,00)
Azote-CO2 (88%-10%)	non	11.49 (11,57)	1.50 (0,00)	4.87 (7,25)	2.50 (0,00)

**Tableau n°4 : Composition gazeuse des sacs après 6 mois de stockage.**

Les valeurs entre parenthèses représentent l'intervalle de confiance pour un risque  $\alpha=5\%$ .

#### 1.2.2.2 Caractéristiques physiques, sanitaires et physiologiques (germination)

### ● Essai GGP1

Après six mois de stockage et quel que soit le traitement considéré, le taux de graines cassées, dépelliculées, bruchées et moisies n'est significativement pas différent de celui mesuré à l'ensachage (tab. 5). Il est à noter que les sacs stockés dans une armoire métallique ont subi de nombreux déplacements susceptibles d'occasionner des frottements et donc une rupture de la pellicule des graines. Contrairement à ce qui pouvait être supposé, le maintien d'une légère dépression au sein des sacs n'améliore pas la tenue des graines.

Le taux de graines infestées par *T. castaneum* augmente au cours du stockage occasionnant une diminution du taux de graines saines qui reste néanmoins supérieur à 90%. La progression de l'infestation par ce ravageur secondaire est cependant freinée par le maintien d'une anoxie (azote) ; ceci est particulièrement vrai pour la variété GH 119-20 qui était apparemment exempte de ce ravageur à l'ensachage. L'apparition soudaine de ce ravageur révèle l'existence d'une infestation cachée, non révélée l'observation des échantillons maintenus pendant 45 jours en salle d'élevage.

Dans la littérature sur ce ravageur, une teneur en oxygène supérieure à 1% ne permet pas de l'éradiquer complètement. Une atmosphère composée à 98% d'azote et 2% d'oxygène induit un taux de mortalité des adultes et larves inférieur à 20% (Harein et Press, 1968 et Soderstrom et al., 1992). Par ailleurs plusieurs cas de résistance à l'anoxie ont été signalés chez cet insecte qui est capable d'entrer en diapause et de mobiliser ses triglycérides de réserve (Donahaye, 1990a et 1990b). Des attaques de *T. castaneum* ont également été observées après deux

années de stockage sous anoxie compensée avec un mélange 80/20 d'azote et de dioxyde de carbone (Droit, 1994). Dans le cadre de notre essai, les dégâts observés après 6 mois de stockage sont relativement modestes, il sera intéressant de voir ce qu'il en est après 12 mois et plus.

	Variable considérée							
	Etat physique			Etat sanitaire		Pouvoir germinatif		
	Cassées (%)	Dépelliculées (%)	Teneur en eau (%)	Bruchées (%)	<i>T. castaneum</i> (%)	Saines (%)	TX de germination à %H	Vit. de germ. (h)
<b>variété 55-437</b>								
Air confiné	0,08	0,46	4,02	0,02	8,65	92,68	83,33	52,00
Azote	0,21	0,42	3,89	0,05	6,77	90,68	85,67	51,33
Test F	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV	57,60	37,50	3,10	93,30	44,20	3,70	3,00	1,60
Valeur initiale	0.09 (0.04)	0.42 (0,13)	3.48 (0.06)	0.03 (0,04)	1,60 (0,24)	97.75 (0,27)	85,07 (1.28)	44.95 (0.89)
<b>variété GH 11930</b>								
Air confiné	0.39	0.29	4.08	0,06	6.02 a	93,25 b	91,33	54.00
Azote	0,12	0,12	3,93	0.08	1.62 b	97.96 a	91.67	58,67
Test F	ns	ns	ns	ns	***	**	ns	ns
c v	144.50	27,10	2,30	70,00	23,40	1,30	2.00	5.70
Valeur initiale	0.15 (0.08)	0.44 (0.07)	3.93 (0.11)	0.07 (0.05)	0.00	98.98 (0.15)	93.73 (0.93)	46.03 (0,83)

**Tableau n°5 : Analyses des graines d'arachide après six mois de stockage.**

Les valeurs entre parenthèses représentent l'intervalle de confiance pour un risque  $\alpha=5\%$ , ns non significatif, \*\* hautement significatif, \*\*\* très hautement significatif. Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par le test de Newman-Keuls.

Pour une variété donnée, la capacité germinative et la vitesse de germination des semences ne sont pas significativement différentes d'un traitement à un autre (tab. 5). De même, il n'y a pas de différence de capacité germinative entre le jour de l'ensachage et celui de l'ouverture des sacs.

Les résultats sont en accord avec les observations faites durant ces six dernières années dans le laboratoire ISRA de Bambey (Droit, 1994 et Thibault, 1997). En effet, le taux de germination des semences d'arachide, variété 73-33 (huilerie-bouche), ne chute de façon significative qu'après 24 mois de stockage sous anoxie. L'utilisation d'une atmosphère riche en azote (98%) et appauvrie en oxygène s'avère alors plus efficace qu'un ensachage avec de l'air (Slay et al., 1980 et Thibault, 1997).

Le maintien d'un taux de germination élevé est en partie lié à une très faible teneur en eau des graines (Norden, 1981). Ellis<sup>2</sup> (1996) rapporte que des semences d'arachide stockées pendant cinq années à 20°C dans des fûts hermétiques avec une teneur en eau des graines de 2% conservent mieux leur capacité germinative que des graines contenant 5,5% d'eau - respectivement 92% et 80%. Cette équipe suggère que la teneur en eau optimale pour une longévité maximale est de 2% avec une humidité relative de 11% et une température de 20°C et suggère une conservation longue durée des semences d'arachide selon ces conditions (Ellis et al., 1988). Cette dernière recommandation suscita la réaction du Laboratoire<sup>3</sup> National De Stockage des Semences basé à Fort Collins, US. Les responsables de ce laboratoire montrent en effet que la vigueur des semences est optimale avec une teneur en eau des graines de 3,3% pour un stockage à 35°C et une humidité relative de 16% (correspondance Ellis et al. et

<sup>1</sup> La capacité germinative est le pourcentage de semences capables de germer dans des conditions bien définies. Ici à 30°C, après 96 heures et avec humidité relative de 70 à 80%.

<sup>2</sup> Department of Agriculture, University of Reading, Earley Gate. PO Box 236, Reading RG6 2AT. UK

<sup>3</sup> United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service, National Seed Storage Laboratory, Fort Collins, CO 80523, USA.

Vertuci and Roos, 1991). Bien qu'il nous fut impossible de déterminer l'humidité relative au sein des sacs, nos conditions de stockage s'approchent de celles citées par Vertuci et son équipe (température moyenne de 30-35°C, teneur en eau des graines de 3-4%) et expliqueraient en partie le taux de germination élevé que l'on observe.

Malgré le maintien d'une capacité de germination élevée (92% pour la GH 119-20), la vitesse de germination diminue. Le temps moyen nécessaire pour que les semences germent, augmente donc de façon significative par rapport à l'état initial (52 à 58h après six mois de stockage contre 45-46h à l'ensachage). Les semences semblent rencontrer plus de difficultés à mobiliser leur réserve lipidique mais une fois le processus engagé, le taux de germination des graines à 96h reste proche du taux initial.

### ● Essai GGP2

L'état physique des semences n'est pas significativement différent de celui à l'état initial et ceci quel que soit le traitement et la variété considérés (tab.6). Les prises d'air accidentelles survenues au cours du stockage sont à l'origine de la modification de la composition atmosphérique des sacs mais l'on ne retrouve pas pour autant la composition de l'air. De ce fait, il est impossible d'établir un lien entre la bonne tenue des graines et la composition gazeuse des sacs. L'état sanitaire des graines des deux variétés se détériore au cours du stockage. Le pourcentage de graines attaquées par le *Tribolium castaneum* et de graines moisies augmentent de façon significative.

Pour la variété 55-437, le taux de germination à 96H chute considérablement après ces six mois de stockage. De même, le temps nécessaire à la germination est augmenté et passe de 44h à 56h en moyenne.. Le pouvoir germinatif des graines de GH 119-20, reste comparable à celui observé à l'ensachage.

Composition gazeuse	Dépression	Etat physique			Etat sanitaire			Pouvoir germinatif	
		Cassées (%)	Dépelliculées (%)	Teneur en eau (%)	<i>T. castaneum</i> (%)	Moisies (%)	Saines (%)	Tx de germination à 96H (%)	Vit. de germ (h)
<b>variété 55-437</b>									
Air confiné	oui	0,00	1,82	3,58	11,51	0,00	86,67	52,33	56,94
Air confiné	non	0,18	1,70	3,33	9,85	0,06	88,21	44,33	55,58
Azote (98%)	oui	0,17	1,68	3,65	8,34	0,06	89,75	44,33	58,30
Azote (98%)	non	0,35	1,62	3,60	7,03	0,06	90,93	38,67	61,80
Azote-CO <sub>2</sub> (88%/10%)	oui	0,06	1,85	3,52	8,27	0,12	89,71	36,67	57,55
Azote-CO <sub>2</sub> (88%/10%)	non	0,06	0,42	3,66	4,70	0,00	94,82	41,00	55,46
	Test F	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	CV	114,30	29,10	6,10	31,80	170,80	3,10	34,20	5,30
	Valeur initiale	0,18(0,06)	1,45(0,41)	3,8(0,21)	1,04(0,10)	0,00(0,00)	98,24(0,43)	63,80(6,68)	43,83(2,90)
<b>variété GH119-20</b>									
Air confiné	oui	0,18	0,80	3,86	6,91	0,18	91,92	75,33	48,10
Air confiné	non	0,17	1,13	3,79	3,36	0,17	95,18	87,00	48,72
Azote (98%)	oui	0,35	1,83	3,93	1,56	0,70	95,56	87,00	48,66
Azote (98%)	non	0,54	0,91	3,85	1,78	0,00	96,77	86,33	47,38
Azote-CO <sub>2</sub> (88%/10%)	oui	0,34	1,12	3,79	2,50	0,57	95,47	80,33	45,19
Azote-CO <sub>2</sub> (88%/10%)	non	0,27	1,16	3,80	2,62	9,35	95,60	87,33	46,88
	Test F	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	CV	105,80	80,40	2,10	109,60	155,30	3,70	7,70	3,90
	Valeur initiale	0,27(0,18)	0,92(0,21)	3,8(0,21)	0,00(0,00)	0,00(0,00)	97,81(0,45)	89,8(3,02)	43,39(2,10)

Tableau n° 6: Analyses des graines d'arachide après six mois de stockage.

Les valeurs entre parenthèses représentent l'intervalle de confiance pour un risque  $\alpha=5\%$  ; ns non significatif.

### Conclusion :

Conformément à ce qui avait été obtenu lors des essais longue durée de 1991 à 1994 puis de 1994 à 1997, le potentiel de germination des semences d'arachide se maintient après six mois de stockage sous anoxie compensée avec de l'azote. **L'hypothèse émise pour l'essai GGP1 n'est donc ni mise à défaut ni confirmée, cette expérience prometteuse devant être menée à son terme.**

**Les hypothèses avancées pour l'essai GGP2, n'ont pu être testées,** En effet, les nombreuses prises d'air survenues au cours du stockage ne nous permettent pas de tirer de conclusions définitives.

Globalement, il ressort de cette première série d'analyses les points suivants :

- le sac constitue une barrière mécanique interdisant les attaques de bruches ou une infestation par des champignons,
- les semences d'arachide conservent une faible activité métabolique modifiant en partie la composition gazeuse des sacs sous air confiné,
- la composition des sacs permet de maintenir la composition gazeuse initiale des traitements sous anoxie,
- l'anoxie appliquée permet de freiner la progression de *T. castaneum* sans pour autant l'éradiquer totalement,
- après six mois de stockage, la capacité germinative des semences est maintenue quel que soit le traitement et la variété considérée,
- la vitesse de germination diminue de façon significative sans pour autant affecter la capacité germinative des semences,

L'infestation cachée révélée après six mois de stockage dans l'essai GGP1 est intéressante à suivre. Dans cette perspective les adultes présents dans les sacs devront être dénombrés à la prochaine série de tests.

L'avenir de l'essai GGP2 est plus incertain. En effet, si de nouveaux problèmes de perte d'anoxie venaient à être révélés, l'essai serait dénaturé et son objectif ne pourrait être réalisé. Il serait néanmoins intéressant d'y suivre le devenir des infestations de *T. castaneum* et le potentiel germinatif des semences conservées en condition d'hypoxie.

Echéancier des essais GGP

Essai	Date d'ensachage	6mois	12 mois	18 mois	24 mois	30 mois	36 mois
<b>GGP1</b>	25 mai 1998	25 nov. 98	25 mai 99	25 nov. 99	25 mai 00	25 nov. 00	25 mai 01
<b>GGP2</b>	25 juin 1998	5 janv. 98	25 juin 99	5 janv. 00	25 juin 00	5 janv. 01	25 juin 01

Fichiers correspondant aux essais

Essai	Protocole	Données+tableaux	Texte rapport
GGP1	protoc6.doc	GGP1_0mois.xls GGP1_6mois.xls	GGP.doc
GGP2	protoc6b.doc	GGP2_0mois.xls GGP2_6mois.xls	

**Adsorption du dioxyde de carbone par des semences d'arachide conservées sous atmosphère modifiée. Impact sur leur pouvoir germinatif.**

## **2. Adsorption du dioxyde de carbone par des semences d'arachide conservées sous atmosphère modifiée. Impact sur leur pouvoir germinatif.**

L'utilisation des atmosphères modifiées comme moyen de désinsectisation des produits stockés retient de plus en plus l'attention des organismes stockeurs. En effet, elle présente des avantages certains par rapport à la lutte chimique conventionnelle. Il s'agit notamment :

1. de l'absence de résidu après traitement,
2. d'une mise en œuvre peu différente de celle des gaz insecticides actuellement en usage ( $\text{CH}_3\text{Br}$  et  $\text{PH}_3$ ),
3. de l'absence de toxicité aiguë pour l'homme,
4. d'une efficacité comparable à celle des insecticides actuellement utilisés.

Cependant, contrairement à un gaz inerte tel que l'azote, le dioxyde de carbone est adsorbé par les graines d'arachide sans que l'on sache quelle en est la conséquence. Ce phénomène fut observé dans le laboratoire de technologie post-récolte au cours des essais de conservation sous atmosphère modifiée de semences d'arachide menés de 1991 à 1997. D'après les premiers travaux (Droit, 1994), la quantité de gaz carbonique adsorbé par l'arachide est fonction de la quantité d'arachides présente ainsi que de la teneur initiale de ce gaz (1 00ml de  $\text{CO}_2$  par kg de graines sous une atmosphère à 33% de  $\text{CO}_2$ ). Dans la perspective d'une éventuelle préconisation du procédé de conservation sous  $\text{CO}_2$ , il est indispensable de déterminer les effets de ce gaz sur la qualité semencière des graines.

Dans un premier essai préliminaire, nous nous proposons de confirmer ces premiers résultats en mesurant l'adsorption et sa réversibilité. Dans un second essai, nous étudions l'effet de cette adsorption de gaz carbonique sur le potentiel germinatif de graines d'arachide.

### **2.1 Matériel et méthode**

#### **2.1.1 Description des essais**

##### **2.1.1.1 Essai préliminaire**

**Hypothèses :**

- **Au cours d'un stockage sous une atmosphère enrichie en dioxyde de carbone, les graines adsorbent une part importante du gaz carbonique.**
- **De retour à l'air, les graines libèrent ce gaz dans l'atmosphère.**

Il s'agit d'un essai à un facteur avec trois répétitions de 200g :

- Composition atmosphérique des sacs (4 niveaux)
  - 1- Témoin air ( $\text{O}_2$  :20,9%,  $\text{N}_2$  :78%,  $\text{CO}_2$  :0,03%) ensaché sous la pression atmosphérique (1 atm),
  - 2- Anoxie compensée avec 78% d'azote technique ( $\text{N}_2$  :98%,  $\text{O}_2$  : 1-2%) et 20% de dioxyde de carbone sous 1 atm.
  - 3- Anoxie compensée avec 68% d'azote technique et 30% de dioxyde de carbone sous 1 atm,
  - 4- Anoxie compensée avec 48% d'azote technique et 50% de dioxyde de carbone sous 1 atm.

On étudie le phénomène d'adsorption du  $\text{CO}_2$  par les graines en suivant l'évolution de la teneur en dioxyde de carbone au sein des saches. Des prélèvements de gaz sont effectués toutes les heures pendant 8 heures puis toutes les 24H pendant cinq jours (soient 13 séries de 12 sacs).

Après chaque prélèvement les graines sont ensachées avec de l'air durant 24H. On mesure après ce délai la teneur en CO<sub>2</sub> au sein des saches qui met en évidence la libération du CO<sub>2</sub> dans le milieu.

### 2.1.1.2 Essai adsorption-germination

**Hypothèses :**

- **La perméabilité des saches au dioxyde de carbone n'est pas en cause,**
- **L'adsorption est dû à l'affinité des graines pour le dioxyde de carbone**
- **Le dioxyde de carbone adsorbé par les graines diminue leur potentiel germinatif après 24h passées à l'air libre.**

Il s'agit d'un essai à deux facteurs et trois répétitions de 100g :

- Composition atmosphérique des sacs (4 niveaux)
  - 1- Témoin air (O<sub>2</sub> :20,9%, N<sub>2</sub> :78%, CO<sub>2</sub> :0,03%) ensaché sous la pression atmosphérique (1 atm),
  - 2- Anoxie compensée avec 98% d'azote technique (N<sub>2</sub> :98%, O<sub>2</sub> : 1-2%) sous 1 atm.
  - 3- Anoxie compensée avec 88% d'azote technique et 10% de dioxyde de carbone sous 1 atm.
  - 4- Anoxie compensée avec 68% d'azote technique et 30% de dioxyde de carbone sous 1 atm,
- Matériel (2 niveaux)
  - 1- arachide, variété d'huilerie 55-437 (Spanish),,
  - 2- bille d'aluminium de la taille d'une graine d'arachide.

Les billes d'aluminium joueront le rôle de 'blanc'. On souhaite ainsi montrer que l'adsorption du CO<sub>2</sub> se fait bien par les graines et que la perméabilité des saches n'est pas en cause.

L'expérience se fera en deux temps, une première phase qui aura pour objet l'étude de l'adsorption du CO<sub>2</sub> et une deuxième phase basée sur l'étude de l'émission par les graines du CO<sub>2</sub>. Toutes les saches seront stockées durant 2 mois à température et humidité relative ambiantes. Le phénomène d'adsorption ayant lieu dès les premières heures suivant l'ensachage, les mesures sont faites à 7, 14, 30 et 50 jours de manière en mesurer les effets de la durée d'exposition des graines au dioxyde de carbone. Après ouverture des sacs, les graines sont ensachées avec de l'air. Après 24H, on mesure la teneur en CO<sub>2</sub> des sacs et le pouvoir germinatif des graines.

Dans les deux essais, le plan d'expérience est un plan en randomisation totale avec trois répétitions de 200g (essai préliminaire) ou 100g (essai adsorption). Les analyses statistiques sont réalisées à l'aide du logiciel SAS en collaboration avec le biométricien du Centre d'Etude Régional pour l'Amélioration et l'Adaptation à la Sécheresse (CERAAS), David Boggio.

### **2.1.2 Le matériel**

Les arachides utilisées appartiennent à la variété 55-437 (type Spanish) produites dans la région de Diourbel durant la campagne pluviale de 1997. Achetée sur le marché de Bambey, elle a été soigneusement triée au laboratoire avant d'être utilisée.

Les billes d'aluminium ont la taille et le volume moyen d'une graine d'arachide variété 55-437. La quantité ensachée est de 170g en moyenne pour 100g d'arachide. On obtient ainsi des volumes similaires.

### 2.1.3 Les sacs

Les graines et les billes sont conditionnées dans des sacs plastiques souples à structure multicouches (polyamide-polyéthylène), résistants et peu perméables aux gaz. Il s'agit des sacs BYV 200 (16X24cm) de la firme GRACE CRYOVAC. D'une épaisseur de 200 $\mu$ , ils sont caractérisés par leur très faible perméabilité à l'oxygène et au dioxyde de carbone, respectivement 1 et 5 cm<sup>3</sup>/24h.m<sup>2</sup>.bar.

### 2.1.4 Le conditionnement

Le conditionnement en atmosphère modifiée s'effectue à l'aide d'une ensacheuse à cloche, Multivac A300/43 à cycle de réinjection de gaz. A l'application d'un vide poussé succède une compensation à l'azote ou à un mélange azote/dioxyde de carbone (à l'aide de deux bouteilles). Les témoins confinés sans dépression sont ensachés avec de l'air dans le même type de sac à l'aide d'un soude-sac, Impulse Sealer (Tew, Electronic Heating Equipment co., LTD).

### 2.1.5 Les variables mesurées

#### 2.1.5.1 Composition atmosphérique des sacs

La composition atmosphérique des sacs est contrôlée avant leur ouverture. Les teneurs en O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> sont mesurées à l'aide de l'analyseur O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> Abiss PAR 12. La précision est de 0,1% pour l'oxygène et de 0,5% pour le dioxyde de carbone. Cependant cet analyseur ne permet pas de déterminer les teneurs en CO<sub>2</sub> inférieure à 1-1,5% mais reste fiable (à 0,5% près) au-delà de cette valeur plancher. La teneur en azote est calculée par soustraction des teneurs en O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub>.

#### 2.1.5.2 Détermination du pourcentage de dioxyde de carbone adsorbé et d'oxygène libéré et consommé

Le pourcentage de dioxyde de carbone adsorbé est la différence entre la teneur de ce gaz à l'ensachage et à l'ouverture. Il en va de même pour le pourcentage d'oxygène libéré et consommé.

#### 2.1.5.3 Estimation du potentiel germinatif (essai adsorption uniquement)

Le potentiel germinatif est estimé par deux paramètres calculés à partir des tests de germination, le taux de germination à 96H et la vitesse de germination qui rendent compte de la capacité et de l'énergie de germination (Côme, 1970).

Les tests de germination sont réalisés sur 100 graines déposées dans une boîte de Pétri contenant deux feuilles de papier filtre humectées d'eau distillée et stérilisée à l'autoclave (20 minutes à 120°C). Une graine est considérée comme germé lorsque la radicule crève le tégument séminal et mesure au moins 2mm. Les graines germées sont dénombrées chaque jour pendant quatre jours. Le taux de germination est le pourcentage de graines germées après 96h (Gillier et Sylvestre, 1969). Les graines utilisées pour les tests de germination ne sont pas triées au préalable. Le taux de germination représente bien l'ensemble de la population de graines d'arachide et pas uniquement les graines saines. Il reflète ce qui est observé au champ.

La vitesse de germination est estimée par la formule du coefficient de vélocité. Elle se calcule à l'aide de la formule suivante (Côme, 1970) :

$$\text{Vitesse de germination (inverse du coefficient de vélocité)} = \frac{(N_1 \cdot T_1 + N_2 \cdot T_2 + \dots + N_n \cdot T_n)}{(N_1 + N_2 + \dots + N_n)}$$

N<sub>1</sub>, est le nombre de semences germées au temps T<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> le nombre de semences qui ont germé entre le temps T<sub>1</sub> et T<sub>2</sub> etc. Cette formule donne le temps moyen nécessaire à la germination

des semences étudiées et s'exprime en unités de temps (jours, heures...). Plus facile à appréhender et représentant parfaitement l'énergie germinative: des graines, ce paramètre a été préféré à l'indice d'énergie germinative utilisée précédemment, grandeur sans unité variant entre 0 et 300.

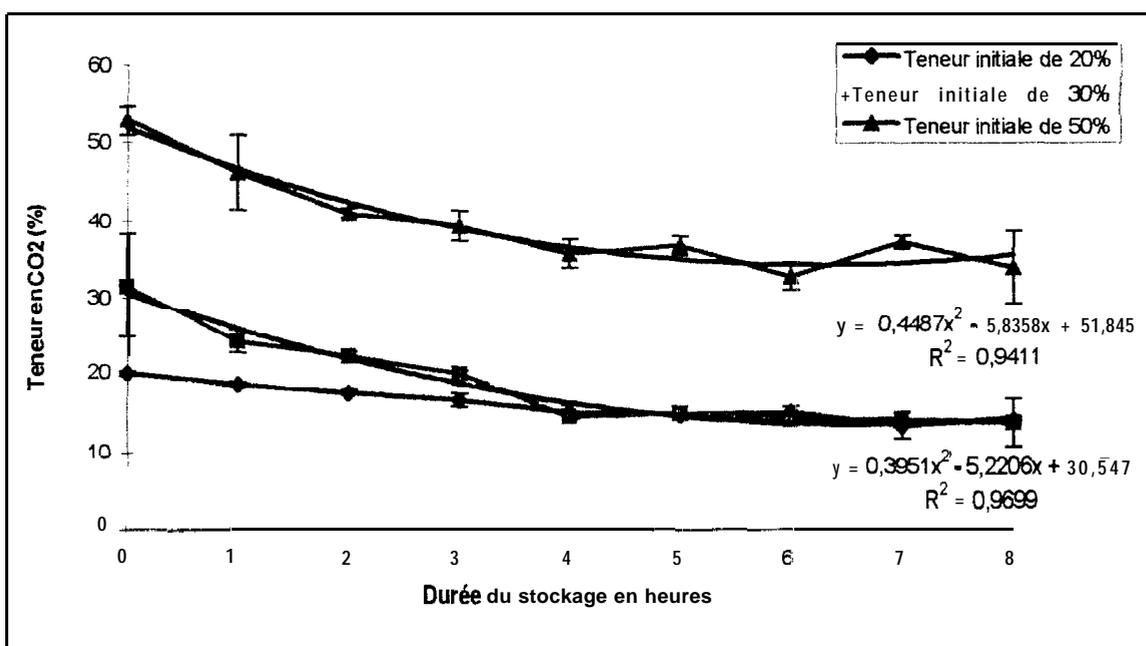
## 2.2 Résultats - Discussion

### 2.2.1 L'essai préliminaire

La composition atmosphérique des sacs témoins n'évolue pas au cours de ce laps de temps (résultats non montrés). La respiration des graines n'interfère pas dans les premières heures de l'ensachage avec le phénomène d'adsorption. Par ailleurs, les graines soigneusement triées et conservées ne présentent aucun parasite susceptible de modifier la teneur en CO<sub>2</sub> des sacs. Le phénomène que l'on observe est bien dû à un mécanisme physique d'adsorption et non à une activité biologique.

L'atmosphère initialement riche en CO<sub>2</sub> s'appauvrit rapidement. La teneur en CO<sub>2</sub> passe de 20, 30 et 50% à 14, 13 et 33%. La figure 2 montre la progression polynomiale asymptotique de ce phénomène et sa stabilisation à un niveau donné. Ces faits sont compatibles avec le phénomène d'adsorption, dû à l'affinité des graines d'arachide pour le dioxyde de carbone déjà observé (Droit, 1994, Thibault, 1997). Le phénomène d'adsorption étant réversible (Le Torc'h et Fleurat-Lessard, 1991), un équilibre entre l'adsorption et la désorption du CO<sub>2</sub> par les graines s'établit.

La vitesse d'adsorption du dioxyde de carbone est identique pour une teneur initiale en gaz carbonique de 30 et de 50%. Le phénomène est moins rapide et moins important pour une plus faible concentration en CO<sub>2</sub>. Des observations similaires sont rapportées avec des grains de céréales. A partir d'une certaine concentration en CO<sub>2</sub>, le phénomène d'adsorption se manifeste. Il est par ailleurs dépendant de la teneur en eau de grains ainsi que de la température (Mitsuda et Yamamoto, 1980).



**Figure n°2 : Evolution de la teneur en dioxyde de carbone au cours du temps.**

La teneur en dioxyde de carbone du témoins étant proche de zéro, elle ne figure pas sur ce graphique.

L'adsorption de CO<sub>2</sub> par les graines est susceptible d'activer le métabolisme respiratoire des graines en déplaçant l'oxygène depuis l'intérieur vers l'extérieur de la graine (espace intergranulaire). La mesure de la teneur en oxygène de sacs montre en effet une faible augmentation de cette dernière (tab.7).

Stockage (H)	Teneur initiale en CO <sub>2</sub>		
	20 %	30 %	50 %
0	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,00 (0,12)
1	0,77 (0,07)	2,33 (0,83)	0,61 (0,21)
2	0,67 (0,06)	2,70 (0,22)	0,76 (0,11)
3	0,91 (0,52)	3,23 (0,28)	1,03 (0,52)
4	1,67 (0,80)	4,77 (0,72)	1,99 (0,32)
5	1,07 (0,23)	5,70 (0,68)	1,26 (0,34)
6	0,87 (0,23)	5,60 (1,00)	1,83 (0,06)
7	2,37 (2,03)	6,10 (0,90)	1,49 (0,43)
8	1,61 (0,17)	5,70 (2,36)	1,73 (0,57)

**Tableau n° 7: Augmentation de la teneur en oxygène au cours du stockage sous une atmosphère modifiée enrichie avec différents teneurs en dioxyde de carbone.**

Las valeurs entre parenthèses représentent 'l'intervalle de confiance pour un risque  $\alpha=5\%$ .

24 heures après le retour des graines sous une composition atmosphérique normale, on observe pour les graines précédemment stockées sous dioxyde de carbone une augmentation considérable de la concentration en gaz carbonique et une diminution moindre mais franche de celle en oxygène. Cela n'est pas observé pour les graines précédemment stockées sous air. Ces variations traduisent d'une part la libération par les graines du CO<sub>2</sub> adsorbé pendant le stockage et d'autre part une consommation d'oxygène par les graines. La figure 3 illustre pour le traitement sous 50% de CO<sub>2</sub>, l'importance du phénomène de désorption et de consommation. Il en est de même avec 30% de CO<sub>2</sub> (non montré).

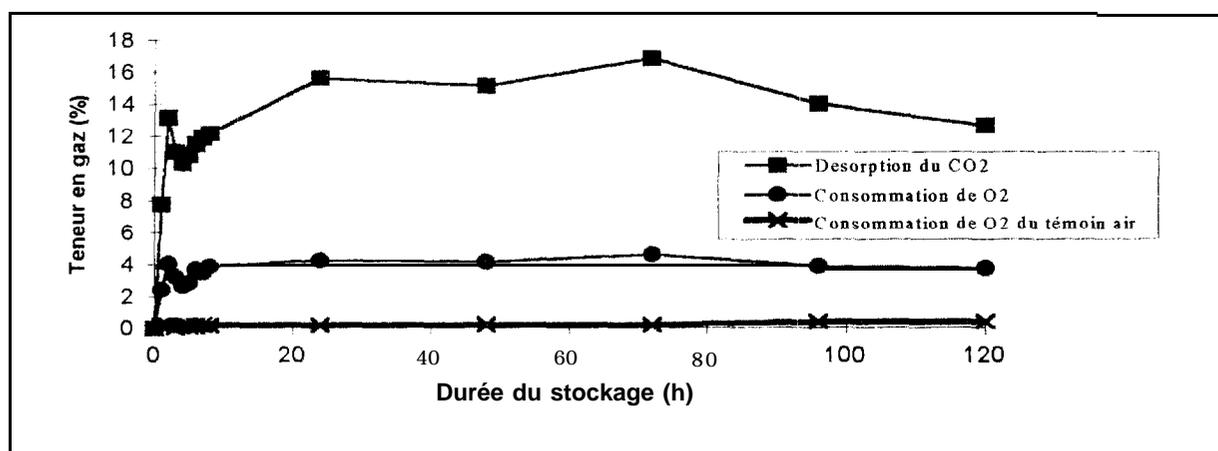


Figure n°3 : Libération de CO<sub>2</sub> (désorption) et consommation d'O<sub>2</sub> par les graines d'arachide ensachées 24h à l'air et précédemment stockées sous 50% de dioxyde de carbone. Le témoin n'ayant pas adsorbé pas de gaz carbonique n'en libère pas.

Il apparaît que le phénomène d'adsorption n'est pas proportionnel à la concentration initiale en dioxyde carbone (fig.2) mais dépendrait plutôt de la quantité de graines ensachées (Droit, 1994). L'adsorption est un phénomène physique réversible qui se caractérise par l'établissement d'un équilibre de sorption entre les graines et l'espace intergranulaire. L'adsorption étant un phénomène passif, les flux de gaz suivent les concentrations décroissantes. Ces flux de gaz entraînent une modification de la teneur en oxygène susceptible d'activer le métabolisme respiratoire des graines.

## 2.2.2 L'essai adsorption

### 2.2.2.1 Evolution de la teneur en dioxyde de carbone

Après 50 jours de stockage, la teneur en dioxyde de carbone des sacs contenant 100g de graines d'arachide passe de 10 et 3 1% à 8 et 21%. La teneur en  $\text{CO}_2$  des sacs contenant les billes d'aluminium n'évolue pas ou peu. Une faible diminution apparente est observée dans le cas des billes ensachées avec 3 1% de  $\text{CO}_2$ . Elle résulte probablement d'un mauvais réglage de l'ensacheuse (plus proche de 29% que de 3 1%). En effet, cette diminution ne peut s'expliquer par une fuite du sac, car si tel était le cas, la teneur en dioxyde de carbone après 50 jours de stockage serait celle de l'atmosphère soit proche de 0% et non 29%.

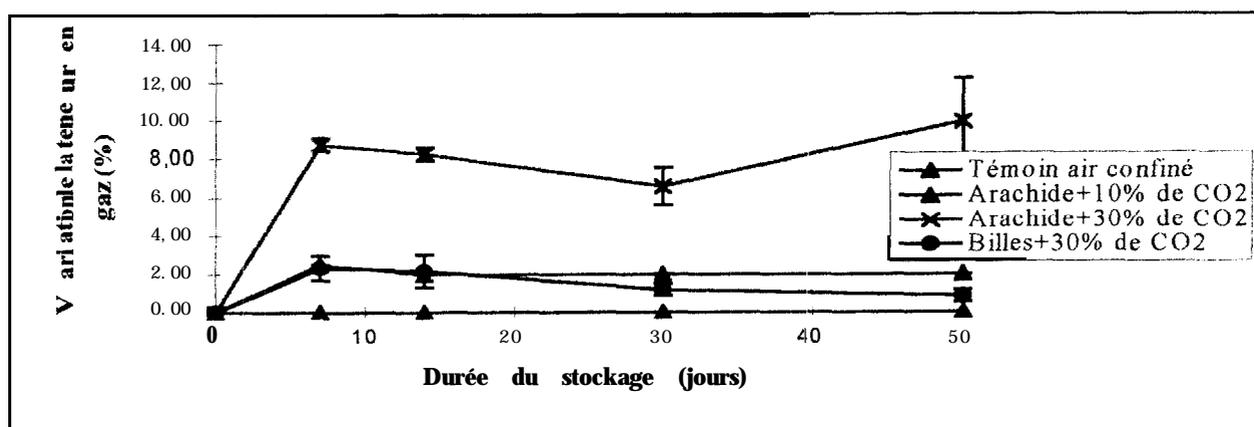


Figure n° 4: Adsorption du dioxyde de carbone au cours du stockage.

Le témoin air confiné et les billes ensachées avec 10% de  $\text{CO}_2$  ne présentent aucune modification de leur teneur en gaz carbonique.

En conclusion, la diminution de la teneur en dioxyde de carbone est bien liée à une adsorption par les graines d'arachide. L'étanchéité des sacs n'est pas à remettre en cause.

### 2.2.2.2 Evolution du pouvoir germinatif des semences.

Les tests de germination sont réalisés un jour après la remise à l'air ambiant des graines.

Quel que soit le traitement, la capacité germinative des semences est diminuée par rapport à l'état initial (tab.8). Le taux de germination du témoin air confiné et du traitement sous azote se maintiennent cependant mieux que les autres traitements. Dès le 7<sup>e</sup> jour, on observe une différence significative entre le traitement composé de 30% de  $\text{CO}_2$  et les autres atmosphères. A partir du 14<sup>e</sup> jour, les graines conservées sous du dioxyde de carbone (10 ou 30%) se démarquent de façon significative des autres arachides stockées sous une anoxie compensée avec de l'azote ou sous une atmosphère confinée.

**Durée du stockage sous atmosphère modifiée**

Traitement	Teneur en CO2 (%)	7 jours		14 jours		30 jours		50 jours	
		TG (%)	VG (h)	TG (%)	VG (h)	TG (%)	VG (h)	TG (%)	VG (h)
Témoin air	0	79,67a	37,36b	81,00a	45,12a	66,33a	39,49b	62,67	43,10
Azote	0	72,00a	40,00b	46,36a	66,33b	45,00a	69,00a	45,59a	54,67
Azote/dioxyde de carbone	10	61,33b	44,97a	51,67c	43,50a	48,33b	43,49a	64,33	43,32
Azote/dioxyde de carbone	30	44,00c	42,37a	49,33c	38,04b	49,00b	45,42a	56,67	43,01
Test F de Fisher								ns	ns
CV (%)		9,8	5,10	10,3	4,4	10,8	4,4	9,8	6,3
<b>Valeur initiale</b>		<b>T G: 79,9 +/- 3,15; V G: 37,62 +/- 1,58</b>							

**Tableau n° 8: Evolution du taux de germination à 96H (TG) et de la vitesse de germination (VG) au cours du stockage sous différentes atmosphères modifiées.**

Test F de Fisher : ns non significatif, \* significatif, \*\* hautement significatif et \*\*\* très hautement significatif. Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par le test de Newman-Keuls.

La vitesse de germination reste stable et proche de 40 à 45h. Après, 50 jours de stockage, l'activité métabolique des graines encore viables ne semble donc pas avoir été modifiée par la composition gazeuse des sacs.

		Durée du stockage sous atmosphère modifiée							
		7 jours		14 jours		30 jours		50 jours	
		TG (%)	VG (h)	TG (%)	VG (h)	TG (%)	VG (h)	TG (%)	VG (h)
Contraste CO2 (avec ou sans)	Moyenne sans	75,83	41,86	73,67	45,06	67,67	42,54	58,67	43,63
	Moyenne avec	52,67	43,67	50,50	40,77	48,67	44,46	60,50	43,16
	F de Fisher ( $\alpha=5\%$ )	***	ns	***	**	***	ns	ns	ns

**Tableau n°9 : Analyse par la méthode des contrastes des effets du dioxyde de carbone sur le pouvoir germinatif des semences d'arachide.**

ns : non significatif, \*\* : hautement significatif, \*\*\* : très hautement significatif.

Il apparaît par la méthode des contrastes (tab.9) qu'une conservation sous une atmosphère enrichie en dioxyde de carbone réduit de manière significative le nombre de graines potentiellement aptes à germer. Cette dégradation est certainement due aux échanges gazeux liés au conditionnement sous dioxyde de carbone (adsorption puis libération de dioxyde de carbone, déplacement consommation d'oxygène). L'absence d'études approfondies sur ce sujet ne nous permet pas d'identifier la ou les causes de ce phénomène. Il serait souhaitable de réaliser une étude similaire avec des semences ayant un taux de germination initial supérieur à 95%.

ISRA - CIRAD  
Bibliothèque  
SAMBEY

## Conclusion

Les hypothèses testées dans l'essai préliminaire se sont avérées vraies. **Les graines d'arachides à l'image de certaines céréales adsorbent rapidement le dioxyde de carbone présent à forte concentration dans le milieu. L'adsorption est réversible.**

Toutes les hypothèses émises avec l'essai adsorption-germination se sont également avérées exactes. **La perméabilité des sacs n'est pas à l'origine de la diminution de la concentration en dioxyde de carbone que l'on observe. Il s'agit bien d'un phénomène d'adsorption lié à l'affinité des graines pour le dioxyde de carbone.** L'utilisation d'une atmosphère enrichie en dioxyde de carbone entraîne une diminution significative du pouvoir germinatif des graines. Avec 30 et 10% de CO<sub>2</sub>, on n'observe cependant pas d'effet dose significatif. Il apparaît que **le pouvoir germinatif des graines est mieux maintenu avec une conservation sous anoxie compensée avec 98% d'azote.**

D'un point de vue pratique nous retiendrons sur le phénomène d'adsorption les points suivants :

- la quantité de gaz carbonique adsorbée est fonction de la quantité de graines et non de la teneur initiale en CO<sub>2</sub>,
- un équilibre de sorption s'établit au sein des sacs parfaitement étanches,
- le flux de CO<sub>2</sub> de l'espace intergranulaire vers les graines génère un flux d'oxygène de moindre importance dans le sens opposé.

Les conséquences sont multiples :

- l'adsorption provoque dans le cas de conditionnements étanches une diminution importante du 'volume interne' de l'emballage et crée une dépression. Pour le stockage d'importants volumes de graines, une structure souple est préférable à une structure trop rigide et cassante.
- le déplacement d'oxygène active peut être le métabolisme respiratoire des graines et peut de ce fait réduire leur potentiel énergétique.
- l'utilisation de dioxyde de carbone à forte concentration entraîne une diminution du potentiel germinatif des graines stockées sous atmosphère modifiée puis laissées 24H à l'air.

### Fichiers correspondant aux essais

Essai	Protocole	Données+tableaux	Texte rapport
Préliminaire	protoc0.doc	Données-brutes.xls Rapport.xls	Adsorption.doc
Adsorption-germination	protoc.doc	Adsorption-germination.xls	

Etude du cycle de développement de la bruche de l'arachide,  
*Caryedon serratus* OI., dans les conditions d'élevage du  
laboratoire.

### 3. Etude du cycle de développement de la bruche de l'arachide, *Caryedon serratus* Ol., dans les conditions d'élevage du laboratoire.

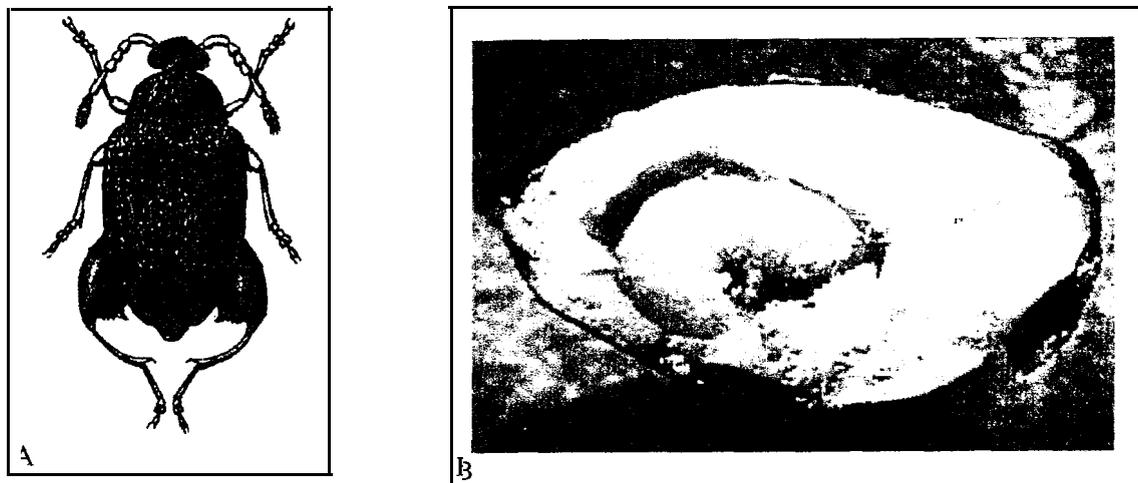


Figure 5 : *Caryedon serratus* Ol. sur graine d'arachide. A : Bruche adulte, B : Larve à l'intérieur des cotylédons (Appert 1957 et Mc Farlane. 1996)

Dès 1934, *Caryedon serratus* Ol. (fig. 5) est identifié comme étant le principal ravageur des stocks d'arachides en coque (*Arachis hypogaea* L.) en Afrique de l'Ouest (Sagot et Bouffil, 1935). Ce petit coléoptère de la famille des Bruchidae sous famille des Pachymerinae est inféodé à plusieurs espèces de Césalpinioïdées (*Tamarindus indica* L., *Pilostigma thonningi* Schum., *Cassia sieberiana* DC...) et d'une Fabacée, *Arachis hypogaea* (arachide)(et Decelle, 1966 et Robert, 1982). Bien que son développement soit lent (2 mois en moyenne par génération), la bruche de l'arachide induit au bout de trois générations des pertes dépassant parfois 60% du poids sec en graine (Matokot et al., 1987). La biologie de ce ravageur a fait l'objet de nombreuses études ( Sagot et Bouffil, 1935; Prevett., 1967; Conway, 1983; Pierre et Huignard, 1990). Il apparaît que la durée moyenne du cycle de développement de *C. serratus* varie sur l'arachide en coque entre 65 jours (Calderon et al., 1967) et 91 jours (Conway, 1983). Afin de mener à bien les expérimentations sur la bruche de l'arachide, il nous a semblé indispensable de connaître le cycle biologique de cet insecte dans nos conditions d'élevage et de comparer ce cycle à celui décrit dans la littérature.

#### 3.1 Matériel et méthode

##### 3.1.1 Description de l'essai

**Objectif: Définir les caractéristiques biologiques de la bruche de l'arachide dans nos conditions d'élevage.**

Le dispositif comprend 4 répétitions de 50 graines infestées avec 2 couples et un témoin sans bruche. Le témoin nous permet de mettre en évidence les éventuelles infestations cachées. Le principe de la manipulation est repris dans la figure 6.

##### 3.1.2 Matériel biologique

L'expérience s'est faite sur des graines d'arachides de bouche, variété GH 119-20, triées, issues de la campagne 1997 (région de Nioro) et stockées sous vide durant 6 mois dans une armoire métallique à l'abri des rongeurs et de tout autre ravageur.

Les graines saines sont mises en présence de bruches adultes âgés au plus de 24H provenant de l'élevage du laboratoire. Les adultes utilisés sont issus de cocons isolés dans une boîte grillagée en présence de gousses d'arachide (variété 55-437). Les gousses d'arachide sont connues pour activer l'ovogenèse et la ponte des femelles (Delobel, 1989). Pendant 24H à intervalle de temps régulier (30 minutes de 7H30 à 20H30), les adultes émergeant sont séparés par sexe et maintenus ainsi jusqu'au lendemain (pour obtenir un nombre suffisant de bruches). Ils sont ensuite mis en présence de graines saines. Les élevages se font dans des boîtes en plastique transparent d'un diamètre de 8 cm et d'une hauteur de 5cm dont le couvercle découpé est recouvert d'un morceau de moustiquaire.

Les bruches ne sont pas alimentées et sont soumises à la température et humidité relative du laboratoire (fig.7) soient en moyenne 65% et 30°C pour une durée de trois mois.

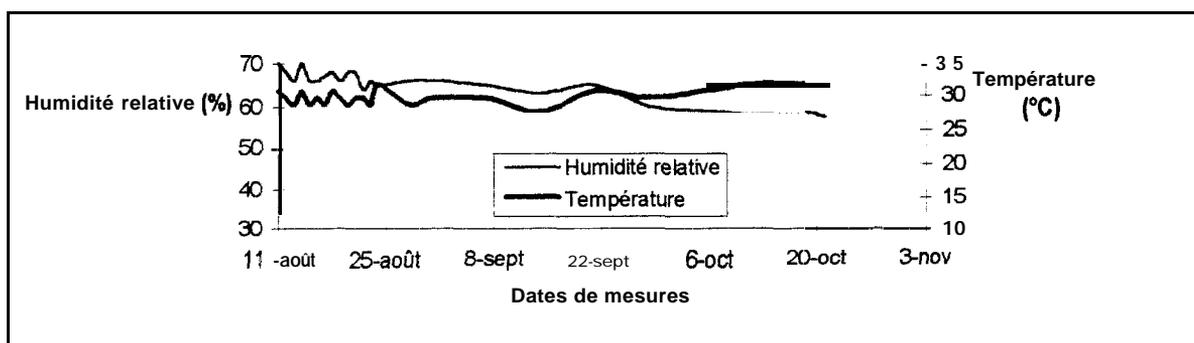


Figure n°7 : Conditions d'élevage de la bruche, *Caryedon serratus* 01.

### 3.1.3 Les variables mesurées

Chaque jour, on compte le nombre d'œufs par répétition jusqu'à épuisement et mort des deux femelles puis on observe les sorties de larves L4, de cocons ou d'imago. On détermine ainsi une série de paramètres biologiques (tab.9).

$$\text{Taux de ponte: } TX_p = \frac{\omega_{Tot}}{2} ; \text{Fécondité: } TX_F = \frac{\omega_{Blancs}}{2} ; \text{Mortalité des œufs: } TX_o = \left(1 - \frac{\omega_{Blancs}}{\omega_{Tot}}\right) \cdot 100$$

$$\text{Mortalité larvaire : } TX_L = \frac{(\omega_{Blancs} - \chi_{Tot})}{\omega_{Tot}} \cdot 100 , \quad \text{Mortalité nymphale : } TX_{Mn} = \frac{\chi_M}{\omega_{Tot}} \cdot 100$$

$$\text{Mortalité de la population au cours du cycle de développement : } TX_{Mtot} = \left(1 - \frac{\varepsilon_{Tot}}{\omega_{Tot}}\right) \cdot 100$$

Tableau n°9 : liste et formule des paramètres considérés.

$\omega_{Tot}$  : nombre total d'œufs pondus,  $\omega_{Blancs}$  : nombre total d'œufs supposés fécondés,  $\chi_{Tot}$  : nombre total de cocons externes,  $\chi_M$  : nombre de larves mortes dans leur cocon,  $\varepsilon_{Tot}$  : nombre total d'émergences.

On désigne par 'œufs féconds', tous les œufs présentant une capsule céphalique visible par transparence.

Le taux de mortalité de chaque stade de développement de la bruche est estimé en établissant le rapport entre le nombre d'individus morts par stade sur le nombre d'individus de la population initiale.

### 3.2 Résultats

Le témoin placé dans les mêmes conditions d'expérimentation que le reste de l'essai ne présente aucun cocon ni émergence. Les graines utilisées peuvent donc être considérées comme saines et notre témoin apparaît de ce fait comme un témoin négatif absolu.

L'oviposition des femelles débute le lendemain de l'infestation soit 4SH après l'émergence. Les pontes deviennent maximales 4 jours après l'infestation (fig. S) avec 15 œufs par jour puis chute rapidement pour atteindre moins de 5 œufs par jour et par femelle. Le nombre moyen d'œufs pondus par une femelle est de 67,5 (Intervalle de confiance de 15,27 pour un risque alpha de 5%) avec un maximum de 80,5 et un minimum de 48,5. D'après la courbe des pontes cumulées, après 7 jours d'élevage la pente de la courbe s'infléchit. En pratique, on retiendra donc cette date pour le retrait des adultes, 85% des pontes ayant déjà eu lieu.

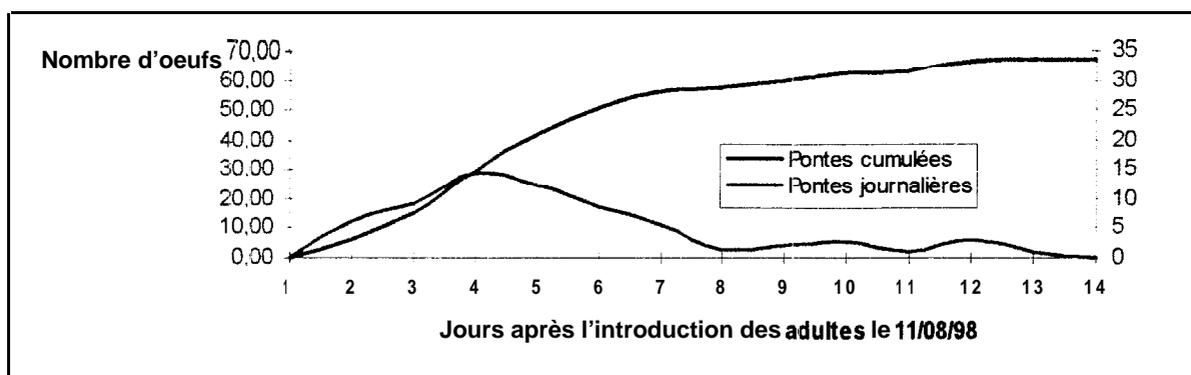


Figure n°8 : Pontes d'œufs de *Caryedon serratus* au cours du temps (pour une femelle).

Dans nos conditions d'élevage, les larves L4 sortent de la graine et forment dans les deux jours qui suivent un cocon. Les premiers et derniers cocons apparaissent respectivement 20 et 70 jours après l'oviposition. Un maximum de cocons apparaissent entre le 40 et 45<sup>e</sup> jour (4 nymphoses par jour) puis le nombre de nymphoses par jour diminue pour stagner autour de 2 nouveaux cocons par jour. Les premiers adultes émergent 20 jours après la première nymphose, la majorité d'entre eux sort de leur cocon entre le 30 et 35<sup>e</sup> jour et les derniers à 50 jours (fig. 9). Les deux pics correspondent certainement à un artefact cachant un seul pic tronqué. Le cycle de développement de la bruche de l'arachide dure donc dans nos conditions d'élevage entre 40 et 70 jours avec un maximum d'émergences entre 50 et 55 jours.

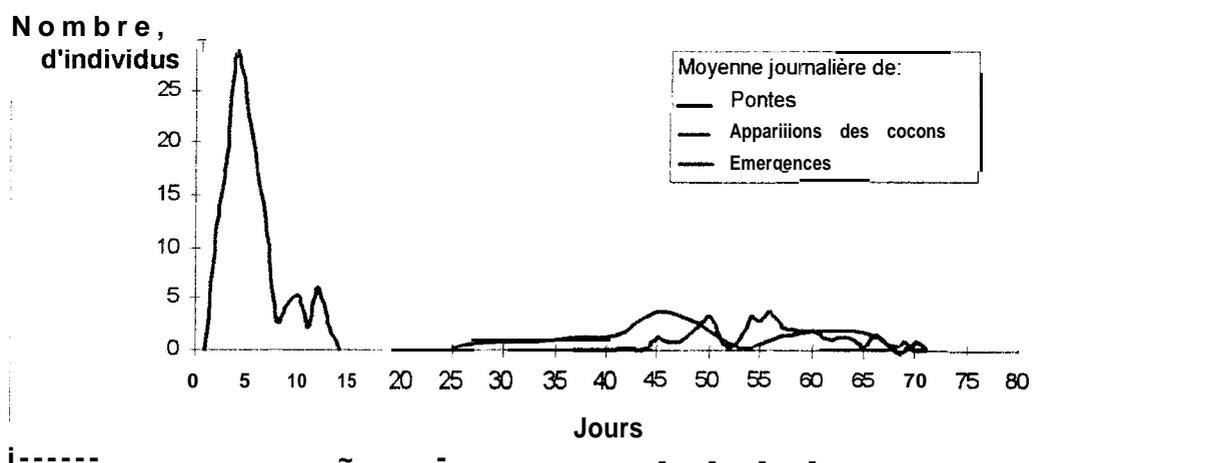


Figure n°9 : Ovipositions, nymphoses et émergences de *Caryedon serratus* 01. au cours du temps.

La mesure des paramètres biologiques des bruches met en avant un taux de pontes par femelle de 67 pontes (tab. 10) mais une fécondité relativement faible de l'ordre de 33 œufs féconds par femelle. Le taux de mortalité moyen au cours du développement est élevé,  $71,21 \pm 15,12$ . Avec un taux de mortalité moyen de 52,05 le stade œuf se présente comme le stade le plus sensible du cycle de développement de la bruche, la mortalité larvaire et nymphale étant respectivement de 12,38 et 5,35% (soient 28 et 22% au sein de chacun des stades considérés).

	Ponte/femelle (Nombre d'œufs/femelle)	Fécondité /femelle (Nombre d'œufs féconds/femelle)	Mortalité des œufs (%)	Mortalité larvaire (%)	Mortalité nymphale (%)	Mortalité de la population (%)
1	61,00	32,50	46,72	15,57	4,92	67,21
2	80,50	55,50	31,06	21,74	4,97	57,76
3	80,00	23,50	70,63	5,00	5,00	85,63
4	48,50	19,50	59,79	7,22	7,22	74,23
Moyenne	67,50	32,75	52,05	12,38	5,53	71,21
Ecart type	15,58	16,11	17,07	7,72	1,13	11,51
Intervalle de confiance ( $\alpha=5\%$ )	15,27	15,79	16,73	7,57	1,11	15,12

**Tableau n°10 : Caractéristiques biologiques de la population des bruches élevées en laboratoire à Bambey.**

### 3.3 Discussion

Avant de se lancer dans une analyse approfondie des résultats, il est important de souligner que cette étude porte sur quatre répétitions comportant chacune deux couples de bruches. Une extrapolation est donc prématurée. Pour des raisons techniques, élevage vieillissant et nombre d'émergences trop faible, il nous a été impossible de mener une expérimentation à plus grande échelle. Cependant, les résultats obtenus correspondent parfaitement à ce qui est observé ultérieurement chaque jour dans nos élevages (infestation d'un bocal par semaine avec en moyenne 150 cocons pour 300g de graines).

Le cycle de développement de *Caryedon serratus* dans nos conditions d'élevage concorde sur de nombreux points avec ce qui a été décrit dans la littérature. L'oviposition dans nos conditions se déclenche 48H après l'émergence des adultes soit 24H après l'infestation des lots, ceci est en accord avec les travaux de Cancela Da Fonseca (1965), qui travaille à 25°C sous une humidité relative de 70%. Par ailleurs, on observe bien un pic d'oviposition dans les 5 premiers jours d'élevage (4<sup>ème</sup> jour dans notre étude). Le cycle de développement de nos bruches se fait en 55 jours dans la majorité des cas. Cette durée est nettement inférieure aux 65 et 91 jours décrit respectivement par Calderon (1967) et Conway (1983). Nos conditions d'élevage bien que non contrôlées varient peu et restent proches de 65% en moyenne pour l'humidité relative: et de 30°C pour la température. Ces Conditions semblent être optimales et expliqueraient la faible durée relative du cycle de développement. En effet, Mc Farlane (1996) rapporte qu'il faut 42 jours en moyenne pour passer de l'œuf à l'adulte sous 70% d'humidité relative et à 30°C mais que cette durée peut être allongée si l'on se place dans les conditions tropicales ambiantes. Il faut par exemple entre 56 et 105 jours en Gambie pour que la bruche puisse accomplir son cycle (Mc Farlane, 1996). La durée de vie des adultes (14 jours), la période d'oviposition (10 jours) et le nombre d'œufs pondus ( $67,5 \pm 15,27$ ) concordent avec les résultats obtenus par Cancela Da Fonseca (1965) et Calderon (1967). Enfin, la fécondité par

femelle est similaire à celle décrite par Delobel (1989) dans le cas de bruches non alimentées ( $30,9 \pm 20,5$ ).

Les paramètres biologiques mettent en évidence au cours du développement une mortalité élevée de  $71,21 \pm 15,12$  qui est essentiellement liée à une importante mortalité au stade œuf,  $50,5 \pm 16,73$ . La compétition interlarvaire contribue à la mortalité larvaire ( $28,19 \pm 6,96$ ) que l'on observe. En effet, lorsque deux larves se rencontrent dans une même graine, l'une des deux meurt à la suite de dommages physiques (morsures) causés par l'autre (Cancela Da Fonseca, 1964 et Ndiaye *et al.*, 1992). La mortalité nymphale que l'on observe est anormalement élevée (22%) si on la compare à celle citée dans la littérature (2%). Elle est attribuable dans notre expérimentation à un important parasitisme par un hyménoptère non identifié. En effet, dans deux cas sur trois, des larves de ce parasitoïde ont été trouvées dans les cocons dont le développement avait été stoppé.

### Conclusion

La bruche de l'arachide, *Caryedon serratus*, est aujourd'hui, considérée comme le principal ravageur des stocks d'arachides au Sénégal et plus généralement en Afrique. Une étude minutieuse de son cycle de développement était donc essentielle pour la conduite d'essais ultérieurs. La présente étude, bien que limitée par le nombre de répétitions, apporte des précisions sur notre connaissance de cet insecte. Il apparaît que dans nos conditions d'élevage, le cycle de *C. serratus* est de courte durée (55 jours en moyenne) ce qui n'est pas en opposition avec les travaux de Mc Farlane de 1996 qui avait pu obtenir un cycle de développement de 42 jours dans des conditions de température et d'humidité relative jugées optimales (70% et 30°C). L'essentiel des paramètres biologiques, fécondité (32,75), taux de pontes (67,5), mortalité larvaire (37,40), sont par ailleurs similaires à ceux cités dans la littérature. Compte tenu de ces résultats, cette étude pourra être valorisée sous la forme d'une fiche technique reprenant l'essentiel des ces conclusions ainsi que les résultats des travaux antérieurs réalisés par d'autres auteurs. Cette fiche servira de document de travail pour les personnes intéressées par la conduite d'élevage de bruches de l'arachide au sein du laboratoire. De même, il devient possible d'engager des expérimentations sur la bruche de l'arachide et mesurer l'effet de différents traitements sur le comportement de cette dernière.

#### Fichiers correspondant aux essais

Essai	Protocole	Données-n-tableaux	Texte rapport
Elevage	protoc0.doc	Cycle.xls	Elevage.doc
Fiche technique		cycle-papier.ppt	fiche.doc

# L'élevage de *Caryedon serratus* Ol.

Par Alias Emmanuel CSNICIRAD avec le concours de Barou Sidibe Technicien Entomologiste

Laboratoire d'Entomologie des Denrées Stockées et de Technologie Post-Récolte  
Action ISRA - GGP 1998

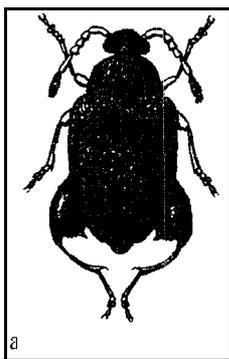
## Origine et importance économique

Originnaire du Sud de l'Asie, la bruche de l'arachide, *Caryedon serratus* Ol. est signalée pour la première fois en 1910 dans des stocks d'arachide (*Arachis hypogaea* L.) en coque au Sénégal (Delobel, 1989). Ce petit coléoptère de la famille des Bruchidae sous famille des Pachymerinae est naturellement inféodé à plusieurs espèces de Césalpinioïdées (*Tamarindus indica* L., *Pilostigma thonningi* Schum., *Cassia siebetiana* DC...). Il a su cependant s'adapter à une Fabacée, *Arachis hypogaea* (arachide) qui fut introduite en Afrique à la fin du XVIème siècle (Delobel, 1996). Bien que son développement soit lent (2 mois en moyenne par génération), la bruche de l'arachide induit au bout de trois générations des pertes dépassant parfois 60% du poids sec en graine (Matokot et al., 1987).

## Morphologie et Biologie

*Caryedon serratus* Ol. fait parti des holométaboles, son cycle de développement se compose donc d'un stade œuf, d'une succession de stades larvaires (4 pour *C. serratus*), d'un stade nymphal immobile et d'un stade imaginal. Le passage d'un stade à un autre se faisant au travers de mue (Nymphale et imaginale).

L'adulte mesure 4 à 7 mm de long. Il est de couleur marron-gris avec de petites tâches sombres sur les élytres. Il possède des antennes et des fémurs sériés. Par ailleurs, les élytres ne recouvrent pas complètement l'abdomen (Mc Farlane, 1996). Les adultes sont capables de s'alimenter en eau et pollen mais ne s'attaquent jamais à l'arachide en coque ou en graine (Appert, 1957 et Delobel, 1989). Les mâles se distinguent des femelles par leur abdomen plus arve et arrondi à son extrémité.



Les larves ont une morphologie, une anatomie et un mode de vie très différent de l'adulte. A l'éclosion, la larve L1 pénètre dans la graine. Les stades L1 à L4 se succèdent et s'alimentent dans la graine. La distinction des différents stades larvaires se base sur la taille (L1 : 0,2 mm, L4 : 6mm), le nombre de soies et les organes sensoriels portés par le prothorax. La larve L4 qui a consommé presque la totalité de la graine se

approche de la surface et découpe un trou circulaire de 3mm de diamètre à contours nets. La nymphose se fait au niveau de cet orifice ou à l'extérieur de la graine entre deux graines.

## Les conditions d'élevage

Les élevages se font dans des bocaux de verre dont le couvercle découpé est recouvert d'un morceau de

moustiquaire à mailles étroites. On introduit dans chaque bocal 300g de graines en moyenne pour une centaine de bruches (sous forme de cocon ou d'adultes âgés au plus de 24H). Les insectes subissent les conditions ambiantes de température et d'humidité relative. Les récents travaux menés au laboratoire ont montré que le cycle de développement de *C. serratus* est de 55 jours en moyenne pour une température et une humidité relative respectivement de 30°C et 65%. Dans ces conditions, l'oviposition a lieu 24H après l'infestation et peut être stimulée par la présence de gousses d'arachide (Delobel, 1989).

La durée de vie des adultes (14 jours sans alimentation) peut être augmentée par l'apport d'eau et de graines de pollen (Delobel, 1989). Il devient alors possible d'envisager une plus grande pérennité de l'élevage ainsi qu'une plus grande souplesse dans sa gestion.

## Conduite de l'élevage

On initie toujours un nouvel élevage à partir d'une nouvelle génération. Dans les conditions sus-citées, on peut considéré que le nombre de pontes est maximal après 7 jours d'élevage (fig. 1) date à laquelle un retrait des adultes est possible.

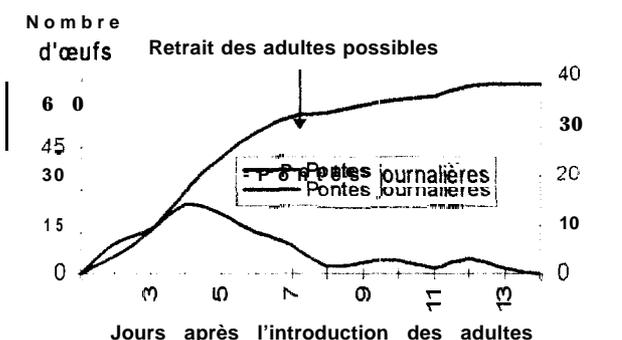


Figure n°1: pontes d'œufs de *Caryedon serratus* au cours du temps (pour une femelle).

On peut ainsi réduire le nombre d'œufs par graine et donc le taux de mortalité larvaire ( $28\% \pm 7$ ) qui est essentiellement lié à la compétition larvaire.

L'essentiel des opérations à mener ainsi que le cycle de développement de la bruche sont représentés au verso de cette fiche.

## Références bibliographiques :

- Appert J., 1957. - Les parasites animaux des plantes cultivées au Sénégal et au Soudan. Inspection générale de l'agriculture - Centre de Recherche Agronomique de Bambey.
- Delobel A., 1989. - Influence des gousses d'arachide (*Arachis hypogaea*) et de l'alimentation imaginale sur l'ovogénèse, l'accouplement et la ponte chez la bruche *Caryedon serratus*. Entomol. exp. Appl., 52, 281-289.
- Delobel A., 1996. - Identification morphométrique de populations soudano-sahéliennes de bruche de l'arachide (Olivier) (Coleoptera Bruchidae). J. Afr. Zoo., 110, 3, 358-366.
- Farlane MC J.A., 1996. - Pest Control Series : Groundnuts, Storage insects and mites. Natural Resources Institute, Toton, Hampshire (UK), 295-334.
- Matokot L., Mapangou-Divassa S. et Delobel A., 1987. - Evolution des populations de *Caryedon serratus* (Ol.) (Coleoptera : bruchidae) dans les stocks d'arachide au Congo. Agronomie Tropicale, 42, 1, 69-74.

<sup>1</sup> *C. serratus* au stade adulte (a) et larve (b) (Appert, 1957)

**Eradication de la bruche de l'arachide sous atmosphère modifiée**

**A**

## 4. Eradication de la bruche de l'arachide sous atmosphère modifiée

*Caryedon serratus* est le principal ravageur des stocks d'arachides (Sagot et Bouffil, 1935 et Matokot et *al.*, 1987). Cependant les pertes causées par cet insecte sont de nature et d'importance variable selon qu'il s'agit d'arachides destinées à l'huilerie, d'arachides de bouche et de confiserie ou de semences. Ces dernières sont en effet les plus exposées. Leur durée de stockage est plus longue (1 à 2 ans contre 4 à 8 mois pour l'arachide d'huilerie et de bouche) aussi les dégâts par les insectes peuvent être considérables (toute graine attaquée n'étant plus apte à germer normalement). Dans certains cas de stockage de semences effectués dans de mauvaises conditions (absence de traitement, stockage à ciel ouvert) des pertes de plus de 20% dues essentiellement aux bruches ont été observées après seulement 5 mois de stockage. Le moyen de lutte couramment utilisé est la fumigation suivi d'un traitement insecticide. La fumigation sous bâche au bromure de méthyle de par sa toxicité aiguë pour les animaux est amenée à disparaître (utilisable uniquement pour le traitement des locaux de stockage dans la CEE). Elle s'accompagne par ailleurs d'un traitement insecticide par poudrage en sandwich lors du stockage au magasin qui limite les pullulations d'insectes (Gilier et Bockelee-Morvan, 1979). Les recherches sur la conservation sous atmosphère modifiée des qualités germinatives de semences d'arachide ont montré l'efficacité de ce procédé pour le contrôle des populations de bruches. En effet, après 18 mois de stockage le taux d'attaque des semences d'arachide, variétés 73-33 et 55-437, est respectivement de 0 et 1,4 (Rouzière, 1986). Les travaux menés de 1993 à 1994 au sein du laboratoire de technologie post-récolte de l'ISRA de Kaolack montrent que l'éradication des bruches est totale après au plus 21 jours de conditionnement des graines d'arachide sous anoxie quel que soit le stade de développement, œuf, larve ou adulte (Droit, 1994). Afin de conforter et de préciser ces résultats deux nouveaux essais ont été menés en 1997. Le premier permet de mesurer l'effet de différentes compositions atmosphériques sur les stades L1-L2 (formes cachées de la bruche). Le second s'attache à démontrer l'efficacité de l'anoxie sur l'éradication de bruches au stade pupe (ou cocon).

### 4.1 Matériel et méthode

#### 4.1.1 Description des essais

Hypothèses :

- La larve de *Caryedon serratus*, responsable des dégâts, est tuée dans la graine par l'application d'une atmosphère modifiée (essai larves:).
- Le stade pupe, stade précédent l'imago, est sensible à l'anoxie (essai pupes).

Dans les deux cas, on étudie le facteur composition atmosphérique qui comporte sept modalités:

- 1 - air libre (témoin air),
- 2 - air confiné avec une légère: dépression
- 3 - anoxie compensée avec 98% de N<sub>2</sub> avec une légère dépression,
- 4 - anoxie compensée avec 30% de CO<sub>2</sub> et 88% de N<sub>2</sub> avec une légère dépression,
- 5 - air confiné sans dépression (témoin confiné),
- 6 - anoxie compensée avec 98% de N<sub>2</sub> sans dépression,
- 7 - anoxie compensée avec 30% de CO<sub>2</sub> et 88% de N<sub>2</sub> sans dépression.

Le plan d'expérience est un plan en **randomisation** totale avec trois répétitions.

L'unité expérimentale est de 200g de graines d'arachide (variété 55-437) contenant soit 10 cocons (essai 'pupes') soit 10 graines contenant au plus deux larves (essai 'larves'). Les essais sont menés jusqu'à l'émergence des dix adultes du témoin placé en élevage à l'air ambiant. Les analyses statistiques sont réalisées à l'aide du logiciel STATITCF version 5.0.

#### 4.1.2 *L 'infestation des graines d'arachide*

L'élevage de *C. serratus* se fait au laboratoire dans les conditions ambiantes de température et d'humidité relative (30°C et 65% en moyenne) sur arachide d'huilerie, 55-437. Les cocons nécessaires pour l'expérimentation sont directement prélevés dans l'élevage. Le critère de sélection est la présence d'une larve L4 vivante tissant son cocon. Des adultes âgés au plus de 24H sont également utilisés pour infester les graines d'arachide de l'essai 'larve'. Au cours de la journée, on retire régulièrement les graines présentant un ou deux œufs (capsule céphalique visible par transparence) à leur surface. Les graines sont ensachées 1 à 2 jours après que l'œuf ait pris la couleur blanche, signe de: la pénétration de la larve L1. On obtient ainsi un lot de graines infestées par des larves au stade L1.

On utilise pour l'essai 'pupes' dix cocons par répétition et dix graines contenant au plus deux larves pour l'essai 'larves' que l'on mélange avec 200g de graines d'arachide saines.

#### 4.1.3 *Les sacs*

Les graines sont conditionnées dans des sacs plastiques souples à structure multicouches (polyamide-polyéthylène), résistants et peu perméables aux gaz. Il s'agit des sacs BYV 200 (16X24cm) de la firme GRACE CRYOVAC. D'une épaisseur de 200µ, ils sont caractérisés par leur très faible perméabilité à l'oxygène et au dioxyde de carbone, respectivement 1 et 5 cm<sup>3</sup>/24h.m<sup>2</sup>.bar.

#### 4.1.4 *Le conditionnement*

Le conditionnement en atmosphère modifiée s'effectue à l'aide d'une ensacheuse à cloche, Multivac A300/43 à cycle de réinjection de gaz. A l'application d'un vide poussé succède une compensation à l'azote ou à un mélange azote/dioxyde de carbone (à l'aide de deux bouteilles). La durée du cycle d'injection du gaz est réglée de manière à maintenir une légère dépression au sein des sacs. La valeur de la dépression créée dans le sac est estimée par celle de la cloche, lue sur le cadran de la machine au moment de la soudure. Les témoins confinés sans dépression sont ensachés avec de l'air dans le même type de sac à l'aide d'un soude-sac, Impulse Sealer (Tew, Electronic Heating Equipment co., LTD).

Les semences ensachées sont placées dans une armoire métallique à l'abri des rongeurs et des termites. Toutes les saches subiront les mêmes conditions de stockage à savoir la température et l'humidité relative ambiantes. Elles sont ainsi stockées le temps nécessaire pour que les adultes des témoins placés à l'air libre émergent et meurent. Après ce laps de temps, on maintient en observation les sacs pendant 15 jours.

#### 4.1.5 *Les variables mesurées*

##### 4.1.5.1 Composition atmosphérique des sacs

La composition atmosphérique des sacs est contrôlée avant leur ouverture. Les teneurs en O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> sont mesurées à l'aide de l'analyseur O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> Abiss PAK 12. La précision est de 0,1% pour l'oxygène et de 0,5% pour le dioxyde de carbone. Cependant cet analyseur ne permet pas de déterminer les teneurs en CO<sub>2</sub> inférieure à 1-1,5% mais reste fiable (à 0,5% près) au-delà de cette valeur plancher. La teneur en azote est calculée par soustraction des teneurs en O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub>.

#### 4.1.5.2 Observations

Quinze jours après la mort du dernier imago du témoin placé à l'air libre, on compte le nombre d'émergences ou de larves dans chaque sac. Pour l'essai 'larves', on récupère les graines porteuses des œufs et l'on y réalise des coupes fines afin de localiser les larves et d'en mesurer la taille. Les larves récoltées sont classées en fonction de leur taille. On considère les critères suivants (Prevett, 1967):

- taille inférieure à 0,2mm correspond au stade L1,
- taille comprise entre 0,2 et 0,6mm correspond au stade L2-L3,
- taille supérieure à 0,6mm correspond au stade L4.

On calcule ainsi le taux de mortalité pour chaque stade larvaire en fonction de la population larvaire totale.

## 4.2 Résultats-discussion

### 4.2.1 Composition gazeuse des sacs

La composition gazeuse des sacs des deux essais évolue de la même façon.

Pour les traitements avec une faible teneur initiale en dioxyde de carbone, la teneur en oxygène diminue et celle en dioxyde de carbone augmente, ceci est particulièrement vrai pour les graines placées en atmosphère confinée (tab. 11 et 12). Cette évolution résulte de l'activité respiratoire combinée des graines et des larves en activité dans les graines. Elle a pour conséquence un renforcement de l'anoxie pour les traitements avec de l'azote mais aussi la création d'une anoxie dans les sacs initialement à 20,9% d'oxygène avec une concentration en oxygène entre 0,4 et 3,4. Elle montre par ailleurs que l'étanchéité des sacs est parfaite.

Après 2mois de stockage, la teneur en CO<sub>2</sub> des traitements initialement enrichis en dioxyde de carbone diminue et passe de 28% à 9%. Cette chute est liée au phénomène d'adsorption du CO<sub>2</sub> par les graines.

Traitement	Dépression	Composition gazeuse initiale			Composition gazeuse à l'ouverture		
		O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Air confiné	oui	20,90 (0,00)	1,50 (0,00)	77,60 (0,00)	3,03 (0,36)	6,17 (0,33)	90,80 (0,69)
Azote	oui	270 (0,30)	1,50 (0,00)	95,80 (0,30)	1,97 (0,17)	2,33 (0,33)	95,70 (0,34)
Azote-CO <sub>2</sub>	oui	577 (0,24)	28,83 (933)	68,40 (0,11)	2,00 (0,23)	9,17 (0,33)	88,83 (0,17)
Air confiné	non	20,90 (0,00)	1,50 (0,00)	77,60 (0,00)	1,50 (0,29)	7,17 (0,33)	91,33 (0,07)
Azote	non	2,00 (0,11)	1,50 (0,00)	96,50 (0,11)	0,90 (0,11)	2,17 (0,33)	96,33 (0,43)
Azote-CO <sub>2</sub>	non	2,03 (0,07)	28,67 (0,65)	69,30 (0,59)	0,43 (0,17)	10,33 (0,65)	89,23 (0,53)

Tableau n°11 : Teneur en gaz des sacs de l'essai 'larves' à l'ensachage et 2 mois plus tard.

Les valeurs entre parenthèses représentent l'intervalle de confiance pour un risque  $\alpha=5\%$ .

Traitement	Dépression	Composition gazeuse initiale			composition gazeuse à l'ouverture		
		O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Air confiné	oui	20,90 (0,00)	1,50 (0,00)	77,60 (0,00)	4,43 (0,96)	6,00 (0,00)	89,56 (0,96)
Azote	oui	1,43 (0,46)	1,50 (0,00)	97,07 (0,46)	1,67 (0,26)	1,50 (0,00)	96,83 (0,26)
Azote-CO <sub>2</sub>	oui	1,33 (0,23)	29,33 (1,18)	69,33 (0,94)	2,43 (0,13)	12,17 (0,86)	85,40 (0,89)
Air confiné	non	20,90 (0,00)	1,50 (0,00)	77,60 (0,00)	2,07 (1,16)	6,66 (0,86)	91,26 (0,56)
Azote	non	0,83 (0,06)	1,50 (0,00)	97,67 (0,06)	0,33 (0,07)	2,50 (0,00)	97,10 (0,06)
Azote-CO <sub>2</sub>	non	1,03 (0,07)	32,00 (1,13)	66,97 (1,13)	1,70 (0,20)	17,83 (0,33)	80,46 (0,28)

Tableau n°12 : Teneur en gaz des sacs de l'essai 'pupes' à l'ensachage et 1mois plus tard.

Les valeurs entre parenthèses représentent l'intervalle de confiance pour un risque  $\alpha=5\%$ .

## 4.2.2 Mortalité des larves et pupes

### 4.2.2.1 L'essai 'larves'

Un mois après l'infestation, les premiers adultes émergent dans les boîtes d'élevage contenant les graines conservées à l'air libre. Leur nombre ne dépasse pas 8 adultes par répétition. Les graines utilisées étaient donc bien saines. Les graines porteuses d'œufs mais n'ayant pas eu d'émergences sont soigneusement découpées, aucune larve n'est observée. La mortalité est donc une mortalité au stade œuf Elle est de l'ordre de  $31\% \pm 7,31$  au seuil de 5%.

Quelle que soit la composition gazeuse à l'ensachage, aucune émergence n'est observée (tab. 13). L'ouverture des graines permet d'isoler et de classer les larves par taille. L'application d'une anoxie conduit rapidement à la mort des larves (stade L1). Il existe en effet une différence significative entre les traitements sous anoxie et ceux comportant une atmosphère confinée. Pour ces dernières, la mort des larves survient au stade L2-L3. Cette différence de rapidité dans l'éradication des larves est probablement liée au temps nécessaire pour que la teneur en oxygène des sacs diminue sous l'effet de l'activité respiratoire des graines et insectes approchant ainsi l'anoxie.

Après deux mois de stockage, on ne distingue par ailleurs aucune différence significative entre les traitements azote et azote-dioxyde de carbone.

Traitement		Variables considérées			
Composition gazeuse	Dépression	Nombre initial d'œuf	Taux de mortalité au stade L1	Taux de mortalité au stade L2-L3	Emergence Nbr d'individus
Air libre	non	11,67 (1.31)	0,00a	0,00	8,00 (0,00)
Air confiné	oui	12,00 (2'27)	0,27b	0,73	0,00
Azote (98%)	oui	10,67 (1.31)	1,00a	0,00	0,00
Azote-CO2 (68%-30%)	oui	11,67 (0.65)	1,00a	0,00	0,00
Air confiné	non	13,00 (1.13)	0,29b	0,71	0,00
Azote (98%)	non	11,33 (0.65)	1,00a	0,00	0,00
Azote-CO2 (68%-30%)	non	11,33 (1.73)	1,00a	0,00	0,00
Test F		ns	***	***	
cv (%)		10.6	4.7	14.8	

**Tableau n°13 : Eradication des larves de bruche après un mois de stockage sous atmosphère modifiée.**

ns non significatif, \*\*\* très hautement significatif. Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par le test de Newman-Kheuls.

Les valeurs entre parenthèses représentent l'intervalle de confiance pour un risque  $\alpha=5\%$ .

On ne rencontre aucune larve du 4<sup>e</sup> stade, l'effet des traitement est donc total et rapide. Des travaux antérieurs (Droit, 1994) montrent que l'éradication des larves (sans distinction des stades de développement) est totale après 7 jours avec un traitement à base de 33% de dioxyde de carbone et 15 jours avec une anoxie compensée à l'azote. Pour un faible niveau d'infestation, le temps nécessaire pour obtenir une totale éradication a cependant peu d'importance s'il reste inférieur au temps nécessaire pour la mise en place d'une nouvelle génération.

### 4.2.2.2 L'essai 'pupes'

Les premières émergences sont observées deux semaines après l'ensachage. En moyenne,  $8,33 \pm 0,65$  adultes sont dénombrés chez le témoin placé à l'air libre. La mortalité naturelle des pupes est donc dans ces conditions de 17%.

Comparée à un ensachage en atmosphère confinée, l'anoxie permet de réduire de façon significative le nombre d'émergences. Le taux de mortalité des pupes est de 100% dans le cas d'un traitement par anoxie sans dépression. La méthode des contrastes ne met pas en évidence de différence significative entre les traitements par compensation à l'azote ou à l'azote mélangée à du dioxyde de carbone. Elle révèle cependant une différence significative entre les traitements avec ou sans dépression. Cette dernière semble en effet activer l'émergence des imago. Cependant, les adultes observés dans les sacs sont tués dans les 24H suivant leur émergence quel que soit le traitement considéré.

Composition	T r a i t e m e n t		V a r i a b l e
	g a z e u s e	D é p r e s s i o n	E m e r g e n c e s
A i r l i b r e		n o n	8 , 3 3 a .
A i r c o n f i n é		o u i	2 , 3 3 b c
A z o t e ( 9 8 % )		o u i	1 , 6 7 c d
A z o t e - C O 2 ( 6 8 % - 3 0 % ) j		o u i	0 , 6 7 c d
A i r c o n f i n é		n o n	3 , 6 7 b .
A z o t e ( 9 8 % )		n o n	0 , 0 0 d
A z o t e - C O 2 ( 6 8 % - 3 0 % )		n o n	0 , 0 0 d
T e s t F			***
c v ( % )			3 7 , 8

Tableau n° 14: Emergences observées après un mois de stockage sous atmosphère modifiée.

\*\*\* très hautement significatif. Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par le test de Newman-Keuls.

Contrastes	Emergences	
Contraste CO2 (0% - 30%)	Moyenne 0%	0,83
	Moyenne 30%	0,33
	F de Fisher (a=5%)	ns
Contraste dépression (avec ou sans)	Moyenne avec	1.17
	Moyenne sans	0.00
	F de Fisher (a=5%)	*
Contraste interaction (dépression/CO2)	F de Fisher (a=5%)	ns

Tableau n° 15: Analyse par la méthode des contrastes des effets simples et composés du type d'anoxie et du maintien d'une dépression sur le nombre d'émergences de bruche.

ns non significatif, \* significatif.

## Conclusion

Quels que soient le traitement et le stade de développement considérés (larves, pupes), on atteint une totale éradication de la bruche. Aucune différence significative n'a pu être mise en évidence entre les traitements azote et azote/dioxyde de carbone. Malgré la supériorité d'un traitement par anoxie, l'ensachage sous atmosphère confinée présente également de très bons résultats. Cette technique plus économique pourrait être envisagée pour des semences présentant un faible niveau d'infestation initial.

### Fichiers correspondant aux essais

Essai	Protocole	Données+tableaux	Texte rapport
Larves	protocole larves.doc	Larves.xls	Eradication.doc
Pupes	protocole cocons.doc	Pupes.xls	

## **Conclusion et conseils pratiques**

## Conclusion et conseils pratiques

La conservation des ressources génétiques et le maintien des variétés sélectionnées fait partie des préoccupations des centres de recherche agronomique de la sous-région d'Afrique de l'ouest. Les semences d'arachide perdent rapidement leur pouvoir germinatif lorsqu'elles sont stockées sous les conditions ambiantes. Aucune solution, adaptée au continent africain n'a pu être élaborée à ce jour pour la conservation des semences pendant deux à trois ans.

La technique de conservation sous atmosphère modifiée est prometteuse, car fiable, peu coûteuse et efficace. Elle a fait l'objet de nombreux travaux au sein du laboratoire de technologie post-récolte de l'ISRA. Ces travaux ont mis en évidence l'efficacité d'une anoxie pour le maintien sur deux à trois ans des qualités semencières des graines d'arachide. Parmi les modalités de conservation sous atmosphère modifiée la plus simple et la mieux adaptée est l'application d'un vide compensée à l'azote. Cette modalité a été retenue pour l'essai GGP1, essai de validation, d'une durée de trois ans mettant en jeu des quantités de semences plus importantes (3,5 kg) compatibles avec les besoins des SNRA (collection, noyaux génétiques). Cet essai, qui a fourni de bons résultats à six mois, est à poursuivre.

Les essais antérieurs n'ayant pas fourni de réponse cohérente quant à l'intérêt de l'addition de dioxyde de carbone, un nouvel essai de longue durée (trois ans), l'essai GGP2, a été mis en place. Les résultats à six mois sont dénaturés par un problème de perte d'anoxie sur de nombreux sacs et interdit toute conclusion à ce stade. L'avenir de cet essai est donc compromis. Il serait néanmoins intéressant d'y suivre le devenir des infestations de *T. castaneum*

L'adsorption du dioxyde de carbone par les graines au cours de leur stockage sous atmosphère modifiée révélée par les essais de Droit (1994), a également fait l'objet d'une étude plus attentive cette année. Il s'avère que la baisse de la teneur en dioxyde de carbone dans les sacs est associée à l'affinité des graines pour ce gaz et non à un problème de perméabilité du film plastique utilisé. L'adsorption du gaz carbonique par les graines entraînerait un déplacement d'oxygène depuis les graines vers l'espace intergranulaire. La réversibilité de l'adsorption a été mise en évidence. La libération de CO<sub>2</sub> s'accompagnerait d'une consommation d'oxygène. Nous avons montré que le dioxyde de carbone adsorbé provoquait une diminution du taux de germination des semences. Cependant, un essai de confirmation devrait être programmé avec des semences ayant un taux de germination initial supérieur à 95%.

Les insuffisances des travaux sur l'éradication de la bruche de l'arachide, *Caryedon serratus*, nous ont amené à étudier le cycle de développement de la bruche dans nos conditions d'élevage et à entreprendre un essai d'éradication des larves L1-L2 et des cocons. Les différents paramètres biologiques de ce ravageur ont été précisés permettant l'élaboration d'une fiche technique. Il s'est avéré que l'anoxie (azote ou mélange azote/dioxyde de carbone) permet de détruire les larves (stade L1) de *Caryedon serratus* au stade L1 ou L2-L3 soit bien avant le stade L4 responsable de la consommation de la majeure partie de la graine. L'anoxie permet également d'éradication des cocons avant l'émergence des adultes.

L'atmosphère modifiée doit être capable de maintenir le potentiel germinatif des graines à son plus haut niveau et de prémunir les semences de toute attaque parasitaire. Les travaux menés en 1994 et 1998 montrent que l'application d'une anoxie permet de réduire à zéro le nombre d'individus, oeufs, larves, pupes ou adultes, susceptibles d'infester les graines et de réinfester. Une atmosphère riche en dioxyde de carbone éradique toutes les formes de bruche plus rapidement qu'une compensation à l'azote mais son utilisation ne se justifie pas car dans les deux cas l'éradication est totale bien avant la mise en place d'une nouvelle génération. Par ailleurs, le gaz carbonique adsorbé par les graines d'arachide est à l'origine d'une diminution du potentiel germinatif de ces dernières. Son utilisation pour le maintien des qualités semencières de l'arachide est donc à exclure. Les contraintes sont en effet importantes :

- ⚡ Adsorption par les graines du dioxyde de carbone créant une dépression au sein des unités de conditionnement source potentielle de fuites
- ⚡ Diminution du pouvoir germinatif des semences laissées à l'air libre après leur conditionnement sous une forte teneur en gaz carbonique,
- ⚡ La compensation se fait à partir d'un mélange  $\text{CO}_2/\text{N}_2$  à l'aide de deux bouteilles de gaz (azote technique et  $\text{CO}_2$  pure) ce qui génère à la fois, un coût supplémentaire et rend la technique plus hasardeuse (proportions obtenues par approximations successives).

L'azote technique se présente donc comme la meilleure solution. L'essai initié en mai 1998 avec le projet GGP pour une durée de trois ans devrait confirmer la validité de cette technique. Cependant, la composition atmosphérique des sacs ne constitue que l'un des paramètres à prendre en considération pour une conservation optimale. En effet, la teneur en eau des graines ainsi que la température de stockage sont deux autres paramètres vitaux jusqu'à présent non travaillés par notre laboratoire. Des essais à grande échelle de stockage à différentes teneur en eau pourraient être initiés dès la prochaine campagne.

En outre, l'utilisation de ce type d'ensacheuse à cloche, dépourvue de dispositifs de contrôle, nécessite la présence d'un opérateur expérimenté capable d'ajuster les paramètres d'ensachage en cours de séance (durée du vide, de la compensation, de la soudure). A défaut, on s'expose à des problèmes de prises d'air pénalisant la fiabilité de cette technique.

## Références bibliographiques

## Références bibliographiques :

**Appert J., 1957.** - Les parasites animaux des plantes cultivées au Sénégal et au Soudan. Inspection générale de l'agriculture - Centre de Recherche Agronomique de Bambey.

**Binet, P. and Brunel, J-P., 1968.** - La lipogenèse ou anabolisme lipidique in *Physiologie végétale II*. Ed Oubrè A., Doin, Paris, France, 623-642.

**Calderon M., Donahaye E. and Navarro S., 1967.** - The life cycle of the groundnut seed beetle, *Caryedon serratus* (OL.), in Israel. Israel J. agric. Res., 17 :3.

**Cancela Da Fonseca J.P., 1964.** - Studies on the larval competition of the bruchid beetle, *Caryedon gonagra* (Fab.). Garcia de Orta, vol. 12, 4, 633-644, Lisboa.

**Cancela Da Fonseca J.P., 1965.** - Oviposition and length of adult life in *Caryedon gonagra* (F.) (Col., Bruchidae). Bul. ent. Res., 55, 4, 697-707.

**Conway J.A., 1983.** - Notes on the biology and ecology of groundnut seed beetle, *Caryedon serratus* (OL.) (COLEOPTERA : BRUCHIDAE) under field conditions in senegambia. Trop. Stored Prod. Inf., 45.

**Côme, D., 1970.** - *Les obstacles à la germination*. Monographie de physiologie végétal, Masson, Paris, pp162.

**C'orrespondence Ellis R.H., et al. and Vertuci C.W. and Roos E.E., 1991.** - Seed moisture content, storage, viability and vigour. *Seed Science Research*, 1, 275-279.

**Decelle, J., 1966.** - *Bruchus serratus* Ol., 1790, espèce-type du genre *Caryedon* Schonherr, 1823. Rev. Zool. Bot. Afr. LXXIV, 1-2, 169-173.

**Delobel A., 1989.** - influence des gousses d'arachide (*Arachis hypogea*) et de l'alimentation imaginale sur l'ovogénèse, l'accouplement et la ponte chez la bruche *Caryedon serratus*. Entomol. exp. Appl., 52, 281-289.

**Delobel A., 1996.** - Identification morphométrique de populations soudano-sahéliennes de bruches de l'arachide (Olivier) (Coleoptera Bruchidae). J. Afr. Zoo., 110, 5, 358-366.

**Donahaye, E., 1990a.** - Laboratory selection of resistance by the red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst), to an atmosphere of low oxygen concentration. *Phytoparasitica*, 18, 3, 189-202.

**Donahaye, E., 1990b.** - the potential for stored-product insects to develop resistance to modified atmospheres. Proc. 5<sup>th</sup> Int. Work. Conf. Stored-Products Protection. Bordeaux, France, Sept 1990, Eds F. Fleurat-Lessard & P. Ducom, 989-996.

**Droit, S., 1994.** - Opération technologie de l'arachide : rapport annuel 1993-94. ISRA-CIRAD, Bambey, Sénégal, pp75.

**Ellis, R.H., Hong, T.D. and Roberts, E.H., 1988.** - A low-moisture-content limit to logarithmic relations between seed moisture content and longevity. *Annals of Botany*, 61, 405-408.

**Ellis, R.H., Hong, T.D., Astley, D., Pinnegar, A.E. and Kraak, H.L., 1996.** - survival of dry and ultra-dry seeds of carrot, groundnut, lettuce, oilseed and onion during five years' hermetic storage at two temperatures. *Seed Sci. & Technol.*, 24, 347-358.

**Farlane MC J.A., 1996.** - Pest Control Series : Groundnuts, Storage insects and mites. Natural Resources Institute, Toton, Hampshire (UK), 295-334.

**Gillier, P. and Sylvestre, P., 1969.** - L'arachide in Collection techniques agricoles et productions tropicales. Eds G-P, Maisonneuve et Larose, Paris, France, pp214.

**Harein, P.K. and Press A.F., 1968.** - Mortality of stored-peanut insects exposed to mixtures of atmospheric gases at various temperatures. J. stored Prod. Res., Vol 4, 77-82.

**Le Torc'h, JM et Fleurat-Lessard F, 1991.** - Etude des interactions d'adsorptiondésorption entre le grain et les atmosphères enrichies en CO<sub>2</sub>, destinées à la désinsecisation du riz paddy. *Agronomie*, 11, 305-3 14.

**Matokot L., Mapangou-Divassa S. et Delobel A., 1987.** - Evolution des populations de *Caryedon serratus* (01.) (Coleoptera : bruchidae) dans les stocks d'arachide au Congo. *Agronomie Tropicale*, 42, 1, 69-74.

**Norden, A.J., 1981.** - Effect of preparation and storage environment on lifespan of shelled peanut seed. *Crop Science*, 21, march-april, 263-266.

**Pierre D. and Huignard J., 1990.** - The biological cycle of *Caryedon serratus* both (colptera, bruchidae) on one of its host plants *Bauhinia rufescens* Lam. (Caesalpinioideae) in a sahelian zone. *Acta Oecologica*, vol. 11, 1, 93-101.

**Prevett P.F., 1967.** - The larva of *Caryedon serratus* (01.) : The groundnut seed beetle (coloptera : bruchidae). *J. stored Prod. Res.*, vol. 3, 117-123.

**Robert, P., Huignard, J. and Nuto, Y., 1982.** - Host plant changes in several populations of *Caryedon serratus*.

**Ndiaye S., Fabres, G. et Labeyrie V., 1992.** - Modalités de la compétition larvaire intraspécifique chez *Bruchus affinis* (Coleoptera, Bruchidae) dans les graines de *Lathyrus sylvestris* (Leguminosae, Fabaceae). *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 97, 2, 135-144.

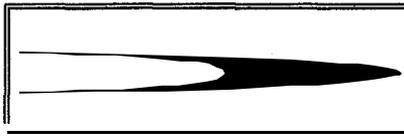
**Slay, W.O., Holaday, C.E., Pearson, J.L. and Pomplin, J.A., 1980.** - Low-oxygen atmospheres as a practical means of preserving the quality of shelled peanuts. *Advances in Agricultural Technology*, 16, Sept, 1-9.

**Sagot R. et Bouffil F., 1935.** - Etudes sur la bruche de l'arachide (*Pachymoerus Acaciae*). Bulletin comité Etudes Hist. Scienti. AOF, 18, 83-91.

**Soderstrom, E., Brandl, D.G. and Mackey, B., 1992.** - High temperature combined with carbon dioxide enriched or reduced oxygen atmospheres for control of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera : Tenebrionidae). *J. storedprod. Res.*, Vol 28, 4, 235-238.

**Thibault, S., 1997.** - Conservation des semences d'arachide décortiquée sous atmosphère modifiée : rapport d'activité. ISRA-CIRAD, Bambey, Sénégal, pp28.

**Yamamoto, A. et Mitsuda H., 1980.** - Characteristics of carbon dioxide gas adsorption by grain and its components. *Controlled Atmosphere Storage of Grains*, (Shejbal, ed) Elsevier, Amsterdam, 247-258.

A decorative graphic element consisting of a horizontal bar with a black-to-white gradient, tapering from left to right.

**Annexes**

# CRYOVAC

Produit  
Informations

## CRYOVAC SAC BT300 X60

Sac retractable a structure multicouches coextrudees specialement concu pour les applications de cuisson sous vide ainsi que pour toutes les applications ou le produit subit un traitement thermique (pasteurisation avant sa commercialisation).

Le sac CRYOVAC BT300 est un "BARRIER BAG" retractable qui offre une resistance aux hautes temperatures (haute barriere a l'oxygene) et resistance mecanique exceptionelle tout en conservant tous les avantages de conservation et de presentation lies a la retraction. Le BT300 conserve toutes ses qualites optiques apres le traitement thermique. Il resiste au cuisson sous vide jusqu'a 5 heures a 55°C en milieu reducteur. Le BT300 permet egalement une pasteurisation a 100°C pendant une heure ou une autre temperature de cuisson de 120°C pendant 15 minutes.

La haute barriere a l'oxygene assure la conservation optimale de vos produits apres pasteurisation ou traitement thermique de leurs emballages. Le BT300 assure une parfaite protection du produit et une parfaite securite alimentaire tout au long de l'ensemble de son cycle de vie. Facilement recyclable, il permet de conférer une presentation tres attractive.

Les applications principales sont relatives a la viande (rôti, de bœuf, porc, volaille), la pasteurisation totale, la pasteurisation de surface de produits consommables et industriels etc.

Le sac BT300 est disponible en 300 x 60 mm et 300 x 100 mm.

## AVANTAGES

- SAC RETRACTABLE POUR LA CUISSON SOUS VIDE SANS ADHESION A LA VIANDE (OOK & STRIP)
- CONVIENT A LA PASTEURISATION TOTALE ET A LA PASTEURISATION DE SURFACE
- LA HAUTE BARRIERE A L'OXYGENE MAINTIEN TOUTES LES QUALITES ORGANOLEPTIQUES DU PRODUIT TOUT AU LONG DU CIRCUIT DE DISTRIBUTION
- PRESENTATION ATTRACTIVE CONFEREE PAR LA RETRACTION
- MAINTIEN DES QUALITES OPTIQUES DU MATERIAU APRES LE TRAITEMENT THERMIQUE.
- DISPONIBLE NEUTRE OU IMPRIME.

# SAC CRYOVAC BT300 X60

Unité		Soudure de fond	Méthode d'analyse
<b>DONNEES TECHNIQUES</b>			
<b>DIMENSIONS</b>			
Longueur	mm	250-1000	CRYOVAC
Largeur	mm	175-450	CRYOVAC
Epaisseur	µ	60	ASTMD-374/C
Soudure		Droite ou courbe	
<b>PROPRIETES (Valeur Nominale)</b>			
<b>PROPRIETES DE</b>			
Température	°C	85	
Retraction	%	1,22	T 32 CRYOVAC
<b>PROPRIETES PHYSIQUES</b>			
Résistance à la rupture	kg/cm <sup>2</sup>	400	ASTMD-882
Allongement	%	90	ASTMD-882
Module d'élasticité	kg/cm <sup>2</sup>	2600	ASTMD-882
TRANSPARENCE	%	8	ASTMD-1003/A
BRILLANCE	Unités de brillance	110	ASTMD 2457
<b>PERMEABILITE</b>			
O <sub>2</sub> à 23°C 0% HR	cm <sup>3</sup> /24 h. m <sup>2</sup> . bar	15	ASTMD 3785
Vapeur d'eau à 38°C 90% HR	g/24 h. m <sup>2</sup>	2	ASTMD-E-96/E
<b>CONDITIONS</b>			
<b>CONDICIONES</b>			
<b>CONDICIONES DE</b>			
<b>ALIMENTARI</b>			
conforme à la législation alimentaire. Le BT300 est agréé pour des traitements thermiques de denrées alimentaires dans toute l'Europe			
<b>QUALITE</b>			
En Europe toutes les unités de production de Cryovac ont reçu la certification ISO 9002 ou son équivalent local			

100% longitudinale 100% transversale

CRYOVAC et BARRER BAG sont des marques déposées de W.R. Grace & Co

**CRYOVAC**  
GRACE Packaging

Date: 1994

FICHE TECHNIQUELAMINE BYV 200Propriétés physiques

Les tests ont été effectués à 23°C - humidité relative 50%

		<u>Unité</u>	<u>Test ASTM</u>	<u>Valeur nominale</u>
Module : longitudinal		kg/cm <sup>2</sup>	D 882 - 83	11.000
	transversal			12.000
Résistance à la rupture	L	kg/cm <sup>2</sup>	D 882 - 83	400
	T			450
Allongement	L	%	D 882 - 83	5
	T			5
Perméabilité vapeur d'eau (T° = 38°C) (H.R. = 80%)		g/m <sup>2</sup> /24h	D 96 - 80	< 5
Perméabilité vapeur d'eau (T° = 23°C) (H.R. = 50%)		g/m <sup>2</sup> /24h	-	<
Perméabilité O <sub>2</sub>		cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /24h	D 3985 - 81	<
Perméabilité N <sub>2</sub>		cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /24h	D 1434 - 82	<
Résistance soudure * (T° = 190°C) (t = 1 sec) (P = 80 Psi)		g/pouce	-	12.70

\* Soudure effectuée sur soudeuse "Sentinel" et test sur dynamomètre "Instron"

## Financement des activités

Les activités de technologie post-récolte de l'arachide ont été soutenues par un financement accordé par le projet GGP. D'un montant initial de 800 000F cfa (en janvier 1998), il a été remanié au mois de mai 1998 pour atteindre le montant de 1 200 000F cfa.

L'état des réalisations au mois de décembre 1998 est présenté dans le tableau suivant :

Libellé	Budget Initial	Budget Remanié	déc-98		
			Réalisations	Restant	Réalisé %
Fournitures de bureau	50 000	50 000	47 500	2 500	95
Gaz	160 000	200 000	205 280	-5 280	103
Produit d'entretien	10 000	10 000	14 700	-4 700	147
Petit matériel & outillage d'atelier	100 000	100 000	17 300	82 700	17
Sacherie	220 000	220 000	212 400	7 600	97
Carburant lubrifiant	0	90 000	92 500	-2 500	103
Autres fournitures	0	50 000	0	50 000	0
Petite matériel & outillage agricole	20 000				
<b>ACHATS</b>	<b>560 000</b>	<b>720 000</b>	<b>589 680</b>	<b>130 320</b>	<b>82</b>
Entretien matériel agricole, scient., tech.,	100 000	100 000	0	100 000	0
Documentation technique	50 000	50 000	0	50 000	0
<b>SERVICE EXTERIEUR A</b>	<b>150 000</b>	<b>150 000</b>	<b>0</b>	<b>150 000</b>	<b>0</b>
Rémunération personnel journalier+charg	70 000	300 000	217 406	82 594	72
Indemnités de missions et déplacement	20 000	40 000	34 000	6 000	85
<b>CHARGES DE PERSONNEL</b>	<b>90 000</b>	<b>340 000</b>	<b>251 406</b>	<b>88 594</b>	<b>74</b>
<b>SOUS TOTAL</b>	<b>800 000</b>	<b>1 210 000</b>	<b>841 086</b>	<b>368 914</b>	<b>70</b>

### Niveau de mobilisation des lignes budgétaires

Globalement, le budget a été mobilisé à 70%.

La rubrique entretien du matériel agricole, scientifique et technique n'a fait l'objet d'aucun engagement.

La rubrique documentation technique, gérée par l'administration du centre, est allouée au service de documentation.

Les autres rubriques ont été consommées à 70% ou 100%.