

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	iv
RESUME	vi
SUMMARY	vii
LISTE DES TABLEAUX	xi
LISTE DES FIGURES	xii
LISTE DES PHOTOS	xiv
LISTE DES ABREVIATIONS	xv
1. INTRODUCTION	1
2. PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES	4
3. ETAT DES CONNAISSANCES	6
3.1. Sur l'œuf et la ponte :	6
3.1.1 Structure de l'œuf :	6
3.1.2 Embryologie :	6
3.1.3 Les valeurs nutritionnelles l'œuf de poules pondeuses.	7
3.1.4 Généralités sur les poules pondeuses :	8
3.1.5 La ponte ou oviposition :	9
3.2. Sur <i>Ceiba pentandra</i>, <i>Heritiera littoralis</i> et les caractéristiques de ses graines :	9
3.2.1 <i>Ceiba pentandra</i> :	9
3.2.2 Caractéristiques biologiques et écologiques du <i>Ceiba pentandra</i> .	10
3.2.3 Généralités sur les graines de <i>Ceiba pentandra</i> :	11
3.2.4 <i>Heritiera littoralis</i> :	13
3.2.5 Caractéristiques biologiques et écologiques de <i>Heritiera littoralis</i> .	13
3.2.6 Généralités sur les graines de <i>Heritiera littoralis</i> .	15
3.2.7 Composition chimique des graines de <i>Ceiba pentandra</i> et de <i>Heritiera littoralis</i> :	17
3.2.8 Composition en acides gras des graines de <i>Ceiba pentandra</i> et de <i>Heritiera littoralis</i> :	17
3.3. Sur le traitement des données par la modélisation mathématique:	18
3.3.1 Généralités sur la modélisation mathématique.	18
3.3.2 Les modèles mathématiques classiquement utilisés dans les sciences animales :	19
3.3.3 Les méthodes d'analyse statistique pouvant faire intervenir la modélisation mathématique :	22
3.3.4 Les logiciels statistiques utilisables pour la modélisation mathématique :	22
3.4. Les méthodes d'investigation possibles pour mener l'étude :	23
3.4.1 Méthode 1 A :	23
3.4.2 Méthode 1 B :	23
3.4.3 Méthode 2 A :	23
3.4.4 Méthode 2 B :	24

4. MATERIELS ET METHODES	25
4.1. Base de données:	25
4.2. Les logiciels statistiques utilisés:	25
4.3. Les paramètres analytiques:	25
4.4. Analyses statistiques:	26
5. RESULTATS	27
5.1. Relation entre les paramètres de production et les variables : âge et taux d'incorporation de poudre de graines d'Heritiera littoralis et de Ceiba pentandra :	27
5.1.1 Le taux de ponte :	27
5.1.2 L'indice de conversion:	29
5.1.3 Conclusion partielle :	31
5.2. Relation entre les paramètres de qualité et les variables : âge et taux d'incorporation de poudre de graines d'Heritiera littoralis et de Ceiba pentandra :	31
5.2.1 Le poids de l'oeuf :	31
5.2.2 Diamètre de la coquille :	33
5.2.3 Longueur de la coquille:	35
5.2.4 Index de coquille :	37
5.2.5 Poids du jaune:	39
5.2.6 Diamètre du jaune:	41
5.2.7 pH du jaune :	43
5.2.8 Poids de l'albumen :	45
5.2.9 Diamètre du blanc:	47
5.2.10 pH du blanc :	49
5.2.11 Conclusion partielle :	51
5.2.12 Synthèse:	52
5.3. Interrelations entre les paramètres de qualité de l'oeuf :	52
6. ANALYSES ET DISCUSSIONS	54
6.1. Paramètres de production :	54
6.1.1 Taux de ponte :	54
6.1.2 Indice de conversion :	56
6.2. Paramètres de qualité:	56
6.2.1 Poids de l'oeuf :	56
6.2.2 Diamètre de la coquille et index de coquille:	57
6.2.3 Poids du jaune :	58
6.2.4 Diamètre du jaune :	58
6.2.5 pH du jaune :	58
6.2.6 Poids du blanc et pH du blanc :	59
7. CONCLUSION	60
8. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	62

ANNEXE A	67
ANNEXE B	69
ANNEXE C	72
ANNEXE D	79
ANNEXE E	82

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1: VALEURS NUTRITIONNELLES DE L'ŒUF DE POULE EN %.....	7
TABLEAU 2 : COMPOSITION CHIMIQUE DES GRAINES DE CEIBA PENTANDRA	12
TABLEAU 3 : COMPOSITION EN ACIDE GRAS DE L'HUILE DE GRAINES DE CEIBA PENTANDRA	12
TABLEAU 4: COMPOSITION CHIMIQUE DE LA GRAINE DE CEIBA PENTANDRA ET DE HERITIERA LITTORALIS PAR RAPPORT A D'AUTRES GRAINES OLEAGINEUSES (%).	13
TABLEAU 5 : COMPOSITION CHIMIQUE DES GRAINES DE HERITIERA LITTORALIS (%).	15
TABLEAU 6: COMPOSITION EN ACIDE GRAS DE L'HUILE DE GRAINES DE HERITIERA LITTORALIS.....	16
TABLEAU 7: TENEUR EN MATIERE GRASSE, EN AGCPE, EN ACIDES MALVALIQUES ET ACIDES STERCULIQUES DE QUELQUES GRAINES.	16
TABLEAU 8: VALEURS ALIMENTAIRES DES GRAINES DE CEIBA PENTANDRA ET DE HERITIERA LITTORALIS.....	17
TABLEAU 9: COMPOSITION EN ACIDE GRAS DES GRAINES DE CEIBA PENTANDRA ET DE HERITIERA LITTORALIS	18
TABLEAU 10 MATRICE DE CORRELATION DES VARIABLES ETUDIES SANS ET AVEC LES ALIMENTS PARTICULIERS :	52

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : GRAPHIQUE DE LA PERFORMANCE PAR POULE PRESENTE DE LA POULE PONDEUSE HY LINE BROWN	4
FIGURE 2: STRUCTURE DE L'OEUF	6
FIGURE 3: SCHEMA DE L'ORGANE GENITAL DE LA POULE	6
FIGURE 4 : DEHISCENCE DU FRUIT, GRAINES ET VALVES.....	11
FIGURE 5: L'ALLURE DE LA COURBE DE GOMPERTZ.....	20
FIGURE 6 : VARIATION DU TAUX DE PONTE EN FONCTION DE L'AGE CHEZ LE LOT TEMOIN	27
FIGURE 7 : VARIATION DU TAUX DE PONTE EN FONCTION DE L'AGE CHEZ LES ANIMAUX AYANT INGERE DU REGIME CONTENANT DE LA POUDRE DE GRAINES D'HERITIERA LITTORALIS ET DE CEIBA PENTANDRA....	27
FIGURE 8 : VARIATION DU TAUX DE PONTE EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION DE POUDRE DE GRAINES DE HERITIERA LITTORALIS	28
FIGURE 9 VARIATION DU TAUX DE PONTE EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION DE POUDRE DE GRAINES DE CEIBA PENTANDRA	28
FIGURE 10 : VARIATION DE L'INDICE DE CONVERSION EN FONCTION DE L'AGE.....	29
FIGURE 11 : VARIATION DE L'INDICE DE CONVERSION EN FONCTION DE L'AGE CHEZ LES NOURRIES AVEC DU REGIME CONTENANT DE CEIBA PENTANDRA ET DE HERITIERA LITTORALIS	29
FIGURE 12 : VARIATION DE L'INDICE DE CONVERSION EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION DE POUDRE DE GRAINES D'HERITIERA LITTORALIS	30
FIGURE 13 : VARIATION DE L'INDICE DE CONVERSION EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION DE POUDRE DE GRAINES DE CEIBA PENTANDRA.....	30
FIGURE 14: VARIATION DU POIDS DE L'OEUF EN FONCTION DE L'AGE CHEZ LE LOT TEMOIN	31
FIGURE 15 : VARIATION DU POIDS DE L'OEUF EN FONCTION DE L'AGE CHEZ LES OISEAUX AYANT INGERE DU POUDRE DE GRAINES D'HERITIERA LITTORALIS ET DU CEIBA PENTANDRA.....	32
FIGURE 16 : VARIATION DU POIDS DE L'OEUF EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION D'HERITIERA.....	32
FIGURE 17 : VARIATION DU POIDS DE L'OEUF EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION DE CEIBA	33
FIGURE 18 : VARIATION DU DIAMETRE DE LA COQUILLE EN FONCTION DE L'AGE CHEZ LES OISEAUX TEMOINS.	33
FIGURE 19 : VARIATION DU DIAMETRE DE LA COQUILLE EN FONCTION DE L'AGE CHEZ LES OISEAUX RECEVANT DU POUDRE DE GRAINES	34
FIGURE 20 : VARIATION DU DIAMETRE DE LA COQUILLE EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION DE POUDRE DE GRAINES D'HERITIERA LITTORALIS	34
FIGURE 21 : VARIATION DU DIAMETRE DE LA COQUILLE EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION DE POUDRE DE GRAINES DE CEIBA PENTANDRA.....	35
FIGURE 22 : VARIATION DE LA LONGUEUR DE LA COQUILLE EN FONCTION DE L'AGE CHEZ LE LOT TEMOIN	35
FIGURE 23 : VARIATION DE LA LONGUEUR DE LA COQUILLE EN FONCTION DE L'AGE CHEZ LES PONDEUSES INGERANT DE L'ALIMENTATION CONTENANT DE LA POUDRE.	36
FIGURE 24 : VARIATION DE LA LONGUEUR DE LA COQUILLE EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION D'HERITIERA.	36
FIGURE 25 : VARIATION DE LA LONGUEUR DE LA COQUILLE EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION DE CEIBA.....	37
FIGURE 26 : VARIATION DE L'INDEX DE COQUILLE EN FONCTION DE L'AGE CHEZ LE LOT TEMOIN	37
FIGURE 27 : VARIATION DE L'INDEX DE COQUILLE EN FONCTION DE L'AGE CHEZ LES OISEAUX INGERANT DU POUDRE DE GRAINES D'HERITIERA LITTORALIS ET DE CEIBA PENTANDRA	38
FIGURE 28 : VARIATION DE L'INDEX DE COQUILLE EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION D'HERITIERA LITTORALIS.....	38
FIGURE 29 : VARIATION DE L'INDEX DE COQUILLE EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION DE CEIBA PENTANDRA	39
FIGURE 30 : VARIATION DU POIDS DU JAUNE EN FONCTION DE L'AGE CHEZ LE LOT TEMOIN	39
FIGURE 31 : VARIATION DU POIDS DU JAUNE EN FONCTION DE L'AGE CHEZ LES OISEAUX NOURRIES AVEC DU REGIME CONTENANT DE CEIBA	40
FIGURE 32 : VARIATION DU POIDS DU JAUNE EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION D'HERITIERA	40
FIGURE 33 : VARIATION DU POIDS DU JAUNE EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION DE CEIBA PENTANDRA	41
FIGURE 34 : VARIATION DU DIAMETRE DU JAUNE EN FONCTION DE L'AGE CHEZ LE LOT TEMOIN	41
FIGURE 35: VARIATION DU DIAMETRE DU JAUNE EN FONCTION DE L'AGE CHEZ LES OISEAUX INGERANT DE LA POUDRE DE GRAINES DE CEIBA PENTANDRA.....	42
FIGURE 36 : VARIATION DU DIAMETRE DU JAUNE EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION DE HERITIERA....	42

FIGURE 37 : VARIATION DU DIAMETRE DU JAUNE EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION DE CEIBA	43
FIGURE 38 : VARIATION DU PH DU JAUNE EN FONCTION DE L'AGE CHEZ LE LOT TEMOIN.....	43
FIGURE 39 : VARIATION DU PH DU JAUNE EN FONCTION DE L'AGE CHEZ LES NOURRIES AVEC DU CEIBA PENTANDRA	44
FIGURE 40 : VARIATION DU PH DU JAUNE EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION DE POUDRE DE GRAINES D'HERITIERA LITTORALIS	44
FIGURE 41 : VARIATION DU PH DU JAUNE EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION DE CEIBA.....	45
FIGURE 42 : VARIATION DU POIDS DU BLANC EN FONCTION DE L'AGE CHEZ LE LOT TEMOIN	45
FIGURE 43 : VARIATION DU POIDS DU BLANC EN FONCTION DE L'AGE CHEZ LES NOURRIES AVEC DE LA POUDRE DE HERITIERA LITTORALIS ET DE CEIBA PENTANDRA.....	46
FIGURE 44 : VARIATION DU POIDS DU BLANC EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION DE POUDRE DE GRAINES D'HERITIERA LITTORALIS.	46
FIGURE 45 : VARIATION DU POIDS DU BLANC EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION DE CEIBA	47
FIGURE 46 : VARIATION DU DIAMETRE DU BLANC EN FONCTION DE L'AGE.....	47
FIGURE 47 : VARIATION DU DIAMETRE DU BLANC EN FONCTION DE L'AGE CHEZ LES NOURRIES AVEC DU CEIBA OU DE HERITIERA	48
FIGURE 48 : VARIATION DU DIAMETRE DU BLANC EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION DE POUDRE DE GRAINES D'HERITIERA LITTORALIS.	48
FIGURE 49 : VARIATION DU DIAMETRE DU BLANC EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION DE CEIBA	49
FIGURE 50 : VARIATION DU PH DU BLANC EN FONCTION DE L'AGE CHEZ LE LOT TEMOIN	49
FIGURE 51 : VARIATION DU PH DU BLANC EN FONCTION DE L'AGE CHEZ LES NOURRIES AVEC DU HERITIERA LITTORALIS ET DE CEIBA PENTANDRA.....	50
FIGURE 52 : VARIATION DU PH DU BLANC EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION DE HERITIERA.....	50
FIGURE 53: VARIATION DU PH DE L'ALBUMEN EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION DE CEIBA	51

LISTE DES PHOTOS

PHOTO 1 : POULE PONDEUSE SOUCHE HY LINE.....	8
PHOTO 2 : CEIBA PENTANDRA.....	10
PHOTO 3 : LE FRUIT DE CEIBA PENTANDRA.....	11
PHOTO 4 : HERITIERA LITTORALIS.....	14
PHOTO 5 : FRUIT DE HERITIERA LITTORALIS.....	14

Rapport-Gratuit.com

LISTE DES ABREVIATIONS

ADF :	Acide Detergent Fiber
AGCPE :	Acide Gras Cyclo Propenique
ANOVA :	Procédure Analyse des Variances
AVT :	Arginine Vaso Tocine.
CIRAD :	Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement
FAO :	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.
GLM :	Procédure General Linear Modal
HLA :	Nom du régime et du lot complémenté de graine de <i>H. littoralis</i> de 0,62%
HLB :	Nom du régime et du lot complémenté de graine de <i>H. littoralis</i> de 0,124%
HLC :	Nom du régime et du lot complémenté de graine de <i>H. littoralis</i> de 0,062%
IEMVT :	Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des pays Tropicaux
INRA :	Institut National de Recherches Agronomiques
KAA :	Nom du régime et du lot complémenté de graine de <i>C. pentandra</i> de 1%
KAB :	Nom du régime et du lot complémenté de graine de <i>C. pentandra</i> de 0,2%
KAC :	Nom du régime et du lot complémenté de graine de <i>C. pentandra</i> de 0,1%
MF :	Matière fraîche
MG :	Matière grasse
MS :	Matière sèche
NLIN :	Procedure Non Linear
NWs :	Ponte hebdomadaire
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
R :	Coefficient de corrélation
R2 :	Coefficient de détermination
T :	Variable « age » dans les jeux de données à traiter dans R
VRBL :	Variable « taux d'incorporation » dans les jeux de données à traiter dans R

1. INTRODUCTION

L'œuf est le produit alimentaire issu de la ponte des oiseaux. Il est constitué par une coquille, des membranes et des réserves, selon le dictionnaire français HACHETTE.

D'après SAUVEUR (1988), l'œuf, dans sa partie comestible, renferme $\frac{3}{4}$ d'eau et environ $\frac{1}{4}$ de matière sèche.

RAMAROJONA (1978) rajoute que 26 % de la partie comestible de cette denrée alimentaire contiennent des réserves protéiniques et glucidiques. Ces derniers sont contenus dans le jaune d'œuf et le blanc d'œuf.

Autrement dit, un œuf est structurellement constitué par :

- une coquille.
- un jaune et un blanc contenant chacun des réserves nutritifs.
- Et des membranes entourant ces éléments.

Chaque composant de l'œuf a sa propre importance dans la société humaine.

La qualité de la coquille est exigée par les collecteurs d'œuf car la compatibilité de l'œuf avec la dimension des alvéoles en dépend.

Le poids de l'œuf et le nombre d'œufs pondus intéressent les aviculteurs et les consommateurs car c'est en fonction de ceux ci que le marché se conclut.

De plus en plus, la qualité du jaune et celle du blanc sont aussi prises en considération car les nutriments essentiels dont l'homme a besoin se trouvent dans ces deux composants.

Une des raisons pour les quelles, beaucoup de recherches ont été menés pour avoir des connaissances pertinentes sur l'œuf et sa production.

En l'occurrence, BENABDELJELIL et al (2002) ont mis à profit la génétique en sélectionnant et en croisant des lignées animales d'origine différente pour identifier des pondeuses performantes.

AYMAN et al (2003) ont essayé d'étudier l'effet du comportement physiologique des poules pondeuses sur la qualité de l'œuf produit.

A Madagascar, relatif à la Convention sur la Diversité Biologique en 1992 qui énonce l'importance des ressources biologiques dans le développement économique et social de toute l'humanité ; conformément à la Politique Forestière Malagasy qui encourage la valorisation des produits de la forêt pour l'accroissement de la performance économique de Madagascar (REPUBLIQUE DE MADAGASCAR, 1997), et pour faire face à la forte dépendance de l'alimentation avicole au maïs dont le prix fluctue d'une période à l'autre ; créant des frustrations au niveau des éleveurs,

RABENIRINA (2006) et RAMILAMANANA (2006) se sont focalisés sur la mise en valeur des deux ressources forestières ligneuses suivantes: *Ceiba Pentandra* et *Heritiera littoralis* dans la nutrition des poules pondeuses Hy line Brown. Ces ressources biologiques sont abondantes sur la partie littorale malagasy. En d'autres termes, elles se situent dans des lieux où l'approvisionnement en maïs est aléatoire.

RABENIRINA (2006) et RAMILAMANANA (2006) ont étudié chacun si l'incorporation de poudre de graines de *Ceiba pentandra* et d'*Heritiera littoralis* dans l'alimentation des poules pondeuses a des effets intéressants sur la performance de ponte et la qualité de l'œuf.

L'un a fait l'étude sur des pondeuses de souche Hy line Brown âgées de 22 à 28 semaines (RABENIRINA, 2006). L'autre l'a poursuivi sur des pondeuses de même souche mais âgées de 30 à 41 semaines (RAMILAMANANA, 2006).

Les résultats obtenus à partir de ces expérimentations récentes ont permis d'avoir des connaissances primaires sur l'état qualitatif des œufs obtenus et sur la performance de ponte qui en résulte.

La pertinence de ces expérimentations est indiscutable car non seulement, elles donnent des nouvelles informations (le poids moyen, le diamètre et la longueur de l'œuf obtenu, le poids et le diamètre du jaune, l'index de coquille et le taux de ponte...) pour la science de l'œuf mais elles fournissent aussi des conseils pratiques. Les professionnels de l'élevage en ont ainsi besoin. Ces derniers auront sans doute de l'intérêt à connaître surtout les résultats entre les 22 et 27^{ème} semaines d'âges car c'est dans cette période que le pic de ponte se trouve.

En vue de consolider les connaissances issues de ces expériences, le présent travail de recherche s'appuie toujours sur l'étude de cas de la production des Hy Line Brown âgées de 22 à 27^{ème} semaines d'âges, élevées en milieu fermier et nourries avec du régime contenant de la poudre de graines d'*Heritiera littoralis* et de *Ceiba pentandra*.

Il se propose d'utiliser la modélisation mathématique pour décrire la manière avec laquelle la performance de ponte et la qualité de l'œuf varient. Elle convie à identifier les paramètres influents susceptibles d'expliquer ces deux appréciations et de formuler ensuite les éventuelles relations entre ces paramètres.

Il est à préciser toutefois et à rappeler que comme celle de tout aliment, la qualité de l'œuf est définie par :

- ses caractéristiques physiques
- ses caractéristiques chimiques
- ses caractéristiques organoleptiques
- ses caractéristiques microbiologiques.

La qualité de l'œuf étudiée dans ce travail concerne :

- les caractéristiques physiques dont :
 - le poids de l'œuf
 - la longueur de la coquille
 - le diamètre de la coquille
 - l'indice de forme
 - l'index de coquille
 - le poids du blanc
 - le diamètre du blanc
 - le poids du jaune
 - et le diamètre du jaune.

- Et les caractéristiques chimiques dont :
 - le pH du blanc
 - et le pH du jaune.

2. PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

Tous les professionnels de l'élevage, et les zootechniciens reconnaissent que les critères décrivant la qualité de l'œuf et la performance de ponte ne sont pas des données statiques. Ils varient et sont interdépendants.

SAUVEUR (1988) confirme que l'œuf est un système complexe soumis à plusieurs séries d'équilibres internes.

En d'autre terme, l'évolution de la qualité de l'œuf et de la performance de ponte est un phénomène compliqué.

Et lorsqu'un phénomène est compliqué, une des missions des scientifiques est la traduction de cette complexité en une expression simplifiée, plus facile à saisir et/ ou à exploiter.

A l'heure de la révolution informatique où les sources de données se multiplient (Internet...), les moyens de calcul explosent, les logiciels de traitement statistique deviennent de plus en plus évolués,

N'est-il pas opportun de découvrir des modèles mathématiques qui peuvent représenter ce système complexe qu'est l'œuf ?

D'emblée, chez les poules pondeuses de souche Hy Line de 22 à 27^{ème} semaines d'âges et nourries avec un régime contenant du poudre de graines d'*Heritiera littoralis* et de *Ceiba pentandra*,

Existent –t-ils des modèles mathématiques utilisables pour résumer la dynamique des variables décrivant la qualité de l'œuf obtenu et la performance de ponte ?

Pour répondre à ces questions, essayons de trouver des réponses probables.

En 2001, lors d'un travail de recherche portant sur la race ardennaise, le modèle de Gompertz a été utilisé par les chercheurs pour estimer les paramètres de la courbe de croissance des poulets d'Ardenne (LEROY, 2003).

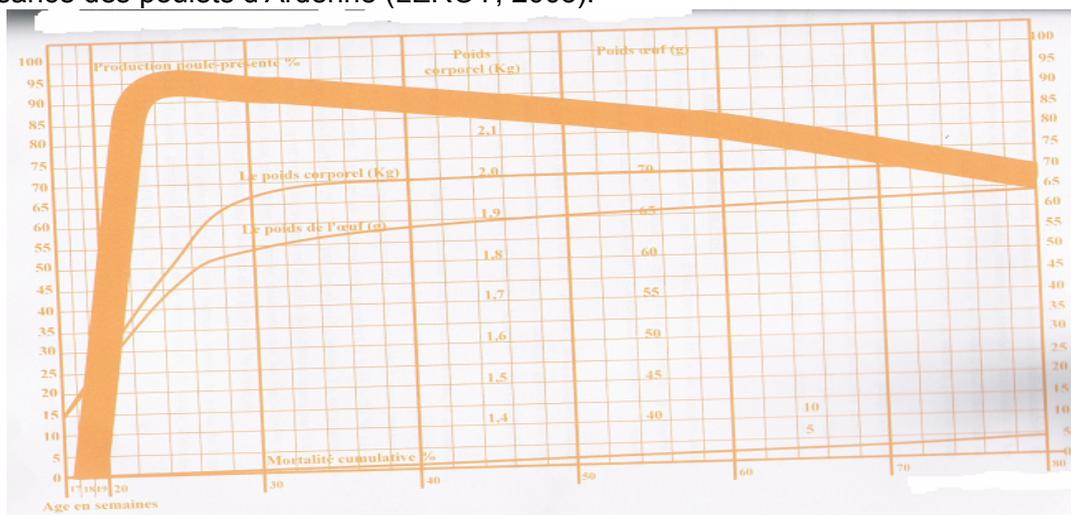


Figure 1 : Graphique de la performance par poule présente de la poule pondeuse HY line Brown

Source : www.hyline.com

Un coup d'œil sur le graphique de la performance par poule présente de la poule pondeuse Hy Line Brown (voir Figure 1) permet de remarquer que l'allure de la courbe du poids de l'œuf ainsi que celle du poids corporel de l'oiseau sont presque identiques.

La relation entre les paramètres décrivant la production et la qualité de l'œuf et l'âge des pondeuses pourra-t-elle être ainsi modélisée par la fonction sigmoïdale de Gompertz ?

RABENIRINA (2006) a observé pendant son expérimentation que pour les lots d'oiseaux ayant reçu du régime contenant de *Heritiera littoralis*, l'index de coquille augmente au fur et à mesure que le taux d'incorporation des graines diminue.

Ceci signifie t-il que la représentation de la relation entre la qualité de la coquille avec le taux d'incorporation de graine pourra suivre le modèle de régression linéaire ?

En 1997, CHAPUIS a modélisé la production d'œufs des oiseaux avec les fonctions exponentielles suivantes (N'DRI, 2006) :

Modèle	Etude	Equation*
Fonction type gamma	Wood, 1967	$y = ft^g e^{-ht}$
Compartimental	Mc Millan et coll., 1970a, b	$y = a(1 - e^{-c(t-d)})e^{-bt}$
Adam-Bell	Adam et Bell, 1980	$y = \frac{1}{1 + ae^{-(t-d)}}$
Logistique curvilinéaire	Yang et coll., 1989	$y = \frac{1}{1 + e^{-c(t-d)}} e^{-bt}$

* y représente le nombre d'œufs pondus à la t^{ème} semaine de ponte. Les différents paramètres a, b, c, d, f, g et h sont des constantes déterminées par régression non linéaire.

Ceci veut – il dire que les modèles de forme exponentielle seront les mieux à décrire la production d'œufs ?

En mathématiques, d'autres modèles peuvent aussi prendre place comme :

Le modèle exponentiel de forme : $y = a e^{kx}$

Le modèle polynomiale de forme : $y = a x^{n+1} + b x^n + c x^{n-1} + d$

Le modèle linéaire simple de forme : $y = a x + b$

Et le modèle linéaire multi variée de forme : $y = k1 a + k2 b + k3 c$

En vue de donner des réponses à ces problématiques, essayons d'abord de réunir les connaissances déjà existantes susceptibles de nous conduire et de nous aider dans notre démarche opératoire de recherche.

3. ETAT DES CONNAISSANCES

3.1. Sur l'œuf et la ponte :

3.1.1 Structure de l'œuf :

L'œuf est la structure qui évolue pour devenir ou donner naissance à un poussin.

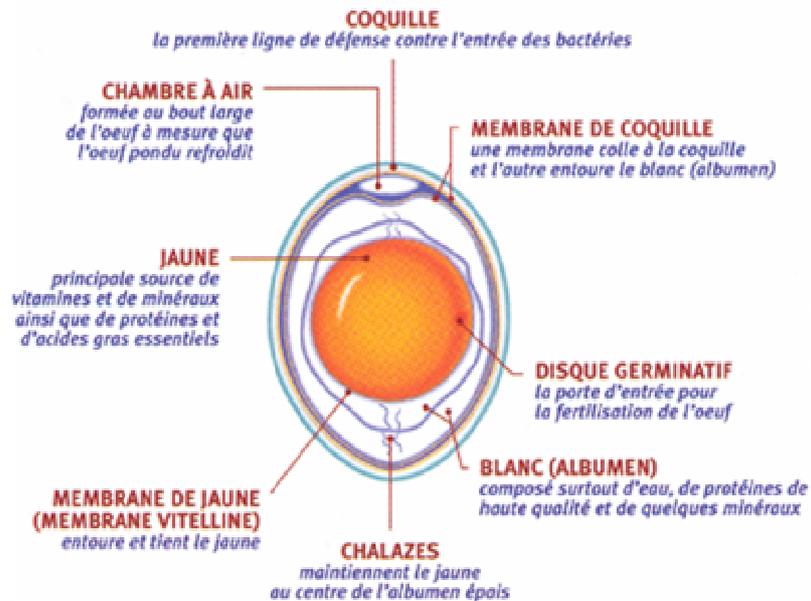


Figure 2: Structure de l'œuf

Source : www.oeuf.ca

3.1.2 Embryologie :

L'ovogenèse commence chez l'embryon de 8 jours environ et au niveau du cortex ovarien (SAUVEUR, 1988).

Les cellules germinales primordiales se divisent en ovocyte I, diploïdes. A l'éclosion, les ovocytes I sont bloqués au stade diplotène. C'est à ce moment que les constituants du jaune sont progressivement déposés par couches.

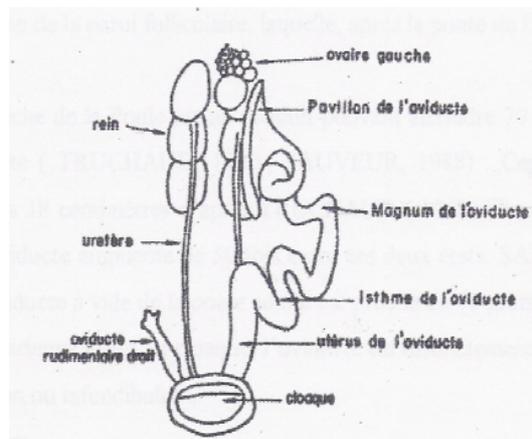


Figure 3: Schéma de l'organe génital de la poule (Source : IEMVT, 1991)

La synthèse du jaune :

Conformément aux observations précédentes, chez la poule, le jaune d'œuf se forme au niveau de l'ovaire. Le vitellus ou jaune d'œuf est un ovocyte chargé de substances nutritives, essentiellement lipoprotéiques. Ces derniers sont synthétisés dans le foie de la poule et acheminés vers l'ovaire par voie sanguine. Le dépôt de ces lipoprotéines est contrôlé par l'action des hormones ovariennes appelées : oestrogènes ; secrétées par les cellules interstitielles des thèques folliculaires.

La synthèse du blanc :

Le blanc ou l'albumen est élaboré dans l'oviducte ou plus précisément dans le magnum (voir figure 3). Il est constitué essentiellement d'eau, de protéines et de minéraux.

Les protéines du blanc sont synthétisées par les cellules épithéliales caliciformes et tubulaires du magnum. Elles sont ensuite expulsées sous forme de grains de sécrétion dans la lumière du magnum. Le blanc est déposé par couche concentrique. Les fibres protéiques des couches les plus internes subissent une torsion aux deux pôles et forment les chalazes. Le contrôle hormonal de la synthèse des protéines du blanc est très complexe. En effet, les oestrogènes, les progestérones, et même les testostérones s'associent d'une manière équilibrée.

L'élaboration de la coquille :

Les membranes coquillières sont synthétisées dans l'oviducte ou plus précisément dans l'isthme. Elles sont formées par des filets fibreux microscopiques très denses constitués de Kératine pure. La couche la plus interne ou mamillaire est déposée en premier lieu. Elle est ensuite surmontée par une autre couche dite spongieuse, qui sera recouverte à son tour par une cuticule organique très fine. Les deux couches internes, déposées en l'espace de 12 heures, sont formées de cristaux de calcite (Ca CO_3). Les cellules épithéliales ciliées et caliciformes, ainsi que les glandes tubulaires de la muqueuse utérine sont les principaux responsables de cette calcification. Une coquille pleinement formée pèse en moyenne 6 grammes (SAUVEUR, 1988).

La forme particulière de l'œuf est acquise dans le magnum. Au cours de sa progression à travers les autres parties de l'oviducte, elle n'est guère modifiée. La pointe de l'œuf étant toujours dirigée vers le cloaque.

3.1.3 Les valeurs nutritionnelles l'œuf de poules pondeuses.

L'œuf est un aliment dont la valeur nutritionnelle n'est pas à négliger.

Tableau 1: Valeurs nutritionnelles de l'œuf de poule en %

(Source : RAMAROJAONA, 1978)

Constituants	Blanc	Jaune	Blanc + Jaune	Œuf entier
Coquille				11.9
Eau	87.8	49.0	73.7	65.5
MS	12.2	51.0	26.3	34.5
Protéines	10.5	16.7	13.4	11.9
Glucides	0.05	31.6	10.5	9.3
Lipides	0.5	Traces	0.3	
Cendres	0.8	1.5	1.2	0.9
Calories	40 – 45	380 – 400	160 – 180	

La composition de l'œuf varie suivant plusieurs facteurs comme le poids de l'œuf, l'âge de la poule, l'origine génétique, la saison et la température, le mode d'élevage, l'alimentation et la durée après ponte (SAUVEUR, 1988).

3.1.4 Généralités sur les poules pondeuses :

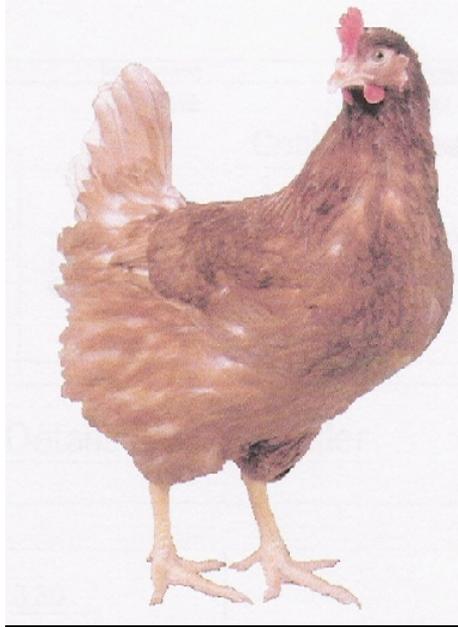


Photo 1 : Poule pondeuse souche Hy Line

Source : www.hyline.com

Elevées principalement pour la production des oeufs, ces volailles pèsent généralement entre 1 et 2 kg. Elles pèsent moins que les poulets élevés pour la viande. A cause de leur plus petite taille, elles ont besoin de moins de nourriture pour maintenir leur poids, tandis qu'elles pondent autant, sinon plus que des bêtes plus grosses.

Les pondeuses sont également consommées, habituellement après avoir pondu pendant un an à un an et demi. Le fermier, bien souvent, ne garde pas les mâles de cette espèce parce que cela demanderait trop de nourriture pour les amener à un poids apte à la vente. Les bêtes qui pondent des oeufs bruns sont en général un peu plus grosses que celles qui pondent des oeufs blancs (KENNETH, 1981).

A part l'eau, les pondeuses ont quotidiennement besoin d'une ration apportant 2800 kcal d'énergie métabolisable par kg d'aliment, 18% de protéines brutes, 0.75% de lysine, 0.34% de méthionine, 0.61% d'acides aminés soufrés, 0.15% de tryptophane et 0.52% de thréonine (CHALOUB, 1989).

Elles nécessitent aussi et respectivement des apports calciques et phosphoriques de 3% et 0.8 par kg d'aliment (RASOLOARIMANANA, 1997).

La consommation moyenne d'aliments par jour des Hy line Brown se situe entre 115 et 122 gramme par poule pour les 18 aux 72 semaines d'âges (RABENIRINA, 2006).

3.1.5 La ponte ou oviposition :

Les poulettes commencent à pondre généralement dès l'âge de 19 semaines. La production augmente progressivement jusqu'à atteindre le pic vers les 26 à 28^{ème} semaines.

Il est à signaler que la lumière joue un rôle important sur le rythme de ponte. Elle stimule l'activité sexuelle et permet de synchroniser les heures de ponte du cheptel. En effet, la poule est très sensible à la durée de la période d'éclairement et surtout à sa variation.

Pendant la saison de ponte, les animaux sont généralement élevés dans des conditions telles que la période d'éclairement demeure constante et d'une durée de 14 à 16 heures par nyctémère de 24 heures.

L'hormone : prostaglandine E, sécrétée par les follicules ovariennes assure la contraction de l'utérus et le relâchement du vagin. Son action est complétée par celles de l'arginine-vasotocine (ou AVT, hormone sécrétée par le lobe nerveux de l'hypophyse), de la progesterone et des prostaglandines F.

Les œufs sont pondus dans la matinée.

Un œuf se forme en 24 heures environ (LISSOT, 1965).

La ponte des œufs se reproduit entre une fourchette de 24 à 30 heures, avec une moyenne de 25 heures (RABENIRINA, 2006).

Le rythme de ponte se fait par une succession d'une période d'activité et d'une période de repos. Ces deux périodes varient suivant les individus. Une poule peut produire un œuf par jour pendant trois jours successifs, puis se reposer le quatrième jour. Une autre peut pondre un œuf par jour pendant une semaine et s'arrêter de pondre ensuite pendant deux jours successifs.

Le cycle de ponte peut s'étendre de 50 à 60 semaines (SAUVEUR, 1988).

Les informations précédentes abordent l'œuf et l'origine de sa formation.

La partie suivante parle des deux ressources forestières dont les graines sont utilisées dans l'aliment d'expérimentation.

3.2. Sur *Ceiba pentandra*, *Heritiera littoralis* et les caractéristiques de ses graines :

3.2.1 *Ceiba pentandra* :

Systematique :

Règne :	Végétale
Sous règne :	Eucaryote
Super embranchement :	Cormophyte.
Embranchement :	Phanérogame ou spermaphyte.
Groupe :	Angiosperme
Classe :	Dicotylédone
Ordre :	Malvaceae
Famille :	Bombacaceae
Genre :	<i>Ceiba</i>
Espèce :	<i>pentandra</i>
Sous espèce :	<i>Ceiba pentandra Gaertn</i> , <i>Ceiba pentandra guineensis</i> , <i>Ceiba pentandra thonninguii</i> .
Noms vernaculaires :	Moraigny, pamba, landihazobe, kapôka.
Noms communs :	Kapokier (française), fromager (française), silk cotton tree (anglaise), capoc (espagnole).

Origine et localisation :

Originaire d'Amérique tropicale, *Ceiba pentandra* est largement répandu en Afrique, en Asie et en particulier en Indonésie où il est le plus exploité (MONTAGNAC et TRAMENA, 1962).

Les seuls travaux de sélection rapportés concernent Madagascar, où furent créés, dans les années 30, des hybrides entre *Ceiba pentandra* et deux espèces voisines, donnant des arbres de taille inférieure et à productivité plus élevées que les types sauvages (Ministère français des Affaires étrangères, 2002).

A Madagascar, *Ceiba pentandra* est localisé dans la partie Ouest de l'île, de l'extrême Nord (Antsiranana) à l'extrême Sud (vallée de Mandrare et de l'Onilahy). Il ne se rencontre ni sur les Hautes Terres ni sur la Côte Est.

3.2.2 Caractéristiques biologiques et écologiques du *Ceiba pentandra*.

Impératifs écologiques :

Ceiba pentandra ne pousse que dans un milieu relativement humide (CHLEQ, 1986). Pour se développer, il nécessite au moins 800 mm d'eau et une altitude inférieure à 1000 m. Sa bonne floraison est, par contre, conditionnée par une saison sèche marquée et une pluviosité variant entre 1000mm à 1500 mm (Ministère française des Affaires étrangères, 2002). Une température d'au moins 20°C lui est utile pour la pollinisation.

Présentation de l'arbre :



Photo 2 : *Ceiba pentandra*

Source : www.ceiba.org

Ceiba pentandra est un arbre qui peut atteindre 40 m, avec un tronc lisse ou couvert d'épines. Ses branches, grosses et robustes, partent presque horizontalement. Les feuilles sont composées, digitées, avec 5 à 7 folioles entières. Les grandes fleurs blanches ont des sépales soudés, des pétales oblongs d'où sort la colonne formée par les 5 étamines. Les fleurs sont jaunes, mesurent 1 à 3 cm et se forment sur la partie terminale des branches.



Photo 3 : Le fruit de *Ceiba pentandra*

Source : <http://www.tiscali.co.uk>

Le fruit est une capsule ellipsoïdale de 10 à 20 cm de long pour 5 cm de diamètre. Il contient plusieurs graines brunes ovoïdes enroulées dans une substance filamenteuse et brillante, qui forme ce que l'on appelle le kapok ou laine végétale. La densité du kapok est six fois inférieure à celle du coton (Ministère française des Affaires étrangères, 2002).

Figure 4 : Déhiscence du fruit, graines et valves



Source : <http://kourou.cirad.fr>

La déhiscence est variable selon les types et le poids de fibre. Elle représente 20 à 25% du poids de la capsule (Ministère français des Affaires étrangères, 2002).

Ceiba pentandra peut se multiplier par semis, par bouturage ou par greffage.

3.2.3 Généralités sur les graines de *Ceiba pentandra* :

Les graines constituent les 32% du fruit de *Ceiba pentandra* (CRUZ et WEST, 1931).

La fente des capsules permet de les extraire. Celle ci peut se faire manuellement. Après la fente, il faut procéder séchage et à l'égrenage. Celui ci consiste à séparer la fibre des graines, il est réalisé à l'aide d'une égreneuse (RAKOTOBÉ, 1979).

Les graines de *Ceiba pentandra* sont brunes, ovoïdes, albuminées, dures et enroulées dans les filaments. Leur diamètre est de 4 à 6 mm.

La composition chimique des graines de kapok ressemble à celles des graines de coton (tableau 2). Les graines de kapok renferment peu ou pas de gossypol mais contiennent plus d'acide gras saturé et d'acide linoléique que les graines de coton. Son huile réagit très positivement au test de HALPHEN mettant en évidence les groupements cyclopropéniques (GRIFFING et ALSBERG, 1931). Les graines ont une teneur élevée en protéine (47,53%) et en matière grasse (34,48%). Tout comme les graines de coton, celles du kapok peuvent être utilisées comme sources d'énergie et de protéine. Les principaux acides gras de son huile sont les suivants : Acide palmitique 18%, acide oléique 20%, acide linoléique 45% (GAYDOU et al, 1983). La composition en acide gras de l'huile de graines de kapok est donnée dans le tableau 3.

Tableau 2 : Composition chimique des graines de *Ceiba pentandra*

	g/kg MS¹	% MF²	Coton %MF²
Eau		8,84	10,48
Cendres	94	5,40	5,28
Protéine brute	324	47,53	38,53
Matière grasse	97	34,48	34,09
Fibres totales	289		
Matières hydrocarbonées	128	3,75	11,62
Calcium	3–8		
Phosphore	11		
Tanins	15		

Source : (1) NAHARI et ASHA, 2003, (2) PADILLA et SOLIVEN., 1933 ;

Tableau 3 : Composition en acide gras de l'huile de graines de *Ceiba pentandra*

Acides gras	Formule	% MG
Myristique	14:0	0,25
Palmitique	16:0	24,31
Palmitoléique	16:1	0,4
Stéarique	18:0	2,65
Oléique	18:1	21,88
Linoléique	18:2	38,92
Linoléique	18:3	}1
Arachidique	20:0	
Béhénique	22:0	0,44
Malvalique	18:CE	7,18
Sterculique	19:CE	2,96

Source : BERRY, 1979

Ceiba pentandra contient la teneur en protéine la plus élevée (47,53%) par rapport aux autres graines provenant des plantes appartenant à l'ordre des Malvaceae (*Heritiera littoralis*, *Sterculia foetida*). Par contre, sa teneur en lipide est assez faible (34,48%) contre 50,26% pour *Sterculia foetida*. (Tableau 4).

Comparé à quelques matières premières les plus courants en alimentation animale comme *Arachis hypogonae* et *Gossypium hirsutum*, la teneur en protéine de la graine de *Ceiba pentandra* est toujours la plus élevée. Sa teneur en lipide est à peu près identique à celle du coton mais un peu plus faible que celle de l'arachide (42,03%). (Tableau 4).

Tableau 4: Composition chimique de la graine de *Ceiba pentandra* et de *Heritiera littoralis* par rapport à d'autres graines oléagineuses (%).

	<i>Ceiba pentandra</i>	<i>Heritiera littoralis</i>	<i>Sterculia foetida</i>	<i>Gossypium hirsutum</i>	<i>Arachis hypogae.</i>
Humidité	8.84	46.27	8.37	10.48	4.58
Protéines	47.53	4.34	23.44	38.53	42.77
Lipides	34.48	5.34	5.26	34.09	42.03
Glucides	5.75	42.59	14.56	11.62	8.05
Cendres	5.40	1.46	3.37	5.28	2.57

Source : PADILLA et SOLIVEN, 1933 rapporté par RABENIRINA, 2006.

3.2.4 *Heritiera littoralis* :

Systématique :

Règne : Végétale
 Sous règne : Eucaryote
 Super Embranchement : Cormophyte
 Embranchement : Phanérogame ou Spermaphyte
 Groupe : Angiosperme
 Classe : Dicotylédone
 Ordre : Malvaceae
 Famille : Sterculiaceae
 Genre : *Heritiera*
 Espèce : *littoralis*
 Sous espèce : *Heritiera littoralis Dryander, Heritiera littoralis littoralis, Heritiera littoralis ralima.*
 Noms vernaculaires : Moromony, Varomby, Honkovavy, Marovavy, Rogno.
 Noms communs : Bois de Tablé (France), Dungon-late (Philippines).

Origine et localisation :

L'origine de *Heritiera littoralis* est l'Océan Indien et l'Océan Pacifique avec une distribution assez large et une grande extension (CABANIS et al, 1969). A Madagascar il se développe le long du bord de la mer, dans les zones à mangroves. Il pousse également en Inde, en Afrique tropicale, aux Philippines, en Malaisie et Polynésie.

3.2.5 Caractéristiques biologiques et écologiques de *Heritiera littoralis*.

Impératifs écologiques :

L'*Heritiera littoralis* se développe bien dans les terrains saumâtres ou généralement dans les zones de transition situées entre la plage et la terre ferme (en arrière des palétuviers).

Présentation de l'arbre :



Photo 4 : *Heritiera littoralis*

Sources : www.greenwild.org

Heritiera littoralis est un grand arbre à contrefort des régions tropicales et subtropicales, vert tout au long de l'année, il peut atteindre 25 m de haut et 60 cm de diamètre (Photo 10). Les fleurs sont nombreuses, jaune vertes, en forme de cloche, d'environ 5 cm de long, 3 à 4 cm de diamètre, dentées seulement à son sommet (TOMLINSON, 1986). Il est reconnaissable à ses feuilles simples circulaires ou presque, entières rappelant celle du cacaoyer, à ses fruits durs, carénés (casque à cimier) flottant parfaitement, très abondant sur tout le rivage et dans les laisses de mer.

La floraison et la fructification se produisent durant la saison chaude, de décembre en mars. Les fruits murs et secs tombent à partir d'avril (RAHARISON, 2005). Ils possèdent 1 à 5 follicules ligneux et sont indéhiscents, monospermes, longs de 45 à 80 mm, larges de 3 à 5 cm, pourvus sur la face dorsale d'une aile ligneuse pouvant atteindre 15 mm de large.



Photo 5 : Fruit de *Heritiera littoralis*

Source : www.asahi-net.or.jp

Cette plante est biologiquement intéressante par le mode de propagation de ses fruits (flottaison et dissémination par le vent et le courant) ; la dispersion et l'atterrissage (abandon par les vagues) ; la capacité de germination (très active sur les sols salés) ; et par sa place écologique (à la limite des grandes marées) (CABANIS et al, 1969).

Heritiera littoralis présente une importance économique considérable. L'homme en tire plusieurs intérêts.

En effet, pour la construction des habitations, l'arbre est utile pour fournir les planches et les perches.

Il constitue également une source importante de combustible (WHITE, 1986).

Incinérée, la plante est un excellent fertilisant avec 40% de K₂O.

L'écorce de l'*Heritiera littoralis* contient du tanin. Celui ci est employé pour durcir les filets des pêcheurs.

Autrefois, la plante a été utilisée aux Philippines comme poison pour les poissons. L'extrait brut de cette plante est toxique pour le *Tilapia nilotica* (MILES et al, 1991).

3.2.6 Généralités sur les graines de *Heritiera littoralis*.

Pour avoir les graines de *Heritiera littoralis*, l'utilisateur peut : soit réaliser la collecte sur pieds des fruits quand la mangrove est accessible, c'est-à-dire pendant la marée basse ; soit ramasser les fruits abandonnés par les vagues sur les rivages.

Chaque fruit ne contient qu'une seule graine (TOMLINSON, 1986).

La composition chimique des graines d'*Heritiera littoralis* est présentée par le tableau suivant (Tableau 5) :

Tableau 5 : Composition chimique des graines de *Heritiera littoralis* (%).

	Graines fraîches	Graines sèches
Humidité	46.27	9.7
Protéines	4.34	24.4
Lipides	5.34	8.3
Glucides	42.59	
Cendres	1.46	4.3
Source	PADILLA et SOLIVEN, 1933	GAYDOU et al., 1993

La composition en acide gras de son huile est présentée dans le tableau 6.

Elle est riche en acide malvalique, en acide sterculique et en acide palmitique.

Tableau 6: Composition en acide gras de l'huile de graines de *Heritiera littoralis*

Acides gras	Formule	% MG
Myristique	14:0	0,1
Palmitique	16:0	11,6
Palmitoléique	16:1	0,2
Heptadécénoïque	17:1	1,2
Stéarique	18:0	3,0
Oléique	18:1	8,3
Linoléique	18:2	4,2
Linoléinique	18:3	1,0
Asclépique	18:1 ω 7	} 0,9
Dihydromalvalique	18:CE	
Malvalique	18:CE	53,7
Dihydrosterculique	19:CE	1,2
Sterculique	19:CE	12,4
Autres	-	2,2

Source : GAYDOU et al, 1993

Les graines sont comestibles en Asie (RAHARISON, 2005) et servent d'accompagnement des plats.

L'extrait de graines est utilisé pour traiter les diarrhées et les dysenteries en médecine traditionnelle asiatique. La lutte contre la tuberculose peut être envisagée également car les essais préliminaires sur le *Mycobacterium smegmatis* montrent une activité importante.

L'huile des graines peut être utilisée dans la lutte contre les criquets. Des expériences préliminaires montrent un effet très net de sa toxicité sur les locustes (GAYDOU, 2003).

L'utilisation des tourteaux en alimentation animale peut être une perspective comme source de matières azotées et de matières grasses.

La graine de *Heritiera littoralis* est caractérisée par une grande proportion d'acide malvalique (54%) et d'acide sterculique (12%). Sa haute teneur en acides gras cyclopropéniques ou AGCPE est très remarquable (66%).

Tableau 7: Teneur en matière grasse, en AGCPE, en acides malvaliques et acides sterculiques de quelques graines.

%	MG	AGCPE	Malvalique	Sterculique	Malv/Sterc
<i>Ceiba pentandra</i>	24	14	10	4	2.5
<i>Heritiera littoralis</i>	8	66	54	12	4.5
<i>Sterculia tavia</i>	15	26	7	19	0.37
<i>Pachira aquatica</i>	25	20	15	5	3.0

Source : GAYDOU, 2003

3.2.7 Composition chimique des graines de *Ceiba pentandra* et de *Heritiera littoralis* :

La valeur nutritive et la teneur en minéraux des graines de *Heritiera littoralis* sont inférieures à celles des graines de *Ceiba pentandra*. La graine de *Ceiba pentandra* est 5 fois plus riche en matière azotée totale et en matière grasse que la graine de *Heritiera littoralis*. Elle constitue aussi un aliment riche en fibres totales (tableau 8). L'écart entre l'énergie brute des deux graines est de 1462 Cal/kg.

Tableau 8: Valeurs alimentaires des graines de *Ceiba pentandra* et de *Heritiera littoralis*

Principes alimentaires	<i>Ceiba pentandra</i>	<i>Heritiera littoralis</i>
Matière sèche (g/kg de graine)	879,8	752,3
Matière azotée totale (g/kg MS)	252 – 270	49
Matière grasse (g/kg MS)	240 – 242	50 – 53
Cellulose brute (g/kg MS)	153	24
Fibres totales (g/kg MS)	339 – 376	141 – 151
ADF (g/kg MS)	277 – 281	93 – 101
Energie brute (Cal/kg MS)	4900	3438
Calcium (g/kg MS)	3,37	<1
Phosphore (g/kg MS)	7,98	0,9
Cuivre (mg/kg MS)	31	6,8
Zinc (mg/kg MS)	50	16,8

Source : RAKOTOZANDRINY, 2003 cité par RAONIMANANA , 2004

3.2.8 Composition en acides gras des graines de *Ceiba pentandra* et de *Heritiera littoralis* :

Le tableau 9 montre la composition en acide gras des graines de *Ceiba pentandra* et de *Heritiera littoralis*. D'après ces résultats, on peut dire que les graines de *Ceiba pentandra* sont plus riches en C16:0, C18:1 et C18:2, mais contient moins de C18:0. Les acides gras essentiels (C18:2 et C18:3), que l'organisme est incapable de synthétiser, sont présents dans les graines de *Ceiba pentandra*.

Pour le cas des graines de *Heritiera littoralis*, les teneurs en acide gras que ce soit essentiels ou non se trouvent en proportions plus faibles. Quant à la proportion en acide stéarique (C18:0), elle est trois fois supérieure à celle des graines de *Ceiba pentandra*.

Tableau 9: Composition en acide gras des graines de *Ceiba pentandra* et de *Heritiera littoralis*

Acides gras (en g/kg de MG)	Formule simplifiée	<i>Ceiba</i> <i>pentandra</i>	<i>Heritiera</i> <i>littoralis</i>
Myristique	14:0	0,3	< 0,1
Palmitique	16:0	46,2-46,9	6,3-6,4
Palmitoléique	16:1	0,8	< 0,1
Heptadécénoïque	17:1	0,1	< 0,1
Stéarique	18:0	5,5-5,7	15,8
Oléique	18:1	46,6-47,5	4,0-4,1
Linoléique	18:2	88,5-89,9	3,3-3,4
Linoléique	18:3	4,4	2,2-2,3
Arachidique	20:0	1,2	< 0,1
Gadoléique	20:1	0,2-0,3	< 0,1
Béhénique	22:0	0,9	< 0,1
Linocérique	24:	0,4	< 0,1

Source : RAKOTOZANDRINY, 2003 cité par RAONIMANANA, 2004.

Les deux premières parties ont livré des informations sur l'œuf, l'origine de sa formation et sur les deux ressources forestières dont les graines sont utilisées dans l'aliment des poules pondeuses afin d'obtenir des données expérimentales prêtes à analyser.

La partie suivante parle du traitement des données par la méthode de modélisation mathématique et les méthodes d'investigation possibles entre les quelles le chercheur peut choisir pour recueillir les données.

3.3. Sur le traitement des données par la modélisation mathématique:

3.3.1 Généralités sur la modélisation mathématique.

Définition d'un modèle :

Un modèle est défini comme une hypothèse ou système de croyances concernant la manière dont un système fonctionne ou réagit aux modifications de ses données initiales. Un modèle a pour objet de représenter le système particulier que l'on étudie, de manière aussi exacte et aussi fidèle que possible compte tenu d'objectifs décisionnels spécifiques (FAO et OMS, 2004).

Validation d'un modèle :

Valider un modèle, c'est démontrer son exactitude par rapport à une utilisation donnée. (FAO et OMS, 2004). Dans ce contexte, l'exactitude s'entend de l'absence d'erreur systématique

(justesse) et aléatoire (fidélité). L'exactitude : c'est aussi le degré de concordance entre les prédictions moyennes d'un modèle ou la moyenne des mesures et la valeur vraie de la quantité prédite ou mesurée.

Tous les modèles sont par nature des représentations incomplètes du système qu'ils prétendent modéliser mais ils peuvent être néanmoins être utiles.

Les trois principes du modélisateur :

Les trois principes du modélisateur sont (FAO et OMS, 2004) :

- Tous les modèles sont faux, mais certains sont plus utiles que d'autres.
- Ne pas s'enticher d'un modèle à l'exclusion des autres.
- Vérifier soigneusement l'ajustement d'un modèle par rapport aux données.

Les quatre principaux aspects de la validation d'un modèle :

Les quatre principaux aspects de la validation d'un modèle sont (DEE, 1995 cité par FAO et OMS 2004):

- Validation conceptuelle :

Elle consiste à déterminer si le modèle représente avec exactitude le système étudié.

- Validation de l'algorithme :

Elle identifie si les équations du modèle représentent le modèle conceptuel.

- Validation du code de logiciel :

Elle teste les effets possibles des facteurs de précision des machines et des facteurs spécifiques au logiciel sur le produit du modèle.

- Validation fonctionnelle :

Elle compare les événements simulés et les observations.

3.3.2 Les modèles mathématiques classiquement utilisés dans les sciences animales :

Modèle de Gompertz :

Dans les recherches sur les herbivores, le modèle de Gompertz est utilisé pour l'ajustement de la courbe de croissance pondérale (HOCH et al, 2004).

L'équation se présente comme suit :

$$PV = PV_0 \exp(a_1(1 - \exp(-a_2 t)))$$

PV : le poids vif des animaux.

PV₀ : le poids vif à la naissance.

t : l'âge des animaux.

a₁ et a₂ : des paramètres ajustés pour différents races et sexes.

a₁ : (sans unité) intervient dans l'estimation du poids vif à l'âge adulte.

a₂ : (par jour) le taux avec lequel le poids vif tend vers la valeur à l'âge adulte.

La vitesse de croissance instantanée ou le gain de poids vif (GPV, en kg) est calculée en dérivant l'équation précédente par rapport au temps.

$$G\dot{P}V = dPV/dt = PV a_1 a_2 \exp(-a_2 t)$$

La courbe suivante illustre l'évolution du poids vif selon l'équation de Gompertz, ainsi que l'estimation du gain de poids vif en un temps t donné :

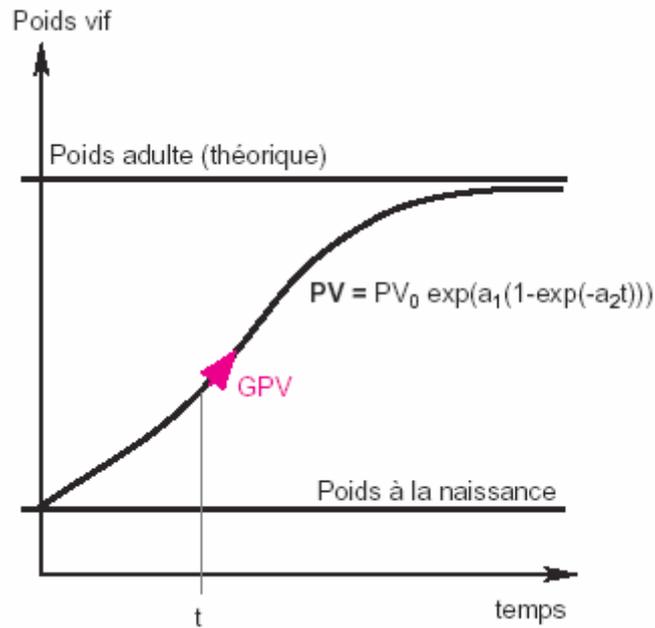


Figure 5: L'allure de la courbe de Gompertz

La procédure General Linear Model (GLM) de SAS :

Pour apprécier la réponse à la chaleur et à l'alimentation calcique séparée sur la consommation alimentaire résiduelle chez les poules pondeuses sélectionnées,

BANGA –MBOKO et al (2002) ont conduit une analyse de variance selon le modèle linéaire suivant :

$$X_{ijkl} = \mu + L_i + T_j + (L \times T)_{ij} + (C/L)_{ik} + e_{ijkl}$$

X_{ijkl} : représente la mesure sur la poule l issue du k^{ème} coq (C) de la lignée (L) et type j ayant été maintenue au niveau j de température (T).

L_i : l'effet fixe de la lignée.

T_j : l'effet du traitement (température).

$(L \times T)_{ij}$: l'effet de l'interaction entre les effets du traitement (Température) et de la lignée.

$(C/L)_{ik}$: l'effet aléatoire du coq.

e_{ijkl} : erreur aléatoire résiduelle.

Lors de son étude portant sur les interactions entre génotype et environnement chez le poulet de chair et la poule pondeuse, N'DRI (2006) a aussi réalisé une analyse de variance pour détecter les possibles interactions entre génotype et environnement entre Gauloise Dorée et Gauloise Noire. Elle a pris le modèle suivant :

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + T_j + GT_{ij} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} représente la performance de la $k^{\text{ème}}$ poule.

μ : la moyenne générale

G_i : l'effet fixé du génotype i (i = Gauloise Noire, Gauloise Dorée)

T_j : l'effet fixé du traitement lumineux j (j = Classique, Printemps)

GT_{ij} : l'effet fixé de l'interaction entre le génotype i et le traitement j

e_{ijk} : la résiduelle propre à la poule k .

Les deux analyses citées ci-dessus ont été effectuées avec la procédure GLM de SAS (SAS Institute., 1999 cité par BANGA –MBOKO et al,2002 et N'DRI, 2006).

En un mot, la procédure GLM de SAS trouve son application dans les études d'effet d'interaction de différentes variables explicatives sur une variable dépendante.

La procédure NLIN de SAS :

Pour modéliser la courbe de ponte de ses oiseaux d'expérimentation, N'DRI (2006) a testé différentes courbes possibles selon la procédure NLIN de SAS.

Elle a pu observer que le modèle de type gamma est la plus adaptée. Le modèle décrit la ponte hebdomadaire (NWs) par la formule suivante :

$$NW_S = F \times t^G \times e^{-Ht}$$

où F , G et H sont les paramètres de la courbe de ponte. Le rapport G/H correspond à l'âge au pic de ponte, F décrit le démarrage de la ponte et H décrit la persistance de la ponte après le pic. Plus le paramètre H augmente, moins la persistance est bonne.

En un mot, la relation entre le nombre d'œufs pondus et le rang de la semaine de ponte peut se résumer par différents modèles mathématiques possibles (type gamma, compartimental, Adam-Bell, logistique curvilinéaire et logistique linéaire).

La procédure ANOVA de Statview :

Pour étudier les rapports entre le poids de l'œuf de la pintade locale (*Numida meleagris*) et les paramètres de production de pintadeaux dans la région centrale du Burkina Faso, SANFO et al (2007) ont emprunté la procédure ANOVA de Statview pour découvrir que le poids de l'œuf est un variable qui influe significativement sur le taux moyen de fertilité, le taux réel d'éclosion, le poids moyen du pintadeau d'un jour et le taux moyen de mortalité des pintadeaux.

Il ressort de cette étude que le poids du pintadeau à un jour d'âge peut être estimé avec celui de l'œuf selon l'équation de régression :

$$Y (g) = 0,4461 g + 5,3867 \quad (r^2 = 0,72)$$

3.3.3 Les méthodes d'analyse statistique pouvant faire intervenir la modélisation mathématique :

C'est une partie des mathématiques appliquées qui utilisent la théorie des probabilités. Elle est une discipline qui recueille, traite et interprète les données caractérisées par une grande variabilité (DEVOS, 2005).

Plusieurs méthodes d'analyse statistique existent (RAMAMONJISOA, 2007).

Généralement, on distingue les trois méthodes statistiques suivantes : les statistiques descriptives, les statistiques analytiques et les statistiques inductives.

Les statistiques descriptives apprennent (COURTEJOIE, 1990) comment faire les observations, comment enregistrer ces observations sur des documents adéquats, appelés "documents d'enregistrement", tels que registres, fiches et questionnaires, en vue de leur conservation, de leur étude, de leur communication ; comment faire le dépouillement de ces documents ; comment présenter les observations dans des tableaux ; comment, à partir de ces tableaux, établir des graphiques ; comment, en se basant sur ces mêmes tableaux calculer certaines valeurs appelées "paramètres", comme les moyennes qui permettent de représenter, d'une façon concise et chiffrée, l'ensemble des observations. Elles aident aussi à choisir les modèles de relation qui s'ajustent aux observations (test emboîté).

Les statistiques analytiques consistent à étudier séparément ou d'une manière combinée des variables statistiques.

Les statistiques inductives jouent un rôle fondamental dans la recherche scientifique. Celle-ci procède toujours par "induction", c'est-à-dire par l'application du "raisonnement inductif": à partir d'une étude portant sur un nombre de cas limité, on généralise les conclusions à tous les cas existants.

La statistique inductive apprend sous quelles conditions seulement ces généralisations peuvent être considérées comme valables. Bien que la statistique inductive soit essentiellement mathématique, elle commence toujours par une analyse descriptive des cas soumis à l'étude (COURTEJOIE, 1990).

3.3.4 Les logiciels statistiques utilisables pour la modélisation mathématique :

Plusieurs instituts spécialisés en informatique conçoivent et développent des logiciels de plus en plus performants pour outiller les chercheurs et leur rendre la tâche le plus prompte et plus facile que possible. Les logiciels les plus fréquemment utilisés à l'heure actuelle et susceptibles de contribuer à la modélisation mathématique sont les suivants :

Le logiciel EXCEL :

Ce logiciel est largement utilisé dans le monde pour le classement des données chiffrées dans des tableaux. Il peut afficher à partir des données qu'il reçoit des graphes et des modèles mathématiques pouvant résumer la distribution.

Le logiciel STATISTICA :

C'est un logiciel utilisé spécialement pour des traitements statistiques. Les chercheurs le mettent, par exemple, à profit pour tester la validité des modèles statistiques comme la régression multilinéaire incrémentielle.

Le logiciel R :

C'est un logiciel libre créé par Ross Ihaka et Robert Gentleman du Département de Statistique de l'Université de Auckland (ROSS et GENTLEMEN, 1996). Il est à la fois un langage et un logiciel.

Parmi ses caractéristiques les plus remarquables, citons (KUONEN et CHAVEZ, 2001) :

- La performance du système de stockage et de manipulation de données.
- La possibilité d'effectuer du calcul matriciel et autres opérations complexes.
- Une large collection intégrée et cohérente d'outils d'analyse statistique.
- Un large éventail d'outils graphiques particulièrement flexibles.
- Un langage de programmation simple et efficace qui inclut de nombreuses facilités.

Le logiciel STATVIEW :

C'est aussi un logiciel destiné aux calculs statistiques. Moyennant ce logiciel, l'analyse des variances selon la procédure ANOVA s'effectue aisément.

Le logiciel STAT ITCF :

C'est un logiciel statistique conçu par le centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD). Les chercheurs l'empruntent pour les statistiques descriptives et analytiques comme les analyses en composantes principales et les analyses factorielles discriminantes.

3.4. Les méthodes d'investigation possibles pour mener l'étude :

3.4.1 Méthode 1 A :

Cette méthode consiste à reprendre l'essai que les prédécesseurs ont effectué en milieu réel, suivie d'analyses statistiques : statistiques descriptives et analytiques des données obtenues (test emboîté).

C'est une méthode intéressante car non seulement, l'investigateur peut intégrer d'autres paramètres observables pour le nouvel essai mais il a l'occasion d'obtenir un grand nombre de données à traiter, autrement dit, un résultat plus fiable.

Toutefois, cette voie est trop chère, car il faut réunir plusieurs ressources pour la suivre. Citons entre autres: les matériels animaux, les matériels de laboratoire etc.

3.4.2 Méthode 1 B :

Cette méthode est identique à la première. Mais cette fois ci, il ne s'agit pas de faire une inférence sur les données récoltées mais on teste un modèle préétabli selon la validation de l'algorithme ou validation fonctionnelle.

Comme la première, cette méthode est chère. Elle est destinée à ceux qui n'ont pas de contrainte temps.

3.4.3 Méthode 2 A :

Cette méthode consiste à recueillir et capitaliser les données brutes obtenues lors des expériences antérieures, suivis d'analyses statistiques : statistiques descriptives et analytiques (test entre modèles emboîtés).

Cette méthode est rapide.

Pour une fiabilité des résultats, il faut bien s'assurer de la clarté des données transmises par les chercheurs antérieurs.

3.4.4 Méthode 2 B :

Cette méthode est identique à la précédente, mais cette fois ci, les données obtenues seront traitées avec la validation de l'algorithme ou validation fonctionnelle.

Les connaissances réunies précédemment ont permis de retenir les méthodes d'études mentionnées dans la partie qui suit.

4. MATERIELS ET METHODES

4.1. Base de données:

Les données de base proviennent des essais de RABENIRINA (2006) et de RAMILAMANANA (2006) qui ont eu lieu au sein d'une ferme privée : Tobin'ny Mpamafy à Itaosy Antananarivo.

Lors de ces essais, 76 poules pondeuses de souche Hy line brown âgées de 22 semaines ont été utilisées. Elles ont été logées dans un local les permettant de se répartir en 7 lots.

10 poules pondeuses forment un lot témoin dont l'alimentation ne contient ni de poudre de graines d'*Heritiera littoralis* ni poudre de graines de *Ceiba pentandra*.

Trois groupes de 11 pondeuses reçoivent un régime dont les taux d'incorporation de poudre de graine de *Ceiba pentandra* sont respectivement : 0,1% (avec 50 ppm d'AGCPE), 0,2% (avec 100 ppm d'AGCPE) et 1% (avec 500 ppm d'AGCPE)).

Et trois autres groupes de 11 pondeuses reçoivent un régime dont les taux d'incorporation de poudre de graines de *Heritiera littoralis* sont respectivement : 0,062% (avec 50 ppm d'AGCPE), 0,124% (avec 100 ppm d'AGCPE), 0,62% (avec 500 ppm d'AGCPE).

Chaque poule reçoit d'abord 110g d'aliment par jour. 115g d'aliment par jour leur est ensuite distribué lorsqu'elle atteint l'âge de 23 semaines. A partir de leur 24^{ème} semaine d'âge, chaque sujet reçoit 120g d'aliment par jour jusqu'à leur 27^{ème} semaine d'âge.

Les données de base sont constituées de 23 variables et de 1472 individus.

La méthode d'investigation 2A a été retenue pour cette étude.

Une fois reçues, les données sont contrôlées pour la détection des données manquantes et l'identification d'erreurs de saisie. Elles sont ensuite réorganisées et triées pour être compatible aux logiciels de traitement choisis.

4.2. Les logiciels statistiques utilisés:

Les logiciels Excel et R ont été utilisés pour le traitement informatique de ces données. Excel a été choisi pour sa simplicité et R pour sa performance et sa reconnaissance dans les sciences mathématiques.

4.3. Les paramètres analytiques:

Les variables faciles à apprécier et à récolter sont sélectionnés au détriment de ceux qui nécessitent du temps et des matériels sophistiqués.

Les intérêts de ces variables sur le monde académique et sur le monde professionnel sont toutefois pris en compte avant leur sélection.

Les variables suivants sont ainsi pris pour la présente étude : l'âge de l'animal, l'indice de conversion, le poids de l'œuf, le diamètre et la longueur de la coquille, l'indice de forme, le poids et le diamètre du jaune, le poids et le diamètre du blanc, le pH du jaune et du blanc, l'index de coquille et le taux d'aliment incorporé dans le régime.

4.4. Analyses statistiques:

Les relations entre les paramètres retenus sont analysées en recourant à la modélisation statistique moyennant le logiciel Excel.

La connaissance préliminaire de la dynamique classique des variables aide à trier les modèles mathématiques à tester.

Il s'agit ici d'entrer sous Excel les données à traiter et de le faire dessiner les courbes possibles qui peuvent décrire la variation et la relation entre les paramètres analytiques.

Le logiciel Excel a la capacité de présenter différents modèles de courbe selon la nature des jeux de données.

Etant donné que le coefficient de détermination R^2 est un indicateur de la performance explicative d'un modèle et qu'il représente aussi la proportion de la variation totale de la variable dépendante expliquée par l'ensemble des variables explicatives de l'échantillon (DES ROSIERS, 2001), les coefficients de détermination R^2 des fonctions de régression fournies par Excel ont été utilisés pour sélectionner les meilleurs modèles.

Le logiciel libre R a été ensuite mis à profit pour le test emboîté entre les modèles et l'analyse des corrélations entre les différents paramètres analytiques afin de consolider les résultats obtenus sous Excel.

En effet, même si R^2 est un indicateur de la performance explicative d'un modèle, ce paramètre n'est pas adapté pour juger la pertinence de l'ajout de variables. En d'autres termes, il ne tient pas en compte le changement de dimension du sous espace de projection lors de l'ajout d'une variable.

Il est à rappeler que bien que l'ajout de variables explicatives dans une équation de régression ait pour effet de faire augmenter le R^2 , il n'entraîne pas nécessairement une augmentation du pouvoir explicatif du modèle.

Par contre, le R^2 ajusté que le logiciel R est capable d'afficher, prend en compte le nombre de degrés de liberté.

C'est la raison pour laquelle, en plus de l'indicateur R , le R^2 ajusté est aussi utilisé pour confirmer le choix des meilleurs modèles.

La pertinence des modèles et celle des variables explicatives ont en outre été appréciée à partir de la significativité des codes que le logiciel R montre en parallèle avec les modèles ou variables concernés.

5. RESULTATS

5.1. Relation entre les paramètres de production et les variables : âge et taux d'incorporation de poudre de graines d'*Heritiera littoralis* et de *Ceiba pentandra* :

5.1.1 Le taux de ponte :

5 1 1 1 Le taux de ponte en fonction de l'âge chez le lot témoin :

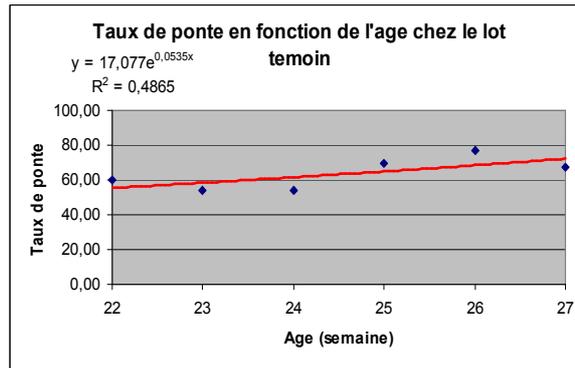


Figure 6 : Variation du taux de ponte en fonction de l'âge chez le lot témoin

La figure 6 montre que chez les Hy line brown de 22 à 27^{ème} semaines d'âge n'ayant pas eu comme ration un régime contenant de la poudre de graines d'*Heritiera littoralis* ni de celle de *Ceiba pentandra*, l'évolution de l'âge s'associe avec l'augmentation du taux de ponte.

Autrement dit, le taux de ponte accroît en fonction de l'âge.

La valeur du coefficient de corrélation multiple R^2 (0.4865) indique que la représentation de cette variation du taux de ponte en fonction de l'âge chez les Hy line brown par un modèle exponentiel est moyennement probable. Le taux de ponte moyen des lots témoin se situe entre 57,59% et 76,69%.

5 1 1 2 Relation entre taux de ponte et âge

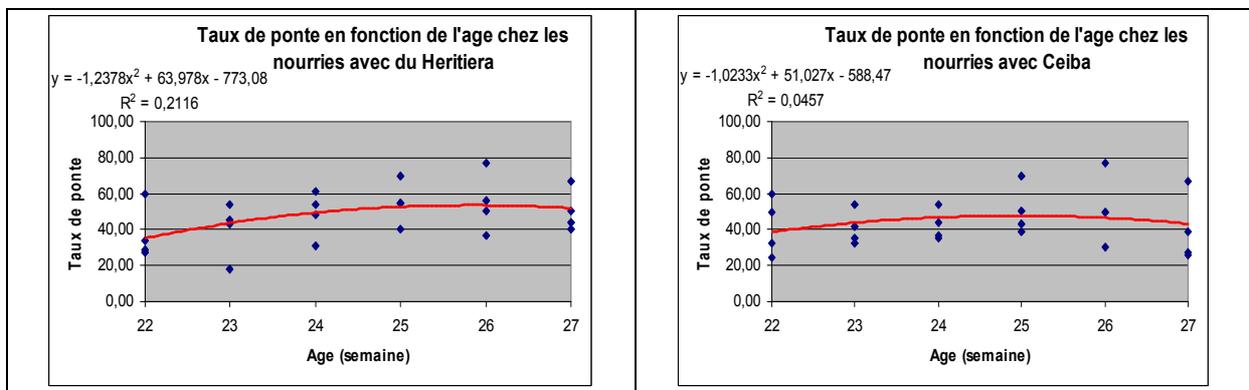


Figure 7 : Variation du taux de ponte en fonction de l'âge chez les animaux ayant ingéré du régime contenant de la poudre de graines d'*Heritiera littoralis* et de *Ceiba pentandra*

Pour le cas des pondeuses ayant pris du régime contenant de la poudre de graines de *Heritiera littoralis* et de *Ceiba pentandra*, le test emboîté entre les modèles classiques envisagés (modèles linéaires et modèles non linéaires) fait ressortir que la relation entre le taux de ponte et l'âge n'est pas significative.

Selon la figure 7, une tentative d'ajustement de l'évolution du taux de ponte en fonction de l'âge avec le modèle polynomial s'avère faisable. Toutefois, en se referant sur le coefficient de détermination R^2 (0.2116, 0.0457), le modèle n'est pas fiable.

5 1 1 3 Relation entre le taux de ponte et le taux d'incorporation de poudre de graines d'*Heritiera littoralis*.

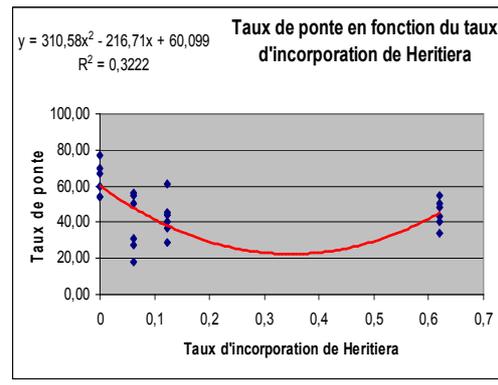


Figure 8 : Variation du taux de ponte en fonction du taux d'incorporation de poudre de graines de *Heritiera littoralis*

Le test emboîté avec R révèle un niveau de signification très faible de la relation entre le taux d'incorporation de la poudre de graines d'*Heritiera littoralis* dans l'alimentation des pondeuses et le taux de ponte.

Le rapport peut être toutefois modélisé avec une équation polynomiale présentant un extremum (minimum) entre les taux d'incorporation : 0.3% et 0.4%. Le coefficient de corrélation multiple R^2 (0.3222) signale cependant que ce modèle est hésitant.

Le taux de ponte moyen des lots ayant pris l'*Heritiera littoralis* se situe entre 31,26% et 54,6%. Ce taux demeure toutefois inférieur à celui du lot témoin selon le test sous R.

5 1 1 4 Relation entre le taux de ponte et le taux d'incorporation de poudre de graines de *Ceiba pentandra*.

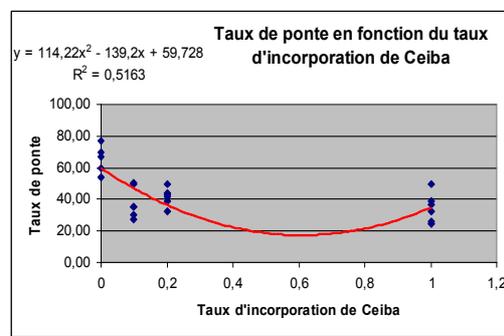


Figure 9 Variation du taux de ponte en fonction du taux d'incorporation de poudre de graines de *Ceiba pentandra*

Selon le test emboîté affiché par R, le niveau de signification du taux d'incorporation de la poudre de graines de *Ceiba pentandra* ($p < 0.05$) indique que l'existence d'une fonction qui lie la variable : taux de ponte avec la variable : taux d'incorporation de la poudre de graines de *Ceiba pentandra* dans l'alimentation des pondeuses est possible.

Cette fonction a une chance de prendre la forme d'une équation polynomiale dont le minimum passe aux environs du taux d'incorporation : 0.6%.

Il ne faut pas toutefois s'enticher de ce modèle car le coefficient de détermination n'est encore que 0.5163. Le taux de ponte moyen des lots ayant reçu du *Ceiba* se situe entre 30,35% et 47,05%. Ce taux est aussi inférieur à celui du lot témoin selon le test de comparaison sous R.

5.1.2 L'indice de conversion:

5 1 2 1 L'indice de conversion en fonction de l'age chez le lot témoin

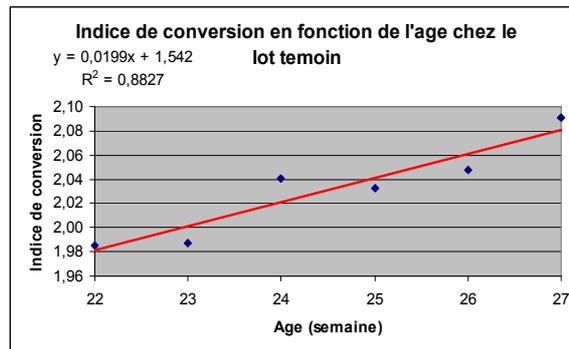


Figure 10 : Variation de l'indice de conversion en fonction de l'age

La figure 10 rapporte qu'une relation entre la variable age et la variable indice de conversion existe chez les oiseaux n'ayant pas ingéré de la poudre de graines d'*Heritiera littoralis* et de *Ceiba pentandra*.

Le rapport entre l'indice de conversion (Y) et l'age (X) répond à l'équation de régression suivante :

$$Y = 0.0199 X + 1.542 \quad (R^2 = 0.8827)$$

Ici, le modèle linéaire est valide.

5 1 2 2 Rapport entre indice de conversion et age

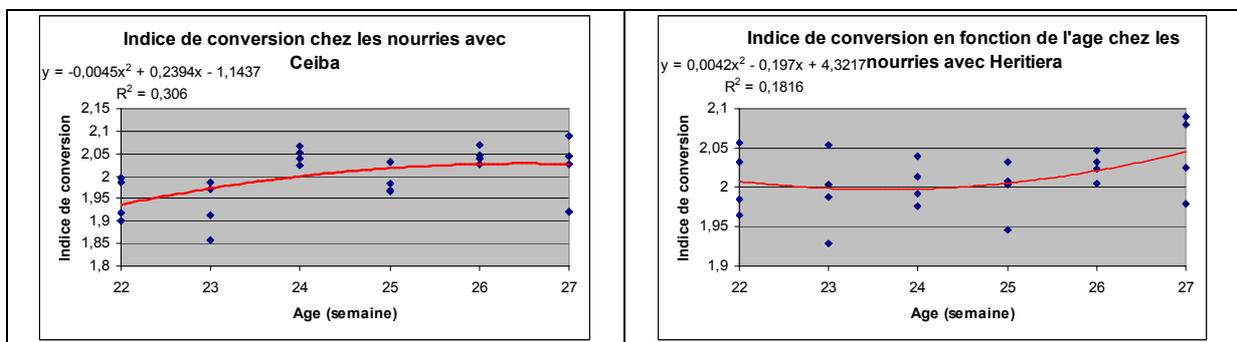


Figure 11 : Variation de l'indice de conversion en fonction de l'age chez les nourries avec du régime contenant de *Ceiba pentandra* et de *Heritiera littoralis*

Selon le test emboîté affiché par R, avec un niveau de signification ($p < 0.01$), l'influence de la variable age sur la variable indice de conversion chez les oiseaux nourries avec du régime contenant du *Heritiera littoralis* et de *Ceiba pentandra* est plausible.

Contrairement à celle du lot témoin, l'allure de la courbe ne suit plus le modèle linéaire. Elle ne répond pas aussi aux équations de Gompertz, compartimental, d'Adam Bell, logistique curvilinéaire ni du gamma. Elle tente de s'ajuster avec le modèle polynomial. Toutefois, la valeur du coefficient de corrélation multiple ($R^2 = 0.306$ et 0.1816) ne permet pas de croire à la validité de ce modèle.

5 1 2 3 Relation entre indice de conversion et le taux d'incorporation de poudre de graines d'*Heritiera littoralis*.

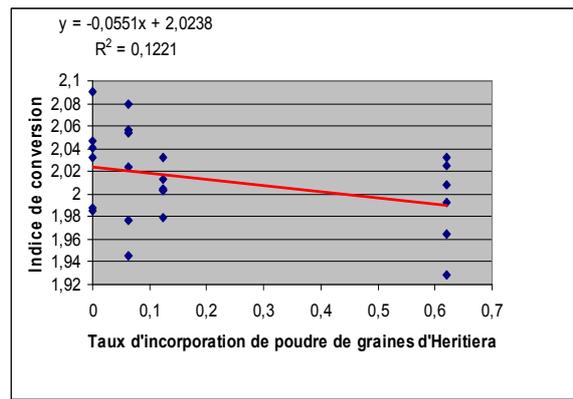


Figure 12 : Variation de l'indice de conversion en fonction du taux d'incorporation de poudre de graines d'*Heritiera littoralis*

Selon les résultats affichés par R et la valeur du coefficient de détermination de l'équation de régression ($R^2 = 0.1221$) dont nous voyons sur la figure 12, le taux d'incorporation de poudre de graines d'*Heritiera littoralis* dans l'alimentation des poules pondeuses n'explique pas l'indice de conversion.

5 1 2 4 Relation entre indice de conversion et le taux d'incorporation de poudre de graines de *Ceiba pentandra*.

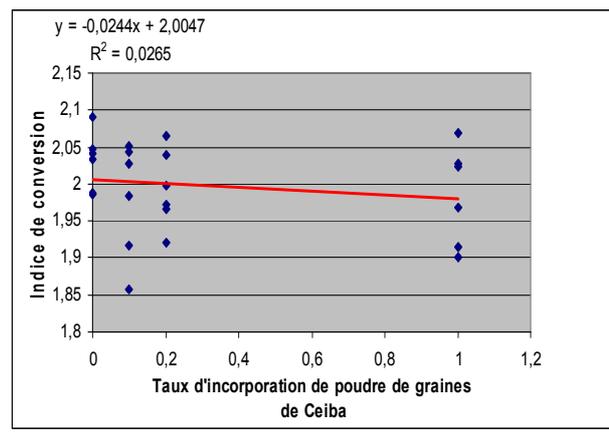


Figure 13 : Variation de l'indice de conversion en fonction du taux d'incorporation de poudre de graines de *Ceiba pentandra*

Quoi que nous trouvons sur la figure 13 une droite de régression qui semble montrer que l'indice de conversion se réduit progressivement lorsque le taux d'incorporation de la poudre de graines de *Ceiba pentandra* s'élève, la tentative d'ajustement linéaire et le traitement statistique avec R signalent que l'indice de conversion ne doit pas sa variation au taux d'incorporation de poudre de graines de *Ceiba pentandra*.

5.1.3 Conclusion partielle :

D'une manière brève, les paramètres de production : taux de ponte et indice de conversion chez les oiseaux n'ayant pas ingéré du régime contenant de la poudre de graines d'*Heritiera littoralis* et de *Ceiba pentandra* varient respectivement d'une manière exponentielle et linéaire en fonction de l'âge.

Pour ceux qui ont connu l'ajout de la poudre de graines, ces modèles qui lient les paramètres de production avec l'âge ne sont plus fiables. Le modèle polynomial, quoi que non plausible, essaie de prendre place.

Quand à la relation des critères de production avec le taux d'incorporation de poudre, l'analyse sur R met en évidence que c'est l'incorporation de *Ceiba* qui explique mieux le taux de ponte que celle de l'*Heritiera*. Et la fonction polynomiale s'efforce de modéliser cette relation.

Et enfin, l'indice de conversion s'avère insensible à la variation du taux d'incorporation de poudre de graines d'*Heritiera littoralis* et de *Ceiba pentandra*.

Cette remarque n'apparaît pas avec Excel mais est mise en évidence avec le logiciel R.

5.2. Relation entre les paramètres de qualité et les variables : âge et taux d'incorporation de poudre de graines d'*Heritiera littoralis* et de *Ceiba pentandra* :

5.2.1 Le poids de l'oeuf :

5 2 1 1 Le poids de l'oeuf en fonction de l'âge chez le lot témoin

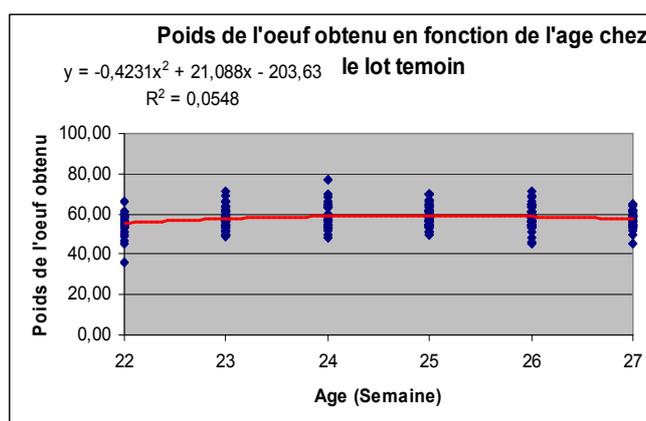


Figure 14: Variation du poids de l'oeuf en fonction de l'âge chez le lot témoin

L'analyse statistique avec R mentionne que significativement ($p < 0.001$), l'âge explique la variation du poids de l'œuf. Pourtant le modèle qui lie l'âge et le poids de l'œuf n'est pas linéaire selon le test emboîté et la figure 14.

5 2 1 2 Rapport entre le poids de l'œuf et age

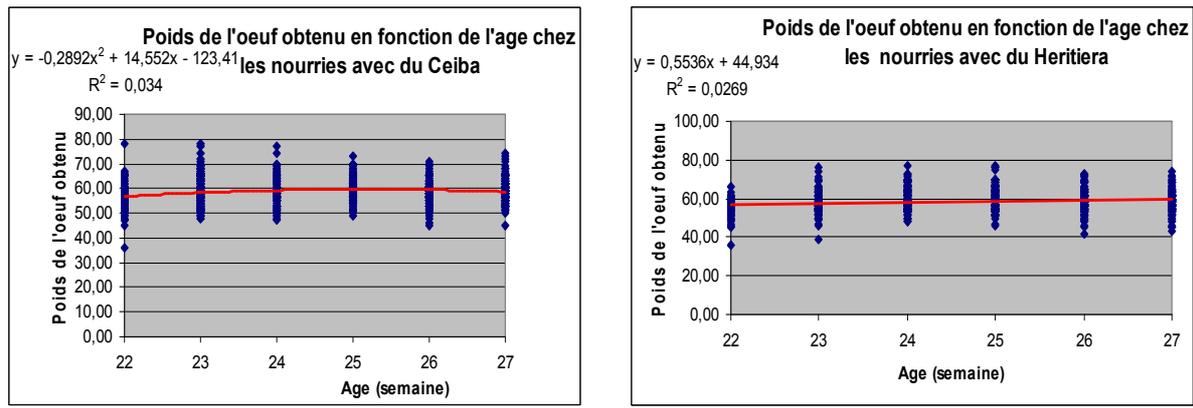


Figure 15 : Variation du poids de l'œuf en fonction de l'age chez les oiseaux ayant ingéré du poudre de graines d'*Heritiera littoralis* et du *Ceiba pentandra*

Les résultats que nous avons ici confirment ce qui a été dit précédemment.

5 2 1 3 Relation entre poids de l'œuf et le taux d'incorporation de poudre de graines d'*Heritiera littoralis*.

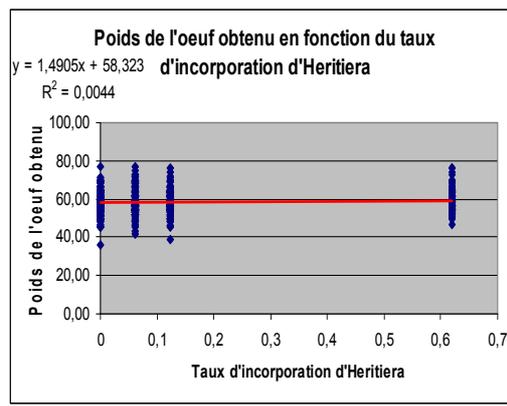


Figure 16 : Variation du poids de l'œuf en fonction du taux d'incorporation d'*Heritiera*

L'analyse avec R et la figure 16 montrent que la relation entre le taux d'incorporation d'*Heritiera* avec le poids de l'œuf est absente. Le taux d'incorporation d'*Heritiera* n'explique pas le poids de l'œuf.

5 2 1 4 Relation entre poids de l'œuf et le taux d'incorporation de poudre de graines de *Ceiba pentandra*.

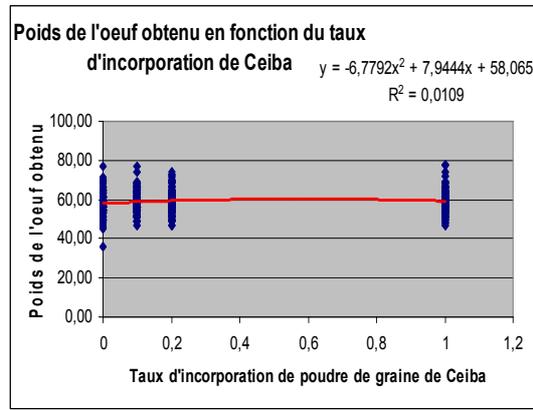


Figure 17 : Variation du poids de l'œuf en fonction du taux d'incorporation de *Ceiba*

Identique à la précédente, la fonction qui lie le poids de l'œuf avec le taux d'incorporation de *Ceiba* est inexistante. Le poids de l'œuf ne doit pas sa variation au taux d'incorporation de poudre de graines de *Ceiba pentandra*.

5.2.2 Diamètre de la coquille :

5 2 2 1 Le diamètre de la coquille en fonction de l'âge chez le lot témoin

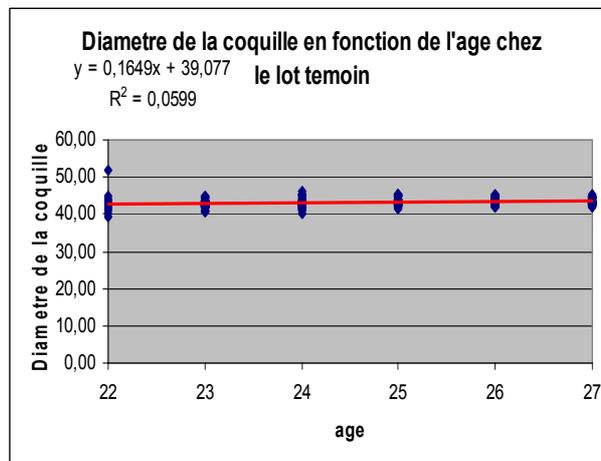


Figure 18 : Variation du diamètre de la coquille en fonction de l'âge chez les oiseaux témoins

La figure 18 montre que le modèle linéaire n'arrive pas à résumer la variation du diamètre de la coquille en fonction de l'âge chez les oiseaux n'ayant pas ingéré de la poudre d'*Heritiera* et de *Ceiba*.

L'analyse avec R nous conseille toutefois de toujours tenir compte qu'avec un risque d'erreur minime ($p < 0.001$), l'âge influe sur le diamètre de la coquille.

5 2 2 2 Rapport entre diamètre de la coquille et age

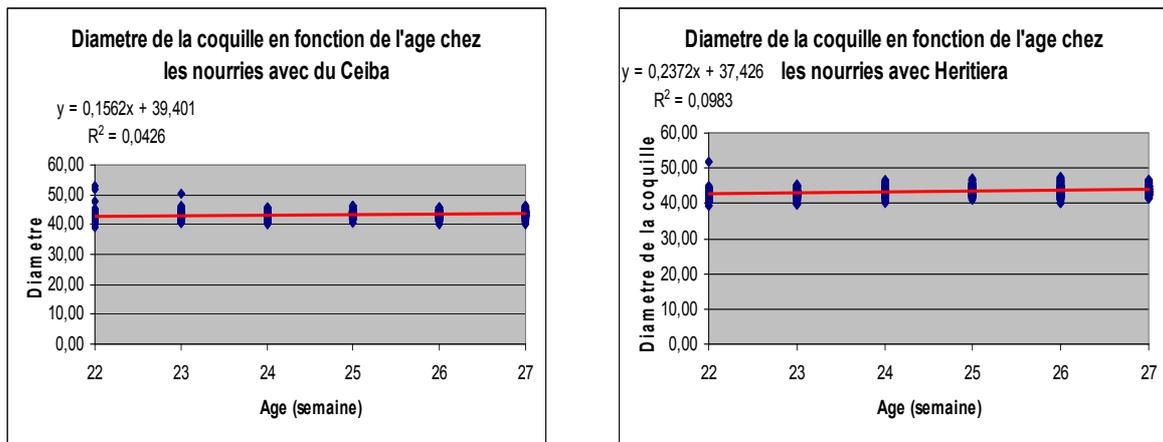


Figure 19 : Variation du diamètre de la coquille en fonction de l'age chez les oiseaux recevant du poudre de graines

Même chez les oiseaux recevant de la poudre de graines d'*Heritiera littoralis* et de *Ceiba pentandra*, le diamètre de la coquille est expliqué par l'age selon l'analyse avec R. Cependant, la fonction du modèle n'est pas linéaire.

5 2 2 3 Relation entre diamètre de la coquille et le taux d'incorporation de poudre de graines d'*Heritiera littoralis*.

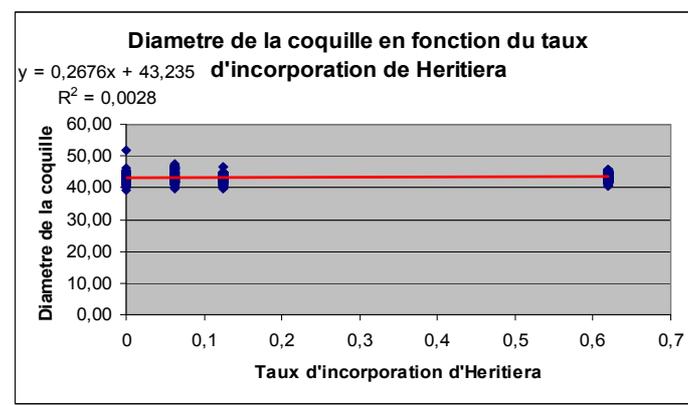


Figure 20 : Variation du diamètre de la coquille en fonction du taux d'incorporation de poudre de graines d'*Heritiera littoralis*

L'analyse avec R et la figure 20 rapportent que la relation entre le taux d'incorporation de poudre de graines d'*Heritiera littoralis* et du diamètre de la coquille n'est pas significative. Le modèle linéaire n'est pas aussi empruntable étant donnée la valeur du coefficient de corrélation multiple qui avoisine zero.

5 2 2 4 Relation entre diamètre de la coquille et le taux d'incorporation de poudre de graines de *Ceiba pentandra*.

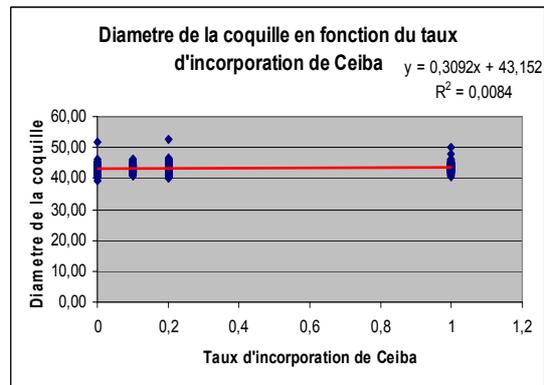


Figure 21 : Variation du diamètre de la coquille en fonction du taux d'incorporation de poudre de graines de *Ceiba pentandra*

La figure 21 montre que le diamètre de la coquille et le taux d'incorporation de *Ceiba* ont tendance à varier d'une manière indépendante. Toutefois, l'analyse avec R démontre qu'avec un risque d'erreur ($p < 0.001$), le taux d'incorporation de *Ceiba* a une influence sur le diamètre de la coquille.

5.2.3 Longueur de la coquille:

6 2 3 1 Longueur de la coquille en fonction de l'age chez le lot témoin

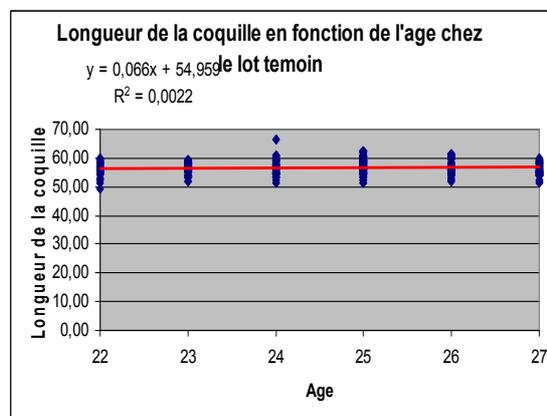


Figure 22 : Variation de la longueur de la coquille en fonction de l'age chez le lot témoin

La figure 22 essaie de montrer que l'age n'a aucun effet sur la longueur de la coquille chez le lot témoin. Cependant la valeur du coefficient de détermination ne permet pas d'avancer tout de suite cette affirmation.

5 2 3 2 Rapport entre longueur de la coquille et age

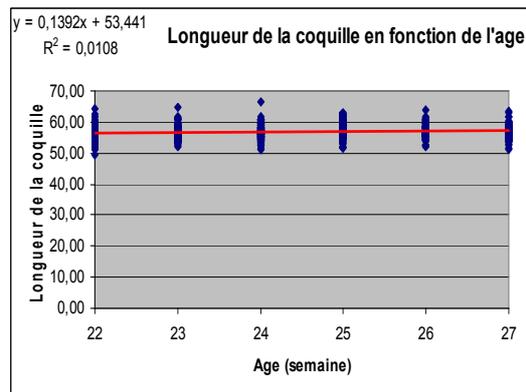


Figure 23 : Variation de la longueur de la coquille en fonction de l'age chez les pondeuses ingérant de l'alimentation contenant de la poudre.

Avec la figure 23, vu la valeur du coefficient de corrélation multiple qui est loin de l'unité (1), il est difficile d'être tout de suite certain que la longueur de la coquille ne dépend pas de l'age. L'analyse statistique avec R montre qu'avec un risque d'erreur minimale ($p < 0.01$), l'age contribue à la variation de la longueur de la coquille.

Il est à signaler toutefois que le modèle qui lie la variable age avec la longueur de la coquille n'est pas linéaire.

5 2 3 3 Relation entre longueur de la coquille et le taux d'incorporation de poudre de graines d'Heritiera littoralis.

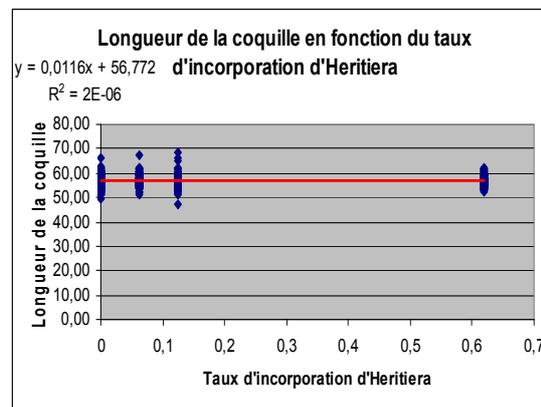


Figure 24 : Variation de la longueur de la coquille en fonction du taux d'incorporation d'Heritiera.

La figure 24 et l'analyse avec R montrent que le taux d'incorporation d'Heritiera n'influe pas d'une manière significative sur la longueur de la coquille.

5 2 3 4 Relation entre longueur de la coquille et le taux d'incorporation de poudre de graines de *Ceiba pentandra*.

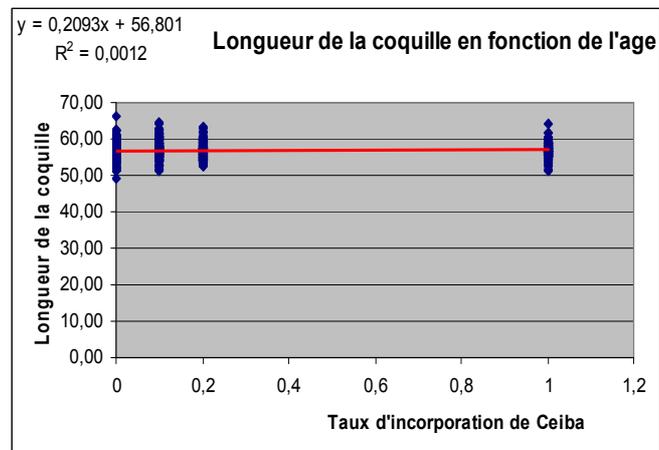


Figure 25 : Variation de la longueur de la coquille en fonction du taux d'incorporation de *Ceiba*.

La figure 25 et l'analyse avec R montrent que l'effet de la variation du taux d'incorporation d'*Heritiera* sur la longueur de la coquille n'est pas significatif.

5.2.4 Index de coquille :

5 2 4 1 Index de la coquille en fonction de l'age chez le lot témoin

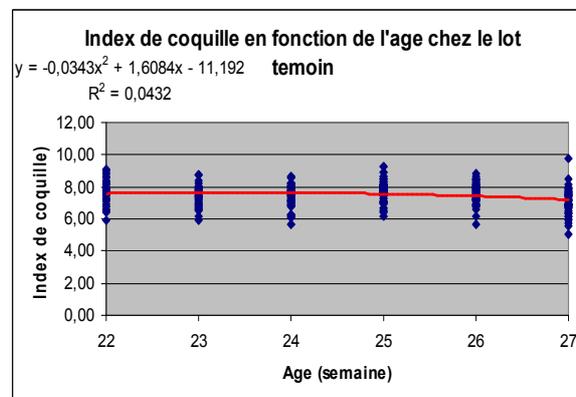


Figure 26 : Variation de l'index de coquille en fonction de l'age chez le lot témoin

La figure 26 essaye de montrer que la variation de l'index de coquille en fonction de l'age chez le lot témoin ne suit pas le modèle linéaire.

5 2 4 2 Rapport entre index de la coquille et age

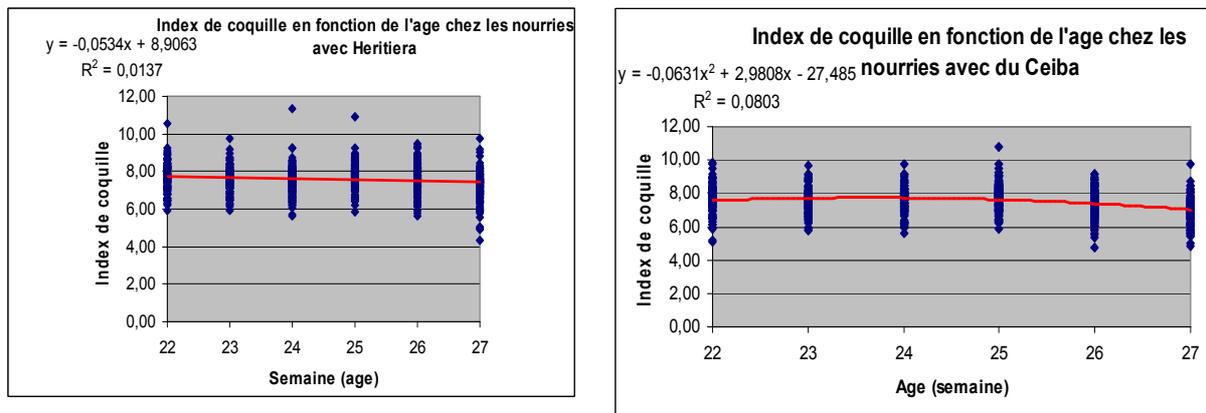


Figure 27 : Variation de l'index de coquille en fonction de l'age chez les oiseaux ingérant du poudre de graines d'*Heritiera littoralis* et de *Ceiba pentandra*

Chez les oiseaux ingérant du poudre de graines d'*Heritiera littoralis* et de *Ceiba pentandra*, la variable age contribue aussi à la variation de l'index de coquille avec un risque d'erreur minime ($p < 0.001$) selon l'analyse avec R. La variation ne répond pas au modèle linéaire selon la figure 27.

5 2 4 3 Relation entre index de la coquille et le taux d'incorporation de poudre de graines d'*Heritiera littoralis*.

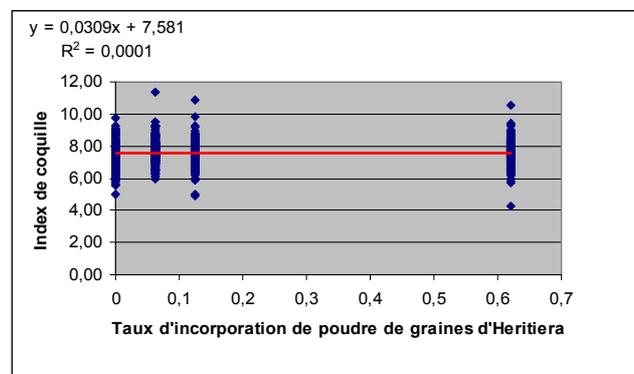


Figure 28 : Variation de l'index de coquille en fonction du taux d'incorporation d'*Heritiera littoralis*

La figure 28 et l'analyse avec R montrent que la relation entre le taux d'incorporation de poudre de graines d'*Heritiera littoralis* et l'index de coquille est inexistante.

5 2 4 4 Relation entre index de la coquille et le taux d'incorporation de poudre de graines de *Ceiba pentandra*.

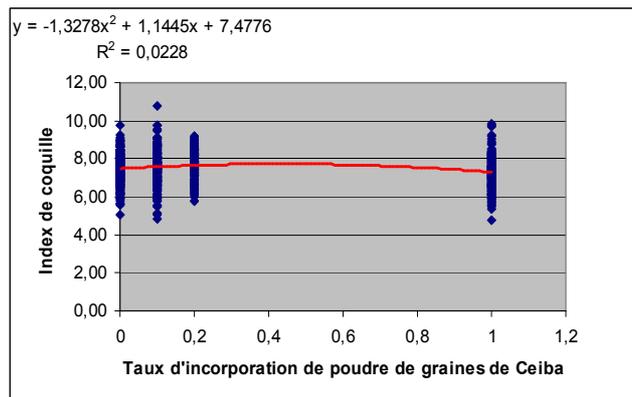


Figure 29 : Variation de l'index de coquille en fonction du taux d'incorporation de *Ceiba pentandra*

La figure 29 montre que le taux d'incorporation de poudre de graines de *Ceiba* s'efforce de modifier l'index de coquille.

L'analyse avec R met en évidence la significativité du taux de *Ceiba pentandra* dans l'explication de l'index de coquille ($p < 0.01$).

5.2.5 Poids du jaune:

5 2 5 1 Poids du jaune en fonction de l'age chez le lot témoin

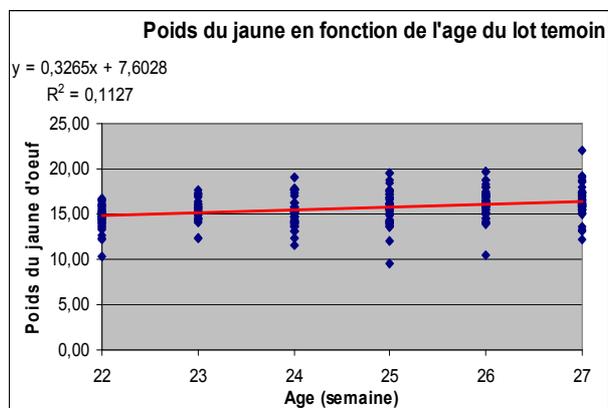


Figure 30 : Variation du poids du jaune en fonction de l'age chez le lot témoin

Le poids du jaune d'œuf peut être expliqué par l'âge des oiseaux chez les animaux n'ayant pas ingéré de la poudre. Mais la linéarité du modèle n'est pas persuasive ($R^2 = 0.1127$).

5 2 5 2 Rapport entre poids du jaune et age

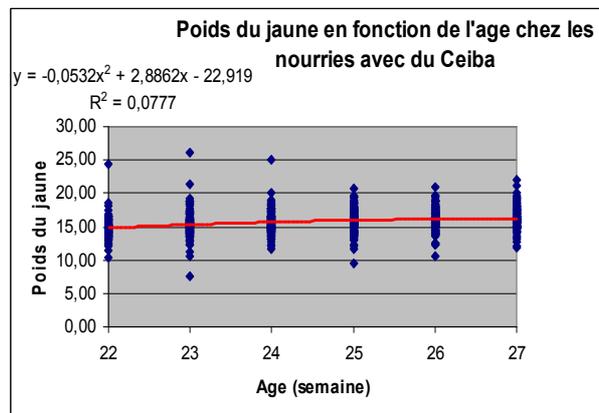


Figure 31 : Variation du poids du jaune en fonction de l'age chez les oiseaux nourries avec du régime contenant de *Ceiba*

L'analyse avec R révèle que significativement ($p < 0.001$), l'age a aussi une part dans l'explication du poids du jaune chez les oiseaux nourries avec du régime contenant du poudre de graines de *Ceiba pentandra* et de *Heritiera littoralis*. La fonction qui lie l'age et le poids du jaune n'emprunte pas cependant le modèle linéaire. L'intensité de la linéarité est faible. La relation n'est pas aussi polynomiale.

5 2 5 3 Relation entre poids du jaune et le taux d'incorporation de poudre de graines d'*Heritiera littoralis*.

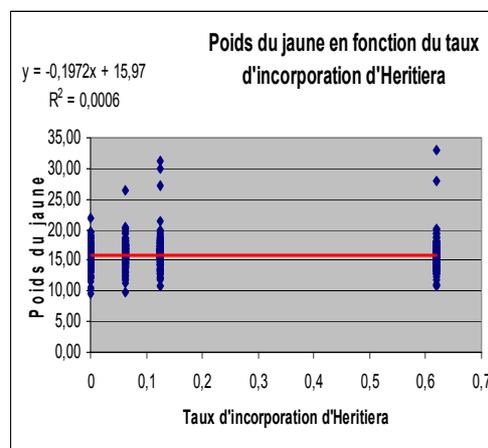


Figure 32 : Variation du poids du jaune en fonction du taux d'incorporation d'*Heritiera*

La figure 32 et l'analyse avec R informent que le taux d'incorporation d'*Heritiera* ne participe pas à la variation du poids du jaune.

5 2 5 4 Relation entre poids du jaune et le taux d'incorporation de poudre de graines de *Ceiba pentandra*.

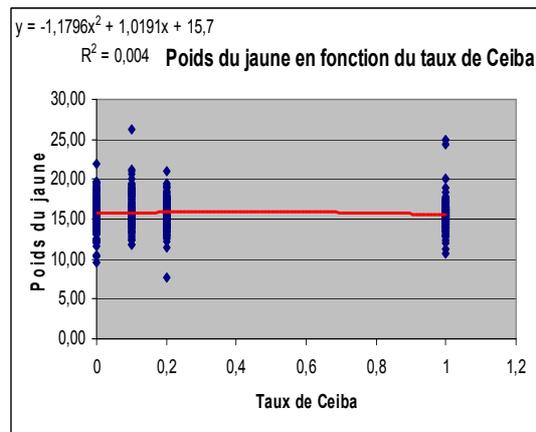


Figure 33 : Variation du poids du jaune en fonction du taux d'incorporation de *Ceiba pentandra*

Identique à la précédente, la figure 33 et l'analyse avec R informent que le taux d'incorporation de *Ceiba pentandra* ne contribue pas à la variation du poids du jaune.

5.2.6 Diamètre du jaune:

5 2 6 1 Diamètre du jaune en fonction de l'âge chez le lot témoin

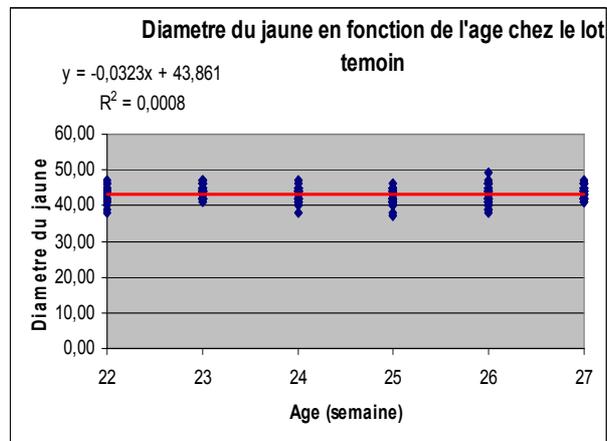


Figure 34 : Variation du diamètre du jaune en fonction de l'âge chez le lot témoin

La figure 34 démontre l'inexistence probable de la relation entre l'âge et le diamètre du jaune chez les oiseaux n'ingérant pas de la poudre.

5 2 6 2 Rapport entre diamètre du jaune et age

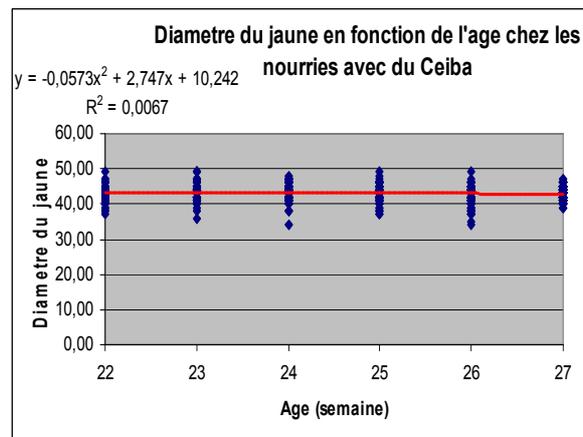


Figure 35: Variation du diamètre du jaune en fonction de l'âge chez les oiseaux ingérant de la poudre de graines de *Ceiba pentandra*

La figure 35 et l'analyse avec R informent aussi une inexistence de la relation entre l'âge et le diamètre du jaune.

5 2 6 3 Relation entre diamètre du jaune et le taux d'incorporation de poudre de graines d'*Heritiera littoralis*.

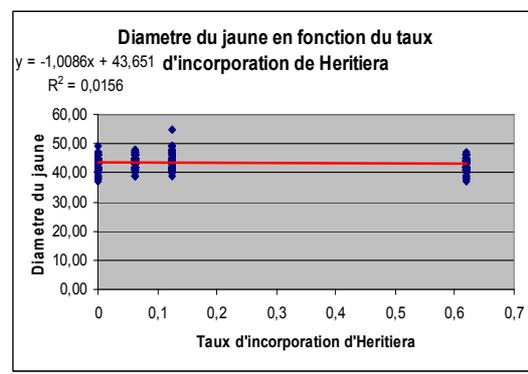


Figure 36 : Variation du diamètre du jaune en fonction du taux d'incorporation de *Heritiera*

La figure 36 essaye de montrer que le taux d'incorporation de *Heritiera* n'a pas d'influence sur le diamètre du jaune.

Cependant, R témoigne la significativité du taux d'incorporation d'*Heritiera littoralis* dans l'explication de la variation du diamètre du jaune ($p < 0,001$).

Il est à noter cependant que la relation mathématique n'est pas linéaire.

5 2 6 4 Relation entre diamètre du jaune et le taux d'incorporation de poudre de graines de *Ceiba pentandra*.

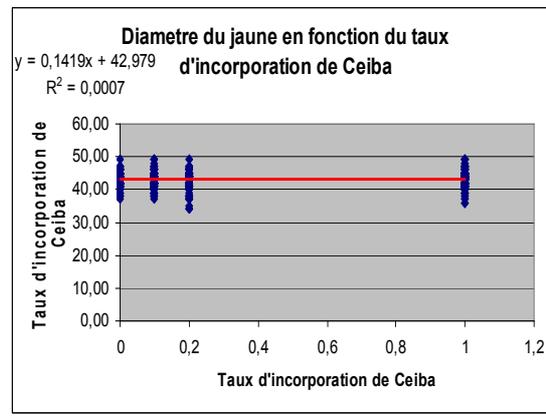


Figure 37 : Variation du diamètre du jaune en fonction du taux d'incorporation de *Ceiba*

La figure 37 et R montrent ensemble que la relation entre le diamètre du jaune et le taux d'incorporation de *Ceiba* est absente.

5.2.7 pH du jaune :

5 2 7 1 pH du jaune en fonction de l'âge chez le lot témoin

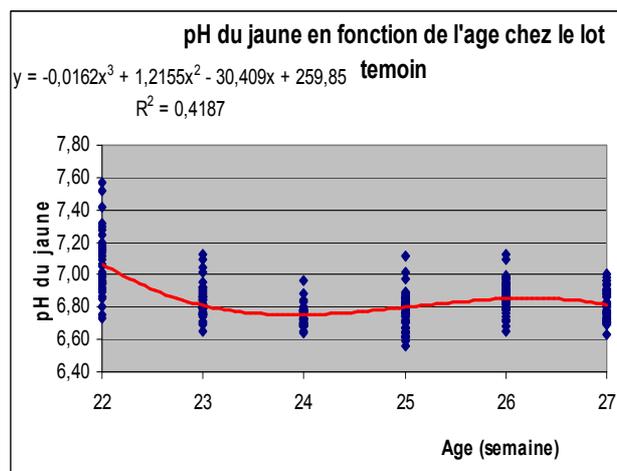


Figure 38 : Variation du pH du jaune en fonction de l'âge chez le lot témoin

La figure 38 nous rapporte que chez le lot témoin, l'explication du pH du jaune par l'âge selon le modèle polynomial est probable ($R^2=0.4187$).

5 2 7 2 Rapport entre pH du jaune et age

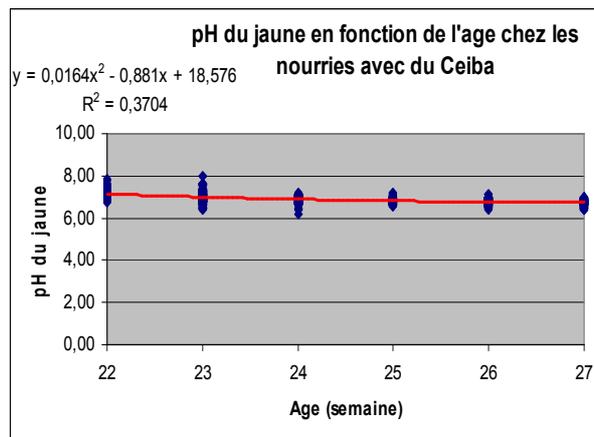


Figure 39 : Variation du pH du jaune en fonction de l'age chez les nourries avec du *Ceiba pentandra*

L'analyse sur R et la figure 39 nous révèlent que l'age influe aussi significativement ($p < 0.001$) sur le pH du jaune et la relation mathématique qui lie ces deux variables peut soit s'ajuster avec le modèle linéaire ($R^2 = 0.3375$) soit avec le modèle polynomial ($R^2 = 0.3704$).

5 2 7 3 Relation entre pH du jaune et le taux d'incorporation de poudre de graines d'*Heritiera littoralis*.

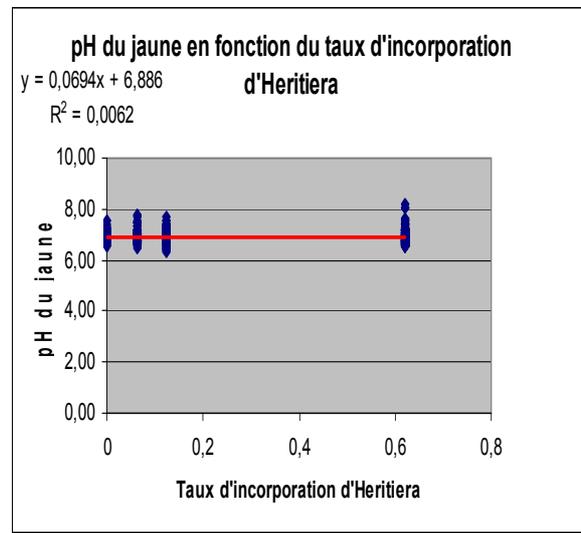


Figure 40 : Variation du pH du jaune en fonction du taux d'incorporation de poudre de graines d'*Heritiera littoralis*

La figure 40 montre l'inexistence d'une dépendance du pH de jaune envers le taux d'incorporation d'*Heritiera littoralis*.

Cependant l'analyse sur R signale qu'avec un risque d'erreur ($p < 0.05$), le pH du jaune peut s'expliquer par le taux d'incorporation d'*Heritiera littoralis*.

5 2 7 4 Relation entre pH du jaune et le taux d'incorporation de poudre de graines de *Ceiba pentandra*.

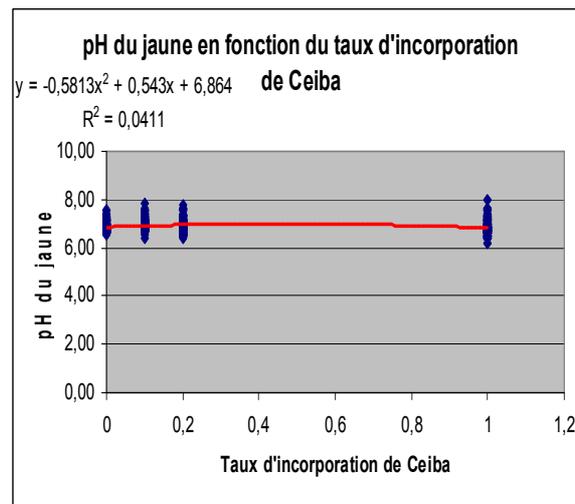


Figure 41 : Variation du pH du jaune en fonction du taux d'incorporation de *Ceiba*

L'analyse sur R démontre que le taux d'incorporation de *Ceiba pentandra* influe sur le pH du jaune avec un risque d'erreur ($p < 0.01$).

En se référant sur les coefficients de corrélation multiple ($R^2 = 0.0411$ pour le modèle polynomial, $R^2 = 0.01165$ pour le modèle linéaire), nous pouvons dire que ces deux modèles, quoi que mieux par rapport aux 5 autres modèles cités dans les hypothèses, ne conviennent à notre cas d'étude.

5.2.8 Poids de l'albumen :

5 2 8 1 Poids du blanc en fonction de l'âge chez le lot témoin :

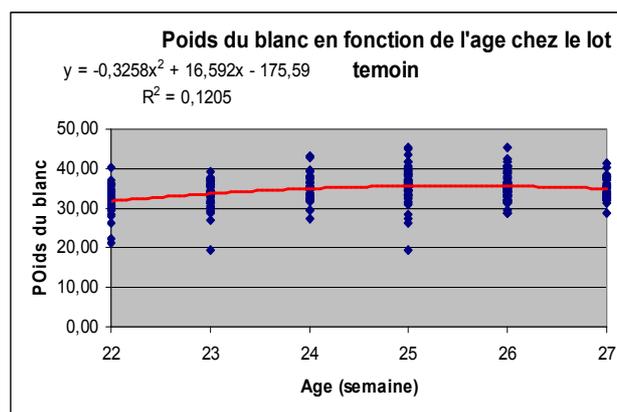


Figure 42 : Variation du poids du blanc en fonction de l'âge chez le lot témoin

La figure 42 montre que le poids du blanc varie avec l'âge chez le lot témoin. Le coefficient de corrélation multiple indique toutefois que le modèle polynomial quoi que mieux par rapport aux autres modèles n'est pas encore le convenable.

5 2 8 2 Rapport entre poids du blanc et age

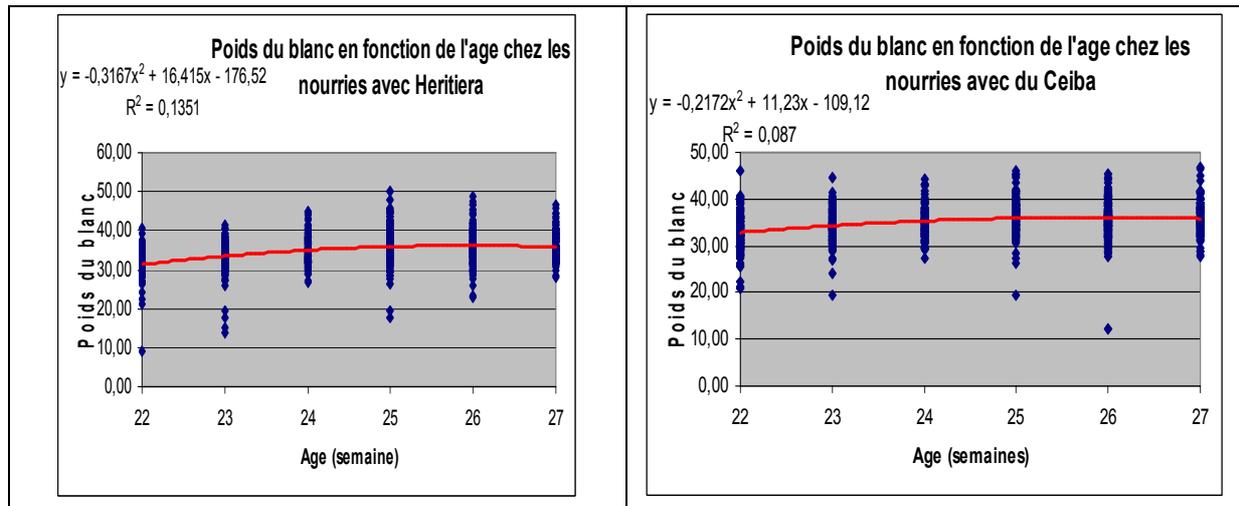


Figure 43 : Variation du poids du blanc en fonction de l'âge chez les nourries avec de la poudre de *Heritiera littoralis* et de *Ceiba pentandra*

L'analyse sur R révèle que chez ces oiseaux qui ont ingéré du régime contenant de la poudre de graines d'*Heritiera littoralis* et de *Ceiba pentandra*, l'âge a une influence sur le poids du blanc. Le risque d'erreur est de $p < 0,001$.

La linéarité du modèle n'est pas toutefois apparente. Le modèle polynomial n'est pas aussi convaincant.

5 2 8 3 Relation entre poids du blanc et le taux d'incorporation de poudre de graines d'*Heritiera littoralis*.

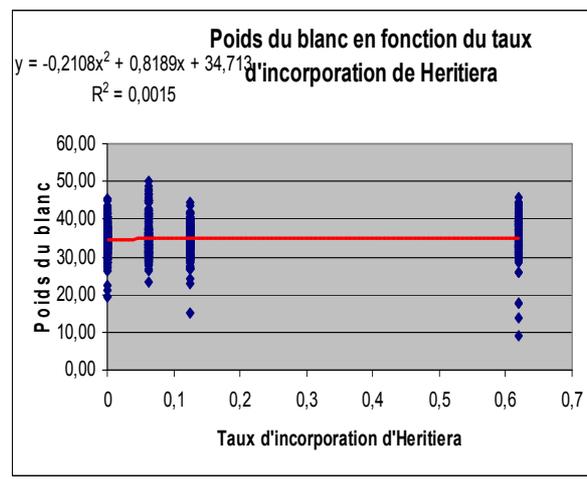


Figure 44 : Variation du poids du blanc en fonction du taux d'incorporation de poudre de graines d'*Heritiera littoralis*.

La figure 44 et l'analyse sur R témoigne ensemble que le taux d'incorporation de poudre de graines d'*Heritiera littoralis* n'explique pas d'une manière significative le poids du blanc.

5 2 8 4 Relation entre poids du blanc et le taux d'incorporation de poudre de graines de *Ceiba pentandra*.

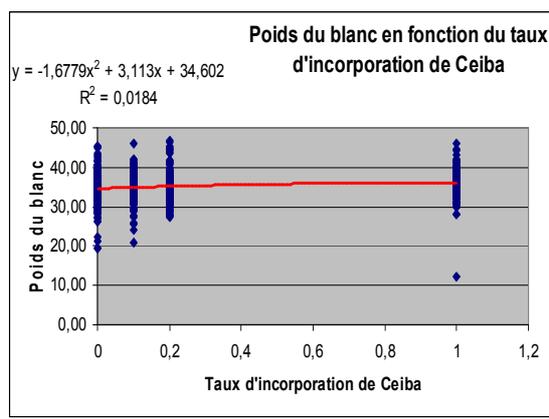


Figure 45 : Variation du poids du blanc en fonction du taux d'incorporation de *Ceiba*

L'analyse sur R signale qu'avec un risque d'erreur minimale ($p < 0.001$), nous pouvons dire que la variable : taux d'incorporation de *Ceiba* peut jouer le rôle d'un prédicteur pour la variable : poids du blanc.

Cependant, les coefficients de corrélation multiple ($R^2 = 0.0184$ pour le modèle polynomial, $R^2 = 0.0176$ pour le modèle linéaire) indique que même si le test emboîté fait apparaître que le modèle linéaire est mieux par rapport aux autres modèles choisis dans les hypothèses, la relation mathématique qui lie ces deux variables n'est ni de forme polynomiale ni de forme linéaire.

5.2.9 Diamètre du blanc:

5 2 9 1 Diamètre du blanc en fonction de l'âge chez le lot témoin

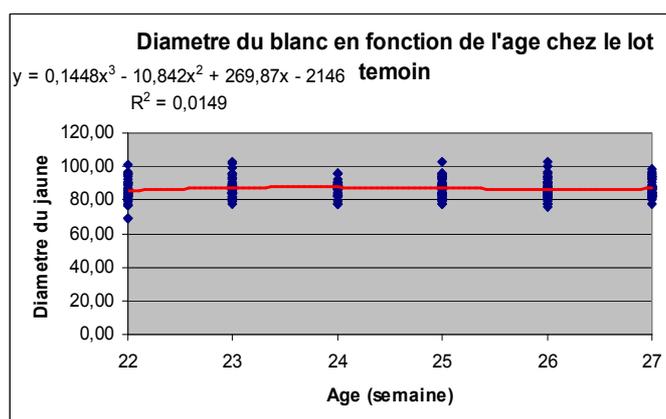


Figure 46 : Variation du diamètre du blanc en fonction de l'âge

La figure 46 et l'analyse sur R montrent que l'âge n'est pas un facteur explicatif du diamètre du blanc.

5 2 9 2 Rapport entre diamètre du blanc et age

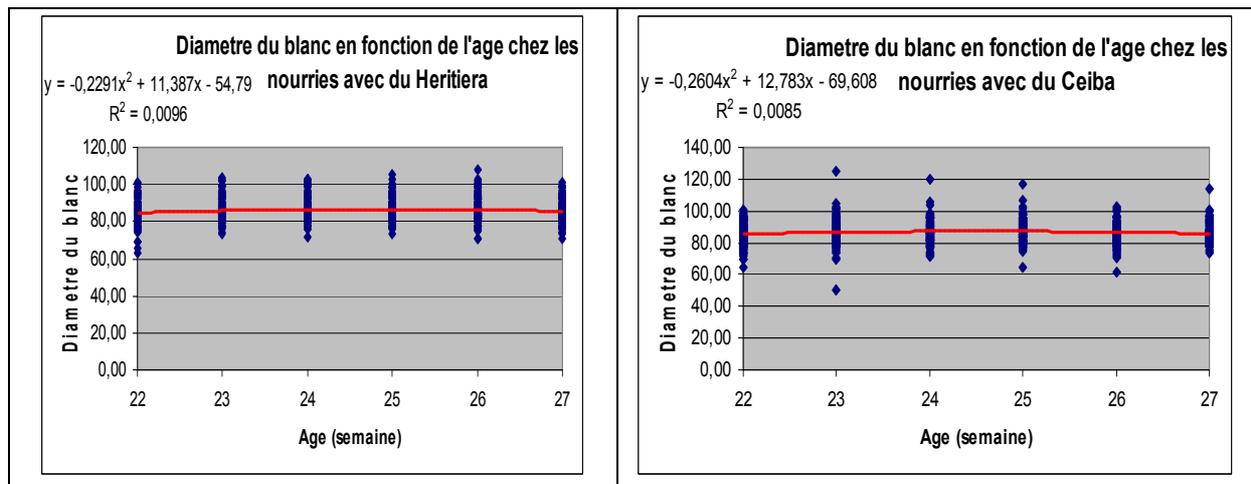


Figure 47 : Variation du diamètre du blanc en fonction de l'âge chez les nourries avec du Ceiba ou de Heritiera

L'analyse sur R et la figure 47 témoigne que l'âge des pondeuses est insignifiant sur la variable diamètre du blanc.

5 2 9 3 Relation entre diamètre du blanc et le taux d'incorporation de poudre de graines d'Heritiera littoralis.

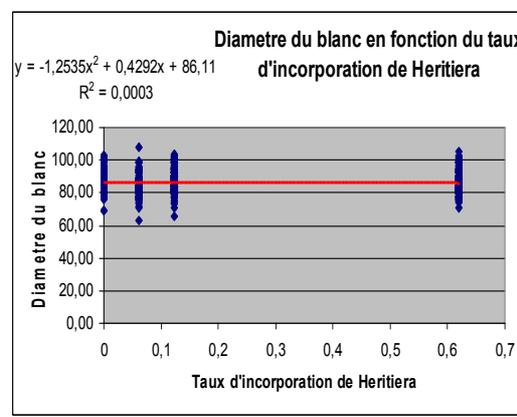


Figure 48 : Variation du diamètre du blanc en fonction du taux d'incorporation de poudre de graines d'Heritiera littoralis.

La figure 48 et l'analyse sur R indiquent une absence de relation entre le taux d'incorporation de graines d'Heritiera littoralis et le diamètre du blanc.

5 2 9 4 Relation entre diamètre du blanc et le taux d'incorporation de poudre de graines de *Ceiba pentandra*.

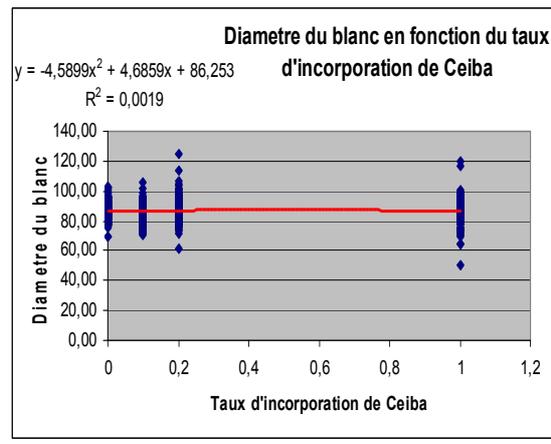


Figure 49 : Variation du diamètre du blanc en fonction du taux d'incorporation de *Ceiba*

La figure 49 et l'analyse sur R montrent aussi que la relation entre le taux d'incorporation de *Ceiba* et du diamètre du blanc est absente.

5.2.10 pH du blanc :

5 2 10 1 pH du blanc en fonction de l'âge chez le lot témoin

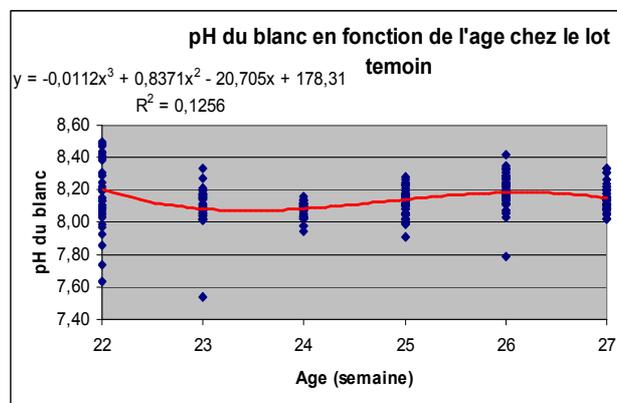


Figure 50 : Variation du pH du blanc en fonction de l'âge chez le lot témoin

L'analyse sur R et la figure 50 montrent que l'âge des oiseaux chez les témoins ont une influence significative sur le pH du blanc ($p < 0,001$).

Cependant, le modèle polynomial et la relation linéaire entre ces deux variables ne sont pas plausibles.

5 2 10 2 Rapport entre pH du blanc et age

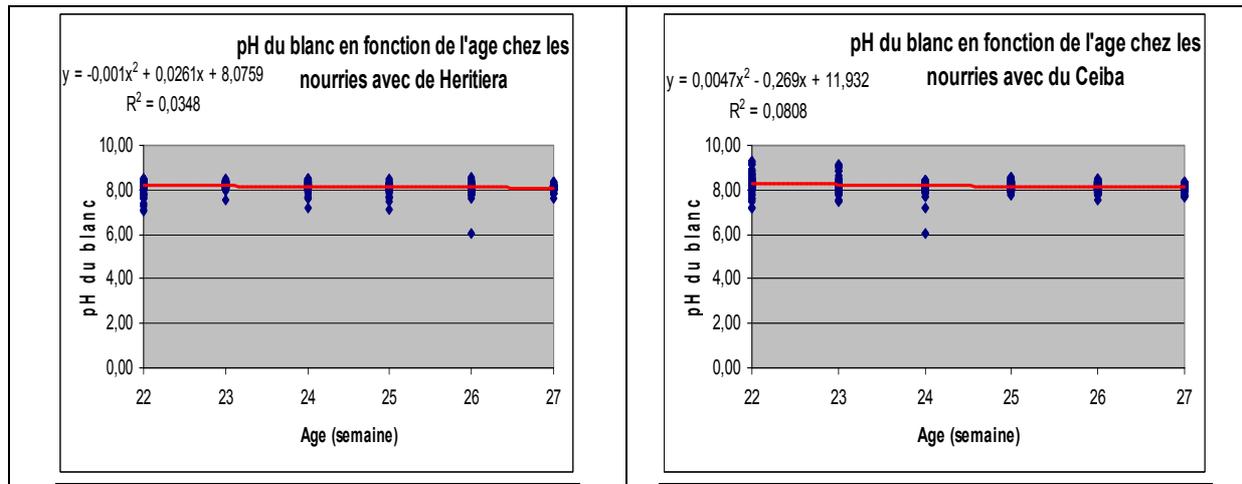


Figure 51 : Variation du pH du blanc en fonction de l'age chez les nourries avec du *Heritiera littoralis* et de *Ceiba pentandra*

Identique à la précédente, l'analyse sur R et la figure 51 montrent que l'âge des oiseaux chez les nourries avec du *Heritiera* et de *Ceiba* influe aussi significativement sur le pH du blanc ($p < 0,001$).

Cependant, le modèle polynomial et la relation linéaire entre ces deux variables ne sont pas convaincants.

5 2 10 3 Relation entre pH du blanc et le taux d'incorporation de poudre de graines d'*Heritiera littoralis*.

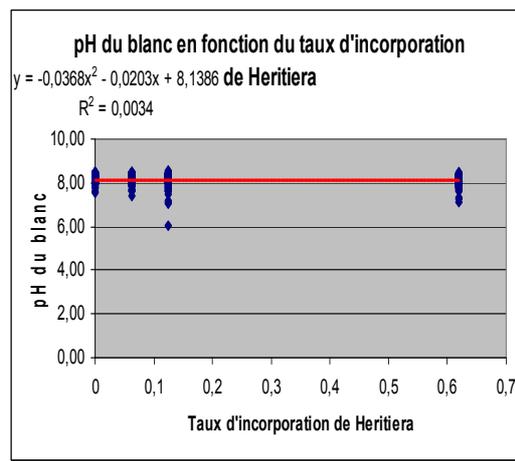


Figure 52 : Variation du pH du blanc en fonction du taux d'incorporation de *Heritiera*

L'inexistence de relation entre le taux d'incorporation de *Heritiera* dans l'alimentation des pondeuses et le pH de l'albumen est mise en évidence par la figure 52 et l'analyse sur R.

5.2.10.4 Relation entre pH du blanc et le taux d'incorporation de poudre de graines de *Ceiba pentandra*.

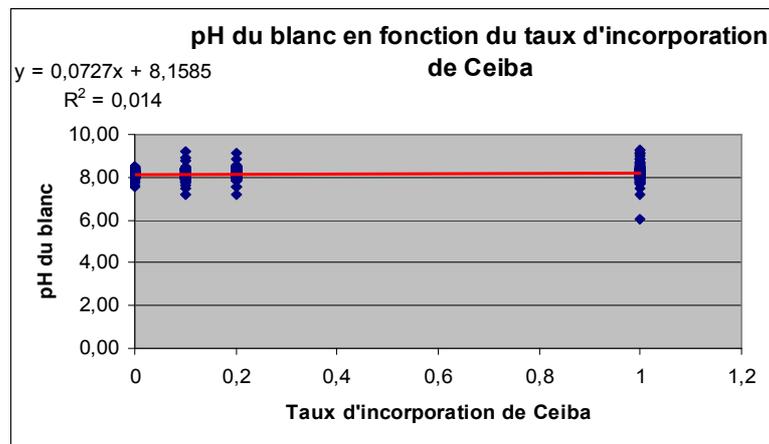


Figure 53: Variation du pH de l'albumen en fonction du taux d'incorporation de *Ceiba*

L'analyse sur R indique que l'incorporation de la poudre de graines de *Ceiba* a une influence significative ($p < 0.001$) sur le pH de l'albumen.

Le coefficient de corrélation multiple du modèle linéaire ($R^2 = 0.014$) mentionne cependant que quoique le modèle linéaire est mieux par rapport aux autres modèles mentionnés dans les hypothèses, l'intensité de linéarité est faible. Autrement dit, la relation linéaire n'est pas convenable.

5.2.11 Conclusion partielle :

En résumé, l'âge des poules pondeuses peut avoir un effet sur les caractéristiques physiques et chimiques de l'œuf.

Il explique le diamètre, la longueur et l'index de coquille.

Le pH du jaune en dépend aussi significativement.

Concernant l'albumen, le poids et le pH de l'albumen est aussi tributaire de l'âge des sujets.

En outre, le taux d'incorporation de la poudre de graines de *Ceiba pentandra* dans l'alimentation des poules pondeuses agit aussi sur la qualité de l'œuf obtenu.

Principalement, il a des effets sur le diamètre de la coquille et l'index de coquille.

Pour le jaune d'œuf, c'est le pH du jaune qui est sensible à l'incorporation de *Ceiba pentandra*.

Et concernant l'albumen, nous pouvons affirmer que le poids du blanc et le pH du blanc varient en fonction du taux d'incorporation de la poudre de graines de *Ceiba pentandra*.

Pour le cas de la poudre de graines de *Heritiera littoralis*, son incorporation dans l'alimentation des pondeuses ont peu d'influence par rapport aux autres facteurs cités précédemment. Ce sont seulement le diamètre du jaune et le pH du jaune qui y sont sensibles selon le résultat de notre étude.

5.2.12 Synthèse:

Notre étude fait ressortir que les modèles : de Gompertz, d'Adam Bell, gamma, compartimental et logistique curvilinéaire ne conviennent pas à notre cas par rapport aux modèles exponentiel, linéaire et polynomial.

Toutefois, l'analyse avec Excel et R démontre toujours que même si ces trois derniers modèles sont mieux par rapport aux cinq premiers modèles pris comme hypothèses, compte tenu des paramètres statistiques indicatifs (coefficient de corrélation multiple et p), ils ne sont pas plausibles.

Nous ne pouvons tenter de retenir seulement que :

- le modèle exponentiel pour la relation entre taux de ponte et age chez les oiseaux ingérant 0% de poudre de graines d'*Heritiera littoralis* et de *Ceiba pentandra*.

$$y = 17,077e^{0,0535x} \text{ avec } R^2 = 0,4865 \text{ (y : taux de ponte (en \%), x : age (semaine))}$$

- le modèle polynomial pour la relation entre taux de ponte et taux d'incorporation de la poudre de graines de *Ceiba pentandra*.

$$y = 114,22x^2 - 139,2x + 59,728 \text{ avec } R^2 = 0,5163 \text{ (y : taux de ponte (en \%), x : taux d'incorporation de la poudre de graines de } Ceiba pentandra \text{ (en \%)})}$$

- le modèle linéaire pour la relation entre l'indice de conversion et age chez les oiseaux ingérant 0% de poudre de graines d'*Heritiera littoralis* et de *Ceiba pentandra*.

$$y = 0,0199x + 1,542 \text{ avec } R^2 = 0,8827 \text{ (y : indice de conversion, x : age (semaine))}$$

5.3. Interrelations entre les paramètres de qualité de l'oeuf :

Tableau 10 Matrice de corrélation des variables étudiés sans et avec les aliments particuliers :

	SEM	IC	P	TP	DC	LC	IF	I	PJ	DJ	pHJ	PB	DB	pHB
SEM	1													
IC	0,3	1												
P	0,6	0,6	1											
TP	0,8	0,8	0,8	1										
DC	0,9	0,9	0,9	0,9	1									
LC	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	1								
IF	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	1							
I	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	1						
PJ	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	1					
DJ	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	1				
pHJ	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	1			
PB	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	1		
DB	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	1	
pHB	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	1

Légende : 0 ' ' 0,3 ' ' 0,6 ' ' 0,8 ' ' 0,9 ' ' 0,95 'B' 1

SEM	IC	P	TP	DC	LC	IF	I	PJ	DJ	pHJ	PB	DB	pHB
Semaine	Indice de conversion	Poids de l'oeuf	Taux de ponte	Diamètre de la coquille	Longueur de la coquille	Indice de forme	Index de coquille	Poids du jaune	Diamètre du jaune	pH du jaune	Poids du blanc	Diamètre du blanc	pH du blanc

Les matrices de corrélation obtenues sous R informent que les variables qui expliquent le poids de l'oeuf avec le modèle linéaire multi variée sont : le diamètre de la coquille, la longueur de la coquille, l'indice de forme, et le poids du blanc.

La fonction s'écrit :

$$Y = 4,9 a - 1,43 b - 169,6 c + 0,19 d + 50,17 \quad (R^2 = 0,64)$$

Avec Y : Le poids de l'œuf (en g)

a : Le diamètre de la coquille (en mm)

b : La longueur de la coquille (en mm)

c : L'indice de forme

d : Le poids du blanc (en g)

6. ANALYSES ET DISCUSSIONS

6.1. Paramètres de production :

6.1.1 Taux de ponte :

6.1.1.1 Age :

Notre résultat qui stipule le taux de ponte augmente avec l'âge, est conforme aux nombreuses publications (SAUVEUR, 1988; RAMILAMANANA, 2006 ; RABENIRINA, 2006).

Cependant, le modèle mathématique que nous avons découvert à partir de notre étude chez les souches Hy line brown de 22 à 27^{ème} semaines d'âges, n'est pas parmi les modèles : que CHAPUIS (1997) a utilisé dans ses recherches relatives à la production d'œufs chez les oiseaux industriels. Les modèles cités par CHAPUIS (1997) sont : de type gamma, compartimental, d'Adam Bell et logistique curvilinéaire.

Toutefois, nous pouvons remarquer que ces modèles et le notre ont un point commun. Ils sont tous des modèles exponentiels.

Ce qui nous amène à tenter de déduire et de réaffirmer que : **pendant les premières semaines de ponte (22 à 27^{ème} semaines d'âges), le modèle exponentiel est le modèle qui résume mieux la relation entre l'âge et le taux de ponte chez les pondeuses.**

Ces expériences enseignent que si dans la pratique, un taux de ponte qui ne varie pas d'une manière exponentielle en fonction de l'âge est observé dans ces premières semaines de ponte, cela peut être dû à la conduite d'élevage, à une insuffisance de données de base ou à d'autres causes qui restent à déterminer.

6.1.1.2 Taux d'incorporation de *Ceiba pentandra* dans l'alimentation avicole:

L'incorporation de la poudre de graines de *Ceiba pentandra* diminue le taux de ponte.

En se référant aux travaux d'ANDRIANAIVO RAFEHIVOLA (1984) qui a démontré que l'ajout de 0.5% d'huile de baobab à 600 ppm d'AGCPE fait décroître le taux de ponte, RABENIRINA (2006) suppose que c'est la présence d'AGCPE qui occasionne la réduction de nombre d'œufs pondus.

Il est remarqué cependant que par rapport à la teneur des graines d'*Heritiera littoralis* en AGCPE, celle des graines de *Ceiba pentandra* est inférieure.

L'analyse statistique avec le logiciel R montre aussi l'insignificativité de l'effet du taux d'incorporation de la poudre de graines d'*Heritiera littoralis* sur le taux de ponte.

De ce fait, il nous semble qu'un facteur, autre que la teneur en AGCPE et que nous pouvons trouver en abondance dans les graines de *Ceiba pentandra* ; et qu'on ne trouve qu'en quantité inférieure dans les graines d'*Heritiera littoralis* peut être le responsable de cette chute du taux de ponte.

Comme les graines de *Ceiba pentandra* sont riches en fibres et en celluloses par rapport à ceux de *Heritiera littoralis*, il nous paraît opportun de se poser la question si la teneur en fibre et en cellulose en est aussi la cause.

Etant donné que contrairement aux polygastriques herbivores, les oiseaux n'ont pas la capacité de dégrader les aliments fibreux et riches en celluloses, la présence des fibres dans leur alimentation peut leur stresser et a certainement une répercussion importante sur la production d'œuf.

Une bonne connaissance de l'influence de l'augmentation de l'incorporation de *Ceiba pentandra* dans la ration des poules pondeuses sur la production d'œuf est un élément qui permettrait de mieux expliquer ce résultat.

Quoi qu'il en soit, notre résultat et celui de RAMILAMANANA (2006) et de RABENIRINA (2006) nous rapportent que le taux de ponte est influencé par le taux d'incorporation de la poudre de graines de *Ceiba pentandra*.

Si RABENIRINA (2006) a avancé que l'incorporation de la poudre de graines de *Ceiba pentandra* fait baisser le taux de ponte ; à partir de notre étude, nous pouvons encore offrir l'information supplémentaire suivante : **la relation qui noue le taux de ponte avec le taux d'incorporation de la poudre de graines de *Ceiba pentandra* peut prendre la forme d'une fonction polynomiale**. La courbe de celle-ci passe par son minimum au taux d'incorporation de 0,6%.

Néanmoins, la forme polynomiale du modèle nous fait nous demander aussi si au-delà de 0.6% le taux de ponte est-il intéressant?

Si nous tenons compte du résultat de RAMILAMANANA (2006) affirmant qu'avec un taux d'incorporation de 1% de poudre de graines de *Ceiba pentandra*, l'éleveur obtient des œufs de poids faible, nous pouvons tirer l'enseignement qui est le suivant : **il est conseillé d'adopter un taux d'incorporation de poudre de graines de *Ceiba pentandra* inférieur à 0,6% pour éviter les mauvais résultats**.

6.1.1.3 Taux d'incorporation de *Heritiera littoralis* dans l'alimentation avicole:

RAMILAMANANA (2006) a mis en évidence l'effet de l'incorporation de la poudre de graines d'*Heritiera littoralis* sur le taux de ponte. Elle avance qu'avec un taux d'incorporation de 0,062%, le taux de ponte est supérieur par rapport à celui des autres lots avec un autre taux d'incorporation. RABENIRINA (2006) présente cependant qu'avec un taux d'incorporation de 0.62%, le taux de ponte est aussi supérieur (> 40%).

En se référant sur notre résultat qui tente de montrer un modèle polynomial liant le taux d'incorporation de poudre de graines d'*Heritiera littoralis* avec le taux de ponte et dont le minimum passe entre 0,3% et 0,4%, nous pouvons dire que les publications précédentes sont en accord avec la présente étude.

En effet, si le minimum de la courbe de la fonction polynomiale se situe entre 0,3% et 0,4%, cela signifie qu'en dehors de ces limites, le taux de ponte pourra être meilleur. Et ceci joint l'affirmation de RAMILAMANANA (2006) et de RABENIRINA (2006) cités précédemment.

Ces interprétations sont basées sur les résultats avec le logiciel Excel.

La comparaison des fourchettes de valeur avec le logiciel statistique R signale toutefois que le taux de ponte des lots ayant reçu de *Heritiera littoralis* est différent de celui du lot témoin. Cela signifie que l'incorporation fait baisser le taux de ponte.

Par conséquent, ceci revient à dire qu'**il est mieux de ne pas incorporer *Heritiera littoralis* dans l'alimentation aviaire. Toutefois, si l'éleveur est obligé de l'utiliser pour des raisons diverses, il est mieux d'opter pour le taux 0.62%**.

6.1.2 Indice de conversion :

6.1.2.1 Age :

Le résultat sur Excel montre que l'âge et l'indice de conversion sont corrélés. La relation entre ces deux variables est linéaire.

L'analyse sur R témoigne aussi que la relation entre l'âge et l'indice de conversion est hautement significative.

Entre les 22 et 27^{ème} semaines d'âges, l'indice de conversion augmente en fonction de l'âge.

Autrement dit, plus la semaine avance, plus les oiseaux consomment beaucoup pour produire.

En d'autres termes, pour optimiser la production d'œufs, il ne faut jamais prendre à la légère le rationnement des pondeuses entre ces semaines.

6.1.2.2 Taux d'incorporation de *Ceiba pentandra* et de *Heritiera littoralis* :

Notre résultat est en désaccord avec l'interprétation de RABENIRINA (2006) et celui de RAMILAMANANA (2006).

En effet, certes, les graphes présentés sous Excel expriment que l'incorporation de graines de *Ceiba pentandra* et de *Heritiera littoralis* dans la ration entraîne une diminution de l'indice de conversion.

Cependant, l'analyse statistique avec R démontre la non significativité de l'influence du taux d'incorporation de ces graines sur l'indice de conversion. En plus, le coefficient de corrélation multiple du modèle linéaire est médiocre (0.02 pour le *Ceiba* et 0.01 pour *Heritiera*).

Autrement dit, la réduction de l'indice de conversion n'est pas attribuée aux taux d'incorporation de poudre de graines de *Ceiba pentandra* et de *Heritiera littoralis* dans la ration des poules pondeuses.

6.2. Paramètres de qualité:

6.2.1 Poids de l'oeuf :

6.2.1.1 Age :

Notre résultat confirme l'influence de l'âge sur le poids de l'œuf ($p < 0.001$). Il partage la même remarque que la publication de GLOOR et al (2004) a fait. Celle-ci dit que le poids de l'œuf dépend de l'âge des poules pondeuses.

Notre résultat ne joint pas cependant les normes théoriques de la souche Hy line Brown publiées sur le site :www.hyline.com.

En effet, sur ce site, un graphe montre que l'allure de la courbe du poids de l'œuf en fonction de l'âge est légèrement identique à celle du poids corporel de l'oiseau. Entre les 20 et 30^{ème}

semaines d'âges, le poids de l'oeuf augmente avec une vitesse rapide et après les 30^{ème} semaines, il accroît toujours mais la vitesse d'accroissement est retardée.

Si l'IEMVT (1973) avance aussi que le poids de l'oeuf augmente avec l'âge, notre résultat ne mentionne pas une augmentation remarquée entre les 22 et 27^{ème} semaines. Il signale simplement qu'il existe une relation entre l'âge et le poids des oeufs. La différence peut être due au milieu d'élevage.

6.2.1.2 Taux d'incorporation de *Ceiba pentandra* et de *Heritiera littoralis* :

Si RABENIRINA (2006) et MORRIS et GOUS (1987) ont démontré l'importance de l'apport protéinique dans l'augmentation du poids des oeufs.

Notre résultat prouve que même si les graines de *Ceiba pentandra* et de *Heritiera littoralis* ont des teneurs considérables en protéines, l'incorporation de *Ceiba pentandra* et de *Heritiera littoralis* à faible dose (respectivement < 1% et < 0.62%) n'explique pas le poids de l'oeuf.

La toxicité des acides gras cyclopropénique inhibe –t-il l'efficacité des apports protéiniques dans le poids de l'oeuf ? Une autre recherche est utile pour répondre à cette question.

6.2.2 Diamètre de la coquille et index de coquille:

6.2.2.1 Age et taux d'incorporation de *Ceiba pentandra* :

RABENIRINA (2006) et RAMILAMANANA (2006) rapportent que la diminution du taux d'incorporation d'AGCPE améliore le diamètre et l'index de coquille.

Notre résultat ne précise pas cependant le modèle des relations : diamètre de la coquille et âge, index de coquille et âge, diamètre de la coquille et taux d'incorporation de *Ceiba pentandra*, index de coquille et taux d'incorporation de *Ceiba pentandra*.

La seule affirmation qu'il souligne est que l'âge et le taux d'incorporation de *Ceiba pentandra* dans l'alimentation des poules pondeuses corroborent à la variation du diamètre de la coquille et de l'index de coquille.

Celle ci joint la remarque de SAUVEUR (1988) qui réitère que l'âge de la poule est un facteur de variation de la qualité de la coquille.

Pour avoir un degré de précision plus meilleur, une autre expérimentation utilisant un nombre plus élevé de matériels animaux est de ce fait nécessaire.

6.2.2.2 taux d'incorporation de *Heritiera littoralis* :

Notre résultat infirme celui de RABENIRINA (2006).

En effet, si RABENIRINA (2006) parle d'une augmentation de l'index de coquille suite à une diminution du taux d'incorporation d'*Heritiera littoralis*, notre étude évoque l'inexistence d'une relation entre la qualité de la coquille (diamètre, longueur, index) et du taux d'incorporation de *Heritiera littoralis*.

Ceci sous entend que la variation de la qualité de la coquille ne doit pas être attribuée à l'apport en AGCPE mais à un autre facteur que le *Ceiba pentandra* possède et que l'*Heritiera littoralis* n'en a pas ou en a moins. Ceci ouvre une voie à un autre thème de recherche.

6.2.3 Poids du jaune :

6.2.3.1 Age :

Le point commun que notre résultat a avec les autres publications (SAUVEUR, 1988 ; RABENIRINA, 2006 ; RAMILAMANANA, 2006) est que l'évolution du poids du jaune est attribuée au facteur : âge.

Cependant, notre résultat est en désaccord avec ceux qui insiste sur la linéarité de la relation.

6.2.3.2 Taux d'incorporation de *Ceiba pentandra* et de *Heritiera littoralis* :

RABENIRINA (2006) fait apparaître une liaison entre le taux d'incorporation de *Ceiba pentandra* et de *Heritiera littoralis* avec le poids du jaune. Notre étude contredit toutefois cette remarque. La relation entre le taux d'incorporation de *Ceiba pentandra* et de *Heritiera littoralis* avec le poids du jaune est insignifiante.

6.2.4 Diamètre du jaune :

6.2.4.1 Age et taux d'incorporation de *Ceiba pentandra* :

RABENIRINA (2006) met en évidence une liaison entre l'âge, le taux d'incorporation de *Ceiba pentandra* avec le diamètre du jaune. Notre étude contrarie aussi cette remarque car la relation entre l'âge, le taux d'incorporation de *Ceiba pentandra* avec le diamètre du jaune est non significatif.

6.2.4.2 taux d'incorporation de *Heritiera littoralis* :

RABENIRINA (2006) signale dans son étude que les lots ayant ingéré de la poudre de graines de *Heritiera littoralis* ont produit des jaunes d'œufs de diamètre élevé.

En d'autres termes, la variation du diamètre du jaune est expliquée par le taux d'incorporation de *Heritiera littoralis*.

Notre résultat s'accorde bien avec cette dernière affirmation.

Toutefois, le modèle de la relation reste encore à chercher.

6.2.5 pH du jaune :

6.2.5.1 Age, taux d'incorporation de *Ceiba pentandra* et de *Heritiera littoralis* :

Le point commun que notre résultat a avec les autres publications (SAUVEUR, 1988 ; RABENIRINA, 2006 ; RAMILAMANANA, 2006) est que l'évolution du pH du jaune est influencée par le facteur : âge. Elle varie aussi en fonction du taux d'incorporation de *Ceiba pentandra* et de *Heritiera littoralis*.

Cela peut s'expliquer par les composants acides que *Ceiba pentandra* et *Heritiera littoralis* apportent.

Il est à noter cependant que notre résultat ne donne pas des modèles de fonction qui s'adaptent bien aux distributions.

6.2.6 Poids du blanc et pH du blanc :

6.2.6.1 Age et taux d'incorporation de *Ceiba pentandra*:

Notre résultat montre qu'une relation existe entre l'âge, le taux d'incorporation de *Ceiba pentandra* avec le poids du blanc et le pH du blanc.

Ce constat est en accord avec celui de GAYDOU (1982) qui a observé un changement de pH du blanc lors de son essai.

Si RABENIRINA (2006) mentionne le faible poids moyen du blanc des oiseaux qui n'ont pas reçu du *Ceiba pentandra*, notre résultat n'évoque pas cette remarque. Il signale tout simplement l'existence d'une loi qui relie l'âge, le taux d'incorporation de *Ceiba pentandra* avec le poids et le pH du blanc.

Nous pouvons suggérer que c'est l'apport en matière azotée qui en est la cause car l'albumen est généralement reconnu par l'importance de son contenu protéinique et les graines de *Ceiba pentandra* ont aussi une teneur élevée en matière azotée totale.

6.2.6.2 taux d'incorporation de *Heritiera littoralis*:

Notre résultat contredit celui de RABENIRINA (2006).

En effet, si RABENIRINA (2006) stipule que le poids du blanc d'oeuf des poules pondeuses ayant reçu des graines de *Heritiera littoralis* est faible par rapport à celui des oiseaux ayant ingéré des graines de *Ceiba pentandra*, notre résultat montre que le poids de l'albumen ne répond pas à l'incorporation de poudre de graines d'*Heritiera littoralis* dans l'alimentation des poules pondeuses.

7. CONCLUSION

L'âge des poules pondeuses est un facteur qui fait changer les paramètres de production et de qualité de l'œuf.

Il influe significativement sur le poids de l'œuf. Il explique le diamètre, la longueur et l'index de coquille. Le poids et le pH du jaune dépendent significativement de l'âge des pondeuses.

Le poids et le pH de l'albumen sont aussi tributaires de l'âge des sujets.

Le taux d'incorporation de la poudre de graines de *Ceiba pentandra* dans l'alimentation des poules pondeuses agit aussi sur le taux de ponte et sur la qualité de l'œuf obtenu. Il a des effets sur le diamètre de la coquille et l'index de coquille. Le pH du jaune en est aussi sensible. En outre, le poids et le pH du blanc varient en fonction du taux d'incorporation de la poudre de graines de *Ceiba pentandra*.

Pour le cas de la poudre de graines de *Heritiera littoralis*, son incorporation dans l'alimentation des pondeuses ont peu d'influence par rapport aux autres facteurs cités précédemment. Ce sont seulement le diamètre du jaune et le pH du jaune qui y sont sensibles selon le résultat de notre étude.

Notre étude fait ressortir que les modèles : de Gompertz, d'Adam Bell, gamma, compartimental et logistique curvilinéaire ne conviennent pas à notre cas par rapport aux modèles exponentiel, linéaire et polynomial.

Toutefois, l'analyse avec Excel et R démontre toujours que même si ces trois derniers modèles sont mieux par rapport aux cinq premiers modèles pris comme hypothèses, compte tenu des paramètres statistiques indicatifs (coefficient de corrélation multiple et p), ils ne sont pas plausibles.

Nous ne pouvons tenter de retenir seulement que :

- le modèle exponentiel pour la relation entre taux de ponte et âge chez les oiseaux ingérant 0% de poudre de graines d'*Heritiera littoralis* et de *Ceiba pentandra*.

$$y = 17,077e^{0,0535x} \text{ avec } R^2 = 0,4865 \text{ (y : taux de ponte (en \%), x : âge (semaine))}$$

- le modèle polynomial pour la relation entre taux de ponte et taux d'incorporation de la poudre de graines de *Ceiba pentandra*.

$$y = 114,22x^2 - 139,2x + 59,728 \text{ avec } R^2 = 0,5163 \text{ (y : taux de ponte (en \%), x : taux d'incorporation de la poudre de graines de } Ceiba pentandra \text{ (en \%)})}$$

- le modèle linéaire pour la relation entre l'indice de conversion et âge chez les oiseaux ingérant 0% de poudre de graines d'*Heritiera littoralis* et de *Ceiba pentandra*.

$$y = 0,0199x + 1,542 \text{ avec } R^2 = 0,8827 \text{ (y : indice de conversion, x : âge (semaine))}$$

- le modèle linéaire multi variée pour la relation entre le poids de l'œuf, le diamètre de la coquille, la longueur de la coquille, l'indice de forme et le poids de l'albumen.

$$Y = 4,9 a - 1,43 b - 169,6 c + 0,19 d + 50,17 \text{ avec } (R^2 = 0,64)$$

Y : Le poids de l'œuf (en g)

a : Le diamètre de la coquille (en mm)

b : La longueur de la coquille (en mm)

c : L'indice de forme

d : Le poids du blanc (en g)

Il est à préciser que ces théories sont issues d'une expérimentation faite sur des poules pondeuses de souches Hy line brown élevées en milieu fermier et d'âge compris entre 22 et 27^{ème} semaines.

Cette étude nous apprend entre autres que dans la pratique, l'incorporation de la poudre de graines de *Ceiba pentandra* dans l'alimentation des poules pondeuses avec un taux avoisinant 0.6% est néfaste.

La valorisation de la poudre de graines d'*Heritiera littoralis* peut cependant présenter des résultats tolérables (>40%) si l'incorporation est de 0.62%.

Dans tous les cas, Il est mieux de ne pas incorporer ces graines compte tenu de l'infériorité du taux de ponte qui en résulte.

8. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ANDRIANAIVO-RAFEHIVOLA A., GAYDOU E., RAKOTOVAO L., et BIANCHINI J., 1984 - Influence des traitements à l'huile et au tourteau de baobab sur les paramètres zootechniques des poules pondeuses. *In Bulletin de l'Académie Malgache Antananarivo*. Nouvelle Série. Tome 67-2. Pp 131 - 134
2. ADAM C et BELL D., 1980 - Predicting poultry egg production. *In Poult. Sci.* 59, Pp 937-938.
3. AYMAN A., RODRIGUEZ N., VIDAL M., GAUTRON J., GARCIA R et NYS Y., 2003 - Effet de la mue sur la qualité de la coquille d'œuf chez les poules âgées. INRA. Station de Recherches Avicoles, Nouzilly France / Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra-CSIC, Granada Espagne. Cinquièmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, 26 et 27 mars 2003. Pp 4.
4. BANGA –MBOKO H., BORDAS A., MINVIELLE F et LEROY P., 2002 - Réponses à la chaleur et à l'alimentation calcique séparée de poules pondeuses sélectionnées sur la consommation alimentaire résiduelle. *In Ann.Méd.Vét.*, 2003, 147. Pp 51-58.
5. BENABDELJELIL K., LAHBABI S et BORDAS A., 2002 - Comparaison de croisements incluant une race locale ou une lignée expérimentale à un témoin commercial pour la production d'œufs au Maroc. *In Revue Elev.Med.Vet. Pays trop.* 2003, 56 (3-4) Pp 193- 198.
6. BERRY S., 1979 - The characteristics of the kapok (*Ceiba pentandra*, Gaertn.) Seed oil – Pertanika: Faculty of Agriculture, University of Pertanian Malaysia. Vol 2. Pp 1 – 4.
7. BYERLY T., KESSLER W., GOUS M et THOMAS O., 1980 - Feed requirement for egg production. *In Poult. Sci.*, 1980, 59, Pp 2500-2507.
8. CABANIS Y., CHABOUIS A et CHABOUIS F., 1969 - Végétaux et groupements végétaux de Madagascar et des Mascareignes – Tananarive : Bureau de Développement de la Production Agricole. Tome1, Pp 389.
9. CHALOUB Y., 1989 - Guide pratique d'alimentation des monogastriques. Centre de Recherche Agronomique de Foulaya. Ministère de l'Education Nationale. République de Guinée. CTA. Pp 44.
10. CHAPUIS H., 1997 - Application des nouvelles méthodes d'évaluation génétique à la conduite d'un schéma de sélection de la dinde industrielle. Thèse de doctorat, ENSAR Rennes, Pp 243.
11. CHLEQ J., 1986 - Métiers de l'eau du Sahel. TERRES ET VIE Belgique / ENVIRONNEMENT AFRICAINE – ENDA Sénégal/ L'HARMATTAN France. Pp 126.
12. COURTEJOIE J., 1990 - Statistique et Santé. Bureau d'études et de recherches pour la promotion de santé. Centre pour la Promotion de la Santé. Congo. Pp 194.
13. CRUZ A et WEST A., 1931 - Composition of Philippine kapok seed-oil. *In Philippine Journal of Science*, 46. Pp 131-137.
14. DEE D., 1995 - A pragmatic approach to model validation. in: D.R. Lynch and .M. Davies (eds). Quantitative skill assessment of coastal ocean models. Washington, DC: AGU. Pp. 1–13.
15. DES ROSIERS F., 2001 – La modélisation statistique en analyse et évaluation immobilières: Guide méthodologique. Université Laval. Canada. Pp 79.
16. DEVOS P., 2005 - La place des statistiques dans la recherche médicale. CERIM. Faculté de médecine. Université de Lille 2. France. Pp 48
17. FAO., 2005 - Livestock Sector Brief: Madagascar. Food and Agriculture Organisation of the United Nations. FAO, Livestock Information, Sector Analysis and Policy Branch. AGAL. Pp 32.

18. FAO et OMS., 2004 - Caractérisation des dangers liés à la présence des pathogènes dans les aliments et dans l'eau. Directives. Série évaluation des risques microbiologiques. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Rome, Italie. Pp 85.
19. GAYDOU E., 1982 - Mise au point sur la présence d'acides gras cyclopropéniques et de leurs homologues saturés dans les plantes. *In Terre Malgache* N°21. Pp58-80
20. GAYDOU E., BIANCHINI J et RALAIMANARIVO A., 1983 - Determination of Cyclopropenoic Fatty Acids by Reversed-Phase Liquid Chromatography and Gas Chromatography - *Analytical Chemistry*, 55, Pp 2313.
21. GAYDOU E., RAMANOELINA P., RASOARAHONA J et COMBRES A., 1993 - Fatty acid Composition of Sterculia Seeds and Oil from Madagascar –*Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Pp 41.
22. GAYDOU E., 2003 - Rapport de mission d'expertise du sous-projet FADES n°SP01v2_03 – Pp11.
23. GLOOR A., MEIERHANS D., SONTHEIM F et STALDER U., 2004 - Œufs et ovoproduits. Ecole Suisse d'Aviculture. Zollikofen. *In Manuel Suisse des Denrées Alimentaires*. Chap 21. Pp 21
24. GRIFFING E et ALSBERG C., 1931 - Composition of kapok seed–*Industrial Engeneering Chemistry*. Pp 22
25. HOCH T., PRADEL P et AGABRIEL J., 2004 - Modélisation de la croissance de bovins : évolution des modèles et applications. INRA. *Prod Anim* 17(4), Pp 303-314.
26. IEMVT., 1973 - Précis du petit élevage. Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères chargé de la coopération. Paris. Pp 213.
27. IEMVT., 1991 - Aviculture en zone tropicale. Collection Manuels et Précis d'élevage. Ministère de la coopération. Paris. France. Pp
28. KENNETH., 1981 - Elevage pratique de la volaille. Information collection and exchange. PEACE CORPS. Pp 289.
29. KUONEN D et CHAVEZ V., 2001 - R : un exemple du succès des modèles libres. Département de Mathématiques. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. FI 2, Pp 3-7.
30. LEROY P., 2003 - Le Poulet d'Ardenne. Département des Productions Animales. Faculté de Médecine Vétérinaire. Université de Liège. Pp 57.
31. LISSOT G., 1965, Poules et œufs, Collection La Terre, Flammarion. Pp 371.
32. McMILLAN I., FITZ EARL M., BUTLER L et ROBSON D.,1970 - Quantitative genetics of fertility. I. Lifetime egg production of drosophila melanogaster-theoretical. *Genetics* 65, Pp 349-353.
33. MILES D., CHITTAWONG V., De La CRUZ A., PAYENE A et GOMEZ E., 1991 - Novel fish toxins of the cadinane sesquiterpene class. From the Philippine mangrove plant *Heritiera littoralis* – Department Chemistry University Central Florida, Orlando, FL, USA. ACS Symposium Series, Pp 317-322.
34. Ministère Français des Affaires Etrangères., 2002 - Mémento de l'agronome. CIRAD / GRET. Pp 1173 – 1174.
35. MONTAGNAC P et TRAMENA J., 1962 - La culture du kapokier à Madagascar : Coton et fibres tropicales – Tananarive : IRAM. Pp171.
36. MORRIS T et GOUS R., 1987 - Partitioning of the response to protein between egg number and egg weight. Département of Agriculture, University of Reading, England. *In Journal of British Poultry Sceinces n°29* Pp 93-99.
37. N'DRI, L., 2006 - Etude des interactions entre génotype et environnement chez le poulet de chair et la poule pondeuse. Thèse de doctorat de l'Institut Agronomique Paris Grignon. Département des Sciences Animales. INAPG. France. Pp 123 – 125.
38. NAHARI D et ASHA R., 2003 - Chemical composition and nutritive value of kapok seed meal for broiler chickens – Department of Poultry Science, Madras Veterinary College, Tamil Nadu Veterinary and Animal Sciences University, Chennai, India. *Poult.Sci*; 44(3) Pp 505-509.

39. PADILLA S et SOLIVEN F., 1933 - Chemical analysis for possible sources of oils for forty-five species of oil-bearing seeds – *In Journal of Philippine Agriculture*, 22 Pp 408-15.
40. RABENIRINA Z., 2006 - Effets de l'incorporation de graine de Ceiba pentandra et de Heritiera littoralis dans l'alimentation des poules pondeuses sur les performances de ponte et la qualité de l'œuf. Mémoire d'Ingéniorat en agronomie. Département Elevage. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Université d'Antananarivo. Pp 70.
41. RAHARISON J., 2005 - Contribution à l'étude de deux plantes à graines oléagineuses : cas de Ceiba pentandra et de Heritiera littoralis var littoralis. Mémoire de fin d'études. Département Elevage. Université d'Antananarivo. Pp 65.
42. RAKOTOBE J., 1979 - Essai de valorisation du Kapokier à Madagascar – Mémoire de fin d'étude Département IAA, Etablissement d'Enseignement Supérieure des Sciences Agronomiques Antananarivo, Pp 13 - 17.
43. RAKOTOZANDRINY J., 2003 – Résultat en cours de publication.
44. RAMAMONJISOA L., 2007 - Planification et conduite de recherche. Département des Eaux et Forêts. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Université d'Antananarivo. Pp 20.
45. RAMAROJAONA., 1978 - Table de composition des aliments. Etablissement d'Enseignement Supérieure des Sciences de la Santé. Faculté de Médecine. Université d'Antananarivo. Pp 20.
46. RAMILAMANANA L., 2006 - Contribution à l'étude des effets de l'incorporation a faibles doses, de poudre de graines de Heritiera littoralis et de Ceiba pentandra dans l'alimentation des poules pondeuses de la 30 ème à la 40 ème semaine d'âge. Mémoire d'Ingéniorat en agronomie. Département Elevage. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Université d'Antananarivo. Pp 66.
47. RAONIMANANA H., 2004 - Contribution à l'étude de l'influence de l'incorporation à doses faibles de graines de Ceiba pentandra et de Heritiera littoralis dans l'alimentation de poulet de chair. Mémoire de fin d'études. Département Elevage. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Université d'Antananarivo. Pp 94.
48. RASOLOARIMANANA D., 1997 - Ny fiompiana akoho manatody lava. CFP Bevalala. Pp 234
49. REPUBLIQUE DE MADAGASCAR., 1997 - La politique forestière malagasy.
50. ROSS I et GENTLEMEN R., 1996 - R : A Language for Data Analysis and Graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 5:3, Pp 299 – 314.
51. SANFO R., BOLY H., SAWADOGO L et OGLE B., 2007 - Poids de l'œuf de la pintade locale (*Numida meleagris*) dans la région centrale du Burkina Faso : rapports avec les variables de l'incubation artificielle et la production des pintadeaux. *Tropicultura*, 25,3. Pp 184-188.
52. SAS INSTITUTE., 1999 - SAS/STAT®User's guide, Version 6, Fourth edition, vol. 1, SAS. Pp...
53. SAUVEUR B., 1988 - Reproduction des volailles et production d'œufs. INRA, Paris. Pp 449.
54. TOMLINSON P., 1986 - The botany of mangroves. – Cambridge: University Press. Cambridge Tropical Biology Series. Pp 413.
55. WHITE F., 1986 - La végétation de l'Afrique – Paris : L'Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération. Pp 384.
56. WOOD P., 1967 - Algebric model of the lactation curve in cattle. *Nature* 216. Pp164.
57. YANG N., WU C et McMILLAN I., 1989 - A new mathematical model for poultry egg production. *In Poult. Sci.* 68, Pp 476-481.

Les sites internet visitées:

www.hyline.com (Site visitée le 08/01/08)

www.oeuf.ca (Site visitée le 16/01/08)

www.ceiba.org/ceiba.htm (Site visitée le 08/01/08)

<http://kourou.cirad.fr> (Site visitée le 23/01/08)

www.greenwild.org (Site visitée le 08/01/08)

ANNEXE

ANNEXE A

Caractéristique des lots d'expérimentation et le rationnement distribué.

Caractéristiques des lots d'animaux utilisés lors de l'expérimentation antérieure :

Lots	Témoin	KAC	KAB	KAA	HLC	HLB	HLA
Pourcentage de <i>Ceiba pentandra</i> dans la ration.	0	0.1	0.2	1	0	0	0
Pourcentage d' <i>Heritiera littoralis</i> dans la ration	0	0	0	0	0.062	0.124	0.62
ppm d'AGCPE	0	50	100	500	50	100	500
Energie brute des aliments (Kcal/kg)	3711.75	4048.41	3715.61	3550.72	38814.82	3718.86	3821.38
Métabolisabilité (%)	14.11	20.93	16.13	17.23	17.14	10.68	16.91
Nombre d'animaux	10	11	11	11	11	11	11
Age des animaux (semaine)	22	22	22	22	22	22	22

Quantité d'aliments distribués par poule :

Age (semaine)	Aliment / jour (g)
22	110
23	115
24	120
25	120
26	120
27	120
28	120

L'expérimentation s'est déroulée dans la ferme privée Tobin'ny Mpamafy à Itaosy Antananarivo.

ANNEXE B

Le marché de l'œuf de poule pondeuse.

Le marché de l'œuf de poules pondeuses

L'œuf est un aliment dont la population mondiale nécessite quotidiennement.

A Madagascar, la consommation d'œuf enregistre un accroissement. Le taux de croissance annuel de la consommation d'œufs est de 3.6% entre 1990 et 2000 selon la FAO (2005).

Toutefois, la consommation en œufs y est inférieure à la production.

Cela sous entend qu'à part le pouvoir d'achat des consommateurs, certains paramètres techniques doivent être maîtrisés par les éleveurs avicoles pour pouvoir suivre les exigences du marché. La qualité de l'œuf figure parmi les paramètres principaux à laquelle les producteurs et les commerçants doivent prêter attention.

Généralement, la fraîcheur de l'œuf est la caractéristique qualitative de ce produit à laquelle le consommateur est le plus sensible.

Toutefois, certains acheteurs potentiels exigeants accordent une importance particulière aux différents critères comme le poids de l'œuf ; la qualité de la coquille pour mieux la contenir et la manipuler ; la forme et quelque fois la couleur.

Catégorisation de l'œuf de poules pondeuses sur le marché

L'idée principale dans le classement des œufs par catégories est de les trier afin que seuls ceux de bonne qualité soient mis en vente et qu'ils se vendent au meilleur prix.

La méthode de classement la plus simple et la plus importante consiste à diviser les œufs en trois catégories (KENNETH, 1981) :

- les fêlés
- les sales
- et les propres.

Les œufs fêlés sont habituellement vendus sur place pour la consommation immédiate ou mangés par la famille. Ceux qui sont sales sont nettoyés et vendus sur place pour être consommés dans les trois jours, tandis que les propres sont envoyés le plus vite possible au lieu de vente le plus important.

Si les consommateurs sont prêts à payer un prix plus élevé pour des œufs d'une certaine couleur ou d'une certaine taille, le fermier doit les trier en fonction de ces critères.

Si le poids est pris comme critère de catégorisation, ci après un exemple de catégorisation (KENNETH, 1981) :

Catégorisation des œufs à consommer selon KENNETH

Catégories	Grammes
Jumbo	64 et plus
Extra gros	57 à 63
Gros	50 à 56
Moyens	43 à 49
Petits	35 à 42

En voici une autre catégorisation utilisée par la Fédération des producteurs d'œufs du Québec:

Catégorisation des œufs à consommer selon la Fédération des producteurs d'œufs du Québec :

Catégories	Poids/œuf
Pee wee	Moins de 42 g
Petit	42 g à 48 g
Moyen	49 g à 55 g
Gros	56 g à 63 g
Extra gros	64 g à 69 g
Jumbo	Plus de 69 g

Source : www.oeuf.ca.

Dans certaines régions, les gens préfèrent les œufs fécondés. Mais dans la plupart des cas, il vaut mieux vendre des œufs non fécondés. Ils restent mangeables beaucoup plus longtemps par temps chaud que ceux fécondés.

ANNEXE C

Les méthodes expérimentales pour l'appréciation de la qualité et la production de l'oeuf.

Les variables décrivant la qualité de l'œuf et les techniques de mesure empruntables.

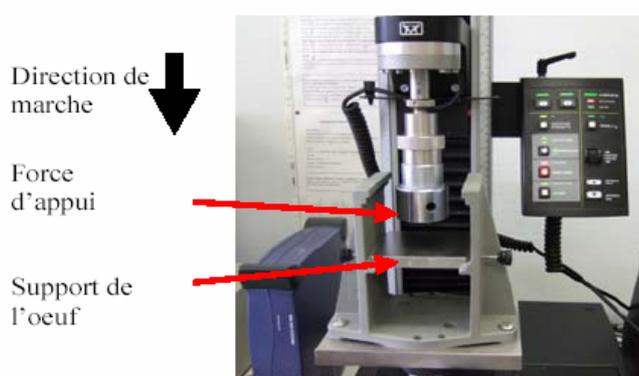
La couleur de la coquille :

Pour l'apprécier, il suffit de faire une comparaison avec une gamme de couleur de référence :

La palette de couleur MAESTRIA (86 couleurs) (RABENIRINA, 2006).

La charge de rupture :

Exprimée en N, elle correspond à la charge appliquée à l'équateur de l'œuf jusqu'à obtention de la rupture de la coquille et ce, avec une vitesse de 5mm /minute. Sa technique de mesure s'appelle : test en compression statique. L'appréciation se fait avec un appareil nommé : instron (AYMAN et al, 2003).



Instron : Appareil de mesure de la charge de rupture
(Source : N'DRI 2006)

Longueur et diamètre de l'œuf :

Exprimée en mm, leur mesure se fait à l'aide d'un pied à coulisse (AYMAN et al, 2003).



Pied à coulisse en acier
(Source : RABENIRINA, 2006)

Indice de forme :

C'est le rapport entre le diamètre (mesuré à l'équateur) et la longueur maximale de l'œuf obtenus en utilisant un pied à coulisse. Normalement, cet indice se situe entre 0.70 et 0.75. Les œufs allongés ont un indice avoisinant 0.65. Les œufs arrondis ont un indice qui environne 0.82 (SAUVEUR, 1988).

Hauteur de l'albumen :

Exprimée en mm, elle est mesurée à l'aide d'un micromètre tripode à 1 cm du jaune de l'œuf cassé et étalé sur une surface de travail plane (N'DRI, 2006).

Poids de l'albumen :

Exprimé en gramme, son appréciation a besoin d'une balance METTLER (METTLER PE ou METTLER H 35) (RABENIRINA, 2006).



Balance METTLER PE (à gauche) et Balance METTLER H 35 (à droite)
(Source : RABENIRINA, 2006)

Epaisseur de la coquille :

Le micromètre est utilisé pour la mesure. Ceci se pratique sur un fragment pris au niveau de l'équateur, lavé afin d'éliminer les restes d'albumen et séché pendant 24 h à l'air libre (BENABDELJELIL et al, 2002).

Surface de la coquille :

Exprimée en cm^2 , elle est le produit du coefficient K^{39} et du poids de l'œuf à la puissance $2/3$.

K est un coefficient qui dépend du poids moyen de l'œuf (RABENIRINA, 2006).

Pourcentage de la coquille :

Il faut laver et sécher d'abord la coquille pendant 24 h à température ambiante. Les coquilles passent ensuite par un séchage sévère de 105°C pendant 5 heures.

Le pourcentage de coquille se calcule ensuite comme suit (AYMAN et al, 2003) :

$$C (\%) = \frac{PSC (g)}{PO (g)} \times 100$$

C, PSC et PO : Pourcentage de coquille, poids sec de coquille et poids frais de l'œuf, respectivement.

Poids de la coquille :

Le poids de la coquille est mesuré après lavage et séchage à l'étuve pendant 24h à 100°C (N'DRI, 2006).



Etuve à circulation d'air
(Source : RABENIRINA, 2006)

Index de coquille :

Exprimé en g/cm², l'index de coquille est le rapport entre le poids de la coquille et la surface de la coquille rapporté au 100.

$$I = 100 \times C/S$$

Diamètre du blanc, diamètre du jaune, pourcentage du jaune, poids du jaune :

La mesure des autres paramètres identiques citée auparavant peut s'appliquer aussi pour l'appréciation de ces quatre variables (voir diamètre, pourcentage, poids...)

Couleur du jaune :

Pour l'apprécier, il suffit de faire une comparaison avec une gamme de couleur de référence :
L'échelle des couleurs de Roche (BENABDELJELIL et al, 2002).

pH du blanc et pH du jaune :

Ils sont mesurés à l'aide d'un pH mètre SCHOTT GERATE CG 818 (RABENIRINA, 2006).



pH metre SCHOTT GERATE CG 818

Les variables décrivant la production d'œufs et les techniques de mesure empruntables.

Age au premier œuf (jour) :

Il s'agit tout simplement de connaître le jour où le cheptel aviaire entame sa ponte.

Nombre d'œuf pondu :

C'est l'enregistrement individuel quotidien à partir du 1^{er} œuf pondu (BANGA –MBOKO et al, 2002).

Intensité de ponte 1 :

C'est le nombre d'œufs pondus par période de contrôle (moins les jours de pause) par 100 poules (BANGA –MBOKO et al, 2002).

Intensité de ponte 2 :

C'est le nombre d'œufs pondus par 100 poules durant la période de contrôle de 77 jours (BANGA –MBOKO et al, 2002).

Intensité de ponte brute :

C'est l'enregistrement de la ponte individuellement et quotidiennement par saisie manuelle et en utilisant un appareil HUSKY FS2 du premier œuf jusqu'à l'âge de 52 semaines (N'DRI, L. 2006).

$$I = \frac{NT}{NJC}$$

Où NT et NJC sont respectivement le nombre total d'œufs par poule et le nombre de jours de contrôle.

Intensité de ponte corrigée :

La formule est la suivante (N'DRI, 2006) :

$$I_{cor} = \frac{NT}{(365 - AIO) \times (1 - PP)}$$

A 10 : Age au premier œuf.

PP : Pourcentage de pause ou le rapport du nombre de jours de pause sur la durée totale d'enregistrement de la ponte. Une pause est définie comme un arrêt de la ponte d'au moins deux jours successifs.

Pause (%) :

Un arrêt de ponte supérieure ou égal à deux jours est une pause (BANGA –MBOKO et al, 2002).

Longueur des séries (jours) :

Une série de ponte est le nombre d'œufs pondus à des jours successifs sans interruption (BANGA –MBOKO et al, 2002).

Longueur moyenne des séries (jours) :

La longueur moyenne des séries est la moyenne du nombre de jours successifs de ponte sans interruption (N'DRI, 2006).

Taux de ponte (%) :

C'est l'enregistrement quotidien de production d'œufs pour chaque cage (BENABDELJELIL et al, 2002).

C'est le rapport entre la moyenne du nombre d'œufs pondus par semaine et la moyenne du nombre de poules présentes par semaine rapporté au 100 (RABENIRINA, 2004).

Poids moyen de l'œuf (gramme) :

C'est la moyenne du poids des œufs prélevés dans une même cage tous les 28 jours durant l'expérimentation (BENABDELJELIL et al, 2002).

A partir du 1^{er} œuf pondu jusqu'à l'âge de 33 semaines, les œufs pondus sont numérotés par poule. Chaque semaine ils sont pesés puis enregistrés sur des fiches individuelles mentionnant le poids et le nombre d'œufs. Le poids moyen de l'œuf est calculé à la 3^{ème} et à la 4^{ème} semaine de ponte (BANGA –MBOKO et al, 2002).

C'est la moyenne du poids de l'œuf par semaine (RABENIRINA, 2006).

Indice de conversion :

C'est le rapport entre la quantité moyenne d'aliment consommé par semaine et le poids moyen de l'œuf par semaine (RABENIRINA, 2004).

Indice de forme :

C'est le rapport entre le diamètre (mesuré à l'équateur) et la longueur maximale de l'œuf obtenus en utilisant un pied à coulisse. Cet indice varie normalement entre 0.7 et 0.75 mais il peut atteindre 0.65 pour les œufs très allongés et 0.82 pour les œufs très arrondis (SAUVEUR, 1988).

Masse d'œufs (gramme/jour) :

C'est le produit du pourcentage de ponte par le poids moyen des œufs (BENABDELJELIL et al, 2002).

C'est le produit du nombre d'œufs par le poids de l'œuf (BANGA –MBOKO et al, 2002).

Masse totale d'œufs exportée :

C'est le produit du poids moyen de l'œuf et du nombre total d'œufs pondus (N'DRI 2006).

Pourcentage d'œufs mous et pourcentage d'œufs cassés :

C'est respectivement le rapport du nombre d'œufs mous, du nombre d'œufs cassés avec le nombre d'œufs produits rapporté à 100.

ANNEXE D

Alimentation des poules pondeuses, les variables usuels dans la nutrition aviaire et les techniques de mesure empruntables

Les composants habituels de l'alimentation des poules pondeuses

Généralement, 3 types de matières premières entrent dans la composition d'aliment des pondeuses :

- les matières premières sources d'énergie comme les issues céréalières.
- les matières premières sources de protéines comme les tourteaux et les farines de viande.
- et les matières premières sources de minéraux comme la farine d'os et les coquilles.

En addition, les compléments minéraux vitaminés contribuent aussi à parfaire la qualité nutritionnelle du concentré.

Le choix de ces composants alimentaires

Le choix des matières premières se fait en fonction de leur disponibilité et de leur rentabilité.

Les variables usuelles dans la nutrition aviaire et les techniques de mesure empruntables:

Consommation alimentaire :

Exprimée en gramme/jour, elle peut être obtenue en contrôlant périodiquement chaque groupe de poules ayant une mangeoire commune (BENABDELJELIL, et al, 2002).

Consommation théorique :

Exprimée en gramme, elle peut être représentée par une équation de régression multiple avec la valeur 0.5 pour exposant affectant le poids corporel (BYERLY et al, 1980).

$$T = a P^{0,5} + b \cdot dP + c E - \text{constante.}$$

P est le poids corporel.

dP est la variation de poids.

E est la masse d'œufs pondus pendant 28 jours.

Consommation alimentaire résiduelle :

Exprimée en gramme, elle est la différence entre la consommation observée et la consommation théorique.

Elle représente la fraction de l'ingéré total qui ne sert ni à couvrir les besoins d'entretien ni les besoins de production (BANGA-MBOKO et al, 2002).

Efficacité alimentaire :

Exprimée en gramme d'aliment consommé par gramme d'œuf, elle est le rapport de la consommation d'aliment à la masse d'œuf (BENABDELJELIL, et al, 2002).

Indice de consommation :

C'est le rapport entre la masse d'œufs et la consommation totale d'aliment (BANGA-MBOKO et al, 2002).

Energie brute dans l'aliment :

Pour l'obtenir, la procédure ci après est à suivre : les échantillons d'aliments sont pesés puis séchés à l'étuve à 70°C pendant 48 heures. Après cela, les aliments sont pesés une deuxième fois pour obtenir le taux d'humidité. Ils sont, par la suite, broyés, tarés puis analysés au calorimètre pour obtenir leur teneur en énergie brute (RABENIRINA, 2006).

Energie brute dans les fèces :

La technique de mesure est identique à celle de l'aliment.



Calorimètre IKA WERKE C 7000
(Source: RABENIRINA, 2006)

Le taux d'aliments incorporés :

Pour le connaître, il s'agit tout simplement de consulter celui qui a composé l'aliment ou la fiche technique de l'aliment. Dans le cas où c'est l'investigateur qui fabrique l'aliment, le taux de l'aliment incorporé est connu à l'avance.

ANNEXE E

Résultats des analyses statistiques avec le logiciel R

ANNEXE 1 :TEST EMBOITE DES MODELES POUR LA RELATION ENTRE TAUX DE PONTE ET AGE CHEZ LES NOURRIES AVEC DU CEIBA PENTANDRA :	84
ANNEXE 2TEST EMBOITE DES MODELES POUR LA RELATION ENTRE TAUX DE PONTE ET TAUX D'INCORPORATION DE POUFRE DE GRAINES DE CEIBA PENTANDRA :	84
ANNEXE 3TEST EMBOITE DES MODELES POUR LA RELATION ENTRE TAUX DE PONTE ET AGE CHEZ LES NOURRIES AVEC DU HERITIERA LITTORALIS :	85
ANNEXE 4TEST EMBOITE DES MODELES POUR LA RELATION ENTRE INDICE DE CONVERSION ET AGE CHEZ LES NOURRIES AVEC DU CEIBA :	85
ANNEXE 5 FOURCHETTES DE VALEURS DES TAUX DE PONTE CHEZ LE LOT TEMOIN ET CHEZ LES NOURRIES AVEC DES ALIMENTS CONTENANT DE L'HERITIERA LITTORALIS :	86
ANNEXE 6 FOURCHETTES DE VALEURS DES TAUX DE PONTE CHEZ LE LOT TEMOIN ET CHEZ LES NOURRIES AVEC DES ALIMENTS CONTENANT DE CEIBA PENTANDRA :	87
ANNEXE 7 MATRICE DE CORRELATION DES VARIABLES ETUDIES SANS LES ALIMENTS PARTICULIERS	88
ANNEXE 8 MATRICE DE CORRELATION DES VARIABLES ETUDIES POUR LE LOT INGERANT DE L'HERITIERA	89
ANNEXE 9 MATRICE DE CORRELATION DES VARIABLES ETUDIES POUR LE LOT INGERANT DU CEIBA :	90
ANNEXE 10 MODELISATION LINEAIRE MULTIVARIEE DU POIDS DE L'ŒUF EN FONCTION DU DIAMETRE DE LA COQUILLE, LA LONGUEUR DE LA COQUILLE, L'INDICE DE FORME ET LE POIDS DU BLANC. AFFICHEE PAR « R » :	91

Annexe 1 : TEST EMBOITE DES MODELES POUR LA RELATION ENTRE TAUX DE PONTE ET AGE CHEZ LES

NOURRIES AVEC DU CEIBA PENTANDRA :

> anova(TPCtpgompartzT,TPCtpgammaT,TPCtpcompartT,TPCtpadamT,TPCtpcurvT,TPCtplinT)

Analysis of Variance Table

Model 1: $YTPC \sim y0 * \exp((1 - (1/\exp(T))))$

Model 2: $YTPC \sim K1 * (T)/(\exp(T))$

Model 3: $YTPC \sim K1 * (1 - 1/(\exp(T))) * (1/\exp(T))$

Model 4: $YTPC \sim K1/(1 + \exp(T))$

Model 5: $YTPC \sim (\exp(T))/(1 + \exp(T - K1))$

Model 6: $YTPC \sim T$

	Res.Df	Res.Sum Sq	Df	Sum Sq	F value	Pr(>F)
1	23	4622				
2	23	36364	0	0		
3	23	36960	0	0		
4	23	36960	0	0		
5	23	4622	0	0		
6	22	4568	1	55	0.2641	0.6125

> summary(TPCtplinT)

Call:

lm(formula = YTPC ~ T, data = TPC)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-20.708	-9.169	-1.819	7.885	31.346

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>|t|)
(Intercept)	22.788	42.296	0.539	0.595
T	0.885	1.722	0.514	0.612

Residual standard error: 14.41 on 22 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.01186, Adjusted R-squared: -0.03306

F-statistic: 0.2641 on 1 and 22 DF, p-value: 0.6125

Annexe 2 TEST EMBOITE DES MODELES POUR LA RELATION ENTRE TAUX DE PONTE ET TAUX

D'INCORPORATION DE POUDDRE DE GRAINES DE CEIBA PENTANDRA :

> anova(TPCtpgompartzVRBL,TPCtpgammaVRBL,TPCtpcompartVRBL,TPCtpadamVRBL,TPCtplinVRBL)

Analysis of Variance Table

Model 1: $YTPC \sim y0 * \exp((1 - (1/\exp(VRBL))))$

Model 2: $YTPC \sim K1 * (VRBL)/(\exp(VRBL))$

Model 3: $YTPC \sim K1 * (1 - 1/(\exp(VRBL))) * (1/\exp(VRBL))$

Model 4: $YTPC \sim K1/(1 + \exp(VRBL))$

Model 5: $YTPC \sim VRBL$

	Res.Df	Res.Sum Sq	Df	Sum Sq	F value	Pr(>F)
1	23	11512				
2	23	33494	0	0		
3	23	30125	0	0		
4	23	3552	0	0		
5	22	3449	1	103	0.6564	0.4265

> summary(TPCtplinVRBL)

Call:

lm(formula = YTPC ~ VRBL, data = TPC)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-21.1695	-7.7559	0.4119	4.6607	26.9350

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>|t|)
(Intercept)	50.208	3.306	15.187	3.83e-13 ***
VRBL	-17.656	6.453	-2.736	0.0121 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 12.52 on 22 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.2539, Adjusted R-squared: 0.22

F-statistic: 7.487 on 1 and 22 DF, p-value: 0.01205

Annexe 3 TEST EMBOITE DES MODELES POUR LA RELATION ENTRE TAUX DE PONTE ET AGE CHEZ LES

NOURRIES AVEC DU HERITIERA LITTORALIS :

> anova(TPHtpgompertzT, TPHtpgammaT, TPHtpcompartT, TPHtpadamT, TPHtpcurvT, TPHtplinT)

Analysis of Variance Table

Model 1: $YTPH \sim y_0 * \exp((1 - (1/\exp(T))))$

Model 2: $YTPH \sim K1 * (T)/(\exp(T))$

Model 3: $YTPH \sim K1 * (1 - 1/(\exp(T))) * (1/\exp(T))$

Model 4: $YTPH \sim K1/(1 + \exp(T))$

Model 5: $YTPH \sim (\exp(T))/(1 + \exp(T - K1))$

Model 6: $YTPH \sim T$

	Res.Df	Res.Sum Sq	Df	Sum Sq	F value	Pr(>F)
1	23	4738				
2	23	45214	0	0		
3	23	45844	0	0		
4	23	45844	0	0		
5	23	4738	0	0		
6	22	3964	1	774	4.2941	0.05017

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> summary(TPHtplinT)

Call:

lm(formula = YTPH ~ T, data = TPH)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-24.602	-11.147	1.009	8.898	24.385

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>|t|)
(Intercept)	-33.684	39.403	-0.855	0.4018
T	3.325	1.604	2.072	0.0502

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 13.42 on 22 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.1633, Adjusted R-squared: 0.1253

F-statistic: 4.294 on 1 and 22 DF, p-value: 0.05017

Annexe 4 TEST EMBOITE DES MODELES POUR LA RELATION ENTRE INDICE DE CONVERSION ET AGE CHEZ LES

NOURRIES AVEC DU CEIBA :

> anova(ICCCindicegompertzT, ICCCCindicegammaT, ICCCCindicecompartT, ICCCCindiceadamT, ICCCCindicecurvT, ICCCCindiceclinT)

Analysis of Variance Table

Model 1: $YICC \sim y_0 * \exp((1 - (1/\exp(T))))$

Model 2: $YICC \sim K1 * (T)/(\exp(T))$

Model 3: $YICC \sim K1 * (1 - 1/(\exp(T))) * (1/\exp(T))$

Model 4: $YICC \sim K1/(1 + \exp(T))$

Model 5: $YICC \sim (\exp(T))/(1 + \exp(T - K1))$

Model 6: $YICC \sim T$

	Res.Df	Res.Sum Sq	Df	Sum Sq	F value	Pr(>F)
1	23	0.084				
2	23	61.547	0	0		
3	23	62.795	0	0		
4	23	62.795	0	0		
5	23	0.084	0	0		
6	22	0.062	1	0.023	8.134	0.00927 **

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> summary(ICCCindicelinT)

Call:

lm(formula = YICC ~ T, data = ICC)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.121903	-0.035089	0.008575	0.037668	0.078039

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>|t|)
(Intercept)	1.554833	0.155344	10.009	1.19e-09 ***
T	0.018040	0.006325	2.852	0.00927 **

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Multiple R-Squared: 0.2699, Adjusted R-squared: 0.2367

F-statistic: 8.134 on 1 and 22 DF, p-value: 0.00927

Annexe 5 FOURCHETTES DE VALEURS DES TAUX DE PONTE CHEZ LE LOT TEMOIN ET CHEZ LES NOURRIES

AVEC DES ALIMENTS CONTENANT DE L'HERITIERA LITTORALIS :

Taux de ponte chez le témoin:

Min. :	1st Qu.:	Median :	Mean :	Ecart Type :	3rd Qu.:	Max. :
54.29	63.93	68.57	67.14	9.54759	71.79	77.14

Interval de confiance:

57,59 76,69

Taux de ponte chez les recevant de *Heritiera* (général) :

Min. :	1st Qu.:	Median :	Mean :	Ecart Type :	3rd Qu.:	Max. :
18.18	36.36	44.16	42.93	11.66548	50.65	61.04

Interval de confiance:

31,26 54,6

Taux de ponte chez les recevant de *Heritiera* (0.62%) :

Min. :	1st Qu.:	Median :	Mean :	Ecart Type :	3rd Qu.:	Max. :
40.26	42.86	48.05	47.27	5.778856	50.65	54.55

Interval de confiance:

41,49 53,049

Taux de ponte chez les recevant de *Heritiera* (0.124%) :

Min. :	1st Qu.:	Median :	Mean :	Ecart Type :	3rd Qu.:	Max. :
36.36	40.26	44.16	45.45	9.409985	45.45	61.04

Interval de confiance:

36,04 54,86

Taux de ponte chez les recevant de *Heritiera* (0.062%) :

Min. :	1st Qu.:	Median :	Mean :	Ecart Type :	3rd Qu.:	Max. :
18.18	31.17	50.65	42.08	16.64670	54.55	55.84

Interval de confiance:

25,43 58,727

Annexe 6 FOURCHETTES DE VALEURS DES TAUX DE PONTE CHEZ LE LOT TEMOIN ET CHEZ LES NOURRIES

AVEC DES ALIMENTS CONTENANT DE CEIBA PENTANDRA :

Taux de ponte chez le témoin:

Min. :	1st Qu.:	Median :	Mean :	Ecart Type :	3rd Qu.:	Max. :
54.29	63.93	68.57	67.14	9.54759	71.79	77.14

Interval de confiance:

57,59 76,69

Taux de ponte chez les recevant de Ceiba :

Min. :	1st Qu.:	Median :	Mean :	Ecart Type :	3rd Qu.:	Max. :
25.97	32.47	38.96	38.70	8.347557	46.10	50.65

Interval de confiance:

30,35 47,05

Taux de ponte chez les recevant de Ceiba (1%) :

Min. :	1st Qu.:	Median :	Mean :	Ecart Type :	3rd Qu.:	Max. :
25.97	32.47	36.36	36.62	8.634166	38.96	49.35

Interval de confiance:

27,99 45,25

Taux de ponte chez les recevant de Ceiba (0.2%) :

Min. :	1st Qu.:	Median :	Mean :	Ecart Type :	3rd Qu.:	Max. :
38.96	41.56	42.86	43.38	3.852571	44.16	49.35

Interval de confiance:

39,53 47,23

Taux de ponte chez les recevant de Ceiba (0.1%) :

Min. :	1st Qu.:	Median :	Mean :	Ecart Type :	3rd Qu.:	Max. :
27.27	29.22	32.47	35.71	10.47046	38.96	50.65

Interval de confiance:

25,24 46,18

Annexe 7 MATRICE DE CORRELATION DES VARIABLES ETUDIES SANS LES ALIMENTS PARTICULIERS

	SEM	IC	P	TP	DC	LC	IF	I	PJ	DJ	pHJ	PB	DB	pHB
SEM	1													
IC	+	1												
P			1											
TP	,	.		1										
DC			,		1									
LC			,		.	1								
IF						,	1							
I								1						
PJ	.		.		.	.			1					
DJ	.		.		.	.			.	1				
pHJ	.	.									1			
PB			,		,							1		
DB													1	
pHB											.			1

Légende :

0 ' ' 0.3 ' ' 0.6 ' ' 0.8 ' + ' 0.9 ' * ' 0.95 ' B ' 1

SEM	IC	P	TP	DC	LC	IF	I	PJ	DJ	pHJ	PB	DB	pHB
Semaine	Indice de conversion	Poids de l'oeuf	Taux de ponte	Diamètre de la coquille	Longueur de la coquille	Indice de forme	Index de coquille	Poids du jaune	Diamètre du jaune	pH du jaune	Poids du blanc	Diamètre du blanc	pH du blanc

Annexe 8 MATRICE DE CORRELATION DES VARIABLES ETUDIES POUR LE LOT INGERANT DE L'HERITIERA

	SEM	IC	P	TP	DC	LC	IF	I	PJ	DJ	pHJ	PB	DB	pHB
SEM	1													
IC		1												
P			1											
TP				1										
DC					1									
LC						1								
IF							1							
I								1						
PJ									1					
DJ										1				
pHJ											1			
PB												1		
DB													1	
pHB														1

Légende :

0 ' ' 0.3 ' ' 0.6 ' ' 0.8 ' + ' 0.9 ' * ' 0.95 ' B ' 1

SEM	IC	P	TP	DC	LC	IF	I	PJ	DJ	pHJ	PB	DB	pHB
Semaine	Indice de conversion	Poids de l'oeuf	Taux de ponte	Diamètre de la coquille	Longueur de la coquille	Indice de forme	Index de coquille	Poids du jaune	Diamètre du jaune	pH du jaune	Poids du blanc	Diamètre du blanc	pH du blanc

Annexe 9 MATRICE DE CORRELATION DES VARIABLES ETUDIES POUR LE LOT INGERANT DU CEIBA :

	SEM	IC	P	TP	DC	LC	IF	I	PJ	DJ	pHJ	PB	DB	pHB
SEM	1													
IC	0.6	1												
P	0.8	0.9	1											
TP	0.8	0.8	0.9	1										
DC	0.8	0.8	0.9	0.9	1									
LC	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1								
IF	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1							
I	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1						
PJ	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1					
DJ	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1				
pHJ	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1			
PB	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1		
DB	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1	
pHB	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1

Légende :

0 ' ' 0.3 ' ' 0.6 ' ' 0.8 ' ' 0.9 ' ' 0.95 'B' 1

SEM	IC	P	TP	DC	LC	IF	I	PJ	DJ	pHJ	PB	DB	pHB
Semaine	Indice de conversion	Poids de l'oeuf	Taux de ponte	Diamètre de la coquille	Longueur de la coquille	Indice de forme	Index de coquille	Poids du jaune	Diamètre du jaune	pH du jaune	Poids du blanc	Diamètre du blanc	pH du blanc

Annexe 10 MODELISATION LINEAIRE MULTIVARIEE DU POIDS DE L'ŒUF EN FONCTION DU DIAMETRE DE LA COQUILLE, LA LONGUEUR DE LA COQUILLE, L'INDICE DE FORME ET LE POIDS DU BLANC. AFFICHEE PAR « R » :

Call:
lm(formula = P ~ DC + LC + IF + PB, data = Bruteko)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-18.3257	-1.2299	-0.2031	1.0994	12.7757

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>|t|)	
(Intercept)	50.17440	38.93359	1.289	0.197713	
DC	4.90374	0.90508	5.418	7.10e-08	***
LC	-1.42673	0.67998	-2.098	0.036068	*
IF	-169.61573	51.24452	-3.310	0.000957	***
PB	0.19328	0.03257	5.934	3.73e-09	***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 3.247 on 1378 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.6455, Adjusted R-squared: 0.6445
F-statistic: 627.4 on 4 and 1378 DF, p-value: < 2.2e-16

