

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE**

**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE EL-HADJ LAKHDAR BATNA
INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES
ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES**



MEMOIRE
pour l'obtention du diplôme de

MAGISTER

Filière
SCIENCES AGRONOMIQUES

Option
GESTION DES RESSOURCES NATURELLES ET DE L'ENVIRONNEMENT

Présenté par :
Lirya Bouzeriba

THEME

**Contribution à la caractérisation de la pollution atmosphérique
émise par les élevages avicoles en bâtiment dans la willaya de
Batna.
(Cas des poussières et de l'ammoniac)**

JURY

Président : Mr Alloui Nadir

Examineur : Mr Belloum Mohamed

Examineur : Mr Bouzebda Zoubir

Rapporteur : Mr Adjroudi Rachid

Grade et Université

Professeur Université de Batna.

Professeur Université de Batna.

Maitre de conférences Université d'EL-Taref

Maitre de conférences Université de Batna

Année universitaire : 2010 / 2011.

Remerciement

Je remercie toutes les personnes qui ont accepté de juger ce travail, en faisant partie du jury, Monsieur Nadir ALLOUI pour avoir accepté de présider ce jury, Je remercie de même Monsieur Zoubir BOUZEBDA et Monsieur Mohamed BELLOUM pour avoir accepté de juger ce travail.

J'adresse des remerciements particuliers à mon encadreur Monsieur Rachid ADJROUDI qui ma dirigé au cour de cet ambitieux projet. Son esprit critique et ces judicieux conseils ont grandement facilité la réalisation de cette étude. Je tiens également à le remercier pour m'avoir fait bénéficier de sa rigueur sans laquelle ce travail n'aurait pu être accompli.

Mes remerciement vont également à toute personne ayant aidées à la réalisation de cette étude, mes pensée vont notamment, à monsieur Rékik, à Madame Kafia, à Monsieur Boukaaboub, à Monsieur Mesmoudi, à Monsieur Abd daeim et à Monsieur Djebaili. Je les remercie pour leurs aide au laboratoire et pour leurs avis éclairé en terme d'analyse des résultats et méthodes de calcule.

Cette étude à été rendue possible grâce aux propriétaires du bâtiment d'élevage, la famille HARKAT, Je tiens à leurs exprimer toute ma reconnaissance pour avoir accepté de m'accueillir. Je les remercie pour les facilités mises à ma disposition afin que je puisse mener à bien ce projet.

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DES PHOTOS

INTRODUCTION

PARTIE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

INTRODUCTION.....1

CHAPITRE 1 : LA POLLUTION DE L'AIR

1.1 La politique algérienne concernant la pollution atmosphérique.....2

1.2 Définition2

1.3 Les principaux polluants atmosphériques.....2

1.4 Les sources de pollution atmosphérique4

1.4.1 Les sources fixes5

1.4.2 Les sources mobiles5

1.4.3 Les sources biogènes5

1.5 Les effets sur l'environnement5

1.5.1 Les effets globaux des différents polluants sur l' environnement6

1.5.1.1 Les effets de serre6

1.5.1.2 L'amenuisement de la couche d'ozone stratosphérique7

1.5.1.3 Les pluies acides.....8

1.5.2 Les effets sur les milieux naturels.....8

1.5.2.1 Les effets sur les milieux aquatiques8

1.5.2.2 Les effets sur les sols8

1.5.2.3 Les effets sur la végétation9

1.5.2.4 Les effets sur la faune.....9

1.6 CONCLUSION10

CHAPITRE 2 : LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE LIEE A LA PRODUCTION AGRICOLE

INTRODUCTION11

2.1 Activités agricoles générant la pollution atmosphérique	11
2.1.1 La fermentation entérique	12
2.1.2 La gestion du fumier	13
2.1.3 Les sols agricoles	13
2.2 Les élevages sources d'émissions	13
2.2.1 Métabolisme des animaux.....	15
2.2.1.1 Le processus de respiration.....	15
2.2.1.2 La digestion chez les ruminants	15
2.2.2 Les déjections d'animaux	15
2.3 Les émissions générées par le secteur agricole	16
2.3.1 L'émission de gaz à effet de serre.....	16
2.3.1.1 Le dioxyde de carbone CO ₂	17
2.3.1.2 Le méthane CH ₄	17
2.3.1.3 L'oxyde nitreux N ₂ O	18
2.3.2 Émission d'éléments acidifiants.....	19
2.3.2.1 L'ammoniac	20
2.3.2.2 Les émissions de SO ₂ et NO _x	20
2.3.3 Les émissions d'odeurs.....	20
2.3.4 Les émissions de poussière.....	21
2.4 CONCLUSION	21

CHAPITRE 3 : L'ELEVAGE AVICOLE

3.1 L'élevage avicole	22
3.1.1 Les déjections avicoles.....	22
3.2 Les principaux polluants liés à l'élevage avicole	23
3.2.1 Les poussières	23
3.2.1.1 Sources.....	23
3.2.1.2 Caractérisation des poussières dans le secteur avicole....	23
3.2.1.3 Les poussières dans les bâtiments d'élevage.....	23

3.2.1.4 La Composition chimique des particules	24
3.2.1.5 Impacts des poussières.....	24
3.2.2 L'ammoniac.....	25
3.2.2.1 Principe d'émission de l'ammoniac.....	25
3.2.2.2 L'émission de NH ₃ à partir des déjections de volaille	27
3.2.2.3 Impacts	29
3.3 CONCLUSION	29

CHAPITRE 4 : TYPOLOGIE DE L'ELEVAGE AVICOLE DANS LA WILAYA DE BATNA

INTRODUCTION	30
4.1 L'Évolution de la production avicole dans la wilaya	30
4.2 Les différents types d'élevage avicole produit dans la wilaya.....	31
4.3 Evolution de la production de chaque type d'élevage	34
4.3.1 Elevage de poule pondeuse	34
4.3.2 Elevage de poulet de chair	34
4.3.3 Elevage de dinde.....	34
4.3.4 Elevage de Repro- chair	34
4.3.5 Elevage de repro-ponte-couvoir	35
4.3.6 Elevage de poussin ponte	35
4.4 Les communes à élevage avicole.....	37
4.5 La répartition des différents types d'élevage sur les communes les plus représentatives.....	39
4.6 CONCLUSION.....	41

CHAPITRE 5 : MOYENS D'ESTIMATION DES EMISSIONS EN AGRICULTURE.

INTRODUCTION	42
5.1 Les facteurs influençant les émissions.....	42
5.1.1 Le climat et la localisation géographique.....	42
5.1.2 La saison.....	42
5.1.3 L'aménagement du lieu d'élevage	43

5.1.4 L'âge de l'animal.....	43
5.1.5 La nature des déjections.....	43
5.2 Les méthodes de mesures	43
5.2.1 Méthode de mesure des gaz	44
5.2.1.1 Les méthodes de mesure de l'ammoniac	45
5.2.2 Les méthodes de mesure des poussières.....	47
5. 2.2.1 La méthode gravimétrique	47
5. 2.2.2 La méthode non gravimétrique	48
5. 2.2.3 La mesure du nombre de particules et répartition par taille	49
CONCLUSION DE LA PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE.....	52

PARTIE 2 : ETUDE EXPERIMENTALE

INTRODUCTION.....	54
--------------------------	-----------

CHAPITRE 1 : MATERIELS ET METHODES

1.1 MATERIELS	55
INTRODUCTION	55
1.1.1 Délimitation du champ de l'étude.....	55
1.1.1.1 Limites géographiques	55
1.1.1.2 Les données climatiques.....	55
1.1.1.3 La description du bâtiment d'élevage.....	63
1.1.1.4 Les différentes périodes de l'expérimentation.....	65
1.1.1.5 La délimitation de la population étudiée.....	66
1.1.2 La construction des pilotes utilisés	66
1.1.2.1 La description des pilotes de captage des poussières.....	67
1.1.2.2 La description des pilotes de mesure de l'ammoniac	71
1.2 METHODES	74
1.2.1 Le captage des poussières.....	74
1.2.1.1 Le captage passif des poussières	75
1.2.1.2 Le captage actif des poussières	78
1.2.2 La mesure de l'ammoniac	86

1.2.2.1 Le piégeage de l'ammoniac à distance	88
1.2.2.2 Le piégeage de l'ammoniac au contact des fientes.....	89

CHAPITRE 2 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

2.1 RESULTATS.....	92
2.2.1 Résultat du captage passif des poussières.....	92
2.1.1.1 Etude descriptive.....	94
2.1.1.2 Etude statistique.....	101
2.1.2 Résultat du captage actif des poussières	108
2.1.2.1 Etude des poids de poussière.....	111
2.1.2.2 Etude de la caractérisation des poussière.....	116
2.1.3 Résultat du piégeage de l'ammoniac à distance.....	123
2.1.3.1 Etude descriptive.....	124
2.1.3.2 Etude statistique.....	128
2.1.4 Résultat du piégeage d'ammoniac au contact direct des fientes.....	133
2.1.4.1 Etude descriptive.....	133
2.1.4.2 Étude statistique.....	136
2.2 DISCUSSION.....	141
2.2.1 Le captage passif des poussières	141
2.2.2 Résultats captage actif des poussières.....	154
A- Etude des poids de poussière	154
B- Etude des caractéristique des poussières	146
2.2.3 Résultats piégeage d'ammoniac à distance	150
2.2.4 Le piégeage de l'ammoniac au contact direct des fientes.....	153
2.2.5 Pilotes de captage des poussières.....	155
2.2.6 Pilotes de piégeage de l'ammoniac.....	157
CONCLUSION	159
BIBLIOGRAPHIE	
RESUMES	
ANNEXES	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°1 : Nature et origine des principaux groupes de substances polluantes l'atmosphère.....	3
Tableau N°2 : Perte d'azote par volatilisation à l'intérieur des bâtiments par rapport à l'azote excrété.....	28
Tableau N° 3 : Les hauteurs des différents niveaux des éléments capteurs pour chaque pilote et les hauteurs moyennes.....	74
Tableau N°4: Les positions des capteurs selon les fosses et les essais.....	96
Tableau N° 5: Poids (en g) des poussières obtenus lors du captage passif.....	99
Tableau N°6 à N°16 : Tableaux de l'analyse de la variance et de la comparaison des moyennes de l'étude statistique du captage passif des poussières.....	107 à 113
Tableau N°17: Poids de poussière en mg/ m ³ , captage actif.....	115
Tableaux N° 18 à N°22 : Tableaux de l'analyse de la variance et de la comparaison des moyennes de l'étude statistique du captage actif des poussières.....	120 à 128
Tableau N°23: Concentrations de l'ammoniac en ppm.....	129
Tableau N° 24 à N° 30 : Tableaux de l'analyse de la variance et de la comparaison des moyennes de l'étude statistique du piégeage de l'ammoniac à distance.....	134 à 138
Tableau N°31: Concentrations de l'ammoniac en ppm.....	139
Tableaux N° 32 à N°38 : Tableaux de l'analyse de la variance et de la comparaison des moyennes de l'étude statistique du piégeage de l'ammoniac au contact direct des fientes.....	142 à 146

LISTE DES FIGURES

Figure N°1 : Les facteurs qui déterminent la quantité d'ammoniac perdus à partir des déjections animales.....	26
Figure N° 2 : Evolution des effectifs des individus de la production avicole dans la wilaya de Batna.....	31
Figure N°3 : Evolution de la production avicole dans la wilaya de Batna durant la période allant de 1989 à 2009.....	33
Figure N°4 : Evolution des effectifs de chaque type d'élevage durant 20 ans (de 1989 à 2009).....	36
Figure N°5 (A et B) : Evolution de la production avicole dans les 13 communes les plus représentatives de la wilaya, durant la période allant de 1989 à 2009.....	38
Figure N°6 : Répartition des différents types d'élevages sur les communes les plus représentatives de la wilaya.	40
Figure N°7 : Représentation schématique de l'installation.....	44
Figure N°8 : Représentation schématique du laboratoire mobil.....	45
Figure N°9 : Représentation schématique de l'Ogawa passive samplers.....	56
Figure N°10 : Dispositif de piégeage des composés odorant par familles chimiques.....	47
Figure N° 11 : Illustration des trois dispositifs.....	50
Figure N°12 : Moyennes mensuelles de quelques données climatiques ; période : 1995 – 2004..	56
Figure N°13 : Mur latéral, gauche ou droit, du bâtiment.....	59
Figure N°14 : Fond du bâtiment, ouvertures abritant les extracteurs.....	59
Figure N° 15 : Batterie, vue de profil.....	61
Figure N°16 : Configuration du bâtiment.....	61
Figure N°17 : Coupe arrière du bâtiment, coté extracteur/fosse collectrice.....	61
Figure N°18 : Disposition des fosses et direction de l'évacuation des fientes.....	71
Figure N°19 : Dimensions de la boites utilisée dans le captage passif des poussières.....	73
Figure N°20(a,b,c) : Pilote captage actif des poussières.....	76
Figure N°21 : Capteur du bord de la fosse.....	78
Figure N°22 : Capteur au contacte directe des fientes.....	78
Figure N°23 (a,b) : Emplacement des boites (vue d'eu dessus et vue transversale).....	82
Figure N°24 : Position des pilotes captage actif.....	86
Figure N°25 : Gabarit du couvercle de la boite de pétris utilisée pour la caractérisation.....	91
Figure N° 26 : Position des capteurs à 50 cm des fientes.....	94
Figure N°27 : Les différentes positions possibles des pilotes lors d'un piégeage en contacte directe des fientes.....	95
Figure N°28 : Evolution des quantités de poussières dans chaque allée pour les 5 essais.....	102

Figure N° 29 : Les courbes de tendances de l'évolution des quantités de poussières captées dans les quatre allées et pour les 5 essais au premier niveau.	104
Figure N° 30 : Les courbes de tendances de l'évolution des quantités de poussières captées dans les quatre allées pour les 5 essais au deuxième niveau.	105
Figure N°31 : Courbes de tendances représentant les valeurs moyennes des quantités de poussières dans les 4 allées et durant les 5 essais (niveau 1 à gauche et niveau 2 à droite).....	106
Figure N°32 : Les quantités de poussière captées en mg/m ³ en fonction des niveaux de chaque pilote à chaque essai.....	118
Figure N°33 : Courbes de tendances représentant les valeurs moyennes des quantités de poussière récoltées lors des 8 essais, en fonction des niveaux pour chaque pilote.....	119
Figure N°34 : Quantités d'ammoniac en fonction des pilotes (distances) durant les 9 essais.....	131
Figure N° 35 : Les courbes de tendances de la variation des concentrations volumique d'ammoniac NH ₃ (ppm) en fonction des pilotes (distances).....	133
Figure N° 36 : Les courbes de la variation des quantités d'ammoniac NH ₃ (ppm) en fonction des essais (températures croissantes).	133
Figure N°37 : La variation moyenne des quantités d'ammoniac NH ₃ en (ppm) à l'intérieur du bâtiment selon les allées et les extrémité des bâtiment.....	141
Figure N°38 : La variation moyenne des quantités d'ammoniac NH ₃ en (ppm) lors des 4 essais.....	141

LISTE DES PHOTOS

Photo N°1 : Coté gauche arrière du bâtiment	57
Photo N°2 : Coté droit avant du bâtiment	58
Photo N°3 : Vue intérieur des extracteurs.....	58
Photo N°4 : Extracteurs à l'arrière du bâtiment.	58
Photo N°5 : Vue intérieur de l'ouverture de la fosse à fiente	58
Photo N°6 : Aperçu des trois batteries.....	60
Photo N°7 : Batterie, vue de profile.....	60
Photo N°8 : Vue de l'arrière interne du bâtiment.....	63
Photo N°9 : Fosse à fientes, en dessous de la batterie.....	63
Photo N°10 : Fosse collectrice. (Les flèches indiquent l'évacuation des fientes).....	63
Photo N°11 : Sortie des fientes à l'extérieur du bâtiment.....	64
Photo N°12 : Extracteur faisant fasse à l'allée.	64
Photo N° 13 : Boite utilisée dans le captage passif des poussières.	73
Photo N °14 : Pilote captage actif des poussières (partie se trouvant à l'intérieur du bâtiment).	75
Photo N °15 : Pilote captage actif des poussières (partie se trouvant à l'extérieur du bâtiment).	75
Photo N°16 : Pilote du piégeage d'ammoniac à distance (vue intérieure).....	74
Photo N°17 : Pilote du piégeage d'ammoniac à distance (vue extérieure)	74
Photo N°18 : pompe logée au milieu du bac.	74
Photo N°19 : Emplacement d'une boite du deuxième niveau.....	83
Photo N°20: Emplacement d'une boite du premier niveau.....	83
Photo N°21: Pilote à l'avant du bâtiment.	87
Photo N°22 :Pilote à l'arrière du bâtiment.....	87
Photo N°23 : Extérieur avant du bâtiment	87
Photo N°24 : Extérieur arrière du bâtiment	87
Photo N°25 : Couleur de la solution au départ.....	93
Photo N°26 : Couleur de la solution au finale.....	93
Photo N° 27 : Virage progressif de la couleur de solution.....	93
Photo N° 28 : Pilote du Piégeage de l'ammoniac à distance.....	95
Photo N° 29, N° 30 : Pilote du piégeage de l'ammoniac au contact direct des fientes	96
Photo N°31 et N° 32 :Aprçu sur le contenu des boites après une semaine de récolte des poussières.....	98
Photo N°33 : Filtres noir après utilisation lors d'un essai (les 16 filtres représentant les 4 niveaux de chacun des 4 pilotes).....	114
Photo N°34 : Dépôt des poussières sur le filtre noir.....	114
Photos N°35 et 36 : Images des poussières observées sous microscope.....	116

INTRODUCTION

Depuis un demi-siècle, l'humanité est en train de modifier à grande échelle son espace de vie, de manière inconsidérée et sans doute dangereuse. La vitesse insensée, la taille et la complexité des interventions humaines n'avaient jamais atteint de telles proportions démesurées dans la destruction de l'environnement ; il en va ainsi de l'urbanisation, de l'industrialisation, de la production d'énergie et de l'agriculture intensives. Les produits issus de ces activités polluent sols, eaux et air, causant ainsi une dégradation incompatible avec la mise en place d'un développement durable, auquel l'humanité toute entière a fondamentalement droit.

La pollution des sols, des eaux et notamment celle de l'air, est un réel problème qui ne cesse de s'amplifier avec l'augmentation continue des populations dans le monde. Car la croissance démographique demande un gain en productivité dans tout les domaines, qui n'est pas sans conséquences sur l'environnement. C'est pourquoi beaucoup de travaux de recherche à l'échelle mondiale, sont menés pour identifier et quantifier les pollutions produites par les activités économiques et notamment celles liées au secteur agricole.

Ces activités agricoles sont intimement liées à l'environnement, en effet elles dépendent du maintien de la qualité du sol, de l'eau et de l'air. Sachant que les méthodes de production ont des répercussions sur ces mêmes ressources ; Par conséquent nous devant évaluer régulièrement les modifications qui se produisent dans l'environnement.

Notre pays signataire de plusieurs conventions de protection de l'environnement est astreint à diminuer les pollutions émises par ces activités économiques et particulièrement agricoles compte tenu de l'importance du secteur dans notre pays. Pour ce faire nous devons situer les sources de pollutions, identifier les polluants et les quantifier, pour essayer ensuite, de mieux les contrôler.

Notre travail s'inscrit dans ce contexte, il porte sur les unités d'élevage avicole et la caractérisation de la pollution atmosphérique produite à l'intérieur de ces unités.

Sachant que, la production avicole en Algérie a connu un développement régulier au cours de ces dernières années, compte tenu de la rentabilité de la filière suite à la demande croissante en produit avicole.

Notant que l'impact de l'aviculture sur le compartiment air de notre environnement est réel ; car outre les nuisances olfactives, et les problèmes causés par les poussières, le véritable souci, réside dans la gestion des déjections produites en grandes quantités, à partir des quelles se dégagent de nombreux polluants vers l'atmosphère. Les conduites d'élevage et les aménagements des bâtiments, ont la possibilité d'amplifier ou d'amoindrir le phénomène, d'où l'importance de la compréhension de l'organisation des procédés d'élevage, dans le but d'identifier et éventuellement de quantifier les émissions produites lors des productions avicoles.

Notre champs d'investigation porte donc, sur la caractérisation de la pollution atmosphérique générée par les unités d'élevage avicole dans la wilaya de Batna (Nord Est Algérien) région d'une grande importance à l'échelle nationale en terme de production avicole.

Dans ce travail nous nous intéresserons, à la quantification des émissions atmosphériques, précisément celle de l'ammoniac et de la poussière émise dans un bâtiment d'élevage de poules pondeuses. Le bâtiment est situé dans la région de Draa-Boultif, commune de Ain-yagout, wilaya de Batna.

Notre étude est divisée en deux parties ;

- la première partie, analyse bibliographique, s'articule suivant cinq chapitres, dans le premier on parlera de la pollution de l'air d'une manière générale, le deuxième donne des notions sur la pollution atmosphérique liées à la production agricole, le troisième concerne l'élevage avicole, le quatrième chapitre, dresse l'état de l'élevage avicole dans la wilaya de Batna. Le dernier expose les moyens et les méthodes utilisés dans l'estimation des émissions atmosphériques.
- La deuxième partie de ce mémoire est l'étude expérimentale, elle comporte deux chapitres : le premier concerne les matériels et les méthodes, dans le quel nous décrirons notre lieu d'investigation, nous développerons avec détail les matériels utilisés et les méthodes que nous avons suivies. Ce chapitre fait notamment état de la réalisation des pilotes utilisés, de notre intervention sur terrain mais aussi des travaux réalisés au laboratoire. Le dernier chapitre dressera les résultats obtenus, la discussion et la conclusion générale.

PARTIE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

INTRODUCTION

Depuis la révolution industrielle la biosphère connaît une dégradation qui ne cesse de s'amplifier, touchant aux différents compartiments ; sol, eau et air.

Mais la pollution qui touche le compartiment air est sans doute la plus diffuse car elle parcourt les plus grandes distances, et dépasse ainsi les frontières et peut provoquer des effets nocifs dans des régions très éloignées de son lieu d'émission. La pollution atmosphérique tend également à accentuer certains processus naturels qui s'établissent à l'échelle de la planète; tel que l'augmentation des émissions des gaz à effet de serre et la réduction de manière significative de la couche d'ozone.

La première partie de ce travail donne des notions sur la pollution atmosphérique et la prise de conscience qui entoure ce sujet en Algérie. Ensuite, nous parlerons de la pollution de l'air en agriculture et notamment en aviculture, puis, de l'état des lieux, où nous détaillerons les statistiques de l'élevage avicole dans la willaya de Batna. Nous clôturons cette étude bibliographique par les méthodes utilisées dans l'estimation des émissions de polluants atmosphériques liées à l'agriculture.

CHAPITRE 1: LA POLLUTION DE L'AIR.

INTRODUCTION :

« La structure et les propriétés physico-chimiques de l'atmosphère conditionnent l'intensité et les caractéristiques spectrales du flux solaire accédant à la surface des écosystèmes, et par conséquent elles sont à l'origine des mouvements des grandes masses d'aires et donc des climats. »(82). Changer la composante atmosphérique serait donc, synonyme de changement climatique global avec ce qui peut en découler comme bouleversement à l'échelle mondiale.

En effets, au cours des années soixante-dix et quatre-vingt, la pollution atmosphérique devient une préoccupation à dimension planétaire ; avec la reconnaissance de son impact sur les systèmes lacustres et forestiers, les « pluies acides » et les enjeux énergétiques, ainsi que la mise en évidence du « trou dans la couche d'ozone » stratosphérique. Cette période a été également marquée par le réveil de l'épidémiologie du risque atmosphérique (90).

1.1 LA POLITIQUE ALGERIENNE CONCERNANT LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE :

L'Algérie qui se penche depuis des années sur les problèmes environnementaux, est signataire de nombreuses conventions, tel que le protocole de Kyoto.

À l'instar de ce protocole, un décret a été récemment publié, réglementant l'émission dans l'atmosphère de gaz, de fumées, de vapeurs, de particules liquides ou solides, ainsi que les conditions dans lesquels s'exercent leur contrôle.

Ce décret exhaustif N° 06-138 di 16 Rabie el-Aouel 1427 correspondant au 15 avril 2006 décrète 19 articles, dans les quels il régleme les rejets atmosphériques en décrivant des prescriptions techniques relatives aux émissions.

Des valeurs limites ainsi que des tolérances des valeurs anciennes ont été établies pour des installations telle que : le raffinage et la transformation des produits dérivés du pétrole, les cimenteries, la fabrication d'engrais azotés ou la sidérurgie.

1.2 DEFINITION:

On parle de pollution atmosphérique lorsque « *une ou plusieurs substances ou des mélanges de substances polluantes sont présents dans l'atmosphère dans des quantités ou sur une période telle qu'ils sont dangereux pour les hommes, les animaux, les plantes ou bien, qu'ils contribuent à leurs mise en péril ou nuisent à l'activité et au bien être des personnes* » organisation mondiale de la santé (OMS).

La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (LAURE), du 30 décembre 1996 en France, définit la pollution atmosphérique comme :

« *l'introduction par l'homme, directement ou indirectement dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives* ». (90)

1.3 LES PRINCIPAUX POLLUANTS ATMOSPHERIQUES :

L'atmosphère, étant un système dynamique, en perpétuelle interaction avec la biosphère, sa composition naturelle peut fortement varier (35). Cette variation est due à des substances polluantes. Ces dernières peuvent être gazeuses, liquides ou solides, et modifient la composition même de l'atmosphère (43).

Elles apparaissent essentiellement sous deux formes: selon (7) une forme :

- Gazeuse : présence de gaz nouveaux ou augmentation de la proportion d'un gaz existant naturellement, et une forme ;

- Solide : mise en suspension de poussières dans l'air.

La pollution de l'air est principalement attribuable, à des rejets de gaz et de poussières (69), le même auteur les résumes dans le tableau N° :1

POLLUANTS	Nature du polluant	Source d'émission
Gaz	Anhydride carbonique	Volcanisme
		Respiration des êtres vivants
		Combustions fossiles
	Oxyde de carbone	Volcanisme
		Moteurs à explosion
	hydrocarbures	Plantes – Bactéries
		Moteurs à explosion
	Composés organiques	Industries chimiques
		Incinération d'ordures
		Combustions diverses
	Anhydride sulfureux et autres dérivée soufrés	Volcanisme
		Embruns marins
		Bactéries
		Combustions fossiles
Dérivés nitrés	Bactéries	
	Combustions	
Radionucléides	Centrales atomiques	
	Explosions nucléaires	
Particules	Métaux lourds composés minéraux	Volcanisme - Météorites
		Erosion éolienne - Embruns
		Industries diverses
		Moteurs à explosion
	Composés organiques naturels ou de synthèse	Incendies de forêts
		Industries chimiques
		Combustions diverses
		Incinération d'ordures
	radionucléides	Agriculture (pesticides)
		Explosions nucléaires

Tableau N° 1 : Nature et origine des principaux groupes de substances pollutant l'atmosphère(69).

Les gaz les plus polluants sont : l'ammoniac (NH_3), le protoxyde d'azote (N_2O), le méthane (CH_4) et le gaz carbonique (CO_2) (27).

Selon (30) les poussières sont essentiellement :

- Les particules primaires qui proviennent directement des processus de combustion et de l'usure des pneus et des revêtements routiers; les effluents gazeux industriels, l'érosion éolienne naturelle et les activités agricoles.
- Les particules secondaires proviennent elles de la transformation de polluants gazeux tels que l'ammoniac, les oxydes d'azote, le dioxyde de soufre ou des composés organiques.

Les poussières fines sont formées d'un mélange complexe de particules primaires et de particules secondaires dont le diamètre ne dépasse pas 10 micromètres (30); se sont essentiellement, des cendres, des stériles et des imbrûlés(7)

Selon (89), d'autres formes de particules aériennes aussi appelés bioaérosols incluent des bactéries, des endotoxines et des moisissures.

Plusieurs travaux cités par (89) démontrent que la poussière peut être composée de plusieurs éléments ; En effet, Butera et al. (1991) dans (89), ont trouvé que les moisissures représentaient moins de 1% du total des microorganismes dans la poussière des porcherie de croissance finition. Les bactéries gramme positif représentent jusqu'à 72% de toutes les bactéries isolées. Martin et al. (1996) dans (89) ont trouvé six (06) espèces différentes de bactéries ou fungus dans la poussière provenant d'une pièce où il n'y avait pas de porc et vingt deux (22) différents microorganismes ont été détectés dans la poussière provenant d'une pièce où des porcs étaient gardés.

1.4 LES SOURCES DE POLLUTION ATMOSPHERIQUE :

L'émission dans l'atmosphère de polluants gazeux ou particulaires peut être d'origine naturelle (volcans, érosion des roches, remise en suspension de poussières du sol, embruns marins, feux de brousse) (7), ou d'origine anthropique. La pollution liée aux activités de l'homme est principalement concentrée dans des zones urbanisées ou périurbaines, ainsi d'importantes populations sont exposées à cette pollution.

Les sources de polluants peuvent être classées selon plusieurs critères. Selon qu'elles soient fixes ou mobiles, ponctuelles ou diffuses, ou qu'elles résultent de phénomènes de combustion ou de mécanismes plus spécifiques.

Les activités humaines les plus significatives, dans la contribution à la pollution de l'air, sont les suivantes :

1.4.1 Les sources fixes :

Sont concernées par cette catégorie, toutes les sources ponctuelles telles que les sites industriels, les concentrations urbaines et les déchetteries. Les concentrations urbaines regroupent selon (46) le secteur résidentiel et le secteur tertiaire (institutions commerciales, institutionnelles et administrations publiques).

Sont concernés également par cette catégorie, toutes les sources diffuses telles que la production et la distribution d'énergie (production d'électricité, raffinage du pétrole et émissions fugitives (46)).

1.4.2 Les sources mobiles:

Les sources concernées dans cette catégorie sont tous les modes de transport possible ; transports routiers, ferroviaires, maritimes, fluviaux, aériens, ainsi que les engins agricoles ou engins de loisir et de jardinage.

Les émissions reliées à cette catégorie sont dues à la combustion des divers carburants utilisés dans l'ensemble des moyens de transport.

1.4.3 Les sources biogènes :

Cette catégorie regroupe les émissions issues:

- Des forêts (Déboisement à des fins agricoles et urbaines (19), des végétations basses et des cultures;
- Des sols, des zones humides et des eaux marines ;
- Des animaux (issus de leurs métabolismes).

L'estimation des sources d'émissions biogènes repose en grande partie sur l'occupation du sol, croisée notamment avec les données du Recensement Général Agricole, et de l'inventaire Forestier (32).

1.5 LES EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT :

La pollution atmosphérique, génératrice de problèmes pour la santé de l'homme, son milieu de vie et la nature, est également génératrice de problèmes plus globaux au niveau planétaire. Elle peut en effet, être à l'origine de dérèglements naturels, sociologiques, voire politiques (déplacements de population, par exemple).

D'une manière générale (87) regroupe ces problèmes dans les points suivants:

- L'acidification.
- La dégradation de la qualité de l'air.

- Le Changement du climat global.
- La dégradation de la couche d'ozone.
- Le dépérissement des écosystèmes.
- L'altération des bâtiments et des monuments.

1.5.1 Les effets globaux des différents polluants sur l'environnement :

On ne peut parler de pollution de l'air sans évoquer les trois principaux phénomènes qui caractérisent le changement global. « *L'augmentation croissante dans l'atmosphère en gaz carbonique et autre gaz à effets de serre qui modifient le bilan radiatif de la terre ; la décroissance de la teneur en ozone dans la stratosphère surtout au dessous de l'Antarctique ; l'acidification de l'atmosphère et des précipitations, phénomène connu sous le nom des pluies acides.* » (23)

Ces problèmes étudiés à l'échelle internationale trouvent leur origine à l'échelon local.

1.5.1.1 L'effet de serre :

Les gaz à effet de serre absorbent les radiations infrarouges émises par la surface de la terre dans la fenêtre atmosphérique, qui normalement devrait s'échapper dans l'espace. La capture de ces radiations réchauffe l'atmosphère, provoquant une force radiative positive, qui à son tour réchauffe la surface de la terre (85). C'est l'effet de serre, un phénomène naturel indispensable à la vie sur terre.

La vapeur d'eau, l'ozone, le carbone, le méthane, l'oxyde nitreux et des composés à l'état de traces comptent parmi les gaz à effet de serre d'origine naturelle. Sans ces gaz, la température terrestre moyenne serait inférieure à 33 degrés Celsius à ce qu'elle est aujourd'hui, le froid rendrait la vie impossible (77).

Cependant, depuis le début de l'ère industrielle, Les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère ont augmentées considérablement. « *On peut attribuer en grande partie ces tendances à l'activité humaine, principalement à l'utilisation des combustibles fossiles, au changement d'affectation des terres et à l'agriculture.* »(19)

Parmi ces gaz on trouve :

- Le gaz carbonique (CO₂), comptant pour environ 70 % des émissions de gaz à effet de serre et dont les transports sont les premiers responsables (35 %) environ.
- Le méthane (CH₄), principalement émis par les déjections animales, la fermentation des déchets et la digestion des ruminants.
- Le protoxyde d'azote (N₂O), dont la principale source est l'agriculture,

La concentration de CO₂, est passée d'environ 280 à près de 360 ppb en volume, celle de CH₄ de 700 à 1 720 parties par 10⁻⁹ en volume et celle de N₂O, d'environ 275 à quelque 310 ppb en volume (GIEC, 1996) dans (19).

On retrouve aussi d'autres gaz tel que :

- Les hydrofluorocarbures (HFC) et les chlorofluorocarbones (CFC) produits par l'industrie,
- L'ozone troposphérique.

Ainsi que d'autres encore, qui viennent s'ajouter indirectement en tant que précurseurs de gaz à effet de serre :

- Les composés organiques volatils (COV), les pesticides ou l'atrazine.
- monoxyde de carbone (CO),
- Les oxydes d'azote (NO_x).

Ces gaz n'ont pas toujours le même pouvoir, ainsi, « *sur une période de 100 ans, une tonne de CH₄ aura le même potentiel de réchauffement que 23 tonnes de CO₂ tandis que celui d'une tonne de HFC-23 sera équivalent à 12 000 tonnes de CO₂* » (IPCC, 2001) dans (4) .

En l'absence d'actions concrètes sur les émissions de gaz à effet de serre, une augmentation de la température moyenne du globe et des changements climatiques très graves, dont on ne mesure pas aujourd'hui toutes les conséquences, pourraient se produire (7) :

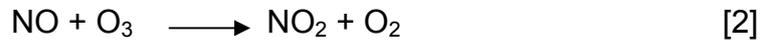
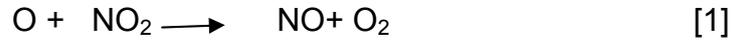
- Une redistribution des cartes dont celle de l'agriculture, due à l'écourtement du cycle des cultures.
- Une redistribution des pathologies entre hiver et été,
- Un risque accru de submersion des deltas, des lagunes et des marais maritimes du fait de l'élévation du niveau de la mer,
- Une redistribution de la flore,
- Une nette diminution de la durée d'enneigement à 1500 m d'altitude.

1.5.1.2 L'amenuisement de la couche d'ozone stratosphérique :

Faiblement présent dans l'atmosphère (environ une molécule pour deux millions de molécules d'oxygène), l'ozone se trouve dans un milieu chimiquement très sensible qui risque d'être bouleversé par les activités humaines. Parmi les polluants de la couche d'ozone stratosphérique, il y a les hydrocarbures halogènes dont les

chlorofluorocarbures (C.F.C.), le méthane (CH₄), l'oxyde de carbone (CO) et le gaz carbonique (CO₂).

Les principales réactions de destruction de l'ozone stratosphérique sont les suivantes : (22)



Le Fréons se dissocient par ailleurs dans la stratosphère sous l'effet des UV-B selon la réaction:



L'amenuisement de la couche d'ozone conduit à un affaiblissement de sa fonction de filtre vis à vis du passage des rayons ultraviolets β (UVB).

1.5.1.3 Les pluies acides :

Le phénomène des "pluies acides" est observé depuis le début des années 50 dans l'ensemble des régions industrialisées du monde. Il est dû à une transformation en polluant secondaire du dioxyde de soufre (SO₂), des oxydes d'azote (NO_x) et des hydrocarbures au cours de leur transport sur de longues distances dans l'atmosphère. Ces polluants secondaires sont des acides (sulfurique, nitrique), qui provoquent des dépôts secs ou des pluies acides néfastes. Elles intéressent particulièrement les eaux douces de surfaces, la végétation et le sol (23).

1.5.2 Les effets sur les milieux naturels :

1.5.2.1 Les effets sur les milieux aquatiques :

Concernant la pollution des milieux aquatiques, ce sont surtout les pluies acides, riches en SO₂ et en NO₂, qui entraînent une acidification de l'eau et une accumulation des métaux lourds. Ces derniers, sont susceptibles de provoquer de graves perturbations de la vie aquatique et de la chaîne alimentaire qui en découle(23). (exemples : sensibilité des mollusques au cadmium, celle des poissons et mouettes au mercure).

1.5.2.2 Les effets sur les sols

La pollution atmosphérique entraîne une pollution des sols principalement par les métaux lourds (23). Ces derniers, peu dégradables et sont accumulables, se trouvent à l'état de traces adsorbés par les poussières. Ils contaminent les sols et

sont transmissibles dans la chaîne alimentaire. L'ammoniac contribue quant à lui à l'acidification des sols sous l'action des bactéries nitrifiantes.

1.5.2.3 Les effets sur la végétation:

Les effets de la pollution atmosphérique sur la végétation sont multiples. Le degré de sensibilité est tel que dans certains groupes systématiques, comme les lichens ou les conifères, que l'on a songé à les utiliser comme indicateurs biologiques de pollution (69). Selon (7) :

- Les effets peuvent se présenter sous forme de lésions caractéristiques, de ralentissement de la croissance, d'une baisse de productivité des cultures agricoles, du dépérissement de certaines forêts.
- L'ozone agit sur le fonctionnement des stomates par effet de blocage.
- En pénétrant dans les stomates des végétaux, l'ozone forme avec l'eau cellulaire des radicaux hydroxydes qui endommagent les thylakoides des chloroplastes.
- L'ozone agit également sur la cuticule des plantes, les nervures et les cellules.
- Le dioxyde de soufre (SO_2) agit lui sur les stomates, mais cette fois en les laissant ouverts et, les échanges gazeux avec l'atmosphère ne peuvent plus s'opérer normalement.
- Les oxydes d'azote détruisent les chloroplastes. Ceci entraîne une diminution du processus de la photosynthèse, ce qui influe sur la production. Les conséquences en sont une baisse de la production d'oxygène et un accroissement de l'effet de serre.
- Les particules, cendres volantes et micro suies perturbent la photosynthèse, se fixent dans les stomates et détruisent les tissus végétaux.

1.5.2.4 Les effets sur la faune :

On peut estimer que la toxicité par les voies respiratoires doit être proche de ce que l'on rencontre chez l'homme. Chez les mammifères, la pollution est d'autant plus sensible que l'absorption se fait en fin de chaîne alimentaire (cas des carnivores ou des chauves-souris chez les insectivores).

On constate également certaines anomalies au niveau des élevages tels que des problèmes de fécondité chez les mammifères et des cas de cécité due au plomb. Les dioxines et furanes sont eux transmissibles dans la chaîne alimentaire (ex: lait de vache aux abords des usines d'incinération). (83)

1.6 CONCLUSION :

« *L'homme a pris avec la révolution industrielle une telle place dans la biosphère, que la régulation de ses équilibres est devenue une de ses responsabilités majeures par rapport aux générations futures* » (14), d'où l'expression d'une volonté de protection de la nature même si celle-ci, se montre relativement complexe. Les instances concernées doivent souligner l'interdépendance du développement et de la protection de l'environnement.

La pollution qui touche le compartiment air, sans doute plus que les pollutions qui touchent les autres compartiments, est en train de provoquer un changement environnemental global, de telle manière, qu'elle peut compromettre l'avenir de l'humanité entière. D'où la nécessité de connaître notre atmosphère et d'étudier la pollution qui la touche, dans le but d'éviter un dérèglement climatique majeur et les conséquences désastreuses qui peuvent en découler.

CHAPITRE 2 : LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE LIEE A LA PRODUCTION AGRICOLE

INTRODUCTION :

« L'accroissement de la pollution atmosphérique est fort significatif dans les régions reculées, à l'écart de tout foyer de peuplement humain ; ce qui atteste de l'aspect globale du phénomène. »(70). Un phénomène qui ne cesse de s'amplifier à cause des rejets intenses de substances diverses au niveau des sols, de l'eau et de l'atmosphère. Ces substances sont issues de différents secteurs, elles peuvent être causées par l'agriculture ou y être associées.

En effet, le caractère intensif des pratiques agricoles modifie la composition des sols, altère les cours d'eaux et les nappes phréatiques, et pollue l'air qui en parcourant de grandes distances, inflige des dommages aux milieux naturels et participe à des effets globaux sur l'environnement (89).

Dans le secteur agricole, les préoccupations ayant trait à la qualité de l'air sont attribuables à la présence d'exploitation d'élevages ainsi qu'à certaines pratiques culturales ;

Evaluer les pratiques agricoles sur la qualité de l'air nécessite donc, de définir les principales pollutions atmosphériques liées à l'activité agricole. Ces dernières sont nombreuses et diverses. D'après (82), elles sont classées suivant leur portée et leur fonction :

- A courte et moyenne distances nous avons les odeurs, les poussières et les gaz toxiques,

- À moyenne (urbaine) et grande (transfrontalière) distances nous avons la pollution acide et la photo-oxydante,

- Au niveau des changements globaux nous avons : L'aggravation de l'effet de serre.

2.1 LES PRINCIPALES ACTIVITES AGRICOLES GENERANT LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE :

Les gaz, les odeurs de même que les poussières sont les principales composantes des émissions aériennes liées aux pratiques agricoles. Leurs impacts, leurs modes de diffusion ainsi que leurs rayons d'action sont cependant différents en raison de leurs propriétés particulières. (4)

Les gaz :

D'après la littérature l'inventaire des émissions de gaz polluants toutes catégories confondues, montre bien la prédominance du secteur agricole quant aux émissions de trois gaz : le CH₄, le N₂O et le NH₃. [(12) ; (80) ;(83)].

Selon (81) :

- 94% des émissions anthropogéniques de NH₃ sont liées à l'agriculture dont 68% sont liées aux activités d'élevage.
- L'élevage contribue pour les deux tiers de toute l'émission anthropogéniques ; du N₂O, soit 75 à 80% des émissions liées à l'agriculture.
- La fermentation entérique et le fumier représente près de 80% des émissions de méthane (CH₄) liées à l'agriculture et de 35 à 40% du total des émissions anthropogéniques.

Les poussières

En fait l'agriculture d'une manière générale participe à l'émission des particules primaires ou secondaires à partir de l'élevage, des sols agricoles ou de l'industrie agro-alimentaire. Dans le cas de particules secondaires, l'agriculture fait partie aussi des principales sources émettrices, les diverses activités humaines libèrent des gaz qui, en participant à diverses réactions chimiques complexes dans l'atmosphère, se transforment en particules fines secondaires. Ces gaz sont les oxydes de soufre (SO_x), les oxydes d'azote (NO_x), l'ammoniac (NH₃) et divers composés organiques volatils (COV). (19)

D'une manière générale, les principales conduites agricoles qui génèrent de la pollution atmosphérique se résument dans les trois points suivants :

2.1.1 La fermentation entérique:

Des interrogations subsistent en termes d'impacts environnementaux. Concernant les émissions de gaz à effet de serre (CO₂, CH₄ et N₂O) et acidifiant (NH₃) émanant des matières en cours de fermentation. (18)

Cette catégorie de source de pollution à savoir, la fermentation entérique, reste sans doute la plus grande source émettrice de méthane.

Ce méthane qui résulte de la fermentation anaérobie des polysaccharides et d'autres composés de la nourriture animale, dans l'estomac des ruminants à l'aide de micro-organismes (39), est donc un sous-produit du processus normal de digestion des herbivores.

« La quantité de méthane due à la fermentation entérique dépend essentiellement

du nombre d'animaux, du type de système digestif, et du type et de la quantité de l'alimentation ingérée. »(81). l'âge de l'animale ainsi que le climat jouent également un rôle dans ces émissions (46).

Les bovins et les ovins sont les principales sources d'émissions de méthane imputables à la fermentation entérique (80).

2.1.2 La gestion du fumier

« Le fumier produit par le bétail se compose principalement de matière organique. Lorsque cette matière se décompose en milieu anaérobie, les bactéries méthanogènes produisent du méthane (CH_4). Ce phénomène se produit souvent lorsqu'un cheptel important est élevé en milieu clos (élevages de bovins laitiers, parcs d'engraissement et élevages de porcins et de volaille, où en général le fumier est stocké en tas ou évacué dans des cuves ou des bassins) »(80)

En plus des émanations de méthane, la manutention du fumier cause également des émanations d'oxyde nitreux. Lorsque le fumier est bien aéré, les quantités de CH_4 émises sont relativement faibles, tandis que celles de N_2O sont relativement élevées. (46). Les émissions de ces gaz dépendent de la teneur en azote et en carbone du fumier, de la durée du stockage et du type de traitement. [(81) ;(46)].

2.1.3 Les sols agricoles:

La gestion des sols agricoles et les pratiques culturales ont une incidence sur les cycles du carbone et de l'azote dans les sols (64). Ils peuvent entraîner les émissions de dioxyde de carbone et d'oxyde nitreux. (46). A noter aussi, que les sols agricoles sont les plus grandes sources émettrices d'oxyde nitreux. (36)

Ces émissions de N_2O se produisent (80) :

- Par voie directe (directement après apport d'azote dans les sols)
- et par deux voies indirectes (volatilisation sous forme de NH_3 et de NO_x et dépôt ultérieur, et lixiviation et écoulements).

2.2 LES ELEVAGES SOURCES D'EMISSIONS :

Bien que les sources de pollution atmosphérique d'origine agricole soient développées précédemment, on a jugé utile de détailler les émissions dues au secteur élevage, notamment ceux concernant l'élevage avicole.

L'ammoniac (NH_3), l'oxyde nitreux (N_2O), le monoxyde d'azote (NO), le méthane (CH_4), les composées organique volatil (COV), le sulfure de dihydrogène (H_2S), les poussières ($\text{PM}_{2.5}$ et PM_{10}) ainsi que les odeurs, sont les principaux polluants atmosphériques découlant des activités de production animale [(60) ;(84)].

Les gaz :

Les animaux d'élevage et leurs déjections produisent une multitude de gaz dans l'atmosphère ; de part leur métabolisme (processus de respiration), ou bien, de part le processus de décomposition des déjections. On a mesuré une multitude de gaz dans les élevages, jusqu'à 168 composés volatils dans les élevages porcins (65). Lorsque l'on considère leur diffusion dans l'atmosphère, ces gaz peuvent être regroupés en deux catégories (76) :

- Les gaz responsables de l'acidification et l'eutrophisation de l'environnement tels le NH_3 , les oxydes d'azote (NO , NO_2 , NO_x) et les composés organiques volatils (COV) et,
- Les gaz à effet de serre tels le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4) ainsi que l'oxyde nitreux (N_2O) qui sont liés aux phénomènes du réchauffement global et de détérioration de la couche d'ozone.

Ces gaz sont liés aux activités agricoles, à travers notamment la gestion et le devenir des déjections animales (1).

Ils ont un impact sur la qualité de l'air dans les bâtiments d'élevage ainsi que sur l'environnement immédiat de ces bâtiments, en raison de la diffusion de ces gaz par le système de ventilation. Des émissions sont produites ainsi au niveau de la manutention, de l'entreposage et de l'épandage des fumiers et des lisiers. (4)

Les odeurs

L'élevage à caractère intensif induit des nuisances olfactives sources de nombreux problèmes de voisinage. En effet les déjections des animaux sont générateurs de mauvaises odeurs, leurs biodégradations, dégagent des gaz nauséabonds qui contiennent jusqu'à 60 composés (57). Ces dernières sont caractéristiques du type d'élevage (Ex : l'ammoniac pour l'élevage avicole ou le méthane pour l'élevage des bovins).

Les poussières :

En élevage, le principal problème environnemental associé à la poussière est lié à la qualité de l'air dans les bâtiments d'élevage. Même si le système de ventilation des bâtiments rejette des particules de poussière dans l'environnement, les taux de dilution de ce mélange sont très élevés et ne constituent pas de réels problèmes environnementaux pour l'ensemble des productions animales (89).

Néanmoins, les poussières organiques contiennent des taux élevés de LPS (lipopolysaccharides) qui se retrouvent essentiellement chez les éleveurs de porcs

de volailles et de travailleurs de grains(16). Ces LPS causent des obstructions bronchiques aiguës et obstructions bronchiques chroniques chez la même population.

En plus de la contamination des éleveurs, ces LPS affectent également les animaux de l'élevage concerné ; en engendrant des conséquences considérables sur les performances zootechniques et par conséquent sur la production.

2.2.1 Métabolisme des animaux:

2.2.1.1 Le processus de respiration:

Selon (54), les émissions dans les bâtiments sont attribuées, aux animaux eux même et aux méthodes d'entreposage de leurs déjections. Il a spécifié que :

- Les émissions de CO₂ par les élevages proviennent à plus de 90% de leur respiration.

2.2.1.2 La digestion chez les ruminants :

La production de méthane et de CO₂ d'origine fermentaire est le résultat de la dégradation anaérobie de la biomasse végétale ingérée, et ce, par les micro-organismes présent dans le tube digestif(8). Les réactions ci-dessous représentent les produits terminaux de digestion microbienne des glucides chez les ruminants (17) :



2.2.2 Les déjections d'animaux :

Plusieurs gaz toxiques et asphyxiants résultent de la dégradation microbienne des déchets animaux (urine et excréments) (Reynolds et coll., 1996) dans (65).

Parmi ceux-ci figurent l'ammoniac, les amines, les sulfures, les acides gras volatils, les alcools, les aldéhydes, les mercaptans, les esters et les carbonyles (Sweeten, 1995) dans (57).

D'une manière générale, les plus communs des gaz émis sont au nombre de quatre: le dioxyde de carbone (CO₂), l'ammoniac (NH₃), le sulfure d'hydrogène (H₂S) et le méthane (CH₄). La décomposition des déchets animaux peut également produire de petites quantités de monoxyde de carbone (CO) (57).

Les émissions à partir de déjections sont fortement influencées par le type d'animal, la quantité de matière solide volatile, la disponibilité d'oxygène (aérobie ou anaérobie), la température, le pH et la durée d'entreposage (65).

Il faut savoir aussi que les quantités des fientes produites dépendent de plusieurs paramètres: la spéculation et l'espèce, la consommation alimentaire, le poids des sujets, la durée d'élevage des animaux et le mode d'élevage (91).

La composition des effluents dépend du taux de conversion de l'azote contenu dans l'alimentation en azote contenu dans la viande et donc indirectement de l'âge des animaux, de leur poids ainsi que de leur race (EEA, 1999) dans (31).

2.3 LES EMISSIONS GENEREES PAR LE SECTEUR AGRICOLE :

Les éléments émis dans l'air agissent au voisinage des exploitations agricoles ou à des étendus géographiques plus lointaines. Ainsi, les retombés d'ammoniac contribuent à un apport supplémentaire d'azote dans les régions d'élevage, à l'eutrophisation des milieux sensibles et à l'acidification des sols [(3) ;(31)]. Le protoxyde d'azote et le méthane contribuent eux, à l'enrichissent de l'atmosphère en gaz à effet de serre. Les odeurs et les poussières, engendrent plutôt des problèmes de voisinage, à cause des nuisances de proximités (12), ou des problèmes plus graves telles les maladies respiratoires (infligées notamment par les poussières).

2.3.1 L'émission de gaz à effet de serre:

Il y'a essentiellement trois type de gaz à effets de serre produits par le secteur agricole : le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O) (50).

D'après (5), le protoxyde d'azote et le méthane, sont spécifiés, comme majeure partie des gaz à effet de serre émis par l'agriculture. En tenant compte du fait que, à mêmes quantités rejetées dans l'atmosphère, les contributions à l'effet de serre du CH_4 et du N_2O sont supérieures de 21 et de 310 fois à celle du CO_2 (62).

La concentration de ces gaz dans l'atmosphère n'a fait qu'augmenter et globalement, l'agriculture contribue pour un tiers d'entre eux (1). En effet l'agriculture déverse de grande quantité de ces gaz dans l'atmosphère, c'est une source très importante, soit 25% de CO_2 , 50% de CH_4 , et 70% de N_2O d'origine anthropique à l'échelle mondiale(11).

Pour concevoir les mécanismes d'implication de l'agriculture dans l'effet de serre, il est nécessaire de distinguer deux types de « sources » de gaz à effet de serre; celles provenant de pratiques agronomiques et celles issues des activités d'élevage. (1)

- La mise en oeuvre de pratiques agronomiques a une incidence directe sur la variation du stock de carbone des sols.
- Les activités d'élevage sont responsables d'émissions directes de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane, protoxyde d'azote).

Cependant, la contribution du secteur élevage quant aux émissions de CO₂ reste discutable.

2.3.1.1 Le dioxyde de carbone CO₂:

En production animale, le CO₂ est principalement produit par la respiration des animaux et une portion secondaire est produite par la dégradation du fumier/lisier (la décomposition de l'urée et aussi la décomposition anaérobie de la matière organique du fumier/lisier).

Les émissions de CO₂ provenant des bâtiments d'élevage ne peuvent être contrôlées, car elles sont reliées presque exclusivement au nombre d'animaux présents dans un bâtiment, néanmoins la concentration dans un bâtiment peut être abaissée en augmentant le débit de la ventilation (CIGR, 1994) dans (4).

L'élevage comme source d'émission de CO₂ est toujours négligé, car il rentre dans un cycle de très courte durée vis à vis du cycle biogéochimique du Carbone, (Hartung 1997) dans (66) et (84). Ces études sont utiles si l'on veut dresser l'inventaire des émissions de gaz mais il n'est pas pertinent de retenir les émissions de CO₂ comme impact de l'élevage sur l'effet de serre (Freibauer et Kaltschmitt 2000) dans (66).

2.3.1.2 Le méthane CH₄:

L'agriculture représente au moins 2/3 des sources d'émissions anthropiques de la fermentation entérique des ruminants, les effluents des animaux sont les principales sources d'émissions de méthane dans les pays européens. (66).

Les bovins et les ovins sont les principales sources de méthane imputables à la fermentation entérique. Ces émissions sont donc, étroitement liées à l'élevage (5). (25), attribut la production de ce gaz aux ruminant et aux monogastrique, reste que, l'émission de ces derniers diminue de 10 % par rapport aux émissions des polygastriques (54).

Tous les élevages conduisent à des émissions de méthane, qu'il s'agisse :(49)

- de la fermentation entérique en ce qui concerne les ruminants
- de la fermentation intestinale pour les autres herbivores

- de la fermentation des produits organiques contenus dans les déjections (lisiers et purins notamment).

La production de méthane à partir des effluents d'élevage résulte de la décomposition de la matière organique par des bactéries dites méthanogènes qui vivent en anaérobiose stricte. Leur activité enzymatique dépend étroitement de la température (elle est optimale entre 20 et 45 °C) (LAGRANGE, 1979) dans (62).

Pour la fixation du CH₄, il existe deux principaux puits :

- Les réactions avec les radicaux hydroxyles (OH) dans la troposphère (75% du CH₄ émis) et dans la stratosphère (10% du CH₄ émis),
- L'oxydation du CH₄ dans les sols, à hauteur de 10 % des émissions. (59).

Le méthane est donc un gaz d'origine agricole, et toutes modifications des pratiques d'élevage (alimentation) et de gestion des effluents animaux vont modifier son émission et donc sa participation à l'effet de serre (66).

2.3.1.3 L'oxyde nitreux N₂O:

Malgré de nombreuses incertitudes, environ plus de la moitié des émissions anthropiques de N₂O sont liées à l'agriculture (59). Leur répartition est comme suit : près de 90%, sont émis par les sols et les cultures en liens avec l'épandage des engrais azotés, les 10% restant ayant pour origine la gestion des déjections d'élevage. (28). Les émissions d'oxyde nitreux proviennent donc de l'utilisation d'engrais à base d'azote minéral et du stockage d'effluents d'élevage lorsque l'azote qu'ils renferment est converti en oxyde nitreux. (5). En effet, lors du compostage de fumiers, un apport excédentaire d'oxygène dans la masse modifie le processus de nitrification avec libération de N₂O (63).

(15) rapporte que le N₂O émis, à partir d'excréments animaux est un pourcentage de l'azote des urines ; Il serait de l'ordre de 0,5% pour les ovins et de l'ordre de 0,6% pour les bovins.

Ces émissions agricoles de N₂O peuvent provenir de :

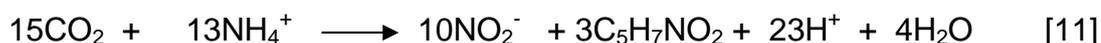
- De la fertilisation minérale et organique;
- Du traitement des matières organiques ;
- Des cultures fixant l'azote atmosphérique;
- Des dépositions atmosphériques d'azote, tel que, l'azote volatilisé sous forme de NH₃ (brouillard, pluies, neige).

Le N₂O est formé lors des réactions de nitrification et de dénitrification [(25) ; (66) ;(27)].

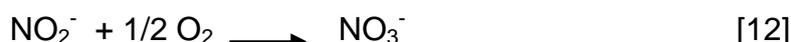
La nitrification est la conversion de l'ammonium en nitrate par des bactéries spécialisées (Nitrosomas) et (Nitrotbacter). grâce au premier type de bactéries on a tout d'abord une oxydation de l'ammonium: selon (27).



Suivie de la réduction du CO_2 :



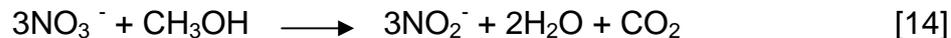
En seconde étape on a l'oxydation du nitrite grâce au Nitrobacter



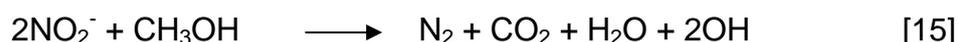
Et croissance des bactéries :



La dénitrification est la conversion du nitrate en azote moléculaire (N_2). On a en premier lieu une réduction du nitrate en nitrite : selon Lykiardopol et al. (1999) dans (27).



Puis une réduction du nitrite en azote moléculaire :



Et croissance des bactéries :



La production de N_2O va dépendre essentiellement (1) :

- De la présence d'ions NH_4^+ et NO_3^- ,
- Des conditions d'oxygénation intermédiaires ou microaérobies,
- Des températures comprises entre 5 et 40°C.

2.3.2 Les émissions d'éléments acidifiants:

La pollution acide est due principalement aux émissions atmosphériques de dioxyde de soufre (SO_2), d'oxyde d'azote (NO_x) et d'ammoniac (NH_3) ; l'émission de ce dernier s'élève à 95% d'origine agricole dont 80% proviennent de l'élevage.(55).

Ces éléments polluants acidifiants retombent sous forme humide ou sèche.

2.3.2.1 L'ammoniac :

La plus grande partie des émissions anthropogéniques de NH_3 sont liées à l'agriculture, dont plus de la moitié sont issues de la production animale et particulièrement de l'élevage avicole ; d'où l'intérêt de développer ce point avec détails ultérieurement dans ce chapitre.

2.3.2.2 Les émissions de SO_2 et de NO_x :

Le SO_2 et les NO_x se transforment en : Sulfates (SO_4^{2-}) et en nitrates (NO_3^-) dans le cas où l'atmosphère est sèche, ainsi qu'en acide sulfurique (H_2SO_4) et en acide nitrique (HNO_3) dans le cas où l'atmosphère est humide. (66). Ces émissions sont dues à l'industrie et aux transports, L'émission d'ammoniac, représente le principal impact des pratiques agricoles sur le problème d'acidification lié aux dépositions atmosphériques (47).

2.3.3 Les émission d'odeurs :

« Toutes les espèces avicoles sont impliquées à des degrés divers, dans la genèse de mauvaises odeurs »(26). Ce dégagement de composés malodorants a plusieurs origines, selon (13) il s'agit de :

- L'aliment distribué.
- L'air expiré par l'animal.
- L'air vicié extrait des bâtiments et chargé de particules de poussières, sur lesquels sont absorbées les molécules odorantes
- Le niveau de renouvellement de l'air qui influe sur l'intensité de l'odeur perçue.
- La stagnation des déjections qui subissent une fermentation aérobie et anaérobie.
- Les épandages de lisiers et fumiers : se sont surtout les techniques utilisées qui sont incriminées; concernant le stockage des effluents sous forme de lisier.

Plusieurs dizaines de composés odorants ont pu être identifié dans le lisier. Des composés volatils odorants, l'ammoniac y compris, dont l'association donne l'odeur caractéristique des différents types d'effluents (lisiers, fumiers). (62).

D'une manière générale ces composés se répartissent en 4 grandes familles:

- Les composés soufrés réduits tels que l'hydrogène sulfuré, les mercaptans, les sulfures orniques.
- Les composés azotés: amine, ammoniac, indoles, scatols.
- Les composés carbonés: acides gras, alcool, aldéhyde et cétone.

- Les composés aromatiques: phénol, crésols, para crésol

2.3.4 Les émissions des poussières:

Parmi les principales sources, anthropogènes, stationnaires, de particules, on compte les surfaces agricoles et les étables (19). En effet, la poussière est produite en quantités considérables par le secteur, causant de réels problèmes de santé aux ouvriers qui travaillent à l'intérieur des bâtiments d'élevage et influent sur les performances zootechniques.

La partie concernant les poussières générées par le secteur va être développée avec détails dans le titre suivant de ce chapitre.

2.4 CONCLUSION :

La pollution atmosphérique est surtout due aux émissions de gaz. Ceux qui sont engendrés principalement, par le secteur agricole sont classés en deux groupes: celui de gaz à effets de serre à savoir, le méthane et l'oxyde nitreux ; et celui de gaz acidifiants, particulièrement l'ammoniac. La pollution liée aux poussières ou aux odeurs, constitue elle aussi un réel problème, car elle touche à la santé des exploitants, des animaux et des riverains des bâtiments d'élevage d'où le grand intérêt qu'elle suscite.

Les activités agricoles qui génèrent cette pollution atmosphérique, sont incontestablement, la gestion des sols agricoles, la fermentation entérique et la gestion du fumier. De part ces deux dernières composantes, la production animale constitue la plus importante source de pollution atmosphérique liée à l'agriculture. Le problème majeur des élevages, étant la génération des déjections produites en grandes quantités, vu le caractère intensif des élevages.

CHAPITRE 3 : L'ELEVAGE AVICOLE

3.1 L'ELEVAGE AVICOLE:

Parmi les problèmes générés par l'intensification de l'aviculture, celui des déjections est le plus crucial. Parce que mal gérée ou mal valorisée, cette intensification touche à la problématique des risques de nuisances olfactives et à la distance minimale à respecter entre un nouveau bâtiment d'élevage et les habitations ou zones d'habitat existantes (56).

Il faut savoir que l'aviculture à elle seule serait responsable de 9% des émissions de méthane, de 6% des émissions de protoxyde et de 15% des émissions d'ammoniac liées à l'élevage (12).

Elles proviennent des quantités d'azote (N) et de méthane potentiel (C-CH₄) excrétées par les animaux (36). Il s'agit d'estimation obtenue par un bilan d'azote d'après la teneur usuelle des aliments en protéines brutes et la composition moyenne des produits avicoles (52) lorsqu'il est question des rejets azotés.

Ces élevages de volailles sont le plus souvent séparés en élevages destinés à la production de volaille de chair (dindes et poulets) et à la production des œufs (poules pondeuses). Et c'est selon le type d'élevage, qu'il ya une variation de la nature des déjections.

3.1.1 Les déjections avicoles:

Les déjections avicoles peuvent se diviser en trois grands types (26) :

- Des produits liquides (lisiers) issus de l'élevage des poules pondeuses et des canards.
- Des produits pâteux à secs (fientes) issus de l'élevage des poules pondeuses,
- Des fumiers dont l'origine est l'élevage des volailles de chair (principalement poulets, dindes et pintades) et de reproduction.

Les quantités de déjections diffèrent selon le type d'élevage, à titre d'exemple, les poulets de chair produisent à eux seules 1.7 à 2.3 kg en 7 à 8 semaines d'élevage ; dont le tiers (1/3) est constitué de fientes et les deux tiers (2/3) de litière (91).

Pour L'émission d'ammoniac à partir des déjections avicoles, elle sera détaillée dans la suite de ce chapitre, compte tenu, de son importance dans ce secteur.

3.2 LES PRINCIPAUX POLLUANTS LIES A L'ELEVAGE AVICOLE :

3.2.1 Les poussières :

La durée de vie et de séjour des particules de poussières dans l'atmosphère est fonction du type de processus qu'elles vont subir qui dépend, essentiellement, de leur taille (19). Les poussières sont classées selon leurs diamètres (80):

- Les PM_{10} sont des particules en suspension dans l'air mesurant 10 microns ou moins de diamètre.
- Les $PM_{2,5}$ sont des particules en suspension dans l'air mesurant 2,5 microns ou moins de diamètre .
- Les $PM_{10-2,5}$ sont des particules en suspension dans l'air mesurant entre 2,5 et 10 microns de diamètre.

3.2.1.1 Les sources :

Les poussières proviennent des sources les plus diverses. Dans les élevages avicoles la poussière est générée par la ration alimentaire, la litière, le fumier/lisier séché, les débris de peau et les matériaux du bâtiment (Maghirang et al. 1995) dans (89).

« La manutention des produits agro-alimentaires sous forme de grains, de tourteaux, de pellets crée des quantités de poussières importantes. »(53). Selon la même source, les poussières proviendraient principalement du tégument des graines qui se compose de plusieurs couches très minces, friables qui vont se détacher et se briser finement lors des diverses opérations de manutention et de conditionnement.

3.2.1.2 La caractérisation des poussières dans le secteur :

Les poussières d'origine organique, sont de composition complexe et souvent allergéniques. Elles sont omniprésentes dans les exploitations agricoles, et renferment de fortes concentrations d'endotoxines ainsi que des bêta-glucanes, de l'histamine et d'autres substances biologiquement actives (Olenchock et coll, 1990) dans (57).

3.2.1.3 La poussière dans les bâtiments d'élevage :

La poussière est normalement considérée comme un des contaminants

présents dans les bâtiments d'élevage. elle est générée par la ration, la litière, le fumier et le lisier séché, les débris de peau et les matériaux du bâtiment (Maghirang et al., 1995) dans (89). (Jansen et Feddes ; 1995) dans (89) ont conclu que les matières fécales sont probablement la source majeure de poussières respirables provenant de bâtiments d'élevage.

3.2.1.4 La composition chimique des particules :

« L'aérosol atmosphérique est constitué d'une variété de composés différents, dont seule une partie est connue. Les sources dont proviennent les particules et les processus dont elles sont issues déterminent leur composition chimique »(19). Ces principaux composants, sont les suivants. Selon la même source :

- Le sulfate d'ammonium ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ et NH_4HSO_4) et le nitrate d'ammonium (NH_4NO_3) sont issus des précurseurs gazeux que sont l'ammoniac (NH_3) et de l'oxydation du dioxyde de soufre (SO_2) et d'oxydes d'azote (NO_x).
- L'une des particules d'aérosol qui ne sont pas prises en compte par les méthodes conventionnelles est l'eau. Elle peut-être présente sous forme d'eau cristalline liée (par exemple dans le plâtre, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ou d'eau absorbée par des sels hygroscopiques, comme le nitrate ou le sulfate d'ammonium.

3.2.1.5 Les impacts des poussières:

L'effet biologique des particules dépend de leur concentration, de leur taille et de leur type (34). Les poussières sont à l'origine d'une baisse de croissance et de nécrose végétale, et peuvent modifier les propriétés superficielles des pierres et favorisent leur dégradation(95). La poussière constitue également un réel problème de santé publique [(74) ; (34); (9) ; (68)]. En effet, selon la taille, les particules pénètrent plus au moins profondément dans l'appareil respiratoire(34). Leur dépôt dans ce dernier, dépend des propriétés physico-chimiques de la particule (la taille, la forme, la surface, le caractère hygroscopique, et hydrosoluble et la composition chimique), mais aussi de l'anatomie de l'appareil respiratoire (68).

L'effet des particules, va de la carcinogénèse (entre autres, cancer des poumons) au développement ou à l'aggravation d'une bronchite chronique ou d'un asthme bronchique, voire jusqu'à la complication d'une atteinte cardiovasculaire (74).

Leur impact, sur la santé est très variable selon les individus. Pour un même niveau de concentration en particules, on peut observer un effet chez certaines

personnes et pas chez d'autres (68). Ces populations à risque, sont les personnes souffrantes de maladies respiratoires (asthme, insuffisance respiratoire chronique), les insuffisances cardio-vasculaires, les jeunes enfants, les personnes âgées et les personnes associant d'autres facteurs de risque tels que le tabagisme ou une exposition professionnelle à l'inhalation de particules, de fumée ou de gaz toxiques (9).

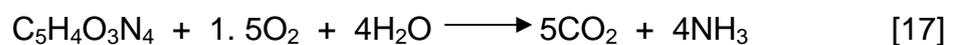
Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS), la pollution par les poussières ne doit pas dépasser un certains seuil. Elle recommande une concentration de poussières qui ne doit pas dépasser les $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyennes annuelles, et $125\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière.

3.2.2 L'ammoniac :

3.2.2.1 Le principe d'émission de l'ammoniac :

D'une manière générale l'ammoniac est essentiellement produit par la dégradation des composés azotés. Selon (38) sa production se résume en trois processus complexes, il les simplifies par les réactions suivantes : (Il indique que les trois processus sont affectés par l'action microbienne.)

Le processus de dégradation biochimique de l'acide urique :



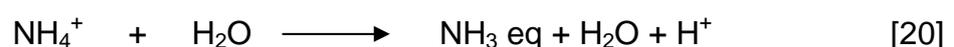
Le processus de la dégradation biochimique de l'urée :



Les protéines indigérées :



La formation de l'ammoniac résulte donc, principalement de la dégradation de l'urée présente dans l'urine. L'hydrolyse de l'urée est catalysée par l'uréase, enzyme produit par des micro-organismes contenus dans les fèces (27).



Le NH_3 présente deux types de retombée; sous forme de déposition sèche de NH_3 ou de déposition humide de NH_4 (59). Sa volatilisation se fait selon un gradient de concentration, de la plus forte vers la plus faible. L'atmosphère jouera donc le rôle, soit de source, soit de puits. L'émission de ce gaz n'aura pas le même devenir selon la distance entre les zones d'émission et les sites industriels sources de H_2SO_4 , SO_2 , HCl , HNO_3 et NO_x (62).

Selon sa localisation donc; près de source industrielle ou non, (10) :

- Le NH_3 se combine aux acides émis, et va être transporté puis déposé sous forme de NH_4^+ principalement lors de déposition humide (pluie, neige).
- Par contre dans les zones où les émissions de NH_3 sont prédominantes par rapport aux acides, les retombées se feront essentiellement sous forme sèche de NH_3 , à courte distance (du mètre (m) à la centaine de kilomètre (km)).

L'ammoniac reste le gaz le plus problématique notamment à partir des déjections avicoles. En théories les facteurs qui déterminent la totale quantité d'ammoniac perdus des déjections animales sont schématisés dans la figure si dessous, selon (79) :

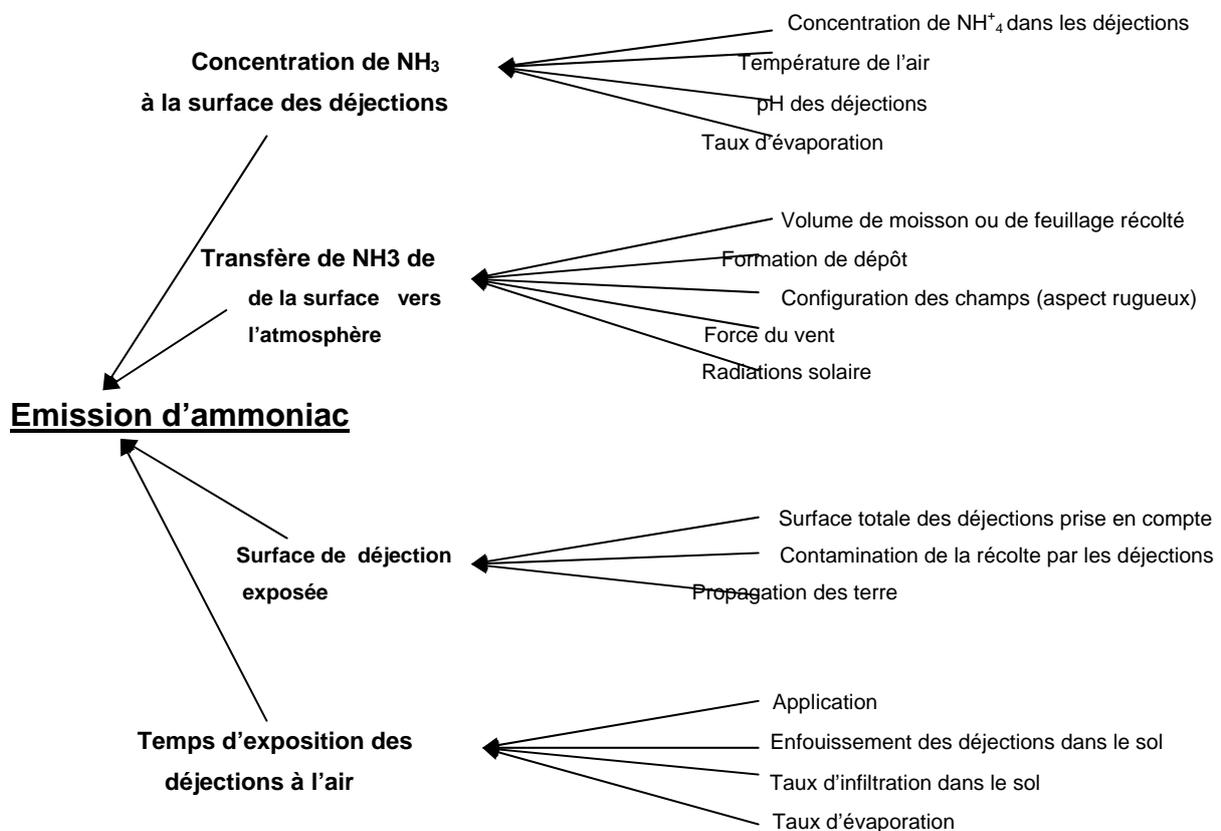


Figure N°1 : Les facteurs qui déterminent la quantité d'ammoniac perdue à partir des déjections animales (79).

Dans cette figure l'auteur regroupe quatre facteurs, à partir desquels il ya émission d'ammoniac. Ces facteurs sont en relation avec les déjections et leur gestion ; en effet, il cite la concentration de NH_3 à la surface des déjections, le transfère de NH_3 vers l'atmosphère, la surface exposée des déjections ainsi que le temps d'exposition. Chacun de ces facteurs étant tributaire de plusieurs variables.

3.2.2.2 L'émission de NH_3 à partir des déjections de volaille:

La production d'acide urique à la place d'urée par les volailles joue sur l'émission de NH_3 . (31) En effet l'acide urique se décompose plus lentement que l'urée, la vitesse de dégradation va permettre donc le contrôle des émissions de NH_3 (66):

- En jouant sur l'humidité des déjections, leur séchage va bloquer la dégradation de l'acide urique et ainsi prévenir à la formation de l'urée puis du NH_3 ,
- Et sur la durée de présence des déjections dans le bâtiment, une fréquence élevée de sortie de déjections (plusieurs fois/jour) bloque la formation de NH_3 dans le bâtiment (51).

Les différentes techniques d'aménagement du bâtiment des volailles (abreuvoirs), la présence de litière (nature et quantité), le type d'évacuation des fientes (raclage, tapis) et le type de stockage des déjections (en fosse à l'intérieur) sont autant de pratiques qui vont déterminer l'évolution des teneurs en azote et l'humidité des déjections et donc les émissions de NH_3 (51).

(29) considère que, les pertes d'azote par volatilisation sous forme d'ammoniac sont d'environ 25 % dans le bâtiment et de 5 à 10 % à l'extérieur, en fonction des conditions et de la durée d'entreposage des déjections.

La perte d'azote par volatilisation sous forme d'ammoniac dans le bâtiment d'élevage et au stockage des déjections est donc importante et variable. Le tableau N° 2, nous donne des pourcentages de cette perte selon l'espèce considérée. Ces taux de pertes incluent celles des bâtiments et celles relatives au stockage.

Taux de perte d'ammoniac (%)	Espèces
25	Poulets label Pintades label Oies rôtir
40	Volailles de chair sur litière Poules pondeuses volailles de chair et de reproduction cailles coquelets faisans perdrix
60	Canards à rôtir Palmipèdes prêts à graver Palmipèdes gras Canes de reproduction Cailles de reproduction Chapons pigeons

Tableau 2 : Perte d'azote par volatilisation à l'intérieur des bâtiments par rapport à l'azote excrété. (CORPEN ,1996) dans (13).

D'après ce tableau, le pourcentage de l'azote contenu dans les déjections qui se volatilise sous forme d'ammoniac à l'intérieur des bâtiments et au stockage, peut varier de 25 à 60% selon l'espèce considérée. Il est de 40% de perte, pour l'élevage de poule pondeuse (cas de notre étude), ce qui est considérable compte tenu de l'étendue de ce type d'élevage dans notre pays.

Il y'aurait aussi une évolution des teneurs en fonction de l'âge de l'animal(20); Les travaux de (6) ont démontrés que l'ammoniac (NH_3) connaît des variations en fonction de l'âge (pics de concentration à 2-3 semaines et à 9-10 semaines).

Après son émission, une partie de l'ammoniac est rapidement transformé en ammonium par réaction avec les aérosols chargés en H_2SO_4 . Une fraction de l'ensemble de ces composés se dépose rapidement (Lallemant ; 1996) dans (13) :

- 30% dans un rayon de 1 Km.

- 40% à 100Km.
- 1 % à plus de 100Km .

3.2.2.3 Les impacts :

Les dépositions humides ont une portée d'action plus grande, de l'ordre de la centaine au millier de kilomètres. Ces dépositions vont avoir de multiples impacts sur la végétation, le sol et l'eau de surface (66).

En effet l'ammoniac, lorsqu'il retombe sur les sols, est impliqué, à travers des réactions chimiques complexes, dans leur acidification (3) et dans le dépérissement des forêts de conifères (62). Ainsi on lui attribue : (66)

- La dégradation ou la modification de la végétation sensible,
- Le phénomène d'acidification des sols est des eaux,
- Le phénomène d'eutrophisation.

En plus des différentes actions des retombées, La fraction de l'azote qui va se volatiliser va former du NH_3 , pour 10% du total, et du N_2O , pour 90% du total. Toutefois, ces 10% d'azote volatilisés sous forme de NH_3 occasionnent des retombées atmosphériques sous forme de N_2O (48). L'oxydation donc du NH_3 dans l'atmosphère est responsable de 5 % de la production de N_2O (33).

3.3 CONCLUSION :

Les émissions aériennes causées par les fermes de production animale peuvent avoir des conséquences négatives sur les animaux, les agriculteurs, les résidents voisins, l'environnement immédiat de la ferme ainsi que sur l'atmosphère, en raison de la diffusion de contaminants dans l'air.

L'aviculture comme toute production animale, est concernée par ces émissions aériennes, elle est particulièrement productrice d'ammoniac et de poussières. Ces deux polluants atmosphériques produits en grandes quantités par l'élevage avicole, sont tributaires des conduites d'élevages, de l'espèce considérée et surtout de son alimentation. La composition de cette dernière, étant la principale responsable des quantités d'ammoniac émis à partir des déjections.

CAPITRE 4 : TYPOLOGIE DE L'ELEVAGE AVICOLE DANS LA WILAYA DE BATNA

INTRODUCTION

L'aviculture algérienne a connue une grande évolution durant ces dernières années, en effet, de nombreuses régions ont vues fleurir leurs investissements dans le secteur, suite à la demande croissante en produits avicoles.

C'est le cas de la wilaya de Batna, qui depuis deux décennies, est présente sur le marché, touchant à plusieurs filières avicoles exploitant des espèces animales différentes. Cette continuité et cette diversification lui a value une grande importance à l'échelle nationale, voir la plus importante place en terme de production avicole. La daïra d'Ain-touta, par exemple, contribué à 20% de la production nationale en matière d'œufs de consommation en 2008 (93).

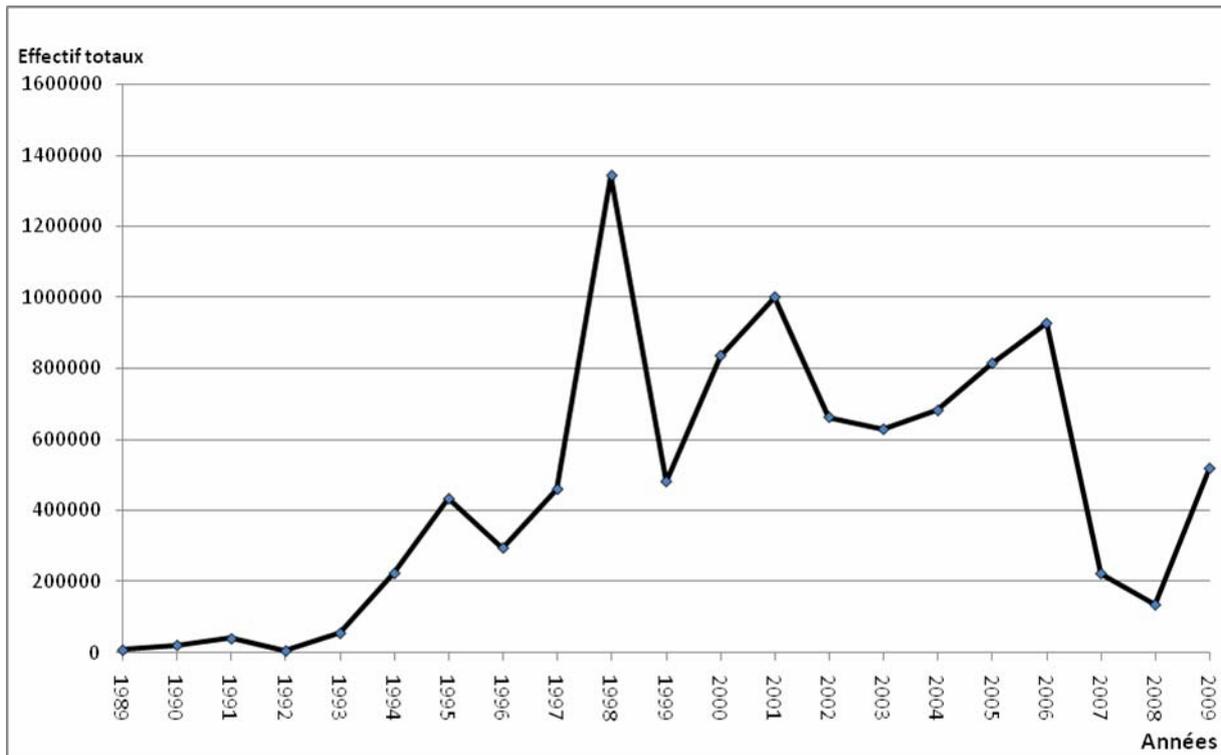
4.1 L'ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION AVICOLE DANS LA WILLAYA :

Le secteur avicole de la wilaya de Batna est sans doute l'un des plus importants sur territoire national ; cela ne se traduit pas seulement par les chiffres qui concernent la production, mais aussi par le grand nombre de bâtiment d'élevage étatiques et privés de la wilaya. Ces bâtiments sont de conception modeste, mais la majorité de ces édifices restent corrects obéissants aux règles standards de production.

Le secteur avicole de la wilaya a connu de nombreuses fluctuations, mais globalement il suit une dynamique croissante depuis vingt ans. En effet les effectifs des élevages n'ont cessés d'augmenter atteignent le seuil de 1 343 200 individus en 1998, figure N°2. Néanmoins la courbe des effectifs présente des irrégularités (pics et creux) suivant les années.

Ainsi, la croissance des effectifs passe par deux périodes :

- La première période de 1989 à 1997 la croissance est faible mais régulière ou le maximum est inférieur à 500 000 individus.
- La deuxième période allant de 1998 à 2006 où l'augmentation des effectifs est plus importante mais irrégulière pour atteindre 900 000 individus environ.



(Source inspection vétérinaire. Wilaya de Batna.)

Figure N° 2 : Evolution des effectifs des individus de la production avicole dans la wilaya de Batna.

4.2 LES DIFFERENTS TYPES D'ELEVAGES AVICOLES DANS LA WILAYA :

Le rang qu'occupe la wilaya de Batna à l'échelle nationale en termes de production avicole n'est pas seulement dû à la continuité dans le temps, mais aussi aux différents types d'élevages pratiqués. En effet depuis deux décennies la région propose pas moins de six types d'élevage, à savoir : le poulet de chair, la poule pondeuse, la dinde, la poule reproductrice du poulet de chair (le repro-chair), le repro-ponte- couvoir, et le poussin ponte, figure N°3.

- D'après la figure N°3, les six types d'élevages ne sont pas présents chaque année. Leurs effectifs présentent des fluctuations assez importantes d'une année à une autre. Néanmoins, certains types d'élevages enregistrent une présence annuelle avec des effectifs plutôt élevés, tel est le cas de la poule pondeuse et du poulet de chair.
- On observe que pour la période allant de 1989 à 1996, la production avicole de la wilaya n'a été représentée que par trois types d'élevages au maximum, excepté l'année 1995 (présence de cinq types). Les élevages qui reviennent

presque chaque année durant cette période sont : le poulet de chair, la poule pondeuse et à moindre effet, le repro-chair.

A partir de 1997 la production avicole de la région est plus variée, avec des effectifs plus élevés et la présence de différents types d'élevages. Il n'existe pas moins de cinq types d'élevages par année, sauf pour l'année 1997 (4 types) et pour l'année 2008 (3 types).

Les élevages qui dominent dans cette période, sont incontestablement le poulet de chair et la poule pondeuse, avec une présence presque annuelle.

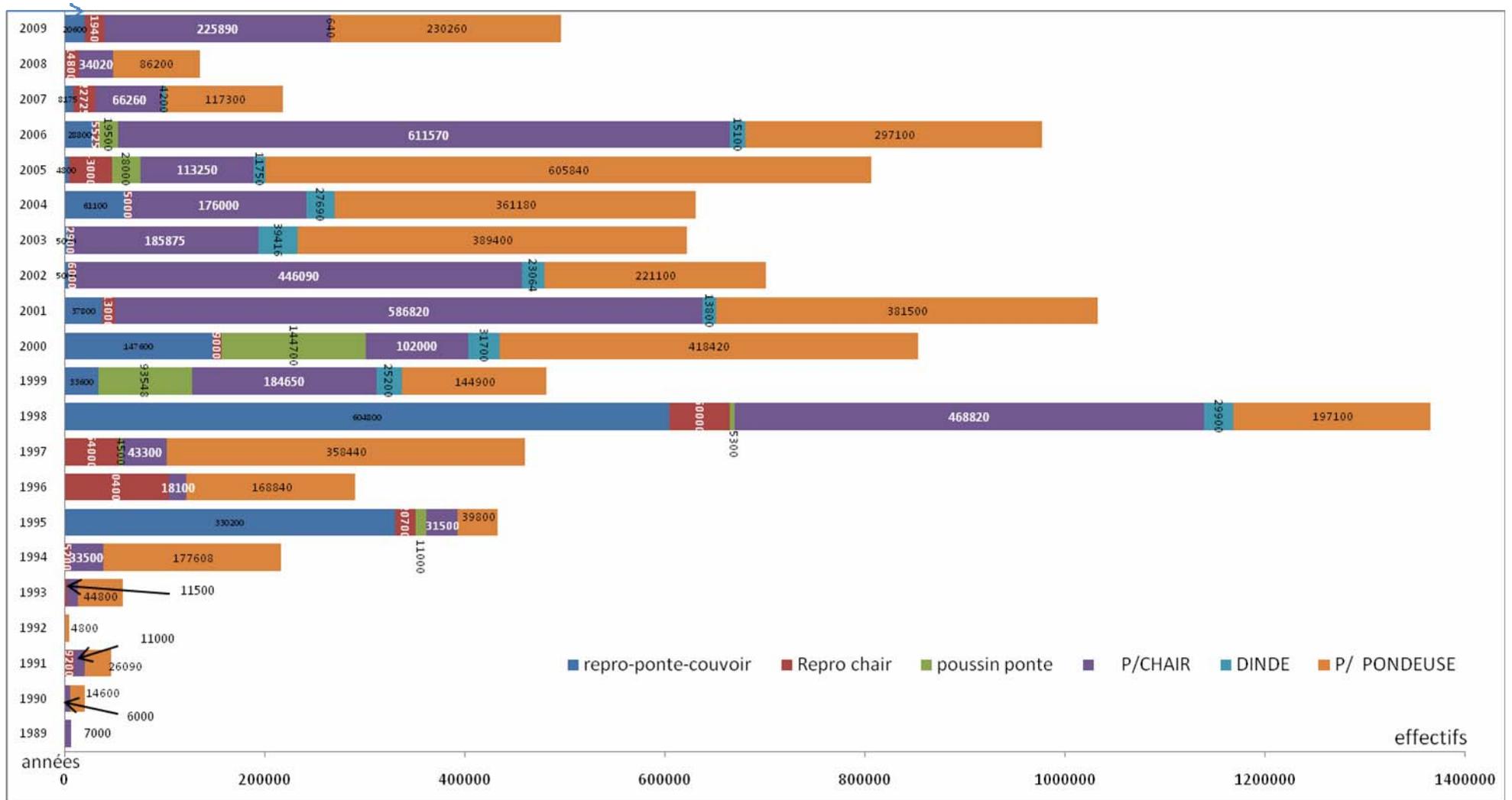


Figure 3: Evolution de la production avicole dans la wilaya de Batna durant la période allant de 1989 à 2009.

4.3 L'EVOLUTION DE LA PRODUCTION DE CHAQUE TYPE D'ELEVAGE :

Comme nous l'avons déjà évoqué, les six types d'élevages pratiqués dans la wilaya, n'ont pas toujours été constants ces dernières vingt années, de 1990 à 2009. Une production qui diffère d'un type d'élevage à un autre, d'une année à une autre et qui affiche des fluctuations assez importantes concernant les effectifs, figure N°4.

4.3.1 L'élevage de poule pondeuse : Figure N°4a.

Ce type d'élevage, un des plus importants sur le territoire national, est présent dans la région depuis 1990, il suit globalement une évolution croissante jusqu'en 2005, puis il diminue les trois années qui suivent. En 2009 les effectifs augmentent pour dépasser la barre de 200 000 individus.

4.3.2 L'élevage de poulet de chair : Figure N°4b.

Tout aussi important que le précédent élevage, l'élevage du poulet de chair est présent sur toute la période étudiée, excepté en 1992. Les effectifs de ce type d'élevage durant ces dernières 20 années, ne suivent pas une évolution nette :

- Durant la période allant de 1989 à 1997 l'évolution des effectifs est faible, et ces derniers ne dépassent pas le seuil de 100 000 individus.
- Pour la période de 1990 à 2009 les effectifs augmentent d'une manière irrégulière. La fluctuation de effectifs varie de 34 020 et 611 570 individus.

4.3.3 L'élevage de dinde : Figure N°4c

Présent seulement depuis 1995, ce type d'élevage affiche globalement une évolution décroissante, avec des effectifs qui passent de 30 000 individus en 1998 à moins de 5 000 en 2009.

4.3.4 L'élevage de Repro- chair : Figure N°4d

Cet élevage est présent dans la wilaya de 1991 à 2009, il marque tout de même deux absences en 1992 et en 1999. La période allant de 1993 à 1998 marque une évolution croissante avec un pic en 1996 qui dépasse les 100 000 individus. Les effectifs de la décennie 2000 à 2009 restent constants en dessous de la barre de 20 000 individus pour la majorité des années. Ce pendant en 2005, on observe un effectif qui dépasse les 40 000 individus.

4.3.5 L'élevage de repro-ponte-couvoir : Figure N°4e

Présent de façon continue de 1998 à 2007 avec une évolution décroissante, qui passe de 600 000 individus en 1998 à moins de 50 000 individus en 2009.

4.3.6 L'élevage de poussin ponte : Figure N°4f

Une modeste production concernant ce type d'élevage avicole ; avec une évolution croissante de 1997 à 2000, où le seuil de 140000 individus est dépassé. Après une absence de cet élevage de 2001 à 2004, nous observant une reprise en 2005 et 2006.

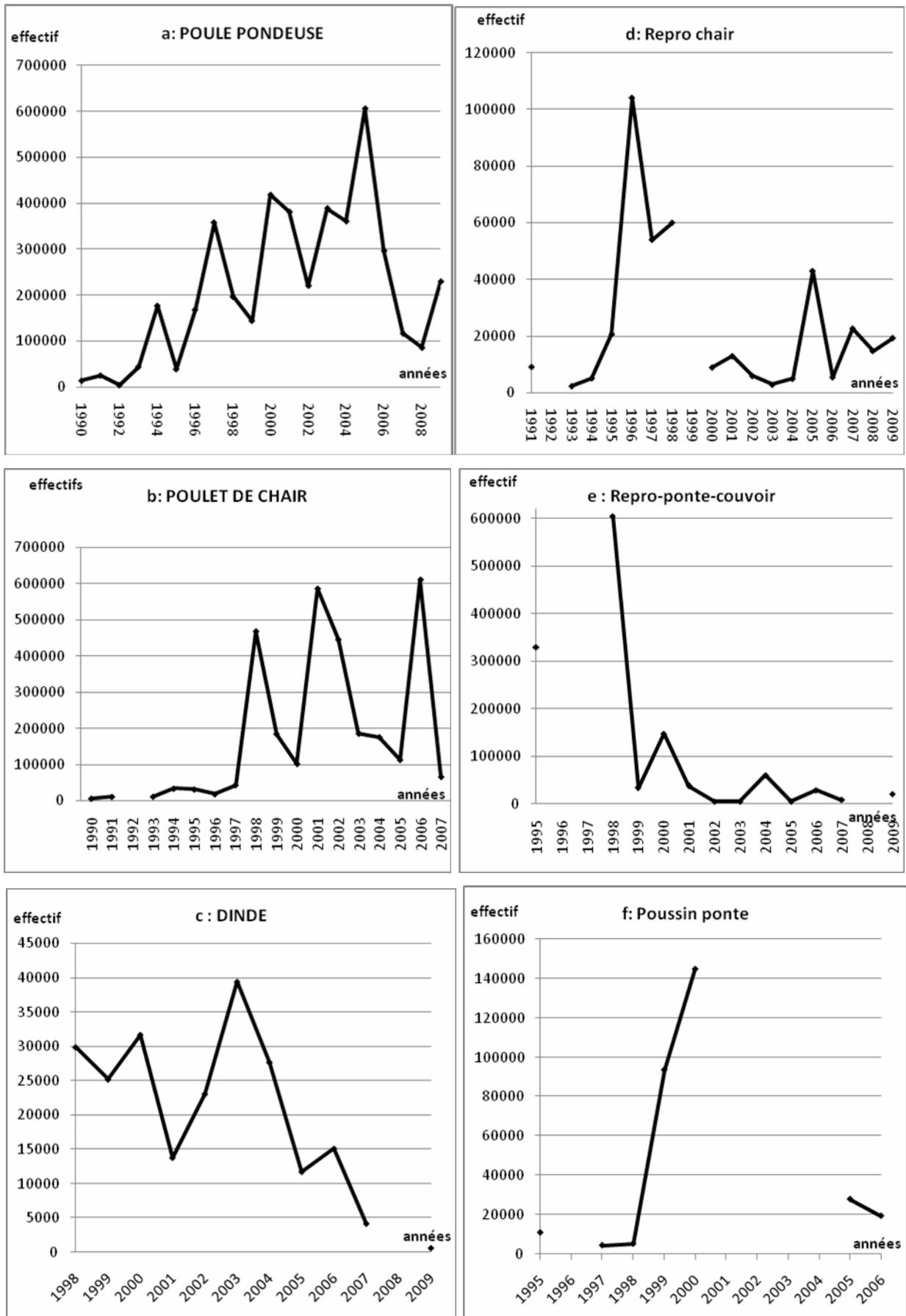


Figure N°4 : Evolution des effectifs de chaque type d'élevage durant 20 ans (de 1990 à 2009).

4.4 LES COMMUNES A ELEVAGE AVICOLE:

La wilaya de Batna compte une multitude de communes, pas toutes concernées par l'élevage avicole, malgré l'implication de la région dans le domaine. En effet plusieurs communes concernées par l'aviculture n'ont pas une production constante ni en type d'élevage, ni en effectifs qui fluctuent d'une année à une autre.

Pour faire ressortir les communes les plus représentatives en termes de production avicole de la région, nous avons fait le choix, de trier les communes selon la continuité de leurs productions dans le temps. Sur les vingt années d'information dont nous disposons, nous avons pris en compte, les communes qui ont au moins dix ans de production avicole tout types d'élevages confondue.

A partir de ce choix de trie, il ressort 13 communes, figure N°5 A et b. Ces communes sont : Ain-touta, Merouana, Barika, Fesdis, O/Cheaaba, REA, Djerma, Sefiane, O/Sislimane, Seriana, Ain-yagoute, A/elassafir, Djar.

La production avicole n'évolue pas de la même manière ; en effet certaines communes parmi les 13, marquent des discontinuités dans la production d'année en années telle est le cas des communes de Fesdis ou de Sefiane par exemple, et rare les communes qui offre une production continus durant les vingt dernières années telle que Ain-touta ou Merouana.

La majorité des effectifs pour chacune de ces 13 communes ne dépassent pas les 100 000 individus, exception faite pour les commune de Ain-touta de O/cheaaba de REA, Ain-yagoute, Djerma qui sont arrivées à dépassées ce seuil, en certaines années.

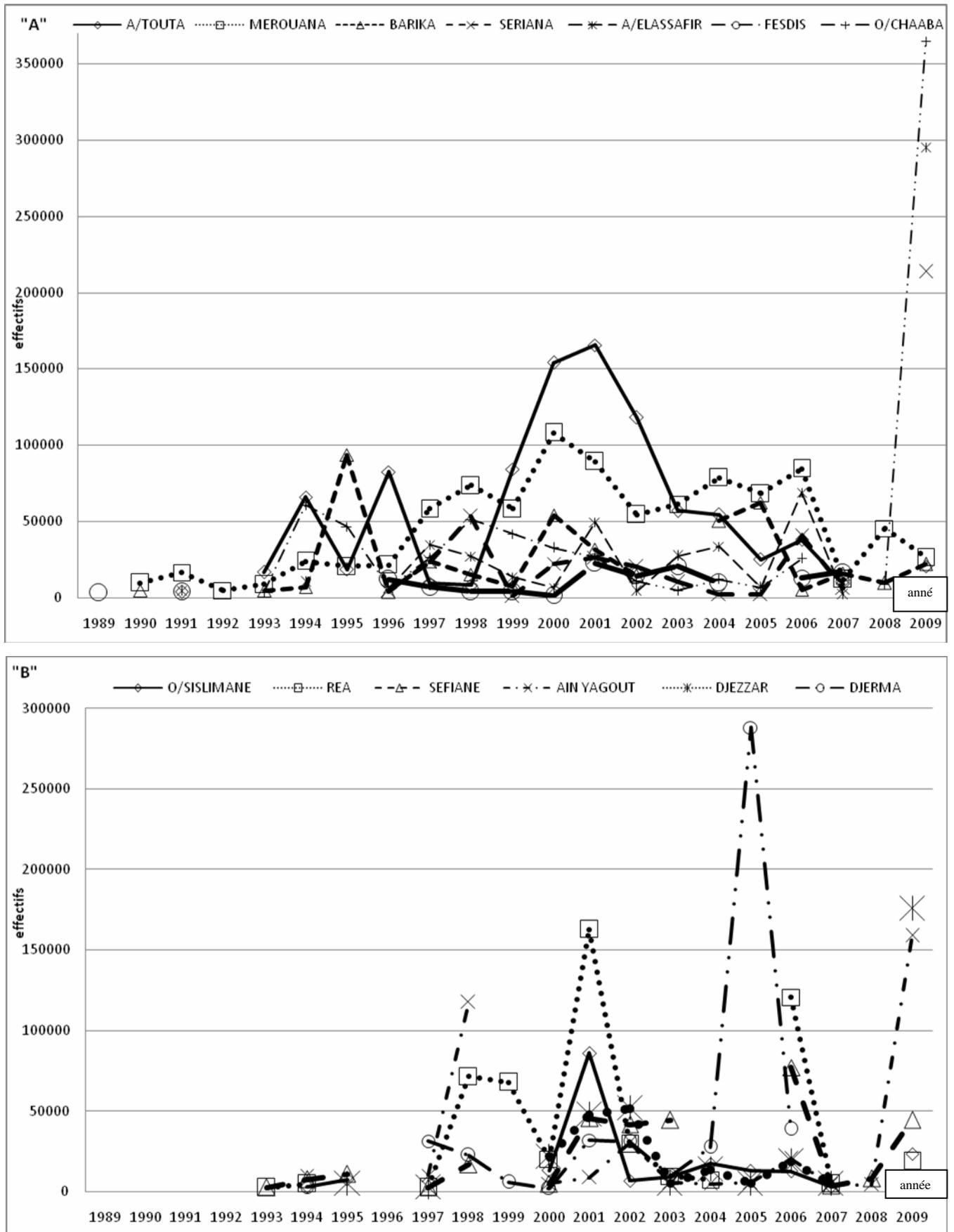


Figure N°5 (A et B): Evolution de la production avicole dans les 13 communes les plus représentatives de la wilaya, durant la période allant de 1989 à 2009.

4.5 LA REPARTITION DES DIFFERENTS TYPES D'ELEVAGE SUR LES COMMUNES LES PLUS REPRESENTATIVES :

Comme nous l'avons déjà évoqué, la production avicole des communes les plus représentatives n'est pas toujours constante dans le temps, mais parmi ces communes, il y'a celle qui se spécialisent dans un type d'élevage plutôt que dans un autre, et celles qui produisent plusieurs types d'élevage en même temps.

La figure N°6 représente la répartition des différents types d'élevage sur les treize communes les plus représentatives de la wilaya de Batna. De cette figure trois groupes se distinguent même si parfois ils se chevauchent :

- Le premier groupe concerne les communes qui produisent plus de 54% de la poule pondeuse, se sont : Djerma (83%), Merouana(82%), Ain-touta (74%), Fesdis et O/chaaba tous les deux (54%).
- Le deuxième groupe regroupe les communes qui produisent du poulet de chair à plus de 52%. Nous avons la commune de REA avec 81%, Ain-yagoute avec 79%, Ain-elassafir avec 72%, Djzzar avec 65%, Ouled-sisliman et Sefiane tout deux avec 64% et Seriana avec 52%.
- Le troisième groupe concerne les communes qui produisent au moins cinq des six types d'élevage de la wilaya. parmi ces communes, la commune de Barika produit les six types sans la prédominance de l'un d'entre eux
Les autres communes de ce 3^{ème} groupe sont partagées en deux : celles qui produisent au moins cinq des six types d'élevage de la wilaya, avec une prédominance de la poule pondeuse ; ce sont les communes de Ain-touta (74%) et O/chaaba (54%). Et celles qui produisent au moins cinq des six types d'élevage de la wilaya, avec une prédominance du poulet de chair, ce sont les commune de : REA (81%), et Ain-yagoute(79%),A/elassafir(72%),Seriana(52%).

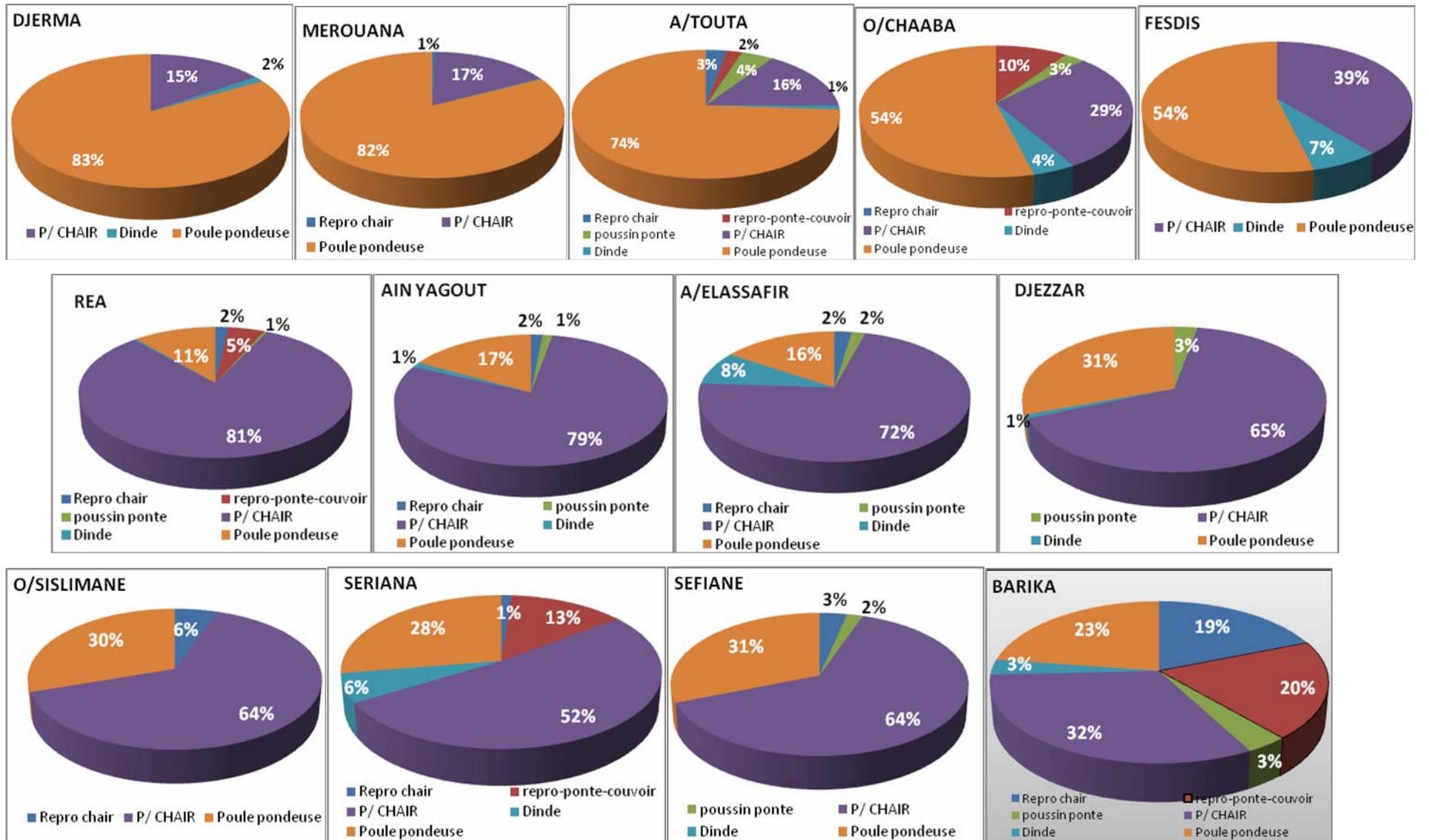


Figure N°6 : Répartition des différents types d'élevages sur les communes les plus représentatives de la wilaya.

4.6 CONCLUSION :

Le secteur avicole de la wilaya de Batna est sans doute l'un des plus importants sur le territoire national. Présent depuis plus de vingt ans, il n'exploite pas moins de six types d'élevages avicoles. Cette production diversifiée, affiche des fluctuations assez importantes concernant les effectifs, et n'évolue pas de la même manière dans toutes les communes de la wilaya. En effet certaines communes, marquent des discontinuités dans la production d'année en année, et seules les deux communes d'Ain-touta ou de Merouana, offrent une production continue durant les vingt dernières années. Les types d'élevages concernés par cette continuité, sont les élevages de poule pondeuse et de poulet de chair. Ces deux types d'élevage dominant nettement la production avicole de la wilaya.

CHAPITRE 5 : MOYENS D'ESTIMATION DES EMISSIONS EN AGRICULTURE.

INTRODUCTION :

Généralement, la première méthode d'évaluation des émissions, envisagée, est celle de mesurer directement les émissions pour estimer la pollution engendrée par les pratiques agricoles. Cependant, choisir de mesurer les émissions sur le terrain est bien trop difficile à mettre en œuvre. Car, ces dernières sont dites lourdes et plutôt onéreuses.

Quant à la deuxième méthode d'évaluation des émissions ; elle se fait par le calcul direct des émissions grâce à l'utilisation d'équations prées établies à partir d'indicateurs. De ce fait les valeurs des variables retenues pour le calcul doivent être facilement récupérables auprès des agriculteurs, sans recours à des mesures de terrain supplémentaires.

Mais malgré leur supposée, facilité de récupération, ces variables et leurs valeurs restent tributaires de certaines conditions qui peuvent altérer l'efficacité de cet outil d'évaluation. D'où l'importance des travaux de recherche actuels dans le domaine, en vue d'établir des modèles appropriés aux pays et aux régions concernées.

5.1 LES FACTEURS INFLUENÇANT LES EMISSIONS :

5.1.1 Le climat et localisation géographique :

La topographie se modifie avec la position géographique et par conséquent le climat change et toutes ses composantes avec lui ; la température, l'intensité et la fréquence des précipitations, l'humidité et la vitesse du vent, vont tous changer, ce qui va influencer l'intensité des émissions atmosphériques [(42) ;(60)].

5.1.2 La saison :

Les changements saisonniers influent sur les émissions atmosphériques. Les fluctuations sont dues probablement aux variabilités de températures et de pH ; (21) ajoute qu'il y a peu d'informations dans la littérature scientifique qui proposent d'autres facteurs. Par contre à l'échelle de l'animale, le cycle journalier peut amener à de notables fluctuations. Ainsi les mouvements des sujets est particulièrement important dans la génération de poussières (21).

D'autres auteurs par contre démontrent bien l'influence saisonnière quant aux émissions atmosphériques à partir de bâtiments d'élevage. L'influence se ressent surtout avec deux saisons : l'hiver et l'été (82) (58).

5.1.3 L'aménagement du lieu d'élevage :

Les émissions atmosphériques à partir des bâtiments d'élevage changent selon l'aménagement de ceux-ci. Selon (82) la concentration et l'émission des poussières sont affectées par le type du bâtiment d'élevage ; en effet, les résultats obtenus par (82) démontre que les émissions changent selon le type d'élevage : en cage ou sur litière. Même constatation pour les travaux de (58) concernant les mesures d'ammoniac et de poussières, là aussi, les résultats changent selon le type d'élevage : en cage ou en volière.

5.1.4 L'âge de l'animale :

Selon certains auteurs, l'âge de l'animal influe sur les émissions dégagées des bâtiments. (76) montre que la concentration en particules décroît avec l'âge croissant du poulet. Il attribue cette décroissance à la possible réduction de mobilité et la difficulté de soulever la poussière. Avec un maximum d'émissions à l'âge de deux semaines.

Les travaux de (6) ont démontrés que la concentration en NH_3 connaît des variations en fonction de l'âge de l'animal (pics de concentration à 2-3 semaines et à 9-10 semaines).

5.1.5 La nature des déjections :

Il est admis que la nature des déjections dépend de la nature des aliments absorbés ; en effet, les émissions de gaz azotés tel que l'ammoniac sont tributaires de la nature des déjections, qui est elle-même tributaire du type de protéines et par conséquent du type d'acides aminés qui composent l'aliment absorbés (52).

C'est pour cela, que certaines études portent sur la maîtrise de la composition en acides aminés des aliments en vue de la maîtrise des émissions d'ammoniac à partir de déjections animales.

5.2 LES METHODES DE MESURES :

L'estimation de la pollution atmosphérique d'une manière générale, et en particulier celle émise par l'agriculture, montre bien des complications ; entre les mesures réelles sur terrain et celles obtenues à l'aide d'équations près établies. Le choix reste à faire, bien sur, en fonction des objectifs fixés et des moyens déployés. Certes des techniques de modélisation se sont perfectionnées, et des équations

sont proposées par de nombreux chercheurs européens et nord américains, mais le problème réside dans l'absence de model de calcul appropriés à notre pays. Nous avons donc, choisi dans cette partie du document de proposer un inventaire des méthodes les plus utilisées pour mesurer les émissions liées à l'agriculture et plus particulièrement à l'élevage.

5.2.1 Les méthodes de mesures des gaz :

Le fait que, les mesures des émissions des gaz et des poussières dans les bâtiments d'élevage soient coûteuses n'est pas le seul inconvénient, en effet ces méthodes sont dites lourdes, et demandent un matériel sophistiqué à la pointe de la technologie.

Il y a différentes techniques qui permettent les mesures des concentrations de particules et de gaz polluants, tout dépend de la problématique des travaux effectués.

D'une manière générale, c'est toute une installation qui est mise en place ; il s'agit d'un système ombilical reliant plusieurs points d'échantillonnage situés à l'intérieur du bâtiment d'élevage, à un laboratoire mobile situé lui, à l'extérieure. (67) (85) (28) (64). Cette illustration est schématisée sur la figure N°7, (67) :

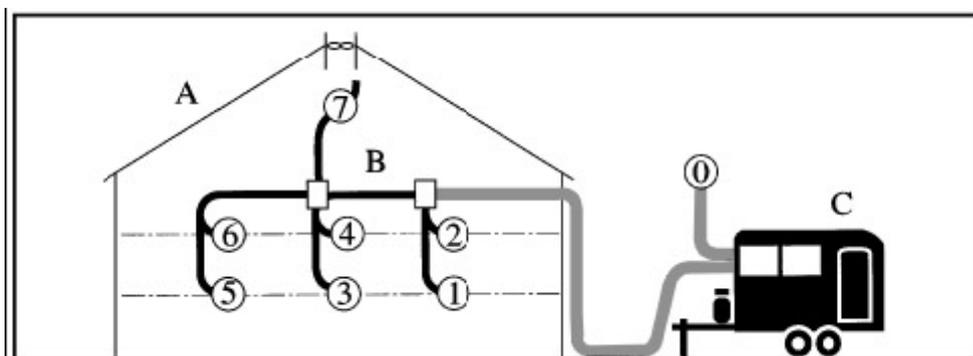


Figure N°7 : représentation schématique de l'installation (67).

A : bâtiment d'élevage, B : système ombilical, C : laboratoire mobile, de 0 à 7 : points d'échantillonnage.

Le laboratoire mobil est munie de pompes, de filtre, mais il est surtout munie d'analyseur de gaz, chacun de ces analyser est spécifique à un type de gaz. Le tout est relié à un PC qui permet d'enregistrer les résultats en continu. La figure N°8, nous schématise le système, d'après (44) :

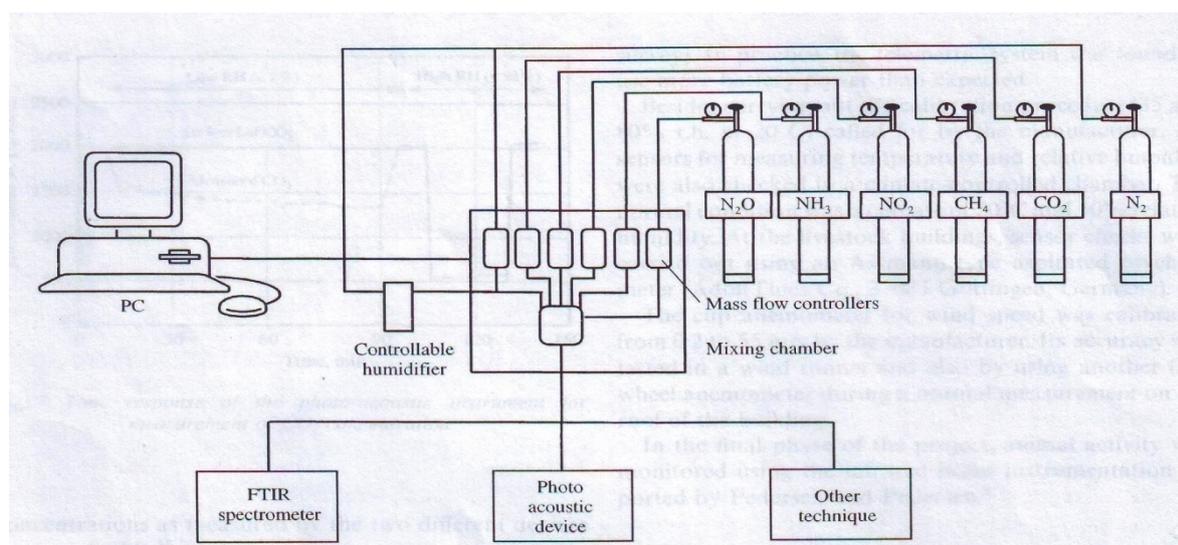


Figure N°8 : Représentation schématique du laboratoire mobile (59).

Remarque : La mesure ou l'estimation des différents gaz contenant de l'azote à savoir le NH₃, N₂, N₂O et NO doit prendre compte de la totalité d'azote perdu, N perdus, selon l'équation suivante(59) :

$$\mathbf{N \text{ perdus} = N \text{ entrant} - N \text{ sortant}}$$

N entrant : concernera les aliments apportés, les légumes produits sur place (dans la ferme) et les fertilisants utilisés.

N sortant : concernera la production animale et les légumes sortants de la ferme.

Ceci bien sur demandera une étude complète sur la ferme concernée.

5.2.1.1 Les méthodes de mesures de l'ammoniac :

L'ammoniac émis par le secteur d'élevage et notamment par celui de l'élevage avicole, a fait et fait toujours l'objet de plusieurs études, compte tenu des quantités importantes d'ammoniac émises par cette activité agricole.

L'appareillage utilisé pour mesurer l'ammoniac :

Plusieurs appareils sont utilisés pour mesurer l'ammoniac :

- L'Analyseur infrarouge photoacoustique (Brûel et Kjaer 1302 multigaz monitor) [(44) ;(28) ; (32) ; (41)]
- Chemiluminescence NO_x analyzer et wet chemistry [(85) ; (67)]
- Détecteur de gaz type WG, (2).

- Ogawa passive samplers (Ogawa USA Inc., Pompano Beach, Florida) [(71) ; (73)].
- Aqueous-phase colorimetry ou Ion chromatography (60).

Le principe de fonctionnement de ces appareils quant à la mesure d'ammoniac peut se ressembler ; (60) et (71) dans leurs description des instruments utilisés respectivement « Ion chromatography » et « Ogawa passive samplers », évoquent la présence de plusieurs filtres dont l'un, est un filtre réactif imprégné d'acide citrique, figure N° 9.

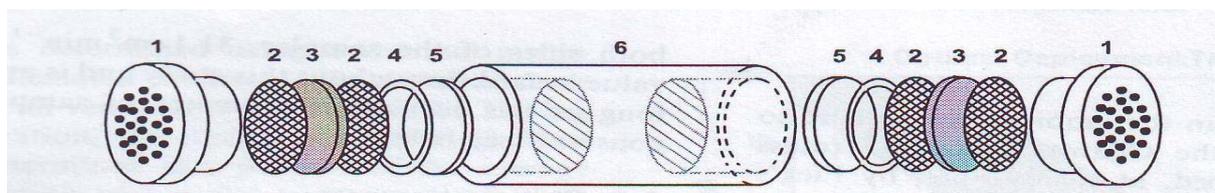


Figure N°9 : Représentation schématique de l'Ogawa passive samplers (71).

[1 : un bouchant qui sert de barrière diffusante. 2 : écran en acier inoxydable. 3 : filtre réactif. 4 : anneau de maintien. 5 : plaquette. 6 : corps de l'appareil].

Plusieurs acides peuvent être utilisés pour l'adsorption de NH_3 aux (**denuders**), (71) ; (acide sulfurique, acide phosphorique, l'acide tartrique, l'acide oxalique). Dans cette méthode l'utilisation de l'acide citrique est due à sa compatibilité chimique avec l'analyse colorimétrique de l'ammonium.

La méthode de mesure par titrage acido-basique :

Un titrage est une méthode de dosage mettant en œuvre une réaction chimique entre la solution à doser et un réactif adéquat (réactif titrant). À partir de l'équation de la réaction, on peut déterminer la quantité de matière de réactif titré apportée, et d'en déduire la concentration recherchée. Selon ce principe, la concentration d'ammoniac est déduite en utilisant une solution acide (l'acide le plus fréquemment utilisée pour titrer l'ammoniac étant l'acide chlorhydrique ou sulfurique).

Le même principe est utilisé dans le traitement de l'air à savoir :

Le lavage de gaz par absorption :

Ce procédé est un transfert de matière d'une phase gazeuse dans une phase liquide, le polluant présent dans l'air est solubilisé dans un liquide (88). Les solutions de lavage de l'ammoniac sont des solutions, à base d'acide chlorhydrique ou sulfurique. Elles mettent en jeu des réactions dont les vitesses sont extrêmement rapides et qui sont donc considérées comme instantanées de surface (75).

Le dosage chimique :

C'est une technique d'analyse physico-chimique des composés odorants. Qui consiste à mettre les constituants d'un échantillon gazeux à analyser en contact avec des réactifs chimiques spécifiques d'un produit ou d'une famille chimique. Cette méthode nécessite une connaissance préalable de la constitution chimique de l'échantillon, pour orienter le choix des réactifs utilisés. Par ailleurs, leur sensibilité est souvent incompatible avec les composés en état de traces (72). Figure N°10.

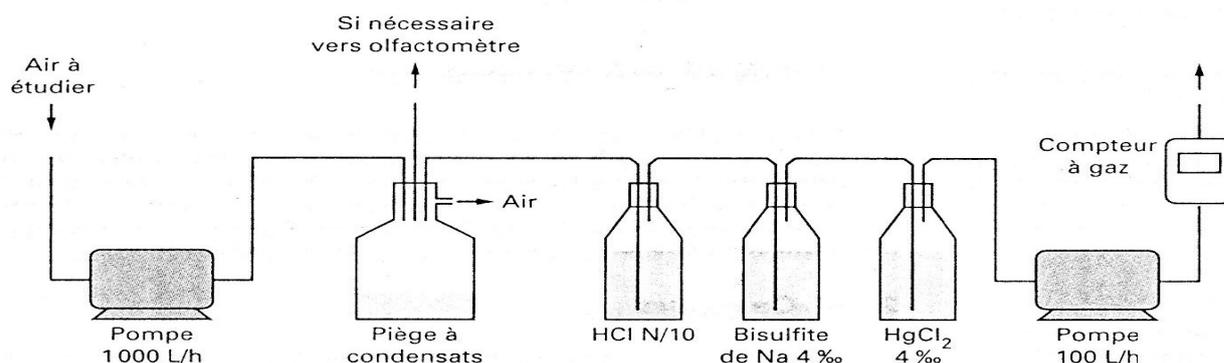


Figure N°10 : Dispositif de piégeage des composés odorant par familles chimiques (72).

5.2.2 Les méthodes de mesures des poussières :

La poussière générée par le secteur avicole soulève des interrogations en matière de santé qu'elle soit à l'intérieur ou au voisinage des bâtiments, vis à vis des professionnels du secteur, de l'élevage lui-même et des riverains. C'est pourquoi de nombreuses études se sont penchées sur la composition et la mesure de ces poussières utilisant des méthodes qui s'adaptent aux nombreuses approches.

(19) regroupe les trois principales méthodes, dont nous décrivons les principes si dessous :

5. 2.2.1 La méthode gravimétrique :

La détermination gravimétrique des poussières déposées sur un filtre reste la méthode la plus répandue pour mesurer les particules en suspension. Elle consiste à faire passer un volume d'air, donné, à travers un filtre et à peser ce dernier avant et après le passage de l'échantillon d'air, à température et hygrométrie constantes.

L'estimation de la quantité de poussière présente dans l'air sera déterminée en divisant la masse de poussière obtenue par le volume d'air aspiré.

Tous les appareils de relevé gravimétrique sont constitués d'une tête de prélèvement, d'un filtre et d'une pompe réglée pour faire passer un volume d'air exactement défini. Les têtes de prélèvement servent à prélever une certaine fraction

de particules dans l'air ambiant et à acheminer l'échantillon avec le moins de pertes possible jusqu'au dispositif de mesure (filtre).

En plus d'être coûteuse, l'inconvénient de cette méthode est la lenteur du prélèvement (la mesure); L'analyse porte généralement sur un échantillon prélevé sur 24 h, de ce fait on ne dispose d'aucune information sur les variations de la charge en particules au cours de la journée.

5.2.2.2 La méthode non gravimétrique :

Il est possible de contourner les difficultés rencontrées avec la méthode précédente en recourant à des moniteurs (divers appareils automatiques) qui mesurent les poussières en continu, effectuant le même type de relevés. Ceci à l'aide jauges β (bêtamètres), qui sont constituées, à l'instar des gravimètres, d'une tête de prélèvement, d'un filtre et d'une pompe réglée sur un certain débit d'air. On à deux principe :

- Au lieu de peser les filtres, on dirige sur eux un faisceau continu de rayons β (provenant d'une source de krypton-85, par exemple) et l'on détermine le degré d'atténuation du rayonnement engendré par les particules déposées sur le filtre. Cette atténuation du rayonnement peut permettre de déduire la masse de particules.
- Dans le cas de la microbalance à variation de fréquence (TEOM: tapered element oscillating microbalance), le filtre est monté sur la pointe d'un très fin conduit creux, au travers duquel est aspiré l'air à examiner. On mesure la fréquence de résonance de l'élément filtrant, fréquence qui est fonction de la masse de poussière qu'il a piégée. Des dérivé du système TEOM tel que le nouveau système FDMS (filter dynamics measurement system) se montre particulièrement performant.

Les travaux de [(44) ; (76)] sont basés sur le même principe, en utilisant une microbalance oscillante (TEOM) réalisée par Airlor à l'aide d'analyseurs en continu.

Pour l'heure, ces systèmes de monitoring ne peuvent hélas pas être considérés comme parfaitement équivalents aux procédés de référence. En effet ces systèmes détecteraient la masse de l'eau de condensation et le signal s'en trouverait faussé. Ce qui nécessite de chauffer légèrement le filtre (à 30 ou à 50 °C généralement), pour éviter la condensation par temps humide. Le chauffage des filtres provoque toutefois des pertes variables et imprévisibles de certains composés semivolatils

constitutifs des particules récoltées, et surtout de nitrate d'ammonium, qui peut représenter une part importante des particules en suspension.

5.2.2.3 La mesure du nombre de particules et répartition par taille :

Pour connaître la concentration numérique des particules, on a recourt à des compteurs de noyaux de condensation, capables de détecter les particules à partir d'un diamètre de 7 nm. L'air aspiré dans le système est tout d'abord conduit à travers une chambre saturée de vapeur de butanol. Ce dernier se condense sur les particules qui traversent la chambre, leur faisant atteindre une taille optimale pour le compteur optique au laser. Jusqu'à une concentration d'environ 10 000 particules par cm^3 , il est possible de procéder par comptage des impulsions lumineuses diffractées par chaque particule (comptage individuel). Au-delà, on procède par mesure de l'intensité lumineuse globale diffractée (mode photométrique) et par conversion en concentration de particules sur la base d'une fonction calibrée en atelier.

En ce qui concerne la répartition granulométrique des aérosols, une multitude de procédés sont utilisés pour couvrir différentes fractions :

- les APS (aerodynamic particle sizer) pour la fraction de 500 nm à 10 μm .
- les SMPS (scanning mass particle sizer) pour la fraction de 10 nm à 1 μm .
- Les systèmes ELPI (electric low pressure impactor) couvrent quant à eux la fraction de 10 nm à 10 μm .

Il est parfois difficile de comparer les relevés effectués à l'aide de ces systèmes car ils ont plusieurs définitions du diamètre des particules, seuls les APS procèdent par mesure directe du diamètre aérodynamique des particules.

D'autres auteurs proposent d'autres méthodes, toute fois avec le même principe ;

- Bassoumètre : appareil qui sert à mesurer l'empoussièrement des sols. Les réseaux d'alerte et de mesure de la qualité de l'air utilisent aussi depuis quelques décennies en extérieur des jauges Owen qui recueillent passivement les dépôts de poussière, dont on peut ensuite analyser des échantillons, sachant qu'une fraction biodégradable pourra avoir disparu, et que des bactéries pourront s'y être multipliées si les délais d'analyse sont importants.
- Le laser (Lidar) peut être utilisé pour mesurer la teneur de l'air en particules, à distance. Un simple filtre en amont d'une pompe dont le débit d'air est connu permet des mesures quantitatives simples.

- Un autre aspect est fréquemment abordé dans les travaux, c'est celui concernant la concentration d'endotoxines et de microorganismes dans les poussières émises par les bâtiments. Pour cela il est usuel d'utiliser : « May three-stage glass impinger » ou « Andersen tow-stage microbial impactor »(61).
- (92) : propose deux types de d'appareillage:
 1. Microenvironmental Exposure Monitor (MEMs) : qui un appareillage fixe.
 2. Et le Personnel Exposure Monitor(PEM): qui a été développé pour l'estimation personnel de l'exposition aux particules.

Pour ce deuxième appareillage, l'auteur décrit 3 types de dispositifs constitués de filtres, ces derniers sont enfermés dans un cache ou couvercle. Les couvercles des deux premiers dispositifs sont munis d'une multitude de trous de $2,5\mu\text{m}^2$ pour le premier et de $10\mu\text{m}^2$ pour le deuxième dispositif. Par contre, le pour le troisième dispositif, le couvercle est menu d'un seul trou au milieu. Figure N°11.

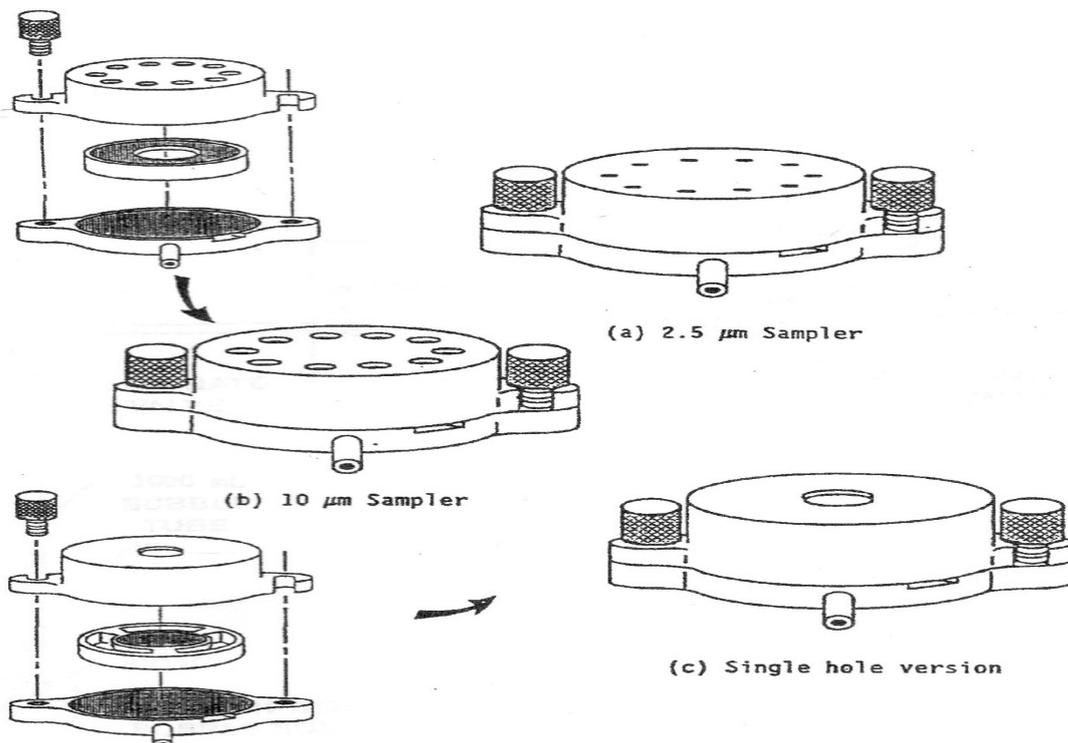


Figure N° 11 : Illustration des trois dispositifs (92).

Les deux appareils utilisé par (68), sont proposés avec une formule pour le calcul de la concentration de particule de l'air ambiant:

$$C = K. Ms / Vs$$

C: masse de concentration des particules mg / m³.

K: coefficient

Ms: masse trouvée sur le filtre d'échantillonnage estimée par mg.

Vs: volume de l'air échantillonné.

$$Ms = (m_2 - m_1) - m_3$$

m₁ : tare du filtre avant échantillonnage.

m₂ : le poids du contenu du filtre d'échantillonnage.

m₃ : valeur moyenne de la variation de la masse nette relevée sur les filtres blancs.

Vs: volume de l'air échantillonné estime par:

$$Vs = Q.T / 1000$$

Avec:

Q: vitesse moyenne du flux d'air échantillonné;

T : temps d'échantillonnage (min)

1 000 : pour convertir du litre vers le m³.

- Selon (58) les prélèvements de poussières sont réalisés au moyen de 2 capteurs (ARELCO CIP 10) dans Chaque bâtiment:
 - Un appareil avec filtre à poussières alvéolaires en position fixe (dit prélèvement « d'Ambiance»),
 - Un appareil avec filtre à poussières alvéolaires porte par un animalier (dit mesure de l'exposition du« personnel.»),

Les appareils sont mis en mode prélèvement pendant une durée de 8 h environ pour les prélèvements d'« ambiance» et 6 h pour les prélèvements « personnel ». Le calcul du taux de poussières (mg/m³) est réalisé à partir de la connaissance du volume d'air et de la masse de filtre.

Conclusion de la partie bibliographique:

La pollution de l'air, est entrain de provoquer un dérèglement planétaire global, causée par l'évolution démesurée de l'activité humaine. Cette pollution peut être engendrée par plusieurs secteurs et notamment par celui de l'agriculture.

En effet, les émissions de gaz à effet de serre, tel que le méthane et l'oxyde nitreux, et de gaz acidifiants, tel que l'ammoniac, ou encore les émissions d'odeurs ou de poussières, sont attribuables aux pratiques agricoles.

La production animale et la gestion des déjections produites en grandes quantités, constituent le principal problème lié à l'agriculture. Les émissions aériennes qui en découlent, peuvent compromettre la productivité des exploitations, la santé des ouvriers des fermes, et l'environnement immédiat de ces dernières.

Les poussières et particulièrement l'ammoniac, sont les deux polluants atmosphériques produits en grandes quantités par l'élevage avicole. C'est selon la composition de l'alimentation, les conduites d'élevages et l'espèce considérée ainsi que son âge, que diffèrent les quantités émises.

Le secteur avicole de la wilaya de Batna, est diversifié, avec six types d'élevage différents. Les effectifs dans les élevages avicoles de cette willaya, présentent des fluctuations assez importantes. Il affiche des discontinuités dans la production d'année en année, sauf, en élevages de poule pondeuse et en élevage de poulet de chair. Ces deux types d'élevage dominent nettement la production avicole de la wilaya. Les communes qui offrent une production continue durant les vingt dernières années, sont celles d'Ain-touta et de Merouana.

Cette production avicole à caractère intensif, n'est pas sans conséquences sur l'environnement de la région, d'où la nécessité d'estimer ou d'évaluer la pollution qui s'en dégage.

Les connaissances en termes de mesure et d'évaluation des émissions atmosphériques liées à l'élevage montrent bien des progrès, notamment en termes de matériels et méthodes de mesure. De plus en plus, les outils sont perfectionnés dans le but d'une estimation plus précise des pollutions atmosphériques produites par les productions animales.

Nous avons, à travers cette première partie, essayé d'exposer l'état actuel des connaissances concernant la pollution atmosphérique liée à l'élevage avicole. En insistant sur deux problématiques, celle concernant l'émission d'ammoniac et celle concernant la génération des poussières. Ces deux pollutions sont non seulement produites en grandes quantités par le secteur agricole, mais elles sont certainement plus palpables au niveau des riverains, des unités d'élevage. Ce qui peut susciter des préoccupations plus vives que celles concernant d'autres pollutions moins perceptibles. Ces deux émissions, ammoniac (NH_3) et les poussières, au niveau de l'élevage avicole font l'objet de notre étude expérimentale.

PARTIR 2 : ETUDE EXPERIMENTALE

INTRODUCTION :

Dans la première partie de ce document nous avons choisi de nous intéresser aux relations qu'entretient l'agriculture avec le compartiment air de notre environnement. L'accent était mis sur les activités d'élevage et nous nous sommes particulièrement penchés sur la production avicole.

A l'issu de ces éléments bibliographiques qui démontrent bien l'étroite dépendance de la production agricole à l'égard du milieu, trois groupes de pollutions se distinguent quant aux émissions émises à partir des bâtiments d'élevage avicole : les gaz à effet de serre ; notamment le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O), les gaz acidifiants ; tel l'ammoniac (NH_3), ou encore les poussières. Les deux derniers polluants à savoir l'ammoniac (NH_3) et les poussières suscitent beaucoup plus d'intérêts du fait de l'importance des quantités émises à partir des bâtiments d'élevage. En effet l'aviculture est le premier secteur agricole générant de l'ammoniac (52). Ce gaz produit en grandes quantités, il est source de nuisance non seulement à l'intérieur du bâtiment, mais aussi aux niveaux des exploitations et de leurs voisinages (78). La poussière quant à elle opère surtout à l'intérieur du bâtiment ; influant sur les performances zootechniques des élevages et causant des problèmes respiratoires pour les ouvriers plus au moins graves selon la durée d'exposition (16).

Dans cette deuxième partie du document qui est l'étude expérimentale, nous allons développer deux chapitres :

Le premier est celui des matériels et méthodes, dans le quel nous allons procéder à la description du bâtiment d'élevage, ainsi qu'à son fonctionnement, ce bâtiment étant l'édifice où nous avons réalisé notre expérimentation. Dans ce même chapitre nous décrirons avec détail le matériel utilisé (réalisé spécialement pour cette étude), la méthode suivie sur terrain, ainsi que les travaux réalisés au laboratoire.

Le second chapitre porte sur les résultats et la discussion. Dans le quel nous allons présenter les résultats de l'étude descriptive et de l'étude statistique de chacune des quatre expérimentations réalisées dans cette étude. Ces résultats seront suivis par une discussion. On terminera le document avec une conclusion générale.

CHAPITRE 1 : MATERIELS ET METHODES

1-1 MATERIELS :

INTRODUCTION :

La mesure de la pollution de l'air à l'intérieur des bâtiments d'élevage est considérée comme étant une estimation coûteuse même chez les pays développés, d'où le recours à des méthodes de calcul, plus accessibles et plus facile à utiliser. Toutefois, pour arriver à établir des équations de calcul il faut passer par des mesures réelles. En absence de modèles de calcul appropriés à notre pays, la problématique est d'autant plus compliquée, dans le sens où, à priori il va falloir procéder à la mesure sur terrain. Nous ne disposons pas de matériel pour effectuer notre travail, il fallu en un premier temps concentré nos recherches dans la création de prototypes qui peuvent réaliser des mesures de poussière et des mesures d'ammoniac.

1.1.1 La délimitation du champ de l'étude :

1.1.1.1 Les limites géographiques :

La présente étude a été réalisée dans un bâtiment d'élevage de poule pondeuse, dans la région de Draa-boultif commune d'Ain-Yagout au nord-ouest de la wilaya de Batna.

1.1.1.2 Les données climatiques :

Le climat de la région est caractérisé par un climat semi aride. Les figures N°12(a ; b ; c ; d ; e) résument quelques données climatiques (valeurs mensuelles moyennes) de la période allant de 1995 à 2004.

Les températures les plus fortes sont enregistrées durant l'été, au mois de Juin, Juillet et Aout, figure N°12 ; a. Durant ces même mois la pluviométrie atteint le plus bas niveau, et varie entre 20,3 et 36 mm le reste de l'année, figure N°12 ; b. De même pour l'humidité, les mois d'été son les moins humide, et les plus forts pourcentages sont enregistrés en mois de janvier et février, figure N°12 ; c. La vitesse du vent est comprise entre 3 et 4 m/s, figure N°12 ; d. et l'insolation est plus forte en été avec un maximum enregistré en mois de juillet, Figure N°12 ; e. Le climat de la région est un climat sec et chaud en été et froid et humide en hiver.

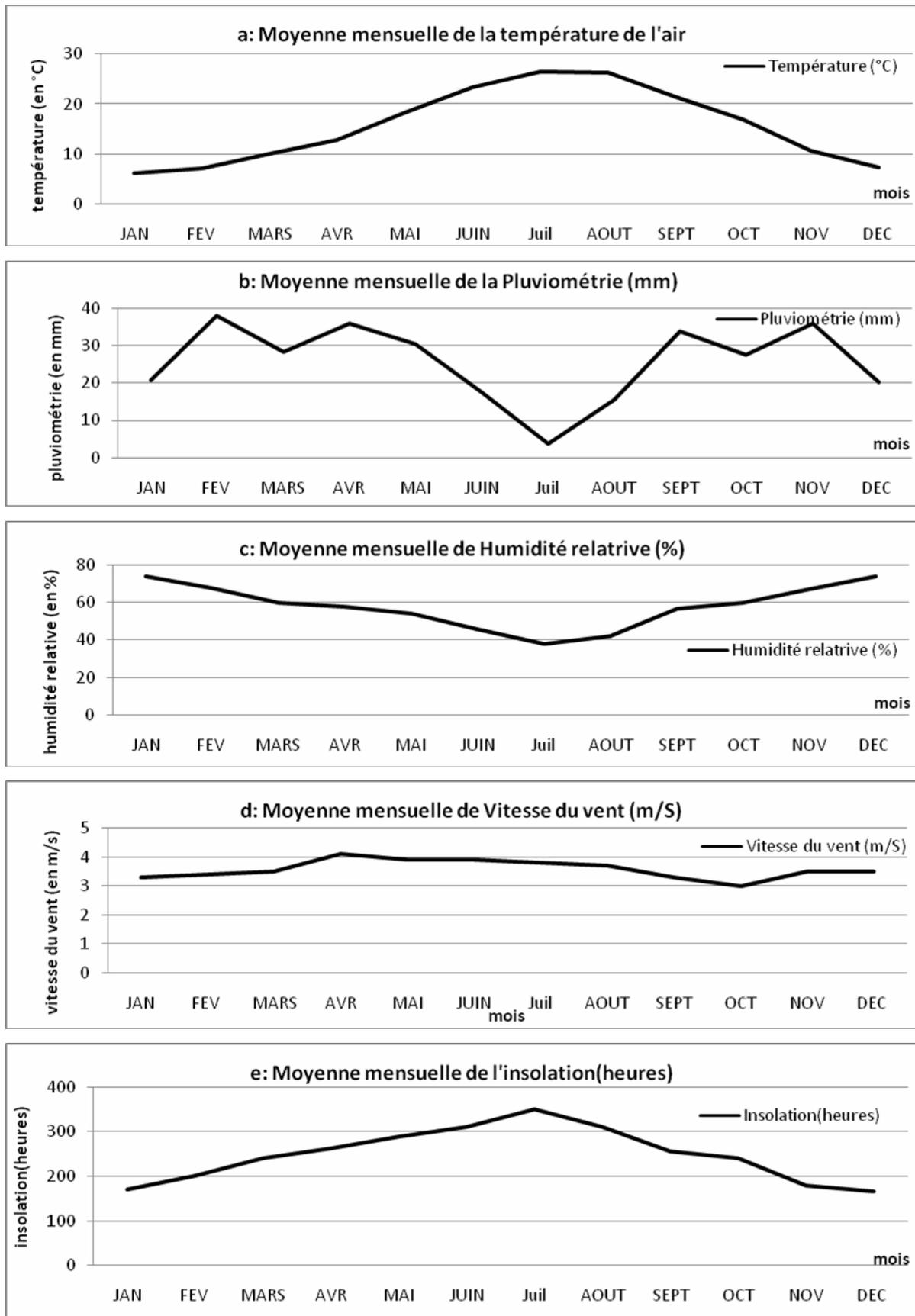


Figure N°12 (a ; b ; c ; d ; e) : Moyennes mensuelles de quelques données climatiques ; période : 1995 - 2004 ; station météo de l'aéroport de Batna (document de l'office nationale de météorologie).

1.1.1.3 La description du bâtiment d'élevage :

Le bâtiment est de type fermé à ventilation dynamique. Il est de forme rectangulaire de $923,33\text{m}^2$ de superficie, ses dimensions sont de : 10,86m de largeur, 85 m de longueur et 4m de hauteur. Il possède deux pièces annexes qui communiquent directement avec l'intérieur du bâtiment, dont la première est située à l'entrée, et la deuxième à droite de l'édifice (à 40m de l'entrée) faisant respectivement 60 et 100m^2 de superficie.

L'intérieur du bâtiment communique avec l'extérieur par trois sortes d'ouvertures : Les fenêtres, qui longent les deux cotés, gauche et droit, du bâtiment, sont à 1,76m du sol et à 2,30m d'intervalle les unes des autres. Elles font 1,60m de longueur sur 0,45m de hauteur (Photo N°1 et N° 2 ; Figure N° 13).

Les quatre ouvertures qui abritent chacune un extracteur d'air sont situées au fond du bâtiment à 0,9m du sol. Elles possèdent un espace de 1,05m entre elles, et un espace de 0,87m de chaque coté des murs. Elles font $0,913\text{m}^2$ (Photo N°3 et N° 4 ; Figure N° 14).

L'ouverture de la fosse à fiente, à partir de laquelle sont acheminées les fientes vers l'extérieur du bâtiment, fait 0,75m de largeur sur 0,57m de hauteur, Photo N°5. Elle est située au fond du bâtiment sur le coté gauche.



Photo N°1 : Coté gauche arrière du bâtiment



Photo N°2 : Coté droit avant du bâtiment



Photo N°3 : vue intérieur des extracteurs.



Photo N°4 : Extracteurs à l'arrière du bâtiment.

Photo N°5 : vue intérieur de l'ouverture de
la fosse à fiente

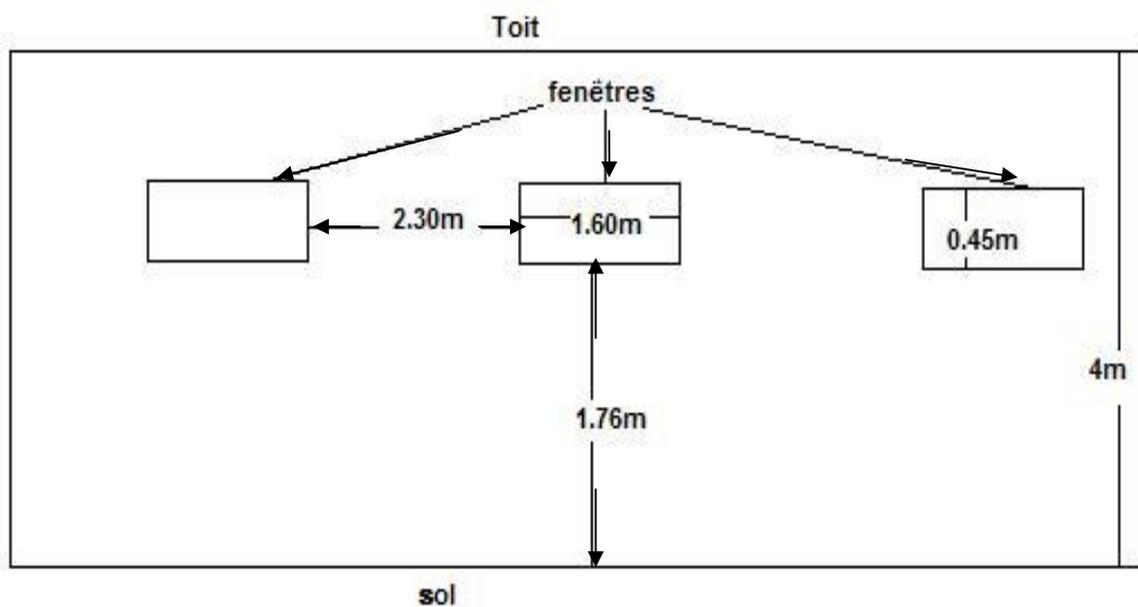


Figure N°13: mur latéral, gauche ou droit, du bâtiment.

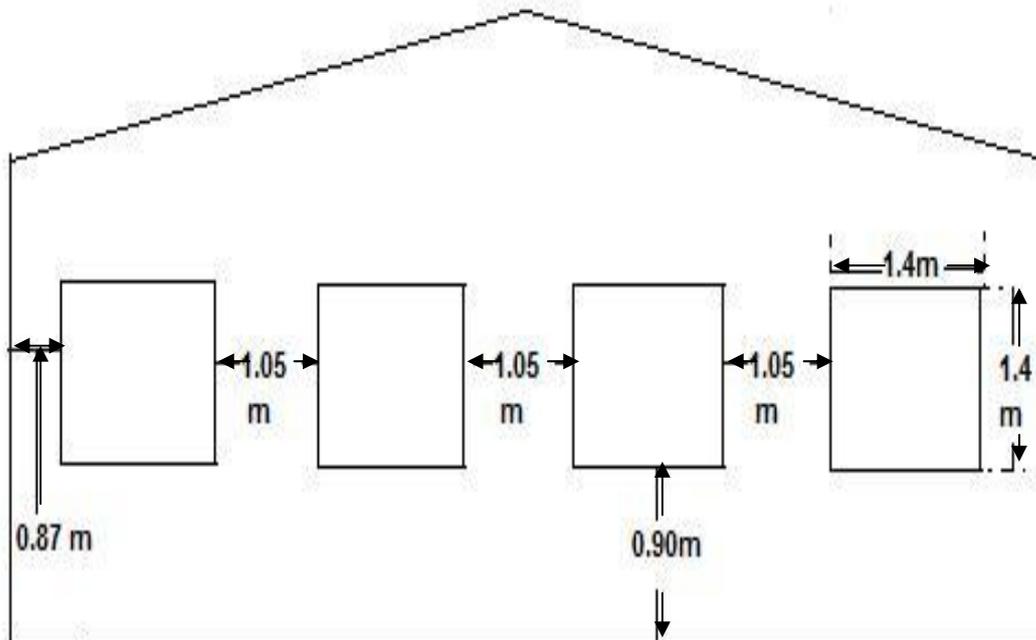


Figure N°14: fond du bâtiment ouvertures abritant les extracteurs

➤ **Les équipements du bâtiment :**

a- Les batteries :

Le bâtiment abrite trois batteries de 80m de longueur sur 1,5m de largeur, et 2m de hauteur; de profil les batteries présentent une forme pyramidale de 1,5m de base et 50mm au sommet. Chaque batterie comporte trois niveaux séparés par une distance de 550mm les unes des autres, et d'une distance de 350mm séparant le troisième niveau du sommet (Photo N° 6 et N° 7 ; Figure N°15).

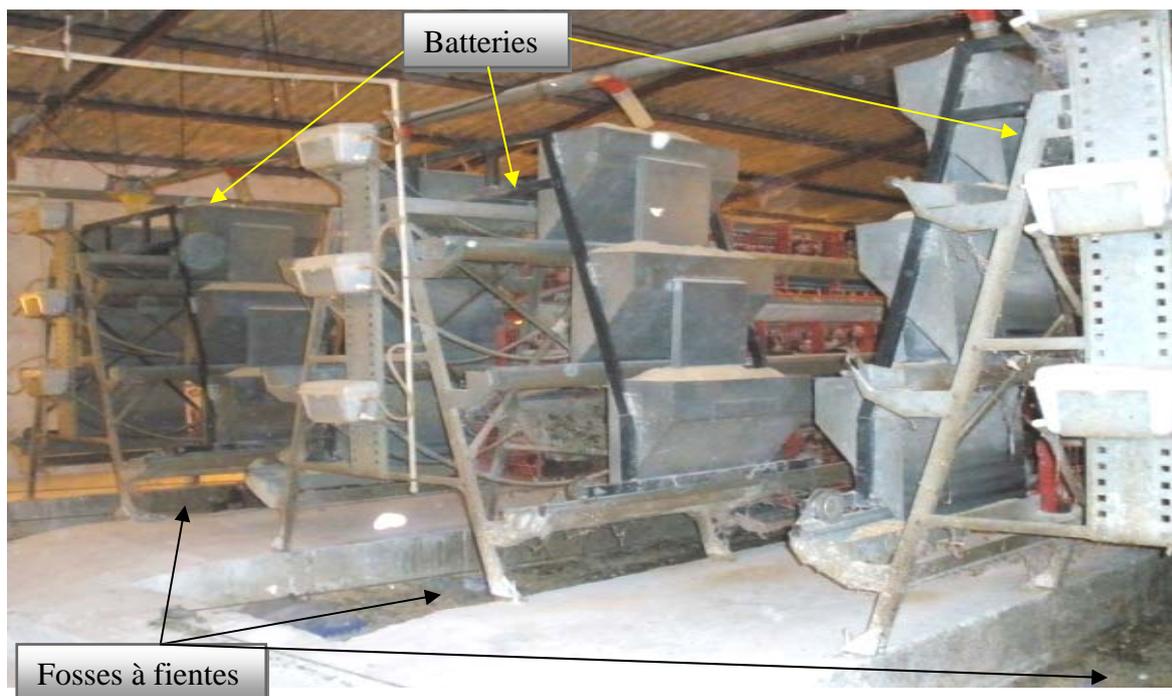


Photo N°6 : aperçu des trois batteries.

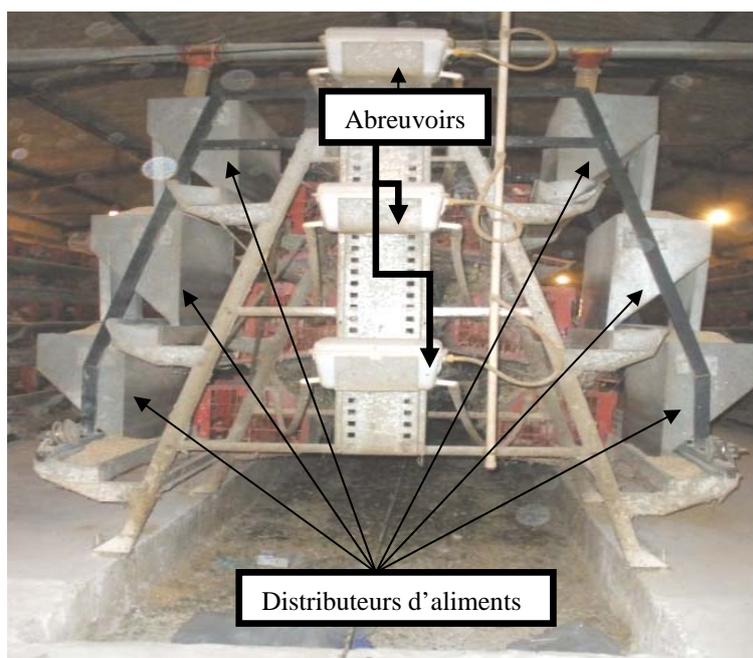


Photo N°7 : batterie, vue de profile.

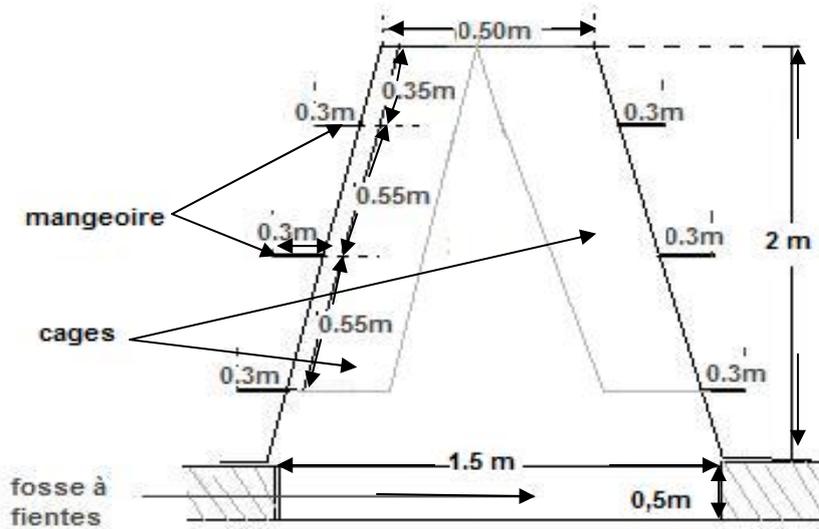


Figure N°15: batterie, vue de profil

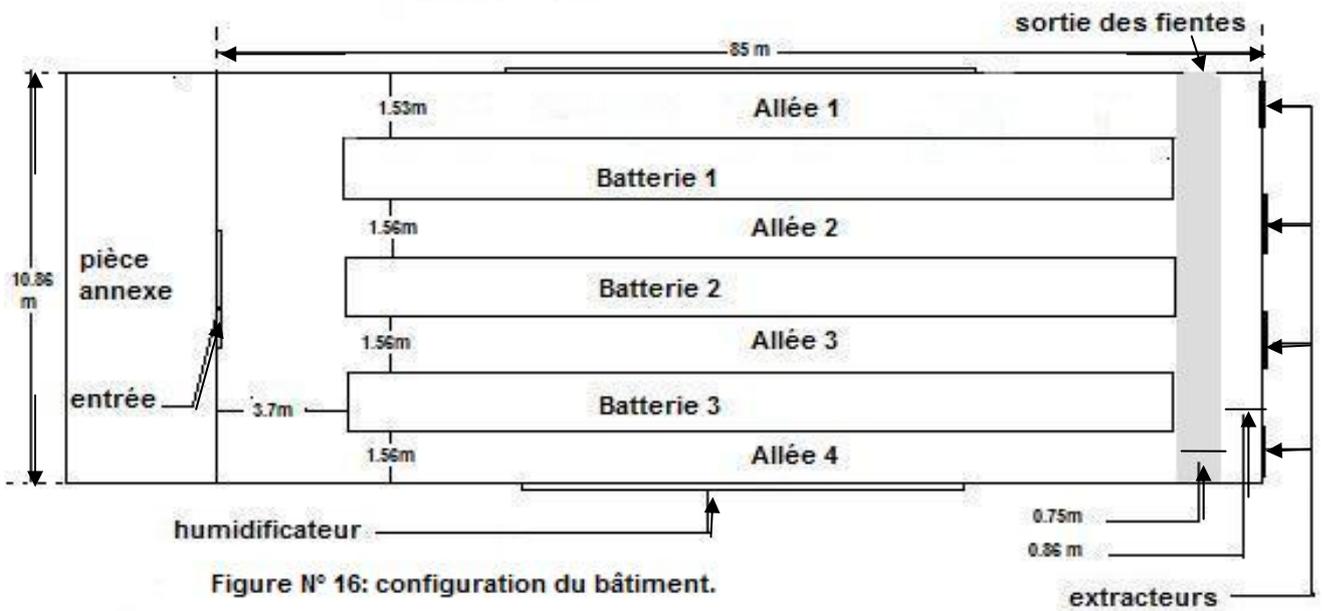


Figure N°16: configuration du bâtiment.

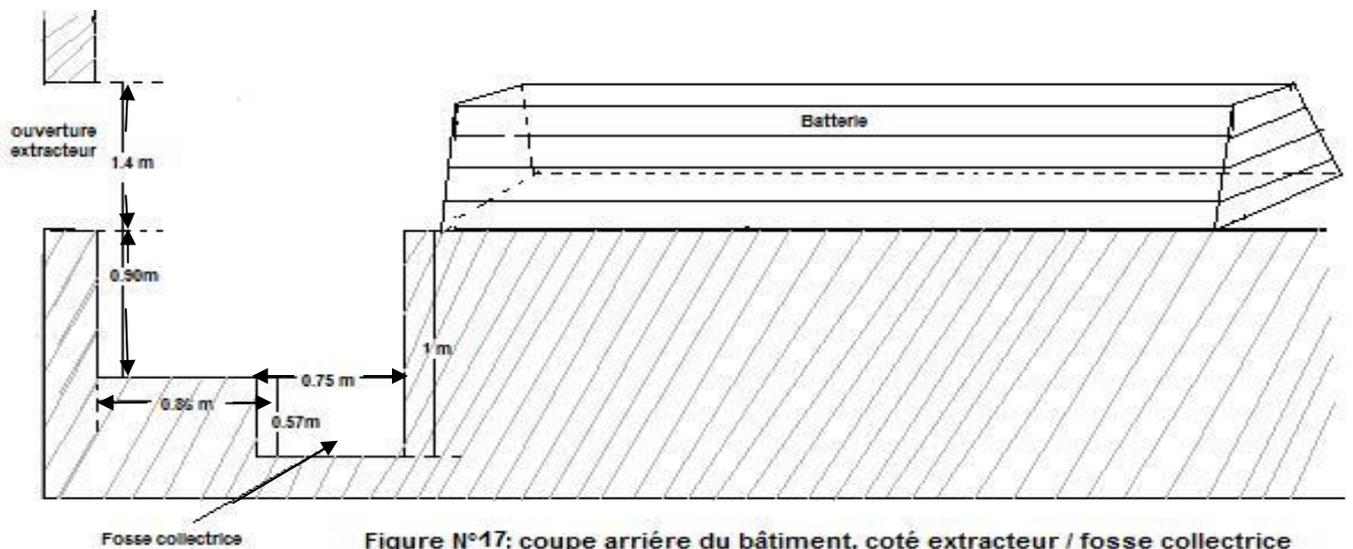


Figure N°17: coupe arrière du bâtiment, côté extracteur / fosse collectrice

Chaque batterie est munie de deux distributeurs d'aliments, un de chaque côté. Ils déversent leurs contenus dans des mangeoires de 300mm de largeur, qui longent la batterie sur les trois niveaux (Photo N° 6 et N° 7).

b- Les cages :

Les trois batteries sont composées de cages qui font 450mm de largeur sur 300mm hauteur et 400mm de profondeur. Les deux parois latérales de ces cages sont composées d'un quadriage en plastique, le reste des parois est un quadriage métallique. La devanture de la cage est composée de 4 baguettes métallique espacées de 60mm les unes des autres.

Le bâtiment comporte trois batteries occupant la majeure partie de la superficie, l'espace restant est réparti en trois zones (Figure N°16) :

- Zone 1 : Est l'avant du bâtiment, elle fait 3,7m de large en partant du mur jusqu'au début des batteries, sur une longueur de 10,86m.
- Zone 2 : concerne l'espace entre les différentes batteries ainsi que l'espace entre les batteries et les deux murs latéraux du bâtiment. Elle constitue quatre allées de 1,53m de largeur pour l'allée 1, et trois allées de 1,56m de largeur pour l'allée 2, 3, 4 en partant de gauche à droite. Ces allées servent au déplacement des ouvriers.
- Zone 3 : couvre l'arrière du bâtiment, elle fait 1,395m de largeur et 10,86m de longueur répartie en deux bandes ; la première côtoie le mur, elle fait 860mm de large, sur laquelle repose l'appareillage relatif au fonctionnement du racleur, la deuxième mitoyenne à la première, représente une dépression de 750mm de large sur 570mm de profondeur, c'est une fosse à fiente qui traverse toute la largeur du bâtiment dans laquelle se déversent les trois fosses qui se trouvent en bas de chaque batterie (Photo N°8, Figure N°17).



Photo N°8 : vue de l'arrière interne du bâtiment.

c- Les fosses à fientes : En bas de chaque batterie, se trouve une fosse à fiente qui se déverse dans la fosse collectrice en arrière du bâtiment, cette dernière débouche vers l'extérieur par une ouverture décrite auparavant (Photo N° 5 et N° 8) Chaque fausse est munie d'un racleur automatique qui sert à racler les fientes et à les acheminer à l'extérieur du bâtiment (Photo N°9, N° 10 et N° 11).

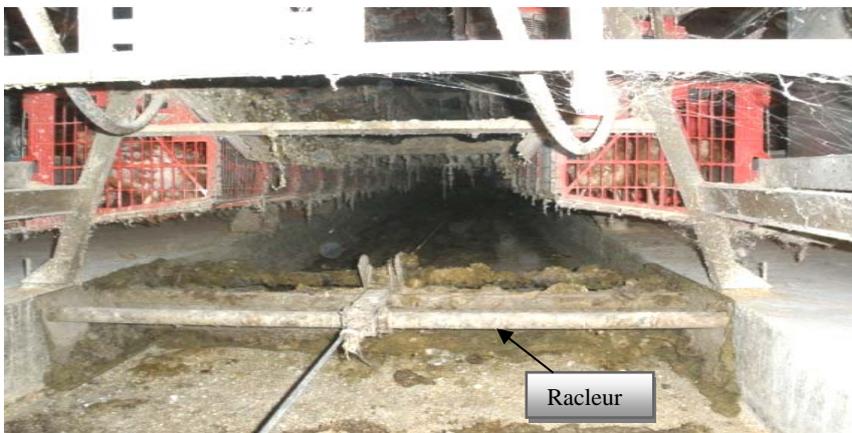


Photo N°9 : Fosse à fientes, en dessous de la batterie

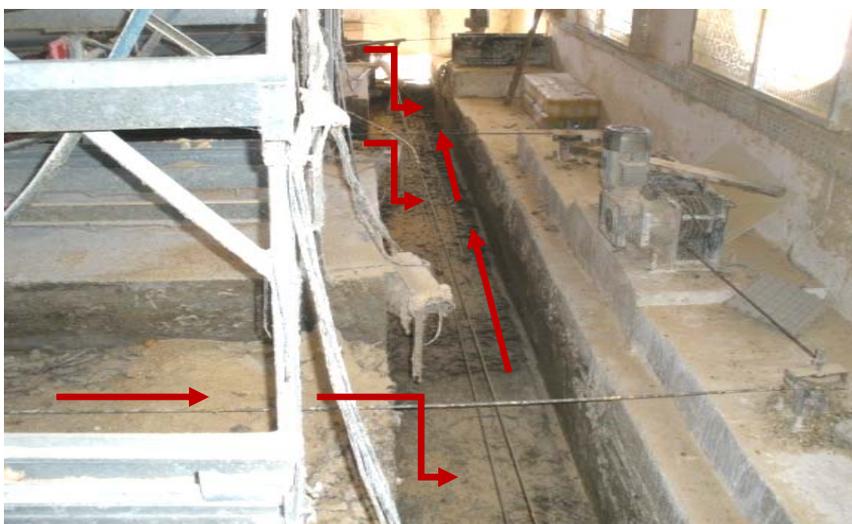


Photo N°10 : fosse collectrice.
(Les flèches indiquent l'évacuation des fientes)

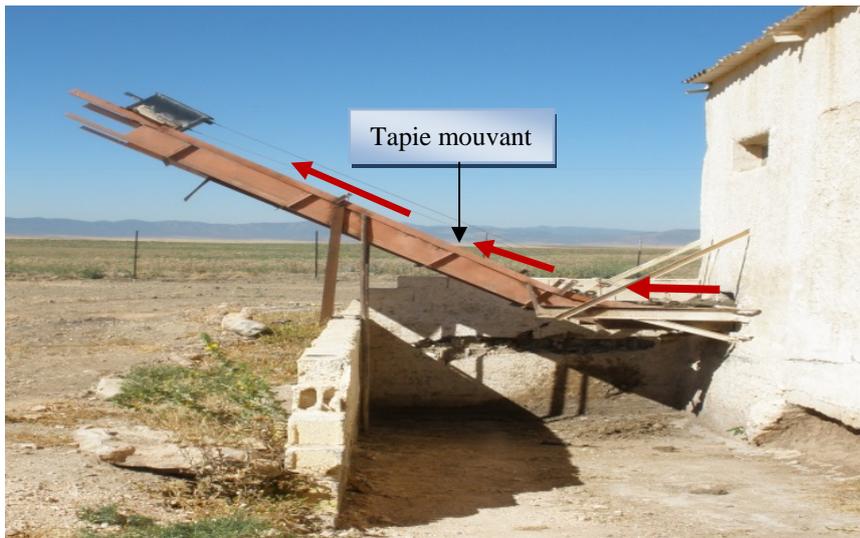


Photo N°11 : sortie des fientes à l'extérieur du bâtiment.

d- Les extracteurs d'air :

Le mur arrière du bâtiment comporte quatre extracteurs qui logent dans des ouvertures décrites, photo N° 4. Ils sont disposés de façon à être en face de chaque allée, Photo N° 12.



Photo N°12 : Extracteur faisant fasse à l'allée.

e- Les humidificateurs :

Les deux murs latéraux du bâtiment portent un humidificateur chacun, placés en leurs milieux. (Photo N°2).

➤ Le fonctionnement du bâtiment :

La première intervention quotidienne des ouvriers du bâtiment, commence à 8 :00 h du matin, avec l'actionnement du racleur automatique. La mise en marche de

ce dernier, fait évacuer les fientes se trouvant dans les fosses, qui longent les trois batteries, vers la fosse collectrice, puis de cette dernière vers l'extérieur du l'édifice figure N°18.

Après le raclage, les ouvriers procèdent à la distribution mécanique de l'aliment, contenu dans les distributeurs, dans les mangeoires. Une fois cette tâche terminée, vient alors le premier ramassage des œufs, le deuxième ramassage est effectué l'après midi vers 15 :00h. La fin de la matinée, est marquée par le nettoyage des lieux (balayage des 4 allées).

Le racleur automatique est actionné une deuxième fois dans la journée, l'après midi vers 14 :00h. L'horaire n'est en pas toujours respecté.

Les extracteurs d'air placés aux font du bâtiment, ne sont pas toujours mis en marche en même temps. Seuls les deux extracteurs du milieu situés en face de la deuxième et de la troisième allée, fonctionnent tout le temps. Les deux autres extracteurs, qui font face à la première et à la quatrième allée, ne sont actionnés que lors des grandes chaleurs. De même que les deux humidificateurs, qui sont actionnés, que lorsqu'il fait encore plus chaud.

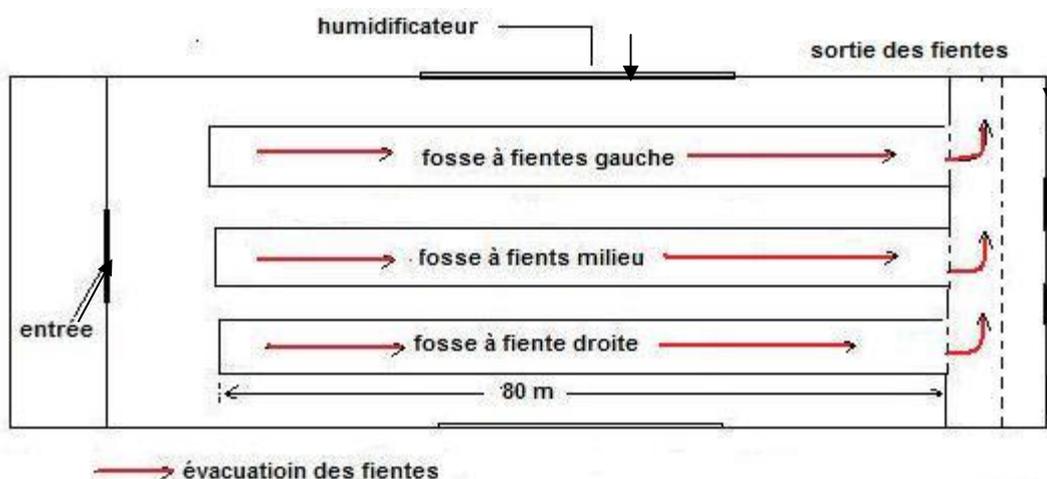


Figure N°18 : disposition des fosses et direction de l'évacuation des fientes

1-1-1-4 Les différentes périodes de l'expérimentation :

La partie expérimentale de notre étude s'est étalée sur une période de 14 mois, et a lieu en deux phases :

La première phase a duré 6 mois, période pendant la quelle il y a eu la réalisation et la mise au point des pilotes, ainsi que plusieurs essais à blanc nécessaires pour les réglages finaux des pilotes sur le terrain.

Durant la deuxième phase qui a duré 7 mois, de fin novembre 2008 à fin juin 2009, nous avons effectué quatre expérimentations ;

- La première expérimentation concerne le captage passif des poussières de fin novembre 2008 à mi janvier 2009.
- La deuxième expérimentation, concerne le captage actif des poussières, de mi janvier 2009 à mi février 2009
- La troisième expérimentation concerne le piégeage à distance de l'ammoniac (à 50 cm des fientes), pendant la deuxième quinzaine du mois de mai 2009.
- La dernière expérimentation concerne le piégeage de l'ammoniac au contact direct des fientes, a duré tout le mois de juin 2009.

1-1-1-5 La délimitation de la population étudiée :

L'expérimentation concerne l'élevage de 14400 poules Hy-line. Elles ont été élevées dans un bâtiment muni de trois batteries de cages conventionnelles situées sur trois niveaux, chaque cage comporte quatre poules.

La composition des aliments utilisée pour l'élevage est constituée de 60% de maïs, de 20% de tourteau de soja, de 1.5 % CMV (complément minéraux et vitamines), de 10% de son gros, de 7 % de calcaire, et de 5% de phosphate bicalcique.

1.1.2 La construction des pilotes utilisés :

Pour effectuer les mesures de poussière et d'ammoniac dans le bâtiment d'élevage, objectifs de cette étude, nous avons procédé à la conception de quatre pilotes (deux pilotes pour le captage de la poussière et deux pilotes pour le captage de l'ammoniac).

Ces réalisations ont été inspirées des travaux effectués dans le domaine. Pour la mesure d'ammoniac, nous nous sommes référés aux travaux de (71), de (72) et de (75). Pour la mesure des poussières nous nous sommes inspirés des méthodes décrites dans (19) (92).

A partir de ces méthodes décrites dans la littérature, nous avons confectionnés nos pilotes, mieux adaptés à notre problématique. Ces réalisations ont nécessitées

plusieurs essais à blanc avant chaque expérimentation, notamment pour trouver la normalité adéquate lors de la préparation de la solution acide pour le captage de l'ammoniac, ou lors des réglages au niveau des pilotes du captage actif des poussières.

1.1.2.1 La description des pilotes de captage des poussières :

a- Pilote captage passif des poussières (statique) :

Pour la réalisation de ce captage, nous avons utilisée 80 boites pour la récolte de la poussière. Une balance model (KARN & Sohn GmbH, electronic balance, type : ABT220-5DM, capacity : 220g / 82g ; readability : 0.1mg / 0.01mg) à été utilisé pour la peser des poussières.

Les boites utilisées, de forme rectangulaire, ayant 90mm de large sur 140mm de longueur et 55mm de profondeur. (Photo N° 13, Figure N°19)



Photo N° 13 : Boite utilisée dans le captage passif des poussières.

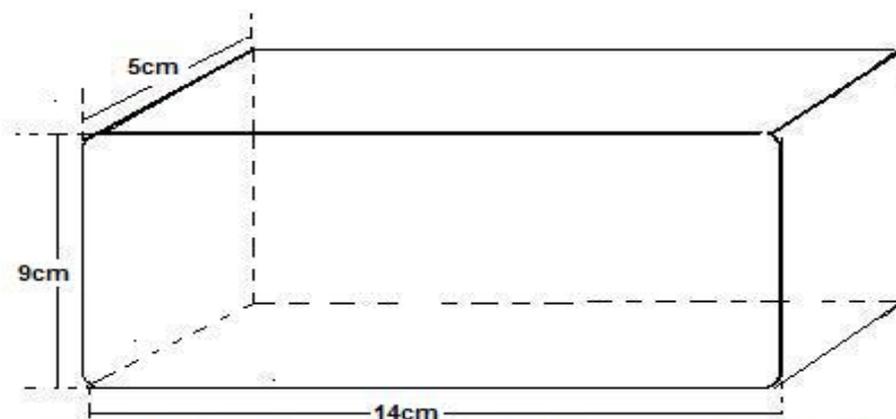


Figure N° 19 : Dimensions de la boîte utilisée dans le captage passif des poussières

b- Pilote captage actif des poussières (dynamique) :

Pour la réalisation de cette expérimentation nous avons utilisé un matériel qui se compose de 4 pilotes. Chaque pilote est composé de quatre éléments constitués chacun de tuyaux en PVC dont une extrémité est reliée à un tuyau de diamètre supérieur verticale et l'autre extrémité porte un « pomme douche » de même matière en position verticale orientée vers le haut. Dans chaque « pomme douche » nous avons :

- Une éponge, qui constitue un premier filtre, sur lequel vient se poser ;
- Un deuxième filtre, en tissu de couleur noir ;
- Le tout est enfermé sous le couvercle de « pomme douche » qui lui-même constitue un troisième filtre grossier, figure N° 20 ; C.

Les 4 éléments munis de leurs filtres sont disposés horizontalement sur 4 niveaux à environs 400mm les uns au dessus des autres, reliées à une conduite verticale de 20mm de diamètre. Les éléments sont disposés en hélice autour de la conduite centrale en formant un angle de 90° l'un avec l'autre. Chacun de ces pilotes est maintenu par une potence métallique (Figure N° 20 ; A et B).

Cet assemblage de tuyaux sur 4 niveaux, est relié par sa base à un compteur d'air, Qui est lui-même relié à une conduite de 40mm de diamètre. Cette conduite sert à raccorder les éléments situés à l'intérieur du bâtiment (l'assemblage de tuyaux et le compteur d'air) à l'aspirateur situé à son extérieur. Celui-ci est alimenté en électricité, il se raccorde au reste du pilote, pour permettre l'aspiration de l'air. (Photos N°14 et N°15).

Les hauteurs des quatre niveaux des pilotes par rapport au sol sont mentionnées dans le tableau N°3 ci dessous :

	Pilote 1	Pilote 2	Pilote 3	Pilote 4	moyennes
Hauteur 4	152.7	152.82	153.9	153	153
Hauteur 3	116.4	115.52	117.46	117	117
Hauteur 2	87.5	80.02	81.2	80.57	82.32
Hauteur 1	44.5	43.52	44	44.5	44

Tableau N° 3 : Les hauteurs des différents niveaux des éléments capteurs pour chaque pilote et les hauteurs moyennes (cm).



Photo N °14 : Pilote captage actif des poussières (partie se trouvant à l'intérieur du bâtiment).



Photo N °15 : Pilote captage actif des poussières (partie se trouvant à l'extérieur du bâtiment).

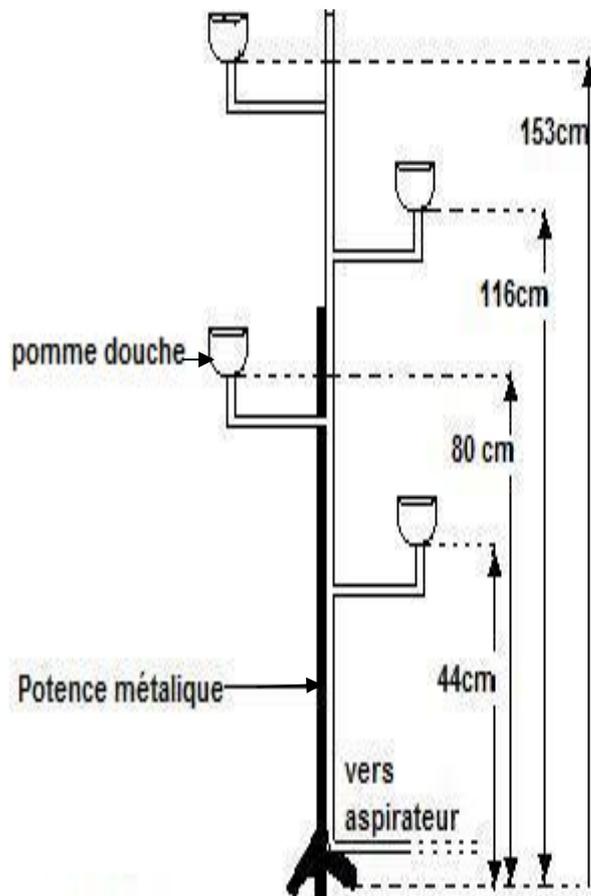


Figure N° 20; A: vue générale

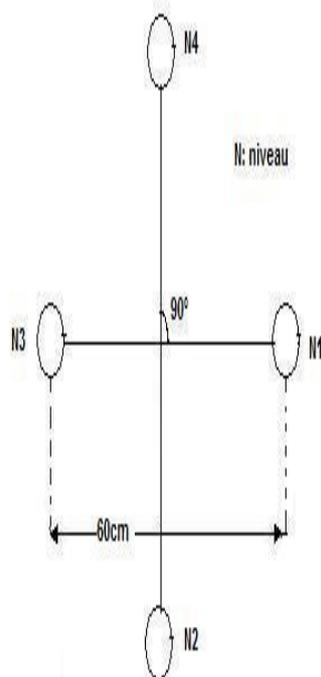


Figure N° 20; B: vue d'au dessus

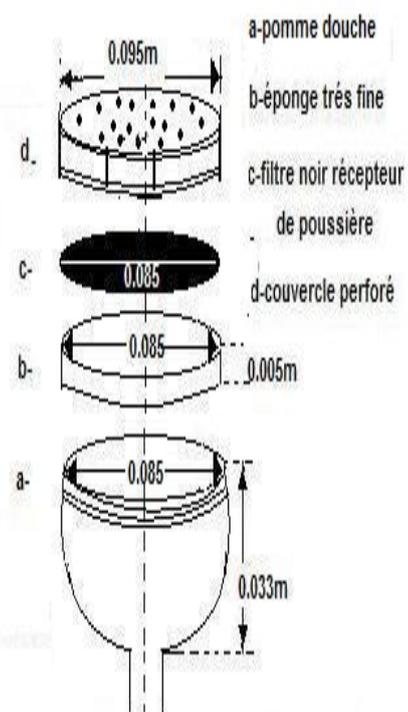


Figure n° 20; C: Entonnoirs et filtres

Pour mesurer le poids de la poussière capturée à chaque niveau du pilote, nous avons utilisé une balance modèle (KARN & Sohn GmbH, electronic balance, type : ABT220-5DM, capacity :220g/82g, readability :0.1mg/0.01mg).

Pour caractériser les particules nous avons utilisé un microscope modèle (Motic Digital Microscope, DMWB series, PAL system, input :12VDC 2Amdx, Halogen :12v/20w) relié à un ordinateur munie de logiciel « Motic Image + » et 160 boîtes de pétris.

1.1.2.2 Description des pilotes de mesure de l'ammoniac :

➤ *Pilote du piégeage d'ammoniac à distance :*

Le matériel nécessaire pour la réalisation de ce pilote se compose d'une pompe de type : Champion CX-0078, Aquarium Air Pump (Air output 0078 C.C/min). La pompe est reliée à une solution de barbotage contenue dans une bouteille par une conduite de diamètre 5mm, (Figure N° 21). La solution en question est une solution d'acide chlorhydrique (HCl) à 10^{-5} N (normale).

➤ *Pilote du piégeage d'ammoniac au contact direct des fientes:*

Le pilote utilisé dans cette expérimentation est un montage d'un bac rectangulaire qui porte une pompe dans sa partie creuse. Il s'agit d'une pompe de type Champion CX-0078, Aquarium Air Pump (Air output 0078 C.C/min), attachée au bac en son milieu et reliée à une solution de barbotage par une conduite de diamètre 5 mm. La solution utilisée est une solution d'acide chlorhydrique (HCl) à 10^{-5} N. Le bac, fait 360mm de large, 1.07 m de longueur et 150mm de profondeur (photo N°16, N° 17 et N°18) ; (Figure N°22).

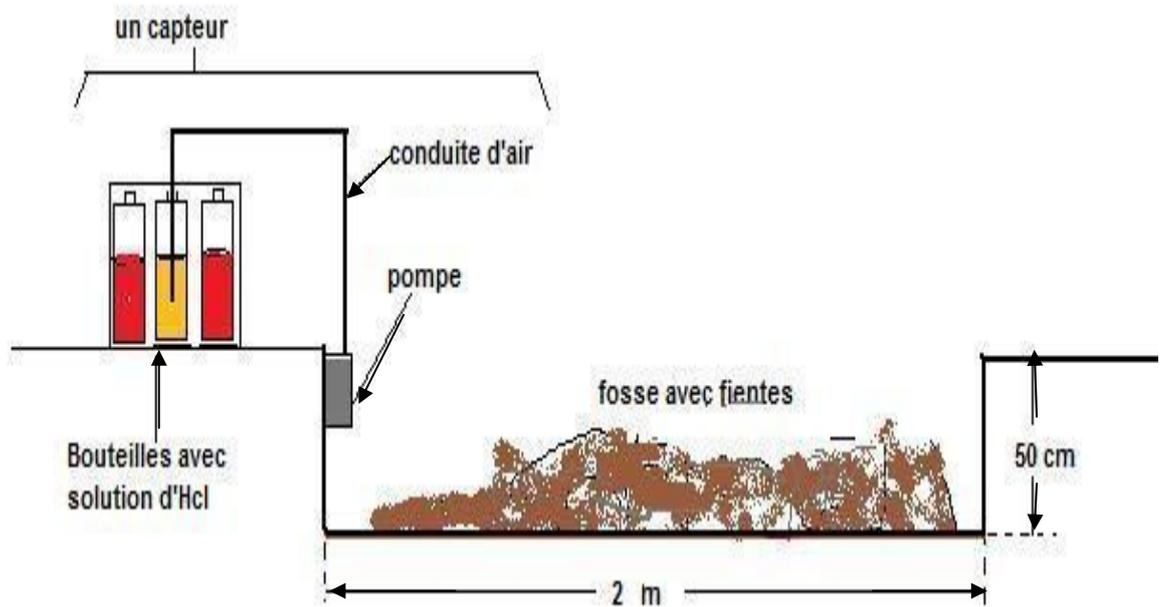


Figure N°21: Capteur au bord de la fosse

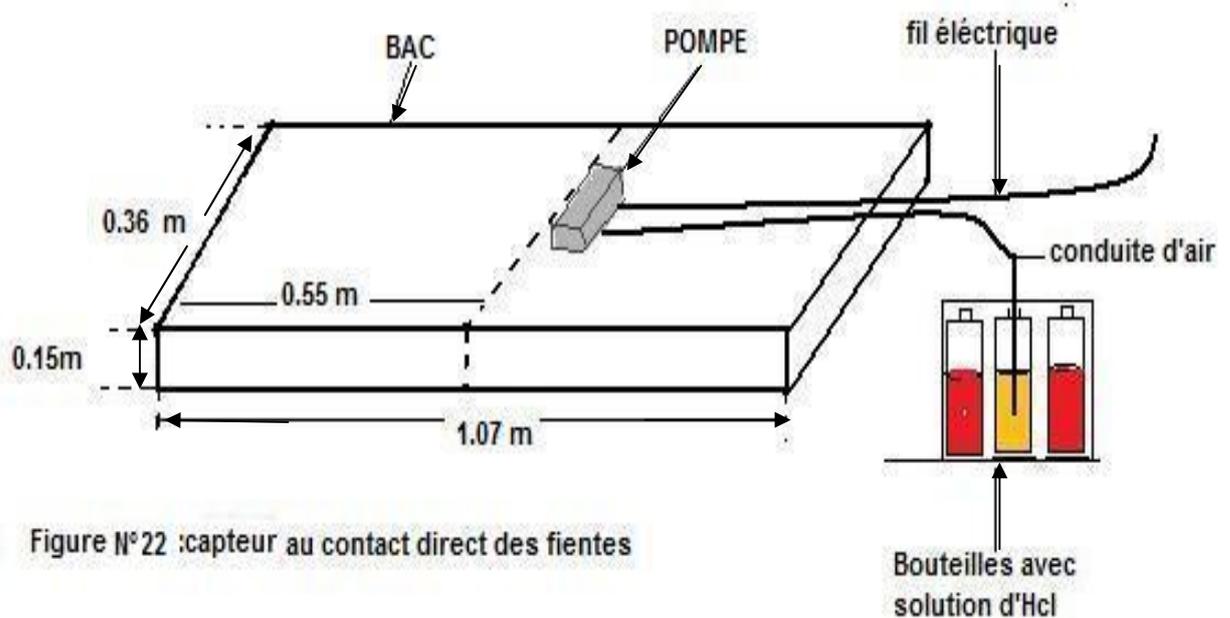


Figure N°22 : capteur au contact direct des fientes

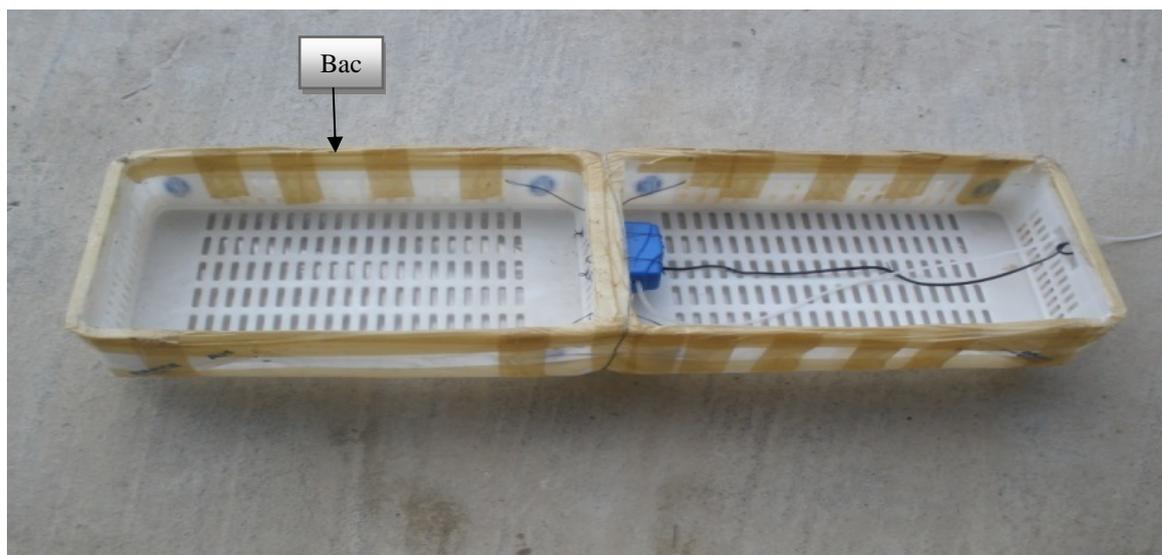


Photo N°16 : Pilote du piégeage d'ammoniac à distance (vue intérieure)



Photo N°17 : Pilote du piégeage d'ammoniac à distance (vue extérieure)

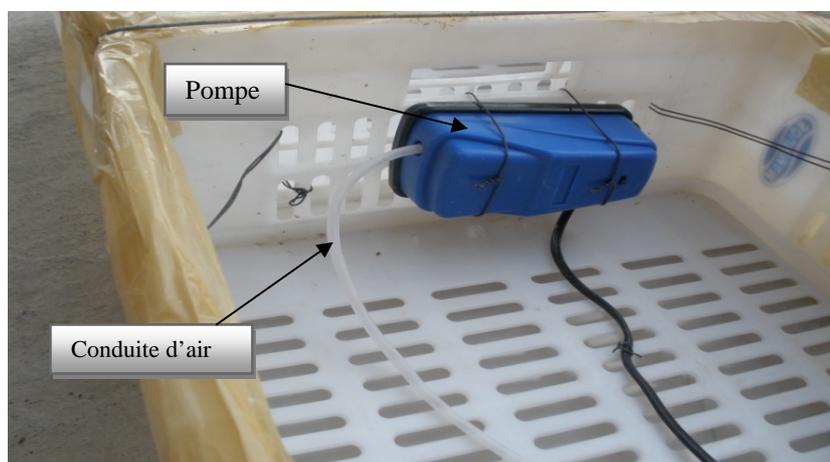


Photo N°18 : pompe logée au milieu du bac.

1.2 LES METHODES :

Notre étude s'est basée sur quatre expérimentations, dont les deux premières portant sur le captage des poussières et les deux dernières portant sur le captage de l'ammoniac.

Dans la première expérimentation nous avons cherché à connaître la situation de la poussière dans tout le bâtiment après d'avoir une vue globale de la répartition de la poussière dans l'air. La deuxième expérimentation fait suite à la première : A la suite des résultats obtenus dans la première expérimentation, nous avons essayé d'évaluer avec plus de détails la répartition de la poussière, non pas sur deux niveaux, mais, sur quatre niveaux (manière active) en différents endroits du bâtiment.

Pour la mesure de l'ammoniac, nous avons procédé à une première expérimentation, pour connaître les concentrations émises dans le bâtiment (piégeage à une distance proche des fientes). Puis nous avons procédé à une deuxième expérimentation, où nous avons capté l'ammoniac directement aux niveaux des fientes, cette investigation c'est faites aux extrémités des trois fosses. Le but est de connaître les concentrations en ammoniac, directement au niveau des fientes, à l'entrée et au fond du bâtiment.

1. 2.1 Le captage des poussières :

Le captage des poussières s'est effectué selon deux manières :

- La manière passive : consiste en une mesure passive des poussières par simple piégeage.
- La manière active : permet de capter les poussières contenues dans un volume d'air en un lieu donné durant un temps précis.

Les deux captages étaient réalisés dans le bâtiment d'élevage décrit précédemment, et la fréquence d'échantillonnage pour chacun d'eux était :

- D'un captage par semaine pour le captage passif, pendant 5 semaines (5 essais) successives de la fin novembre 2008 à la mi janvier 2009.
- Un captage tous les trois jours pour le captage actif, pendant 24 jours (8 essais). De la mi janvier 2009 à la mi février 2009.

1.2.1.1 Le captage passif des poussières :

Ce captage est une récolte passive de poussière par piégeage, dans des boîtes disposées sur deux niveaux dans les 4 allées décrites précédemment. Le piégeage est un simple dépôt des poussières dans les boîtes déposées en des endroits précis du bâtiment. (Figure N°23, A et B).

Pour cela nous avons utilisé 80 boîtes par essais réparties dans le bâtiment comme suit : 20 boîtes par allée, réparties sur deux niveaux : 10 boîtes au premier niveau distantes de 6m les unes des autres et 10 boîtes au deuxième niveau distante de 6m les unes des autres. Ainsi les 4 allées sont investies sur toute leur longueur et sur les deux niveaux :

- Le premier niveau est à 0.90m du sol, les boîtes sont déposées et maintenues avec un fil d'attache dans le récupère œufs de la batterie. (Photo N°19).
- Le deuxième niveau est à 2,10m du sol, à ce niveau les boîtes sont suspendues par du fil d'attache à des câbles qui traversent le bâtiment transversalement. (photo N°20).

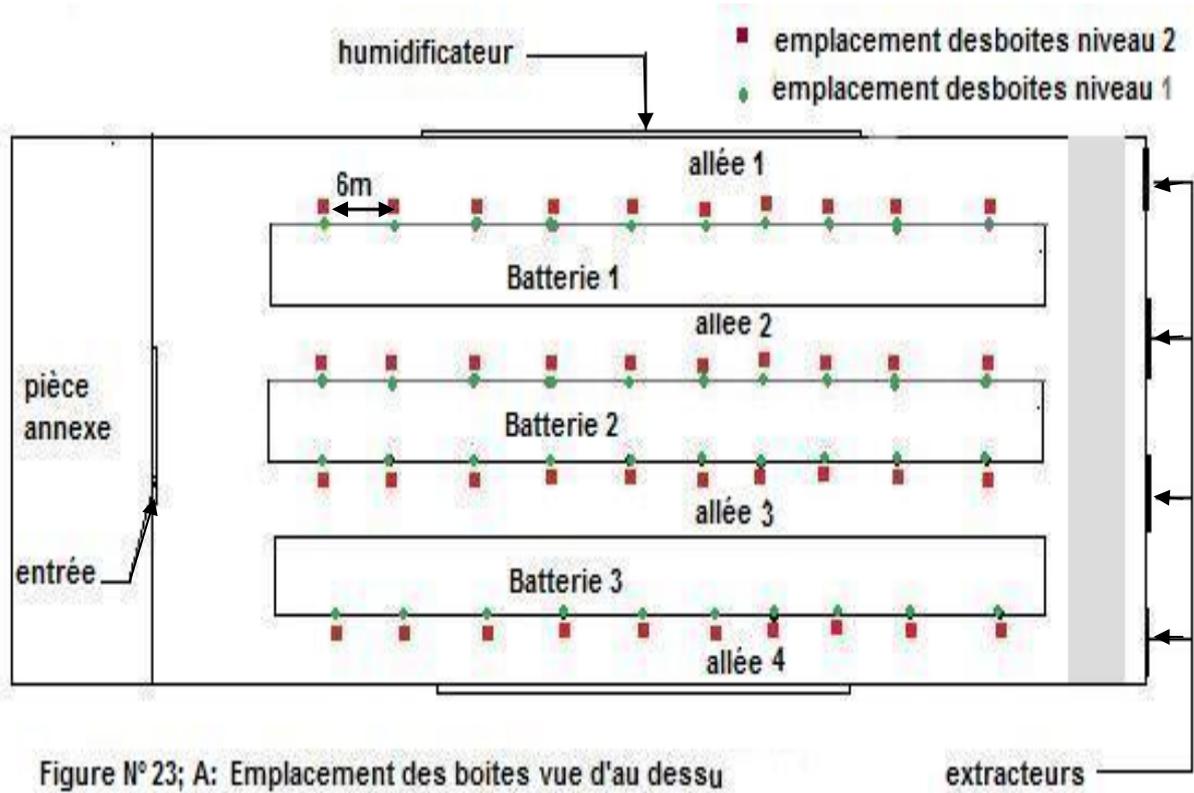


Figure N° 23; A: Emplacement des boîtes vue d'au dessus

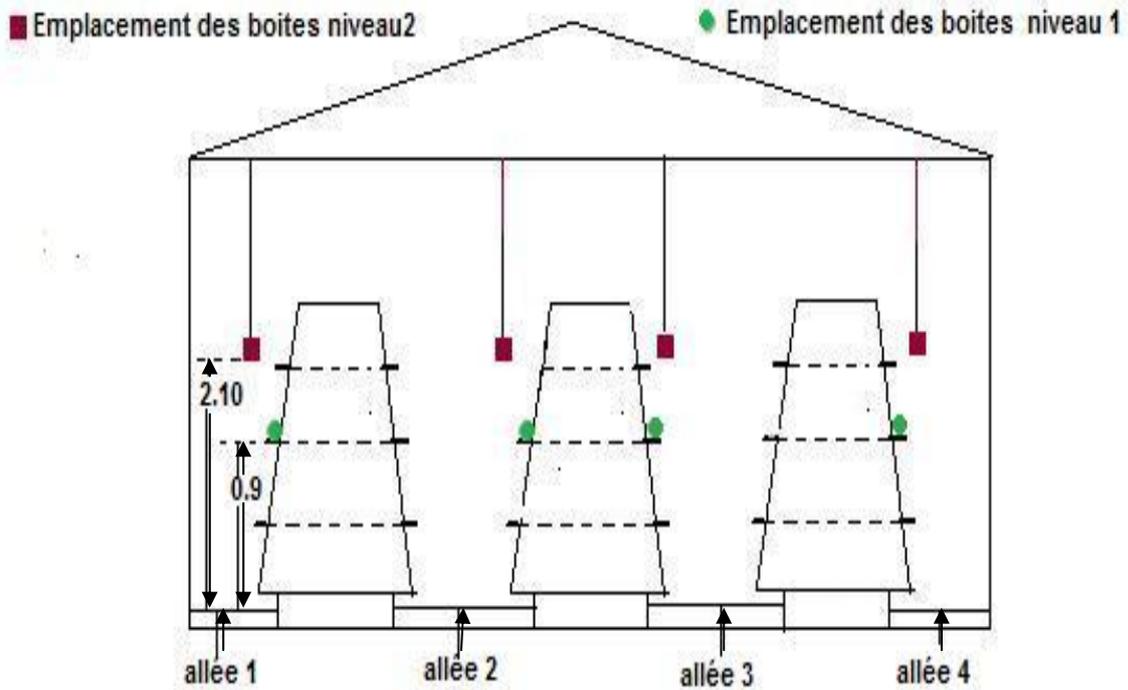


Figure 23; B: Emplacement des boîtes, vue transversale



Photo N°19 : Emplacement d'une boîte du deuxième niveau.



Photo N°20 : Emplacement d'une boîte du premier niveau.

a- La préparation de l'expérimentation :

Les boîtes utilisées doivent être numérotées, dans le but de ne pas mélanger leurs poids et leur emplacement au sein du bâtiment avant et après la semaine de récolte. Pour cela nous avons établi le code suivant: « A, N, N° ».

A : pour désigner l'allée, accompagné par un numéro allant de 1 à 4.

N : pour le niveau, accompagné par un numéro allant de 1 à 2.

N° : pour le numéro de la boîte, accompagné par un numéro allant de 1 à 10.

Avant chaque essai les boîtes avec leurs couvercles sont pesées avec une balance (modèle cité précédemment). Le poids des boîtes fermées et vides est noté.

b- L'expérimentation:

Une fois les boîtes en place et leurs couvercles enlevés (les boîtes du premier niveau sur le récupère œuf et celles du deuxième niveau suspendus à 2.10m du sol), le captage de la poussière à lieu pendant une semaine.

A la fin de chaque semaine, les couvercles des boîtes sont remis en place et les boîtes récupérées sont remplacées tout de suite par 80 autres boîtes. Les 80 boîtes récupérées sont pesées au laboratoire à l'aide de la même balance utilisée au début de l'expérimentation. La différence de poids des boîtes donnera la quantité de poussière récoltée captée par chaque boîte.

Chaque fois que les boîtes sont utilisées elles sont nettoyées, et repesées pour être réutilisées la semaine suivante.

1.2.1.2 Le captage actif des poussières :

Ce captage sert à quantifier le poids de la poussière contenue dans un volume d'air aspiré pendant un temps précis. Chaque essai de cette expérimentation dure 30mn. Dans ce captage On procède de la manière suivante :

- Le captage sur terrain s'effectue en utilisant les 4 pilotes pour une durée de 30 minutes par essai.
- La pesée du poids de la boîte de pétri est réalisée avant et après chaque essai.
- La caractérisation des poussières capturées est réalisée après chaque essai.

a- La préparation des essais :

Avant le captage de la poussière sur terrain, nous procédons à la numérotation des organes de captage des différents niveaux pour chaque pilote. Pour cela nous avons établi un code pour les pilotes (couvercle compris) qui est : « D, N »

D : pour désigner le pilote, accompagné par un numéro allant de 1 à 4

N : pour désigner le niveau accompagné par un numéro allant de 1 à 4

Ainsi qu'un code pour les boîtes de pétris (qui porte les filtres) qui est : « D, N, E » avec :

D : pour désigner le pilote accompagné par un numéro allant de 1 à 4.

N : pour désigner le niveau accompagné par un numéro allant de 1 à 4.

E : pour désigner le numéro de l'essai qui va de 1 à 8.

b- L'expérimentation:

b-1 La description du cheminement de l'expérimentation :

Une fois les 4 pilotes placés dans les allées 2 et 3 (Figure N°24, photo N°21 et N°22). Les conduites d'aspiration de l'air des pilotes 1 et 2 (placés en avant du bâtiment) sont reconduites vers l'entrée du bâtiment (Photo N°23) et celles des pilotes 3 et 4 (placés en arrière du bâtiment) vers l'arrière du bâtiment en sortant de l'ouverture qui abrite l'aspirateur 3 en partant de gauche. (Photo N°24).

L'emplacement des quatre pilotes, a été choisi pour mieux évaluer la répartition spatiale des poussières dans le bâtiment. C'est pour cela, que nous avons placé nos 4 pilotes dans les deux allées du milieu : deux à l'avant du bâtiment et deux à l'arrière du bâtiment.

Au niveau de chaque pilote l'air aspiré passe par le réseau de conduite de chaque élément au bout du quel se trouve une « pomme douche » puis passe par la conduite principale verticale qui est reliée aux quatre éléments (quatre niveaux). L'extrémité inférieure de la conduite verticale principale est reliée au compteur d'air qui lui-même est relié à l'aspirateur par une conduite en caoutchouc. L'aspirateur qui crée la dépression dans le réseau fait que l'air avec la poussière passe dans la « pomme douche ».

Chaque « pomme douche » porte trois filtres : l'éponge, le tissu noir et le couvercle disposés dans cet ordre. Avant de commencer l'essai on relève les chiffres affichés par les compteurs d'air. Cette opération est nécessaire avant chaque essai car on ne peut remettre le compteur à zéro.

Une fois que tout est en place, les 4 aspirateurs seront activés pendant 30min. Après cette durée, les aspirateurs sont arrêtés et les nouveaux chiffres affichés par les compteurs sont relevés. Les deux filtres (éponge et tissu noir) de chaque niveaux des 4 pilotes sont récupérés et mis dans des boites de pétris correspondantes.

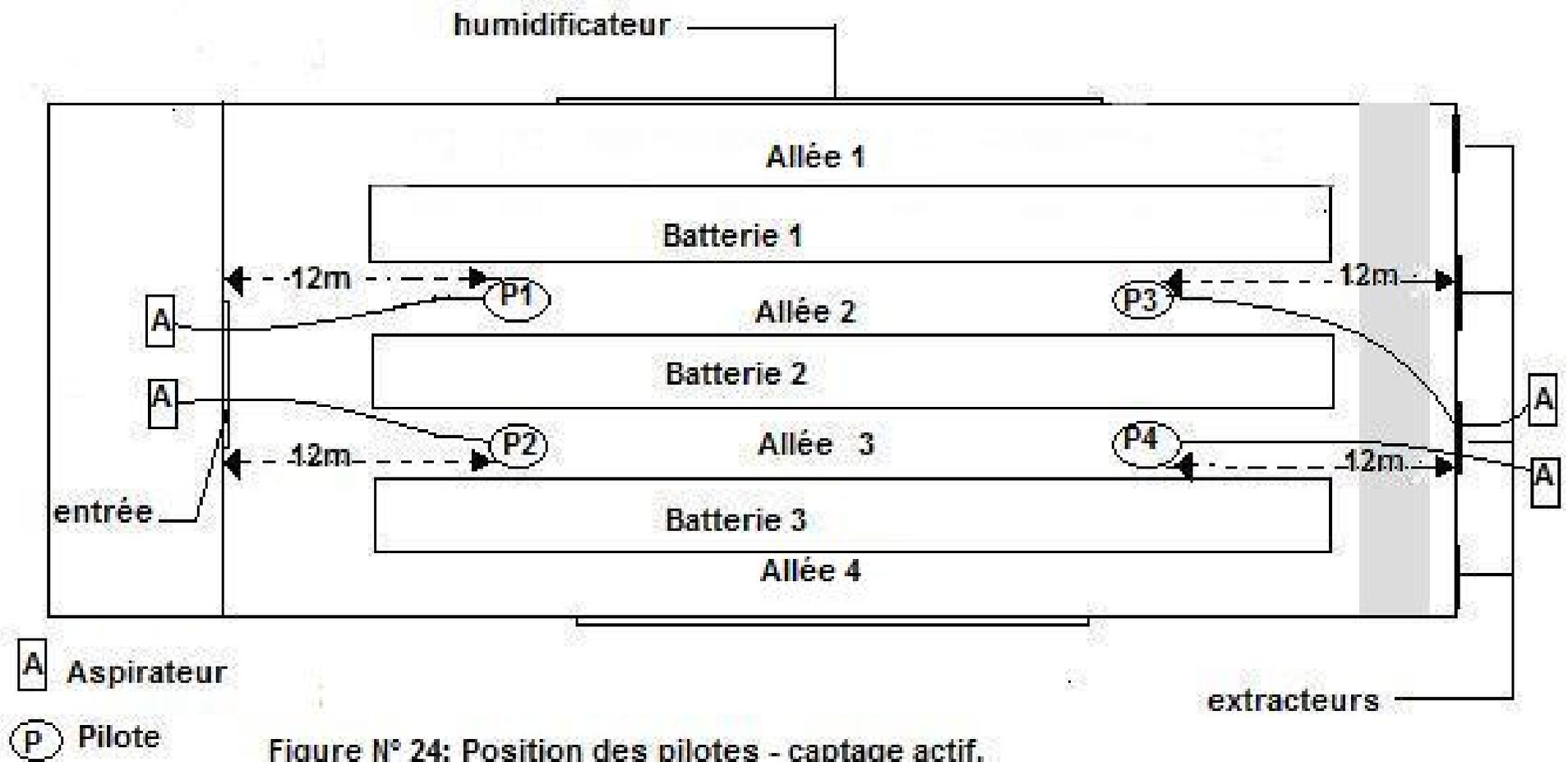


Figure N° 24: Position des pilotes - captage actif.



Photo N°21: Pilote à l'avant du bâtiment.



Photo N°22 :Pilote à l'arrière du bâtiment



Photo N°23 : extérieur avant du bâtiment



Photo N°24 : extérieur arrière du bâtiment

b-2 La mesure du poids de la poussière:

Durant cette étape on mesure le poids du filtre récepteur de la poussière (filtre en tissu noir) avant et après l'expérimentation. Pour la réalisation des pesées nous avons utilisé une balance (model cité précédemment). Avant l'essai le filtre est pesé, il est mis avec l'éponge qui constitue le deuxième filtre, dans la boîte de pétris numérotée. Après l'utilisation des filtres dans le bâtiment d'élevage (une fois l'essai terminé), on les remet dans leurs boîtes de pétris pour repeser le filtre récepteur (filtre en tissu noir) au laboratoire. La différence de poids correspond à la quantité de poussière récoltée par volume d'air aspiré en un temps donné.

b-3 Calcule du poids de poussière par rapport au volume :

Pour déterminer le poids de poussière par volume d'air passé dans la chaque « pomme douche » pour les quatre niveaux sur chacun des pilotes nous avons procédé comme suit :

On considère les hypothèses suivantes, selon (8) :

Si l'écoulement de l'air dans les conduites du pilote se fait à température T° constante et que sa masse volumique, ρ , subit une très faible variation et que l'écoulement est incompressible, alors on peut considérer que notre écoulement est Newtonien : $\rho = \text{cte}$; $\mu = \text{cte}$

Si on considère que l'écoulement de l'air est permanent, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de variation suivant de temps. Alors on peut considérer que l'écoulement de l'air dans la conduite du pilote est soumis seulement aux forces de pression et de pesanteur.

Ainsi, la relation qui s'applique à ce type de situation est la relation de Bernoulli :

$$\left(\frac{V^2}{2} \right) + gh + \left(\frac{P}{\rho} \right) = \text{cte} \quad [21]$$

Avec:

V = vitesse du fluide (air) en m/s.

g = accélération de la pesanteur : $9,81 \text{ m/s}^2$

h = la hauteur du point de mesure par rapport au niveau du sol : m

P = la pression du fluide (air) en circulation : en Pa ou N/m^2

ρ = la masse volumique de l'air kg/m^3

Pour déterminer le débit d'air à chaque niveau du pilote, il faut déterminer la vitesse d'écoulement de l'air aspiré à travers l'orifice de chaque niveau.

Soit q_1 le débit à travers le niveau N_1 et V_1 la vitesse d'écoulement de l'air à travers l'orifice O_1 , alors on peut écrire :

$$q_1 = V_1 \times S_1 \text{ (m}^3/\text{S)} \quad [22]$$

Le débit, q_1 , passe par l'orifice, O_1 , de diamètre, d_1 (m), située à une hauteur, h_1 (m) en appliquant l'équation de Bernoulli à la ligne de courant reliant l'orifice, O_1 , à la sortie, on peut écrire :

$$(V_1^2/2) + gh_1 + (P_1/\rho) = (V_s^2/2) + gh_s + (P_s/\rho) \quad [23]$$

$P_1 = P_0$ = pression atmosphérique, Pa.

$h_1 = x + y$, (m). hauteur du point de mesure.

$g = 9.81$, m/s^2 .

$\rho = \frac{101354}{287.05 T}$, kg/m^3 ; $T(\text{k}) = T^\circ (\text{C}) + 273$.

$V_s = Q_s / S_0$; vitesse de sortie de l'air à la conduite principale (compteur) m/s section.

Q_s = débit d'air à la sortie du pilote, qui est égal au débit Q_t mesuré par le compteur, m^3/s .

S_0 = section de la conduite de sortie au niveau du compteur ; m^2 ;

$h_s = 0\text{m}$

S_1 = section de la conduite d'entrée au niveau N_1 ; m^2

P_s = pression au niveau de la sortie de S_0 .

D'où la vitesse d'entrée de l'air à travers l'orifice O_1 :

$$V_1 = \left[2 \left(\frac{|P_s - P_1|}{\rho} + (V_s^2/2) - gh_1 \right) \right]^{1/2} \quad [24]$$

En remplaçant chacun des paramètres par leur valeur on obtient la valeur de la vitesse V_1 de l'air qui passe par l'orifice O_1 . En remplaçant de la vitesse V_1 et la section S_1 de l'orifice O_1 dans l'équation [22] on détermine le débit, q_1 , de l'air qui passe par O_1 .

En procédant de cette manière on détermine les débits q_2 , q_3 et q_4 pour les trois niveaux N_2 ; N_3 ; N_4 . Pour chaque pilote et chaque essai

Ainsi, ayant le débit d'air qui passe par chaque niveau on déduit le volume d'air qui passe par ce niveau. De ce fait, la quantité de poussière transportée par ce

volume d'air est exprimée en mg/m^3 ; on l'obtient en divisant la quantité de poussière à ce niveau par ce volume d'air calculé.

b-4 Caractérisation des poussières récoltées :

Après la pesée du filtre noir avec de la poussière, cette dernière est, soigneusement, récupérée dans une boîte de pétri fermée par un couvercle, portant un cache muni de 16 lumières de 5mm de côté. Les 16 lumières sont disposées sur deux axes perpendiculaires. Chaque axe porte 8 lumières distantes de 5mm les une des autres (Figure N°25). Ces lumières correspondent à la surface que l'on peut observer par le microscope, utilisé pour la caractérisation de poussière, avec le grossissement 10 fois. L'observation, au microscope, des particules déposées sur le fond de la boîte de pétri, au travers de chacune des 16 lumières du cache, pour chaque essai, sont photographiées grâce au logiciel « Motic image+ ». Le traitement des photographies obtenues par le même logiciel a permis de déterminer les surfaces et les périmètres maximum, minimum et moyens des poussières se trouvant sur la surface de 25mm^2 captées par le microscope.

Les valeurs moyennes, des valeurs maximum, minimum et moyennes des paramètres, surface et périmètre des poussières, des 16 images, sont considérées pour décrire la variation de ces paramètres, selon les quatre pilotes, les quatre niveaux pour chaque pilote et pour les différents essais.

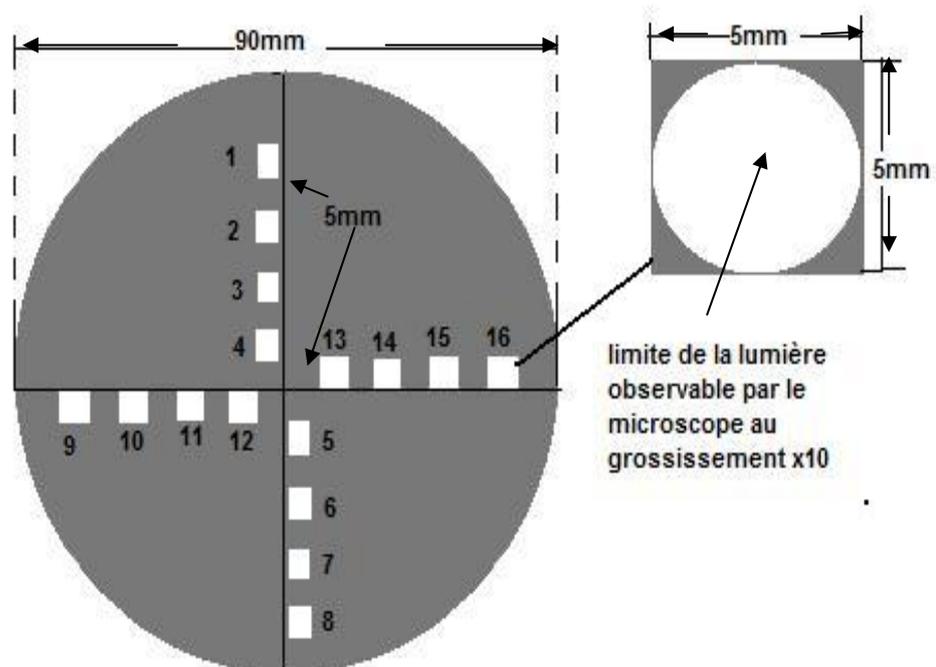


Figure N°25 : Gabarit du couvercle de la boîte de pétris utilisé pour l'échantillonnage de poussières pour la caractérisation.

1.2.2 La mesure de l'ammoniac :

Cette mesure sert à quantifier la concentration en ammoniac émise à l'intérieur du bâtiment. L'objectif est de piéger l'ammoniac contenu dans un volume d'air aspiré par un capteur constitué d'une pompe et d'une solution acide.

La solution acide utilisée est une solution d'acide chlorhydrique de très faible concentration (10^{-5}N), à laquelle on rajoute quelques gouttes de rouge de méthyle. La saturation de cette solution d'acide en ammoniac est indiquée par le changement de la couleur de la solution du rouge au jaune.

Nous avons procédé à la quantification des concentrations en ammoniac selon deux manières :

- Le piégeage à distance : on capte l'ammoniac avec des pompes suspendues au dessus des fosses des fientes, à 50 cm au dessus du bord de celles-ci.
- Le piégeage au contact direct des fientes: on utilise un pilote déposé directement sur les fientes.

La fréquence du piégeage selon le type de captage s'est faite comme suit :

- Une mesure chaque jour pour le piégeage à distance pendant 9 jours, soit 9 essais, du 16 au 25 mai 2009.
- Une mesure par semaine pour le piégeage par rapport aux fientes pendant 4 semaines soit 4 essais, durant tout le mois de juin 2009.

a- La préparation de la solution :

Sachant que les deux expérimentations concernant la mesure de la concentration d'ammoniac ; faire barboter l'air, aspiré par une pompe, dans une solution, la première étape était, de procéder à la préparation de cette solution.

La solution d'acide chlorhydrique utilisée est de faible concentration : 10^{-5} normale. Nous avons opté pour cette concentration après plusieurs tests au laboratoire et sur le terrain.

La solution utilisée lors des essais est contenue dans des bouteilles. Elle est de volume connu soit 250ml et de normalité connue soit 10^{-5}N . On lui rajoute quelques gouttes de rouge de méthyle (utilisé comme indicateur).

La couleur de la solution rouge au départ, se modifie au fur et à mesure que l'ammoniac est introduit, pour donner au final une couleur jaune franche (photos N° 25 et N° 27) le virage de la solution vers la couleur jaune se fait progressivement, photo N° 26.



Photo N°25 : Couleur de la solution au départ.

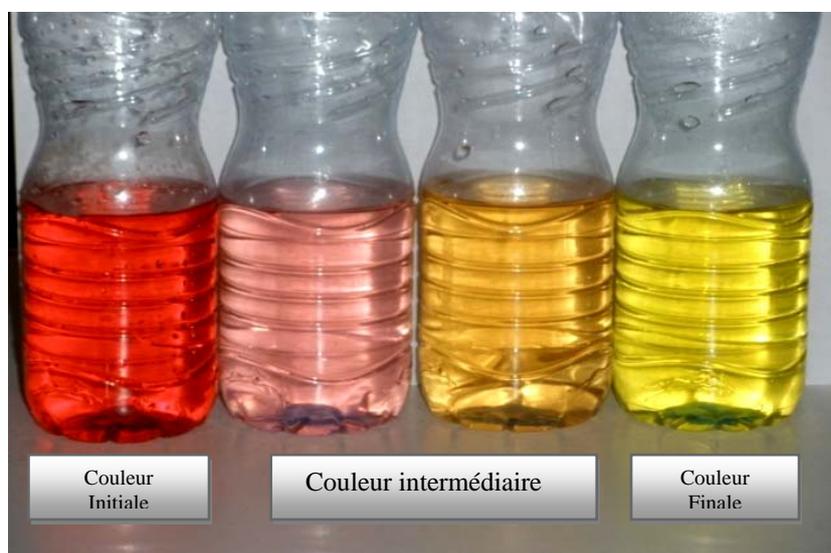


Photo N° 26 : virage progressif de la couleur de solution.



Photo N°27 : Couleur de la solution au finale.

1.2.2.1 Le piégeage de l'ammoniac à distance :

Le dispositif expérimentale consiste en la répartition en 4 capteurs d'air constitués chacun d'une pompe aspirante refoulante. L'air aspiré par chaque pompe est refoulé vers la solution d'acide chlorhydrique colorée contenue dans des bouteilles de 0.25l (Figure N°18 ; Photo N°28). Ces quatre capteurs sont disposés le long de la fosse au dessous de la batterie du milieu de la manière suivante (Figure N°26) :

- Le premier capteur situé à 10m du début de la fosse à l'avant du bâtiment.
- Le deuxième capteur à 20 m du premier capteur.
- Le troisième capteur à 20m du deuxième capteur.
- Le quatrième capteur à 20m du troisième capteur et à 10m de la fin de la fosse.

Aux niveaux des 4 points, les pompes sont suspendues au dessus du bord de la fosse et reliées chacune à la solution de barbotage par une conduite (Photo N° 28)

Une fois le pilote en place, les pompes sont activées et le temps de virage de la couleur de la solution est chronométré.

Chaque essai est représenté par 3 répétitions par point.

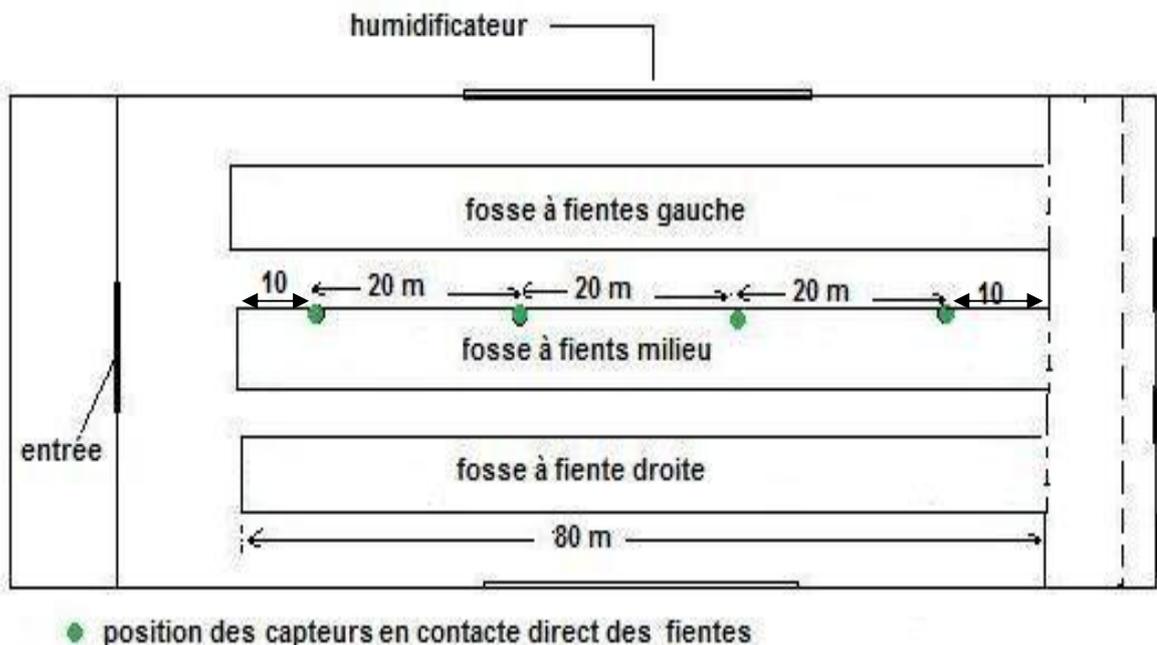


Figure N° 26: position des capteurs à 50cm des fientes

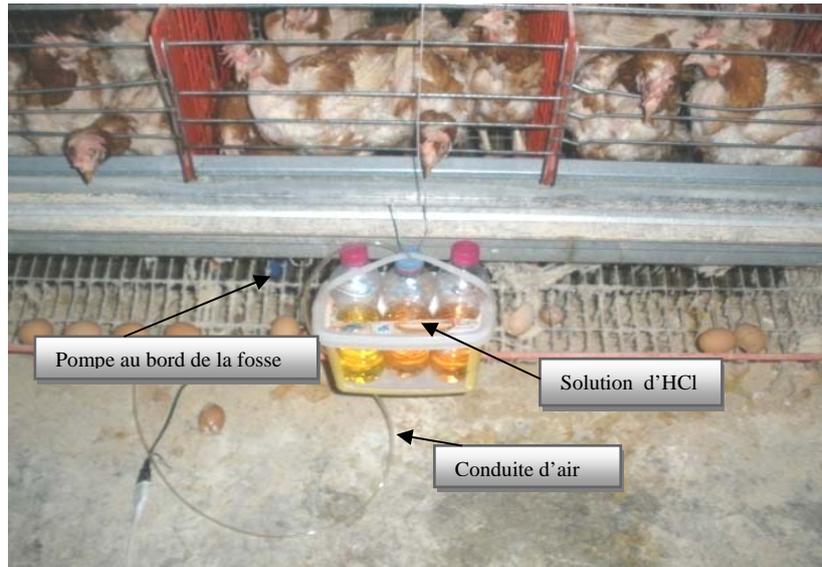


Photo N° 28 : Pilote du Piégeage de l'ammoniac à distance.

1.2.2.2 Le piégeage de l'ammoniac au contact direct des fientes:

Il consiste à capté l'air à laide de capteurs déposés directement sur les fientes avant leurs sorties du bâtiment. L'idée est de quantifier l'ammoniac dégagé à partir d'une surface connue de fiente. Le concept étant le même ; l'aspiration de l'air, puis le faire barboter dans une solution acide.

L'expérimentation :

A chaque essai les 4 pilotes décrits précédemment, sont déposés directement sur les fientes à 1,5 m du début de chaque fosse (Photo N° 29 et N° 30 ; Figure N° 27).

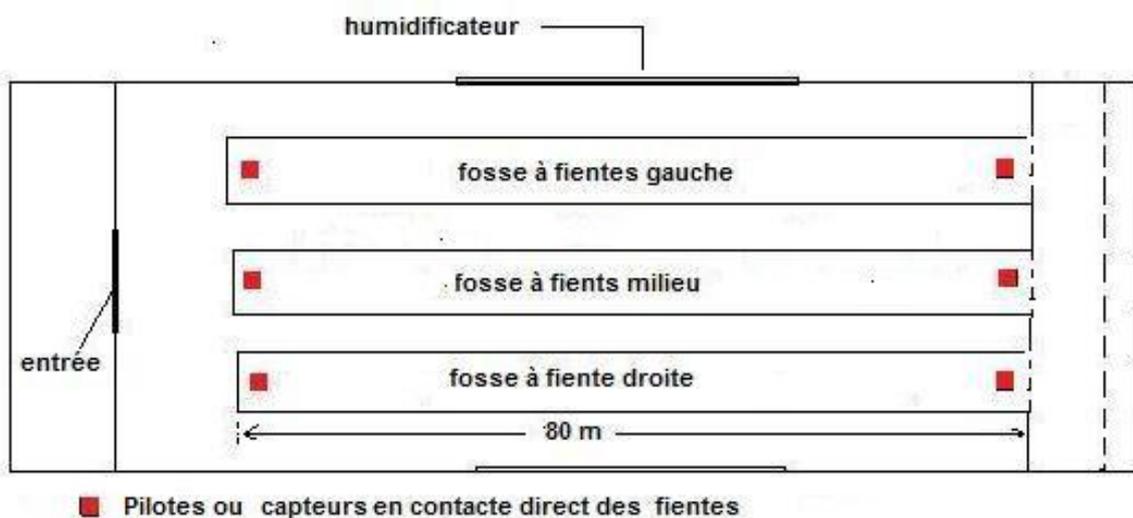


Figure N° 27: les différentes positions possibles des pilotes lors du piégeage en contact direct des fientes



Photo N° 29



Photo N° 30

« Pilote du piégeage de l'ammoniac au contact direct des fientes »

Le bac est mis à l'envers de façon à délimiter une parcelle de fientes et par conséquent l'air qui se dégage d'elle (celui qui sera aspiré par la pompe).

Du pilote sort une conduite qui relie l'air aspiré par la pompe à la solution de barbotage.

Pour chaque essai nous avons réalisé 3 répétitions par pilote, soit 12 opérations au total. Le temps de virage de la solution est chronométré.

L'emplacement des 4 pilotes change d'un essai à un autre (Tableau N°4), afin de déterminer les concentrations d'ammoniac en fonction des points de mesure :

- L'avant, à l'arrière du bâtiment et au niveau des trois fosses, d'autre part.
- au niveau de la fosse de gauche, du milieu ou de droite.

La comparaison peut nous éclairer sur les endroits du bâtiment soumis aux plus fortes concentrations en ammoniac. Les emplacements de mesure sont les suivants :

Fosse	Positions capteurs selon les fosses	Essai1	Essai 2	Essai 3	Essai 4
Gauche	Avant		+	+	+
	Arrière	+	+		+
Milieu	Avant	+		+	+
	Arrière	+		+	
Droit	Avant	+	+		
	Arrière		+	+	+

Tableau N°4: Les positions des capteurs selon les fosses et les essais.

NB : Lors des quatre essais, l'état des 3 fosses qui longent le dessous des trois batteries a toujours été le même, à savoir, fosses non raclées.

Calcul de la concentration d'ammoniac :

Sachant que la solution utilisée pour capter l'ammoniac présent dans l'air ambiant est une solution d'acide chlorhydrique HCl de volume V_{HCl} , égale à 0.25l et de normalité égale à 10^{-5} N.

Au virement de la solution, le nombre de moles n_{HCl} présent dans la solution HCl est neutralisé par le même nombre de moles, n_{NH_3} , de NH_3 présent dans le volume d'air ayant barboté dans la solution.

Ainsi, on peut écrire que :

$$n_{\text{NH}_3} = n_{\text{HCl}} = 0,25 \cdot 10^{-5} \text{ mole de NH}_3.$$

On considère que NH_3 est un gaz parfait alors le nombre de mole, n_{NH_3} , de NH_3 par litre est :

$$0,25 \cdot 10^{-5} \text{ mole de NH}_3 \cdot 22,4\text{L} = 5,6 \cdot 10^{-5} \text{ mole /L} = 5,61 \cdot 10^{-2} \text{ mole/mL}.$$

Pour obtenir la concentration volumique d'ammoniac en ppm présent dans l'air ambiant, on calcule le rapport entre le nombre de mole, n_{NH_3} , de NH_3 par millilitres et le volume d'air, V , ayant barboté, durant le temps t , en mètre cube m^3 .

CHAPITRE 2 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

2.1 RESULTATS :

Pour le traitement des données de nos résultats nous avons procédé en trois étapes :

- Etude statistique des données à l'aide de graphes, d'histogrammes et de courbes de tendances.
- Etude statistique des données en utilisant l'analyse de la variance à l'aide du logiciel « Minitab », sachant qu'on a travaillé avec des dispositifs expérimentaux complètement aléatoire.

2.1.1 Résultats du captage passif des poussières :

A la fin de chaque semaine (durée de l'essai), les quatre-vingt boîtes sont récupérées et leurs couvercles remis.

On observant le contenu des boîtes on constate qu'il diffère d'une boîte à une autre et d'un essai à un autre. Ces différences existent aussi bien entre les contenus des boîtes du milieu du bâtiment qu'avec ceux des boîtes aux extrémités. Ces différences peuvent être :

- La présence de grains dans les boîtes du premier niveau, notamment dans les boîtes des extrémités de chaque batterie (lieu du stationnement des mangeoires).
- La présence de crottes, d'insectes, ou même de l'eau dans les boîtes du deuxième niveau. Les photos N°31 et N°32, nous donnent une idée sur le contenu des boîtes d'une manière générale.



Photo N°31



Photo N° 32

« aperçu sur le contenu des boîtes après une semaine de récolte des poussières »

A partir des poids des poussières récoltées chaque semaine, tableau N°5, nous avons réalisé une étude descriptive et une étude statistique.

n° Allées	Niveau 1 h= 900mm					Niveau 2 h=2100mm						
	n° boite	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5	N° boite	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5
1	1	0,38	0,354	0,475	0,363	0,823	1	0,085	0,009	0,139	0,156	0,287
	2	0,146	0,148	0,223	0,156	0,261	2	0,102	0,119	0,12	0,11	0,091
	3	0,436	0,409	0,568	0,554	0,462	3	0,121	0,176	0,131	0,127	0,091
	4	0,168	0,259	0,355	0,308	0,535	4	0,076	0,168	0,141	0,113	0,068
	5	0,137	0,298	0,217	0,174	0,123	5	0,134	0,16	0,173	0,129	0,149
	6	0,171	0,218	0,388	0,242	0,335	6	0,109	0,157	0,17	0,145	0,116
	7	0,863	0,201	0,249	0,175	0,216	7	0,127	0,153	0,327	0,137	0,146
	8	0,211	0,294	0,282	0,181	0,264	8	0,135	0,144	0,253	0,112	0,14
	9	0,163	0,467	0,626	0,425	0,715	9	0,13	0,072	0,179	0,108	0,099
	10	0,175	0,265	0,16	0,152	0,186	10	0,175	0,036	0,277	0,285	0,192
2	1	0,355	0,393	0,842	0,88	0,832	1	0,129	0,133	0,165	0,118	0,148
	2	0,376	0,416	0,367	0,231	0,801	2	0,123	0,158	0,161	0,133	0,137
	3	0,824	0,738	0,209	0,433	0,474	3	0,118	0,134	0,152	0,115	0,116
	4	0,378	0,474	0,901	0,498	0,528	4	0,12	0,145	0,15	0,142	0,124
	5	0,395	0,248	0,719	0,562	0,583	5	0,129	0,153	0,227	0,118	0,122
	6	0,324	0,285	0,471	0,638	0,546	6	0,124	0,17	0,192	0,157	0,162
	7	0,157	0,227	0,224	0,468	0,385	7	0,123	0,157	0,174	0,152	0,145
	8	0,306	0,305	0,619	0,661	0,469	8	0,136	0,179	0,183	0,147	0,187
	9	0,187	0,222	0,923	0,191	0,212	9	0,162	0,194	0,198	0,179	0,167
	10	0,445	0,379	0,747	0,49	0,793	10	0,148	0,243	0,436	0,22	0,208
3	1	0,309	0,309	0,29	0,29	0,304	1	0,125	0,142	0,16	0,618	0,133
	2	0,33	0,526	0,258	0,244	0,294	2	0,111	0,128	0,177	0,117	0,057
	3	0,175	0,235	0,213	0,225	0,451	3	0,14	0,171	0,177	0,173	0,164
	4	0,465	0,975	0,769	0,607	0,543	4	0,124	0,149	0,117	0,124	0,151
	5	0,266	0,313	0,266	0,227	0,637	5	0,109	0,136	0,157	0,121	0,116
	6	0,263	0,085	0,348	0,302	0,249	6	0,019	0,145	0,16	0,13	0,128
	7	0,233	0,31	0,221	0,393	0,333	7	0,149	0,176	0,179	0,15	0,189
	8	0,332	0,425	0,337	0,38	0,543	8	0,142	0,186	0,185	0,168	0,167
	9	0,178	0,278	0,201	0,165	0,243	9	0,147	0,195	0,288	0,153	0,202
	10	0,303	0,462	0,229	0,285	0,331	10	0,267	0,267	0,258	0,201	0,217
4	1	0,115	0,141	0,178	0,176	0,13	1	0,101	0,087	0,067	0,096	0,113
	2	0,18	0,143	0,205	0,188	0,296	2	0,093	0,096	0,134	0,11	0,078
	3	0,438	0,145	0,153	0,15	0,134	3	0,102	0,125	0,137	0,136	0,119
	4	0,228	0,229	0,631	0,987	0,417	4	0,126	0,153	0,158	0,172	0,131
	5	0,221	0,337	0,284	0,292	0,244	5	0,121	0,145	0,216	0,152	0,121
	6	0,176	0,06	0,221	0,183	0,175	6	0,106	0,136	0,157	0,114	0,111
	7	0,18	0,199	0,197	0,161	0,211	7	0,127	0,139	0,155	0,145	0,124
	8	0,228	0,21	0,18	0,238	0,264	8	0,272	0,18	0,221	0,183	0,13
	9	0,166	0,159	0,164	0,16	0,16	9	0,146	0,147	0,152	0,142	0,144
	10	0,657	0,556	1,688	0,781	0,66	10	0,111	0,134	0,143	0,157	0,143

Tableau N° 5: poids (en g) des poussières obtenus lors du captage passif.

2.1.1.1 Etude descriptive :

➤ Les figures N°28 a, b, c, d montrent l'évolution des quantités de poussières obtenues, durant les cinq essais, dans chacune des quatre allées. L'allure des courbes, démontre clairement deux parties distinctes :

- la première partie : les courbes du premier niveau (allant de N1B1 jusqu'à N1B10) comportent de nombreuses fluctuations, ces fluctuations semblent plus prononcées dans la première et la deuxième allée que dans la troisième et la quatrième allée ;
- la deuxième partie : les courbes du deuxième niveau (allant de N2B1 jusqu'à N2B10) démontrent au contraire, une évolution presque constante des quantités de poussière, nettement inférieures à celle du premier niveau.

a- Courbes des variations des poussières captées :

- Captage de poussière au premier niveau :

Dans les quatre allées et pour les cinq essais les quantités de poussière varient entre 0,05 et 1,68 g.

Dans la première allée : Ces quantités sont comprises entre 0,1227g et 0,8634g Les quantités maximales de poussières (pics) sont observées aux niveaux des boîtes 1 ; 3 ; 9 à 13,25 et 61m pour les 5 essais, ainsi qu'au niveau de la boîte 7 pour l'essai 1. Figure N°28 a.

Dans la deuxième allée : Les quantités varient entre 0,1565 et 0,9234 g. Les fluctuations des quantités de poussière captées durant les cinq essais ne présentent aucune évolution régulière des quantités de poussière. Figure N°28 b.

Dans la 3^{ème} allée : Les quantités varient entre 0,0847g et 0,975g toutes les deux récoltées lors du 2^{ème} essai. Les pics les plus importants sont observés au niveau de la boîte 4 pour les cinq essais. Des pics moins importants sont enregistrés aux niveaux des boîtes 8 et 10, toujours pour les 5 essais. Figure N° 28 c.

Dans la 4^{ème} allée : Les quantités de poussière varient entre 0,0595g et 1,6877g. Dans cette allée on a enregistré deux pics bien distincts, le premier au niveau de la 10^{ème} boîte, il concerne les 5 essais et le deuxième moins important au niveau de la 4^{ème} boîte il concerne 3 essais. Figure N°28 d.

- Captage des poussières au deuxième niveau :

Au deuxième niveau, les courbes des 5 essais dans chacune des quatre allées sont plus régulières et présentent une évolution des quantités de poussière presque constante, ascendante vers la 9^{ème} boîte et un maximum au font du bâtiment.

Dans la première allée : les quantités de poussière varient entre 0,0092g et 0,3271g respectivement récoltés dans le deuxième et le troisième essai.

Dans la deuxième allée : les quantités de poussière varient entre 0,1157g et 0,436g respectivement récoltés dans le 5^{ème} et le 3^{ème} essai.

Dans la 3^{ème} allée : les quantités varient entre 0,0194g et 0,6183g respectivement récoltés dans le 1^{er} et le 4^{ème} essai.

Dans la 4^{ème} allée : des quatre allées, elle constitue celle où on a enregistré les plus faibles quantités de poussière. Elles varient entre 0,0961g et 0,2719g respectivement récoltés dans le 3^{er} et le 1^{er} essai.

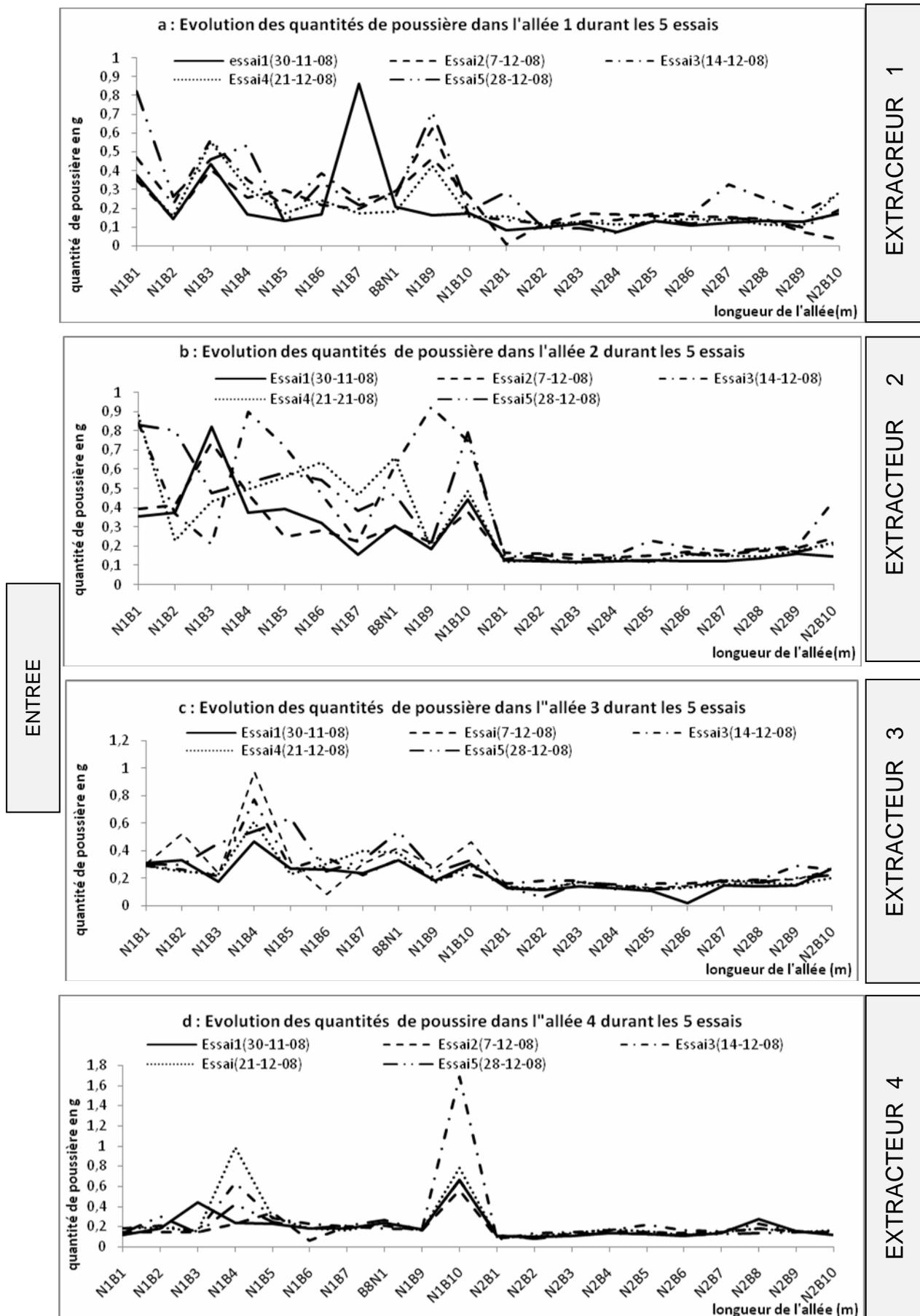


Figure N°28 : Evolution des quantités de poussières dans chaque allée pour les 5 essais.

b- Courbes de tendance de la variation de poussières captées :

En analysant les données exprimées sous la forme des courbes de tendances des quantités de poussières captées le long des allées pour chaque niveau. Figure N° 29 et N°30.

- Nous constatons ce qui suit :
 - 1- Au premier niveau, c'est-à-dire à 90 cm du sol, les courbes de tendances de la variation des quantités de poussières captées sur chacune des allées ne nous permettent pas de dire si les quantités de poussières obtenues croissent ou décroissent le long des allées du fait que les coefficients de corrélation et de détermination des courbes sont très faibles. Figure N°29.
 - 2- Au deuxième niveau, c'est à dire à 2,10m les coefficients de détermination des courbes de tendances sont beaucoup plus significatifs, atteignant des valeurs de $R^2 = 0,86$. L'allure des courbes de tendance dans ce deuxième niveau, suit une évolution croissante plus au moins nette dans les quatre allées ; l'allée 2 étant la plus représentative de ce phénomène (n'enregistre que des courbes de type linéaire avec des coefficients élevés), figure N° 30.

On considérant les courbes de tendances des données des cinq essais regroupés pour chaque niveau et pour chaque allée, figure N°31, on peut dire que :

- Au niveau un, la tendance générale ne change pas car d'une part nous avons des courbes polynomiales qui ne facilitent pas l'interprétation des données et d'autre part les coefficients de détermination, R^2 , sont très faible.
- Au niveau deux, la tendance générale des courbes de tendance au niveau de chaque allée est croissantes et le coefficient de détermination, R^2 , de chaque courbe est acceptable.

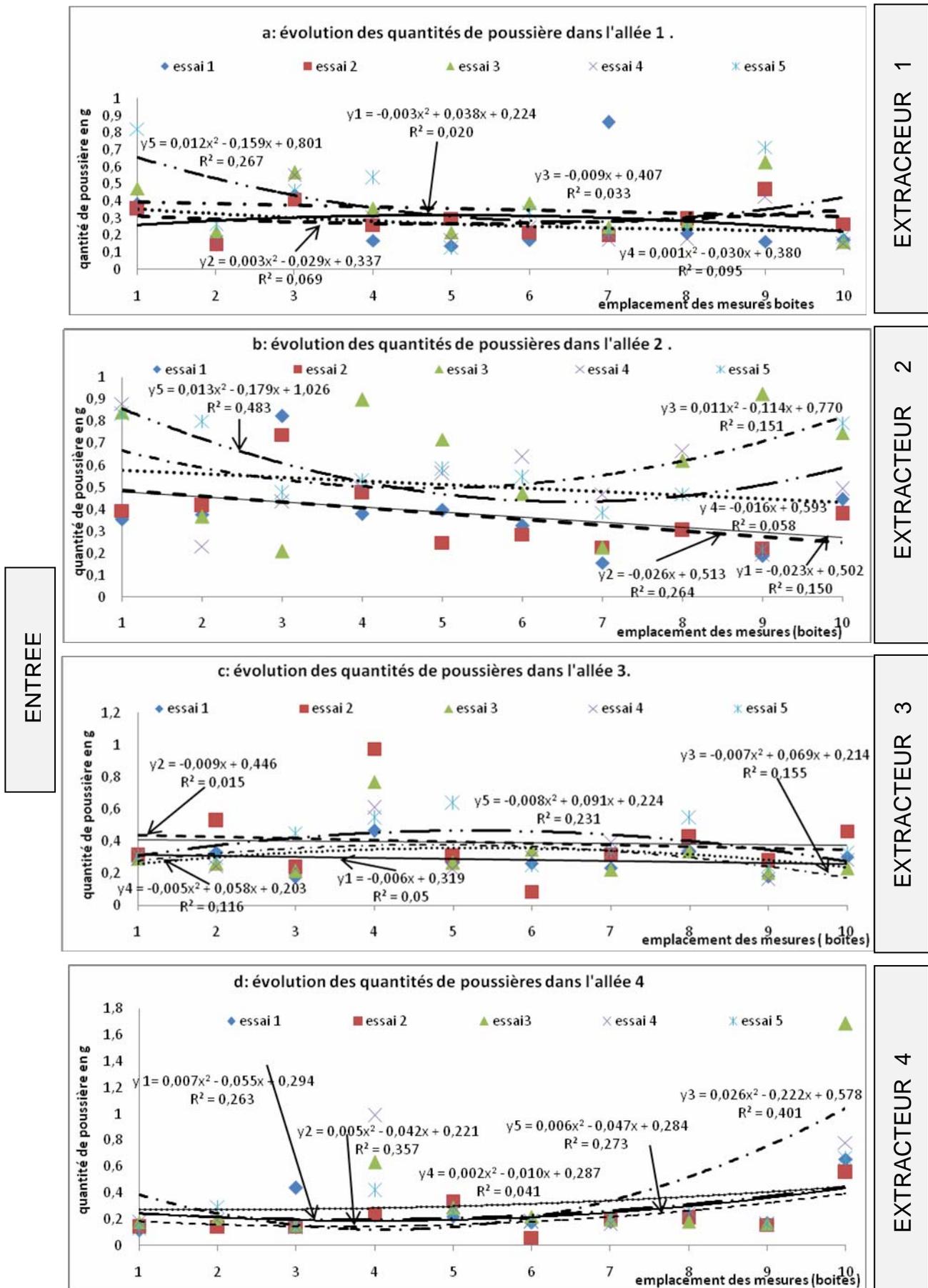


Figure N° 29 : Les courbes de tendances de l'évolution des quantités de poussières captées dans les quatre allées et pour les 5 essais au premier niveau.

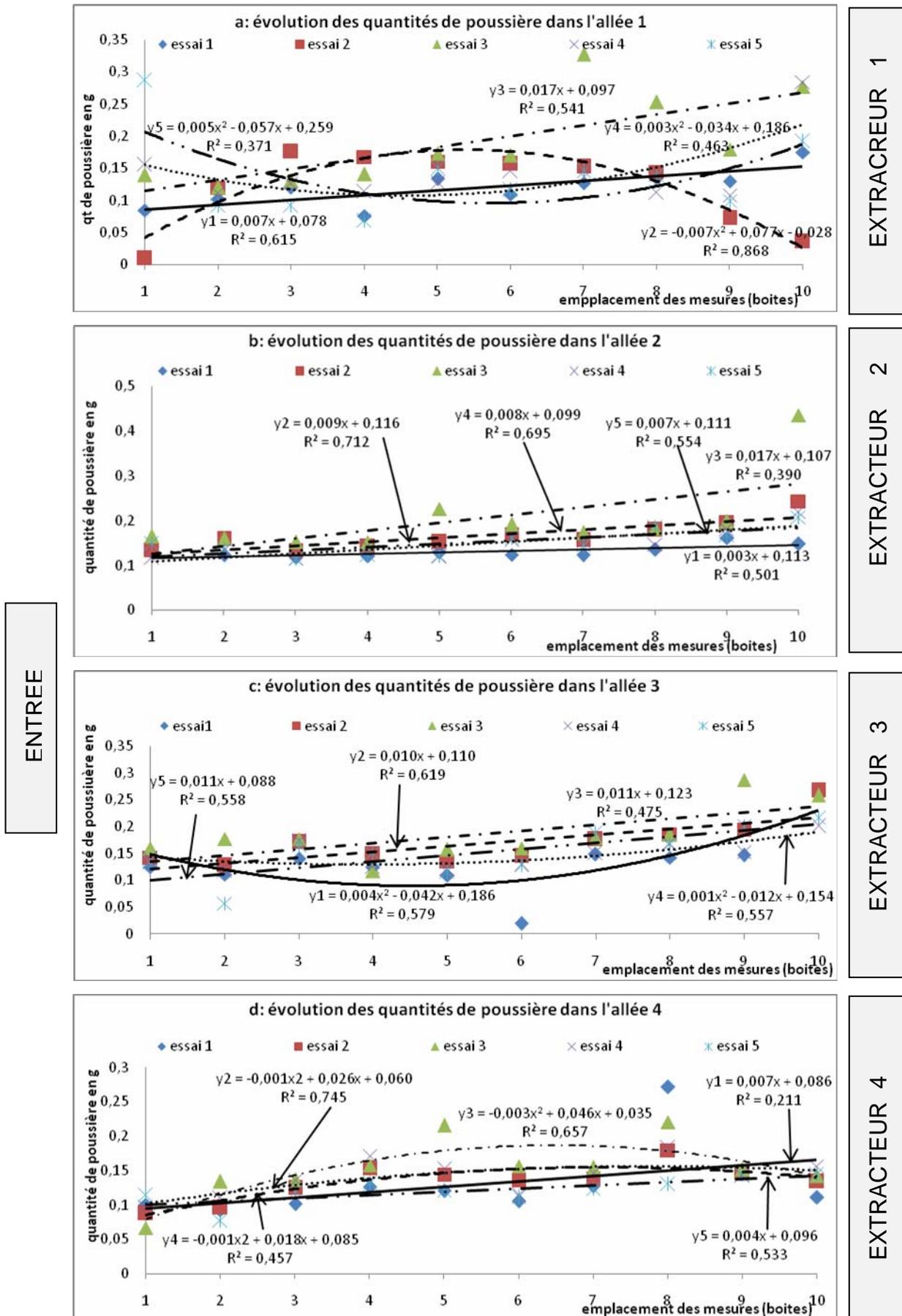


Figure N° 30: Les courbes de tendances de l'évolution des quantités de poussières captées dans les quatre allées pour les 5 essais au deuxième niveau.

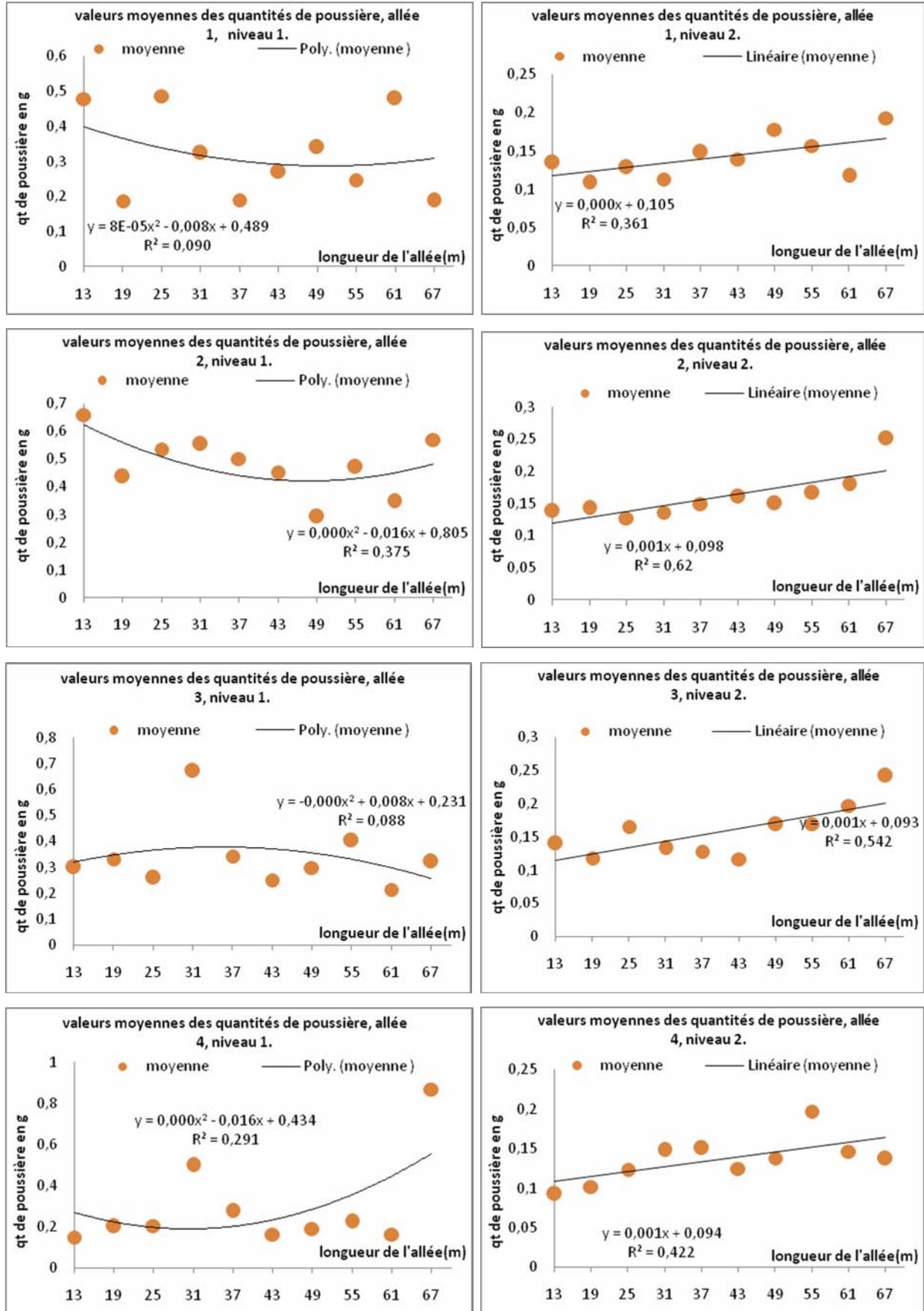


Figure N°31 : Courbes de tendances représentant les valeurs moyennes des quantités de poussières dans les 4 allées et durant les 5 essais (niveau 1 à gauche et niveau 2 à droite).

2.1.1.2 L'étude statistique :

L'étude statistique du captage passif de poussière, porte sur l'analyse de la variance à deux facteurs contrôlés en considérant 3 approches :

- La première étant : l'analyse des quantités de poussière en fonction des 5 essais et de la longueur de l'allée (boites) pour le niveau 1 et pour le niveau 2.
- La deuxième étant l'analyse des quantités de poussière en fonction des niveaux et de la longueur de l'allée (boites), pour les 5 essais les deux niveaux confondus.
- La troisième étant l'analyse des quantités de poussière en fonction des niveaux et des allées, pour les 5 essais.

a- L'analyse des quantités de poussière captées en fonction des essais et de la longueur de l'allée (boites), les deux niveaux séparés:

Pour réaliser cette étude nous avons considéré que : les 4 allées sont des répétitions, ainsi nous avons, 10 emplacements des boites (longueurs) avec 4 répétitions chacune et pour les deux niveaux séparément.

- **pour le niveau 1** : les résultats de l'analyse de la variance sont motionnés dans le tableau ci-dessous.

Source	DL	SC	CM	F	P
essai	4	0,4248	0,1062	2,22	0,069
boites	9	0,9110	0,1012	2,12	0,031
Interaction	36	1,4113	0,0392	0,82	0,752
Erreur	150	7,1661	0,0478		
Total	199	9,9132			

Tableau N°6 ; a : résultats de l'analyse de la variance des quantités de poussière en fonction des essais et de la longueur de l'allée, pour le niveau1.

Les résultats indiquent, qu'à 95% il n'existe pas des différences significatives entre les quantités de poussière en considérant le facteur essais.

Par contre en considérant le facteur boites (longueur de l'allée), nous pouvons conclure qu'à 95% il existe des différences significatives entre les quantités de poussière. Cependant, les valeurs des moyennes ne sont pas distincts et ne forment pas de groupes homogènes car elles se chevauchent, et de ce fait on ne peut conclure sur la comparaison des moyennes. Tableau N°6 ; b :

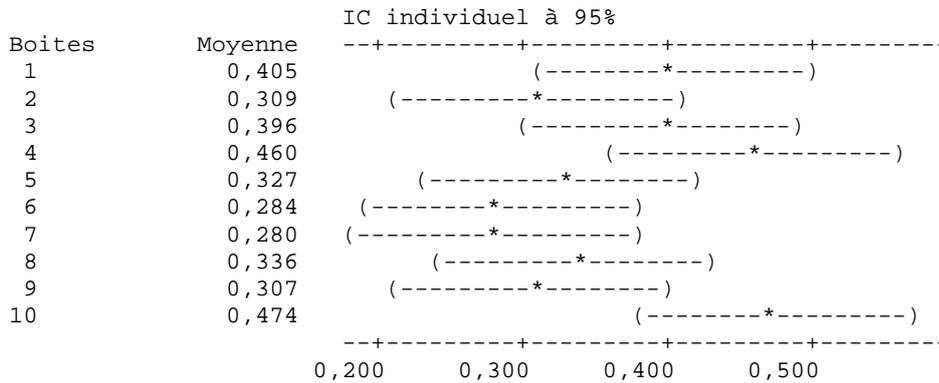


Tableau N°6 ; b : comparaison des valeurs moyennes.

- Pour le niveau 2 : les résultats de l'analyse de la variance sont motionnés dans le tableau ci-dessous :

Source	DL	SC	CM	F	P
essai	4	0,06488	0,01622	4,27	0,003
boite	9	0,12901	0,01433	3,78	0,000
Interaction	36	0,10783	0,00300	0,79	0,795
Erreur	150	0,56917	0,00379		
Total	199	0,87089			

Tableau N°7 ; a : Résultats de l'analyse de la variance des quantités de poussière en fonction des essais et de la longueur de l'allée, pour le niveau 2.

D'après le tableau, nous pouvons conclure qu'à 95% la variation des quantités de poussière en fonction des deux facteurs, est très hautement significative. Néanmoins les moyennes des deux facteurs, se chevauchent ne faisant pas apparaitre des groupes distincts, comme le montre les schémas de comparaisant de moyenne :

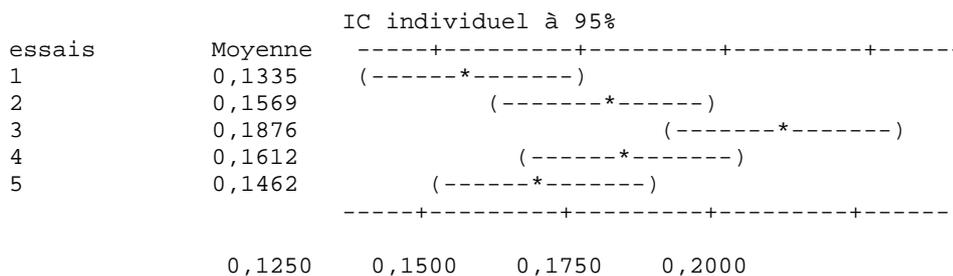
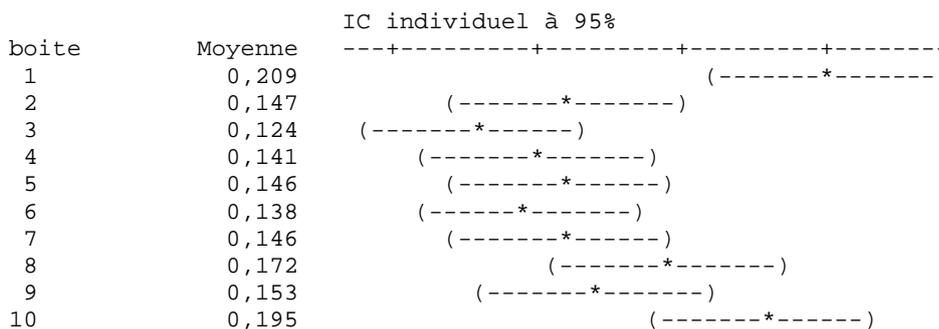


Tableau N°7; b : comparaison des valeurs moyennes selon les essais.



-----+-----+-----+-----+-----
 0,105 0,140 0,175 0,210

Tableau N°7 ; c : comparaison des valeurs moyennes selon les longueurs comparaison des valeurs moyennes selon les dans le bâtiment.

b- L'analyse des valeurs moyennes des quantités de poussière obtenues en fonction des niveaux et des longueurs de l'allée (boîtes), pour les 5 essais :

Pour réaliser cette analyse de variances nous devons considérer les deux niveau de captage de la poussière et les dix distances de captage la long du bâtiment (10 boîtes), (nous considérons que les allées sont des répétitions afin d'augmenter la puissance du test) cette étude est faite pour chaque essai.

Essai1 : le tableau N°8 ; a, de l'analyse de la variance montre qu'il n'existe pas de différence significative pour le facteur boîte (distance) par contre l'effet niveau est très hautement significative au seuil de 95%.Le tableau N°8 ; b, de la comparaison de moyenne montre qu'il existe une différence nette des quantités de poussières captées entre le Niveau 1 (0.90m) et le Niveau 2 (2.10m). Cette situation est observée pour les quatre autres essais tableau (N°9 ; a ;b) ;(N°10 ;a ;b) ; (N°11 ;a ;b) ; (N°12 ;a ;b).

- **Pour l'essai 1 :** les résultats de l'analyse de la variance sont motionnés dans le tableau ci-dessous :

Source	DL	SC	CM	F	P
boîtes	9	0,1652	0,0184	1,15	0,343
niveaux	1	0,5349	0,5349	33,52	0,000
Interaction	9	0,1502	0,0167	1,05	0,415
Erreur	60	0,9574	0,0160		
Total	79	1,8077			

Tableau N°8 ;a: résultats de l'analyse de la variance des quantités de poussière en fonction des niveaux et de la longueur de l'allée, pour l'essai1.

niveau	Moyenne	IC individuel à 95%
1	0,300	(-----*-----)
2	0,137	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
 0,120 0,180 0,240 0,300

Tableau N°8 ;b : de comparaison de moyenne selon les niveaux.

- **Pou l'essai 2 :** les résultats de l'analyse de la variance sont motionnés dans le tableau ci-dessous :

Source	DL	SC	CM	F	P
Total	79	1,9145			
boîtes	9	0,1695	0,0188	1,05	0,409
niveaux	1	0,5179	0,5179	29,00	0,000
Interaction	9	0,1554	0,0173	0,97	0,476
Erreur	60	1,0716	0,0179		

Tableau N°9 ;a : Tableau N°8: résultats de l'analyse de la variance des quantités de poussière en fonction des niveaux et de la longueur de l'allée, pour l'essai2.

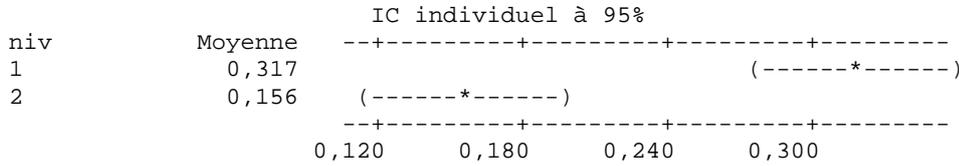


Tableau N°9 ;b : de comparaison de moyenne selon les niveaux.

- **Pour l'essai 3 :** résultats de l'analyse de la variance sont motionnés dans le tableau ci-dessous :

Source	DL	SC	CM	F	P
boites	9	0,5273	0,0586	1,09	0,382
niveaux	1	1,0588	1,0588	19,76	0,000
Interaction	9	0,4578	0,0509	0,95	0,491
Erreur	60	3,2157	0,0536		
Total	79	5,2595			

Tableau N°10 ;a : résultats de l'analyse de la variance des quantités de poussière en fonction des niveaux et de la longueur de l'allée, pour l'essai3.

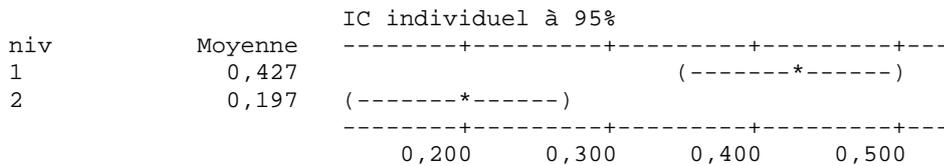


Tableau N°10 ;b : de comparaison de moyenne selon les niveaux.

- **Pour l'essai 4 :** résultats de l'analyse de la variance sont motionnés dans le tableau ci-dessous :

Source	DL	SC	CM	F	P
boites	9	0,2325	0,0258	0,80	0,615
niveaux	1	0,8768	0,8768	27,27	0,000
Interaction	9	0,2034	0,0226	0,70	0,704
Erreur	60	1,9293	0,0322		
Total	79	3,2419			

Tableau N°11 ;a : résultats de l'analyse de la variance des quantités de poussière en fonction des niveaux et de la longueur de l'allée, pour l'essai4.

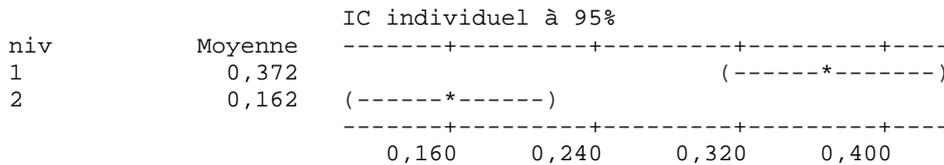
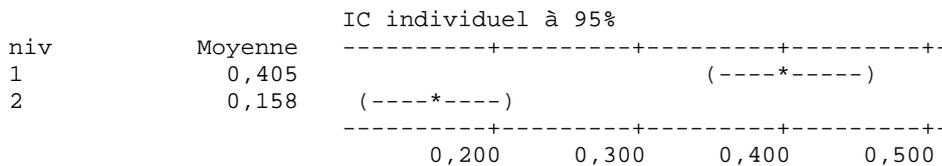


Tableau N°11 ;b : de comparaison de moyenne selon les niveaux.

- **Pour l'essai 5 :** résultats de l'analyse de la variance sont motionnés dans le tableau ci-dessous :

Source	DL	SC	CM	F	P
boites	9	0,1824	0,0203	0,73	0,677
niveaux	1	1,2219	1,2219	44,19	0,000
Interaction	9	0,1101	0,0122	0,44	0,906
Erreur	60	1,6591	0,0277		
Total	79	3,1734			

Tableau N°12 ;a : résultats de l'analyse de la variance des quantités de poussière en fonction des niveaux et de la longueur de l'allée, pour l'essai1.**Tableau N°12 ; b** : de comparaison de moyenne selon les niveaux.

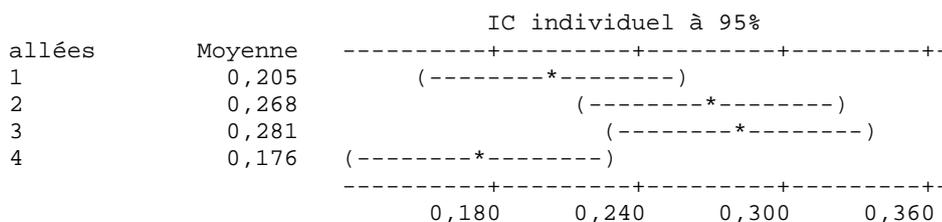
c- L'analyse des quantités de poussière en fonction des niveaux et des allées et ceux pour chacun des 5 essais :

Pour réaliser cette analyse de la variance nous avons considéré les deux niveaux dans chacune des 4 allées et pour chaque essai les résultats de l'analyse de la variance, tableau (N° 13 ; a ; b ;c) ; (N°14 ;a ; b) ; (15 ;a ;b) ; (16 ;a ;b ;c), montrent que le facteur niveaux est hautement significatifs au seuil de 95%. Le teste de comparaison des moyennes montre qu'il existe deux groupes de moyennes complètement distincts, à savoir le niveau 1 et le niveau 2, pour chacun des quatre essais :2 ;3 ;4 ;5. L'essai 1 n'est pas significatif.

Pour le même seuil 95% le facteur allée est significatif seulement pour les essais 2 et 5.

- **Pour l'essai 2** : résultats de l'analyse de la variance sont motionnés dans le tableau ci-dessous :

Source	DL	SC	CM	F	P
allées	3	0,1497	0,0499	3,40	0,022
niveaux	1	0,5771	0,5771	39,33	0,000
Interaction	3	0,0560	0,0187	1,27	0,290
Erreur	72	1,0564	0,0147		
Total	79	1,8392			

Tableau N°13 ;a : résultats de l'analyse de la variance des quantités de poussière en fonction des niveaux et de la l'allée, pour l'essai2.**Tableau N°13 ;b** : de comparaison de moyenne selon les niveaux.

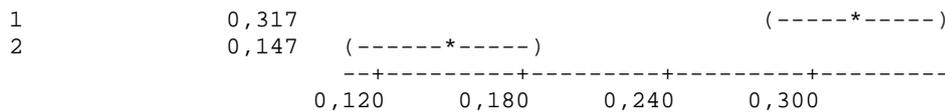


Tableau N°13 ;c : de comparaison de moyenne selon les niveaux.

- **Pour l'essai 3** : résultats de l'analyse de la variance sont motionnés dans le tableau ci-dessous :

Source	DL	SC	CM	F	P
allées	3	0,2937	0,0979	2,11	0,106
niveaux	1	1,0701	1,0701	23,11	0,000
Interaction	3	0,2171	0,0724	1,56	0,206
Erreur	72	3,3334	0,0463		
Total	79	4,9143			

Tableau N°14 ;a : résultats de l'analyse de la variance des quantités de poussière en fonction des niveaux et de la l'allée, pour l'essai 3.

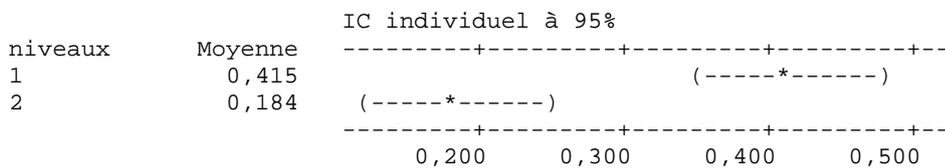


Tableau N°14 ;b : de comparaison de moyenne selon les niveaux.

- **Pour l'essai 4** : résultats de l'analyse de la variance sont motionnés dans le tableau ci-dessous :

Source	DL	SC	CM	F	P
allées	3	0,1549	0,0516	2,16	0,100
niveaux	1	0,7905	0,7905	33,03	0,000
Interaction	3	0,1831	0,0610	2,55	0,062
Erreur	72	1,7230	0,0239		
Total	79	2,8516			

Tableau N°:15 ; a : résultats de l'analyse de la variance des quantités de poussière en fonction des niveaux et de la l'allée, pour l'essai4.

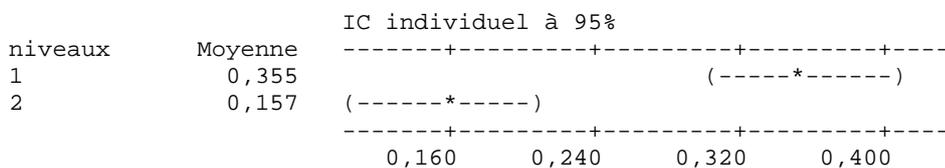
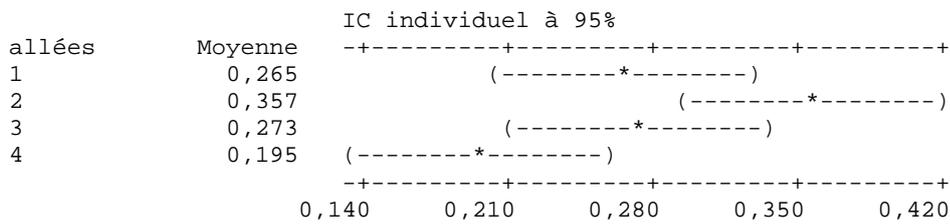
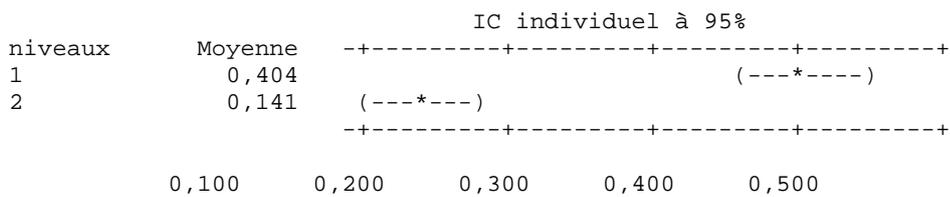


Tableau N°15 ;b : de comparaison de moyenne selon les niveaux.

- **Pour l'essai 5** : résultats de l'analyse de la variance sont motionnés dans le tableau ci-dessous :

Source	DL	SC	CM	F	P
allées	3	0,2629	0,0876	4,73	0,005
niveaux	1	1,3867	1,3867	74,78	0,000
Interaction	3	0,1791	0,0597	3,22	0,028
Erreur	72	1,3352	0,0185		
Total	79	3,1639			

Tableau N° 16 ; a : résultats de l'analyse de la variance des quantités de poussière en fonction des niveaux et de la l'allée, pour l'essai5.**Tableau N° 16 ;b** : de comparaison de moyenne selon les niveaux.**Tableau N°16 ;c** : de comparaison de moyenne selon les niveaux.

2.1.2 Résultat du captage actif des poussières :

Les filtres en tissus noirs sur lesquels se déposent les poussières, photo N°33 et photo N°34, sont récupérés et sont pesés au laboratoire.

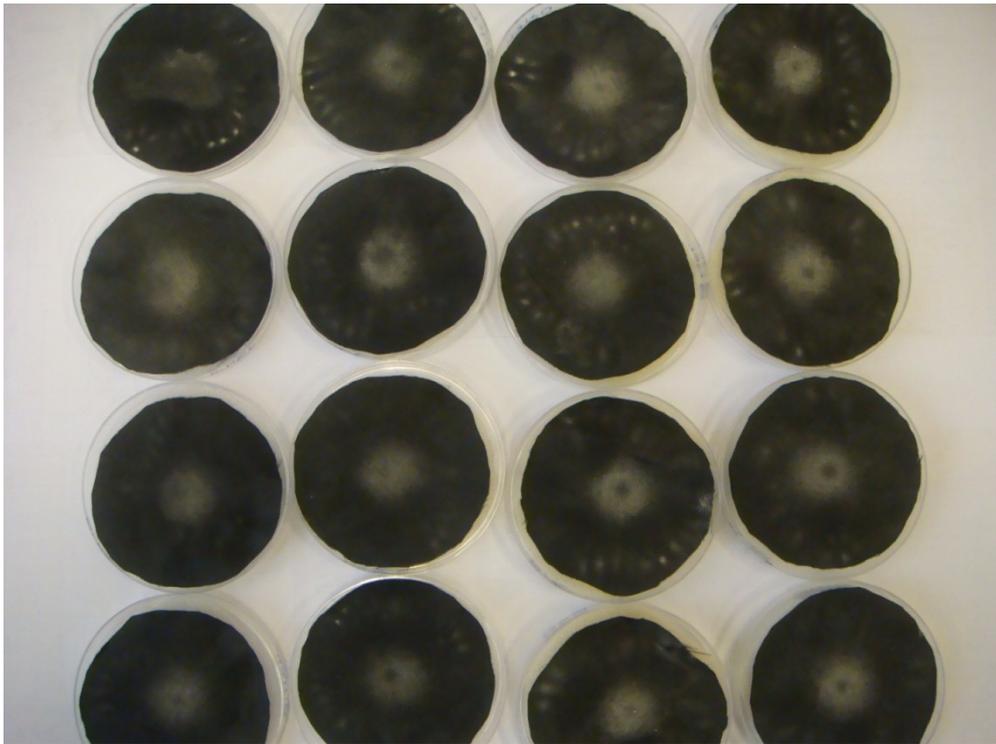


Photo N°33 : filtres noir après utilisation lors d'un essai (les 16 filtres représentant les 4 niveaux de chacun des 4 pilotes).

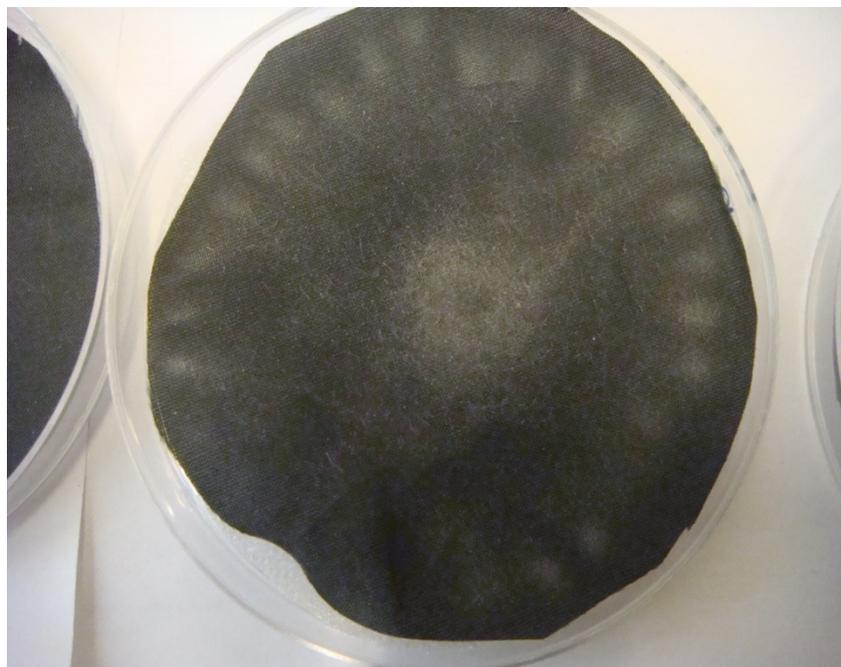


Photo N°34 : Dépôt des poussières sur le filtre noir.

Les deux photos précédentes N°33 et 34, montrent la concentration des poussières au milieu du filtre (emplacement de la conduite qui permet l'aspiration de l'air), ainsi qu'à la périphérie de celui-ci.

La différence entre le poids initial de chaque filtre et son poids après essai, correspond à la quantité de poussière récoltée par volume d'air mesuré, durant le temps de l'expérimentation (30 minutes). Les poids de poussière mesurés sont ramenés au volume d'air passé dans chacun des 4 niveaux et pour chacun des 4 pilotes, ainsi on obtient les poids de poussière en mg/m^3 . Ce sont ces valeurs qui vont faire l'objet d'une étude descriptive et une analyse de la variance. Le tableau N° 17 montre les valeurs des quantités de poussières obtenues.

N°essai	Température	niveaux	Pilote 1	Pilote 2	Pilote 3	Pilote 4
7	6°C	N° 1	0,07	0,109	0,156	0,192
		N° 2	0,163	0,091	0,124	0,16
		N° 3	0,142	0,136	0,152	0,203
		N° 4	0,142	0,1	0,147	0,284
1	8°C	N° 1	0,119	0,131	0,17	0,181
		N° 2	0,159	0,118	0,208	0,175
		N° 3	0,112	0,114	0,186	0,205
		N° 4	0,159	0,123	0,164	0,265
4	9°C	N° 1	0,069	0,524	0,113	0,14
		N° 2	0,051	0,473	0,108	0,147
		N° 3	0,052	0,072	0,212	0,115
		N° 4	0,087	0,593	0,213	0,224
2	10°C	N° 1	0,183	0,152	0,173	0,239
		N° 2	0,11	0,121	0,149	0,239
		N° 3	0,239	0,158	0,25	0,268
		N° 4	0,171	0,145	0,229	0,302
3	11°C	N° 1	0,135	0,058	0,058	0,13
		N° 2	0,108	0,071	0,106	0,174
		N° 3	0,145	0,058	0,13	0,138
		N° 4	0,152	0,092	0,082	0,212
8	12°C	N° 1	0,152	0,111	0,159	0,336
		N° 2	0,125	0,111	0,188	0,316
		N° 3	0,147	0,112	0,126	0,303
		N° 4	0,174	0,107	0,252	0,261
10	15°C	N° 1	0,116	0,235	0,226	0,299
		N° 2	0,206	0,137	0,346	0,275
		N° 3	0,169	0,201	0,205	0,252
		N° 4	0,185	0,201	0,163	0,21
9	16°C	N° 1	0,138	0,127	0,183	0,225
		N° 2	0,164	0,119	0,222	0,146
		N° 3	0,206	0,136	0,248	0,254
		N° 4	0,196	0,165	0,115	0,311

Tableau N°17: poids de poussière en mg/m^3 , captage actif.

Après la mesure du poids de la poussière, celle-ci est récupérée et observée sous microscope. Les observations obtenues sont traitées en tant qu'image avec le logiciel « MOTIC Image + » photos N°35 et photos N° 36. Les valeurs des paramètres, surfaces et périmètres des particules obtenues par essai feront l'objet d'une étude descriptive et une analyse de la variance pour la caractérisation de la poussière.

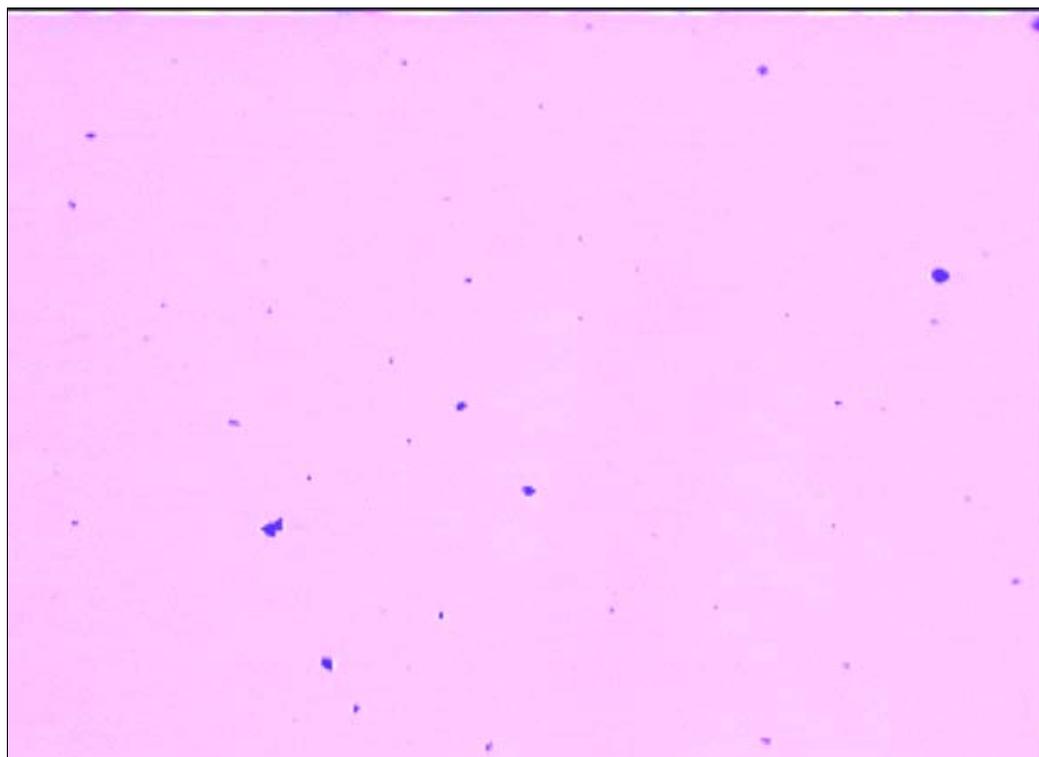


Photo N°35 (G 10 x)

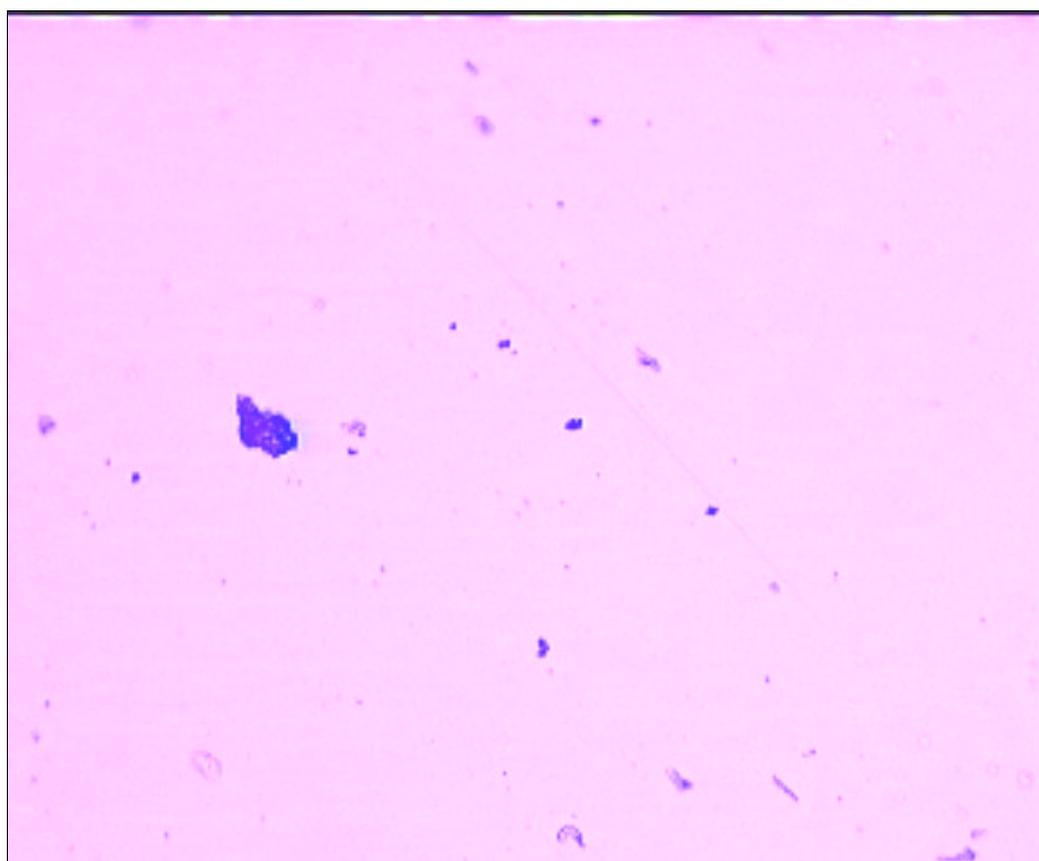


Photo N°36 (G10 x)

Photos N° 35 et N°36 : Images des poussières observées sous microscope (G10x).

Etude des poids de poussière :

a- Etude descriptive

Dans cette étude nous avons considéré l'évolution des quantités de poussière captées par chaque niveau des quatre pilotes pour chaque essai.

Il est à signaler que les données de l'essai 1 et celles de l'essai 6, obtenues sous la même température ($T=8^{\circ}\text{C}$), sont regroupées pour donner des valeurs moyennes de l'essai 1 et 6 ($T=8^{\circ}\text{C}$). Ce regroupement des données s'est fait pour l'essai 2 et l'essai 5 ($T=10^{\circ}\text{C}$) qui a donné les valeurs moyennes de l'essai 2 ($T=10^{\circ}\text{C}$).

En considérant les quantités de poussières captées en mg/m^3 par niveau, par pilote et par essai, figure N°32, on observe d'une manière générale que c'est les pilotes 3 et 4 qui captent le plus de poussière pour chaque essai, particulièrement par le niveau 4 du pilote 4.

Les quantités de poussières captées par ces pilotes sont nettement supérieures à celles captées par les pilotes 1 et 2. Ce phénomène n'est pas observé aux essais 3 et 4.

En observant les courbes de tendance sur la figure N°33, on constate six essais sur huit présentent des courbes de tendances linéaires et parmi ces courbes 5 courbes de tendances sont croissantes avec des coefficients de détermination, R^2 , assez satisfaisant pour les essais N°8 ; 9 et l'essai 1 et 6 et très fort pour les essais 7 et 3 avec respectivement 0,923 et 0,938. Les variations de la courbe de tendance linéaire de l'essai 10 et décroissante. Les courbes de tendances pour les essais 4 et 8 sont polynomiales.

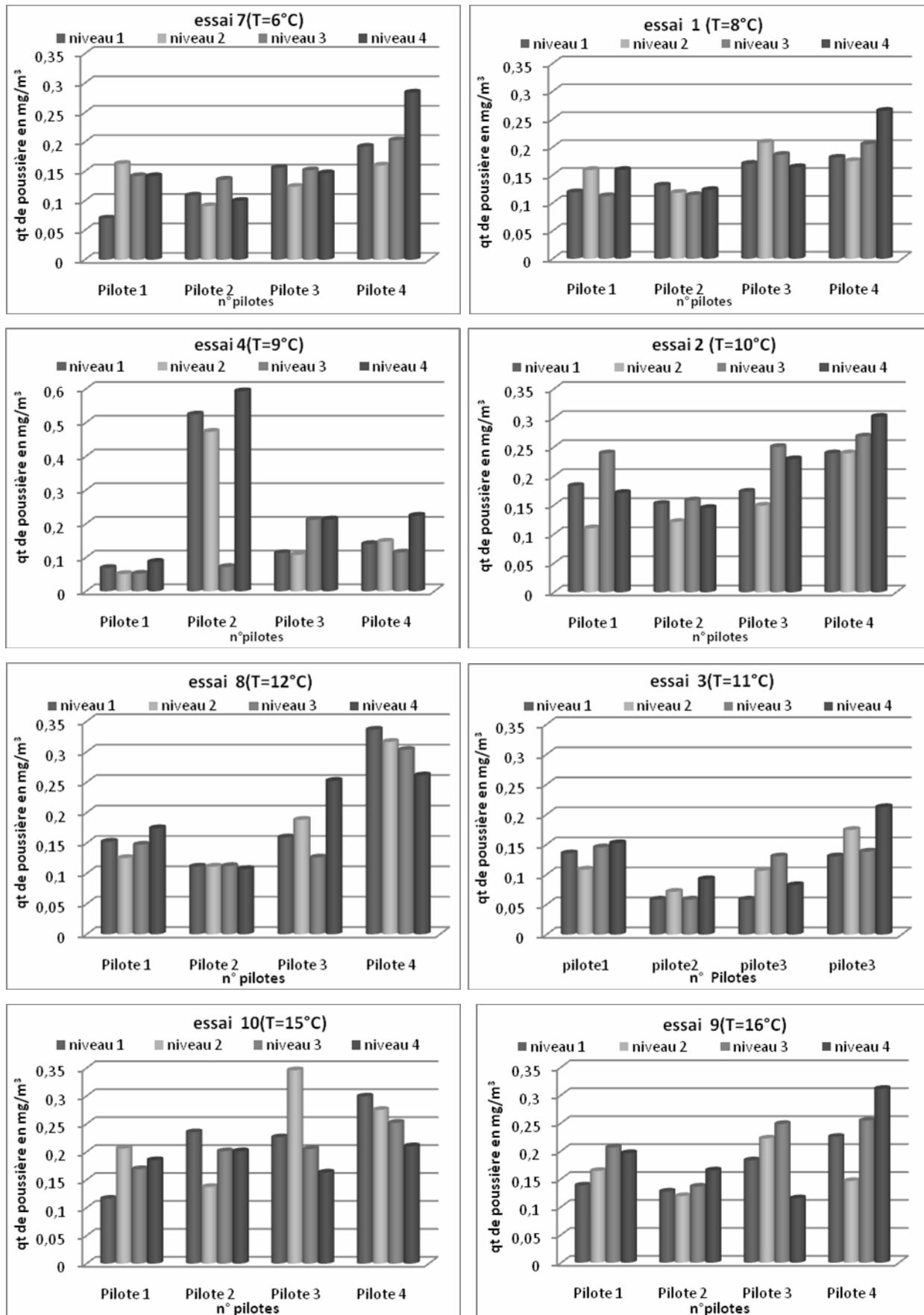
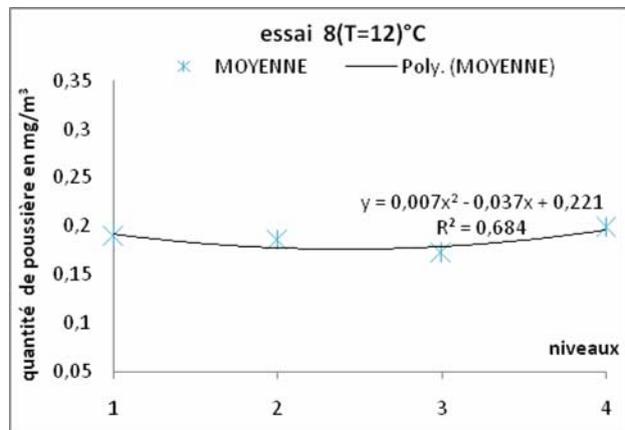
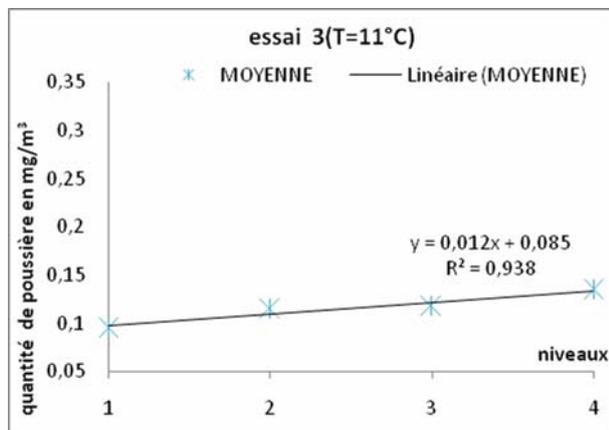
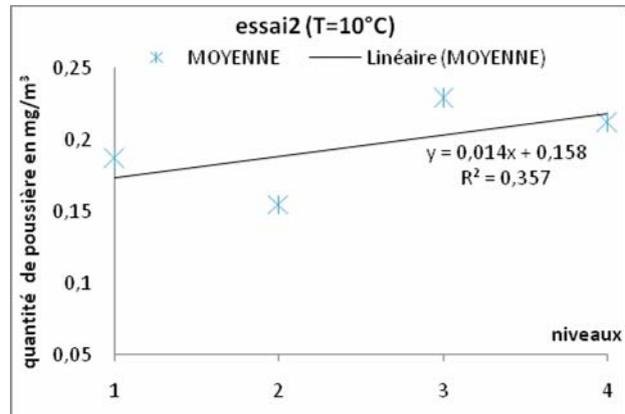
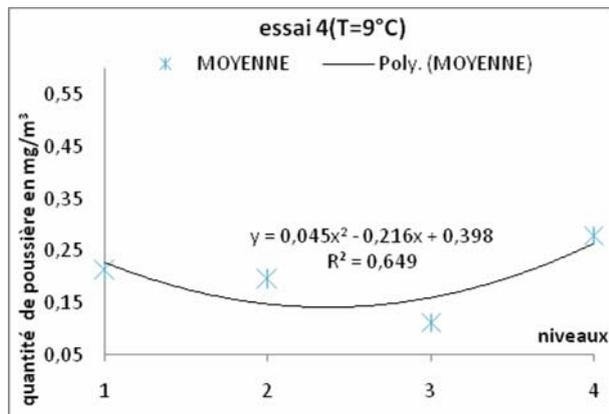
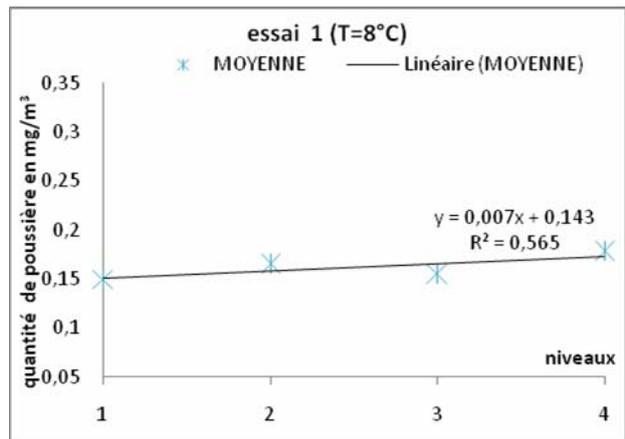
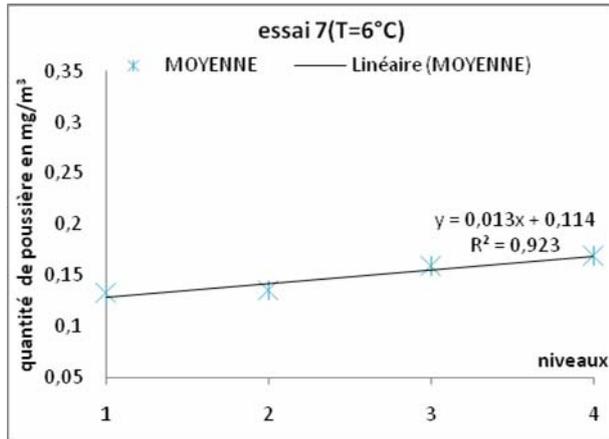


Figure N°32 : Les quantités de poussière captées en mg/m³ en fonction des niveaux de chaque pilote à chaque essai.



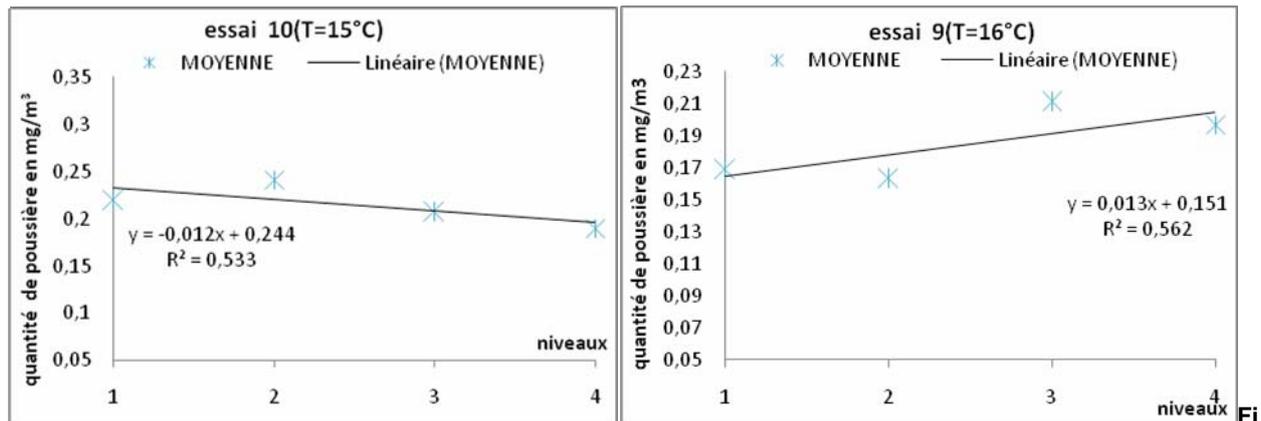


Figure N°33: Courbes de tendances représentant les valeurs moyennes des quantités de poussière récoltées lors des 8 essais, en fonction des niveaux.

b- L'étude statistique (poids de poussière):

Pour cette étude nous avons effectué une analyse de la variance à deux facteurs contrôlés en considérant 3 approches :

- La première étant l'analyse de la quantité de poussière en fonction des 8 essais et des 4 pilotes pour chacun des 4 niveaux.
- La deuxième étant l'analyse de la quantité de poussière en fonction des 8 essais et des 4 niveaux pour chacun des 4 pilotes.
- Puis nous avons effectués une analyse de la variance à un facteur contrôlé dans laquelle nous avons considérés l'évolution des quantités de poussière en fonction des dispositifs pour chacun des 8 essais.

b.1 L'analyse de la quantité de poussière selon les 8 essais et les 4 pilotes pour chacun des 4 niveaux :

Pour cela nous avons considérées les valeurs récoltés pour les 4 pilotes pour chacun des 8 essais et chaque niveau à la foi.

Les résultats d'analyse de la variance sont non significatifs pour les niveaux 1; 2; 4. Pour le niveau 3 l'analyse de la variance montre des résultats très significative à 95% pour les deux facteurs comme nous le montre le tableau ci-dessous :

- **Pour le niveau 3 :** Les résultats de l'analyse de la variance.

Source	DL	SC	CM	F	P
essais	7	0,05152	0,00736	4,82	0,002
pilotes	3	0,04076	0,01359	8,89	0,001
Erreur	21	0,03209	0,00153		
Total	31	0,12437			

Tableau N°18 ;a : résultats de l'analyse de la variance des quantités de poussière en fonction des 8 essais et des 4 pilotes pour le niveau 3.

En considérant les deux facteurs, essais et pilotes, nous pouvons conclure qu'à 95% il existe des différences très significatives entre les quantités de poussière captée par le niveau 3. Cependant, les valeurs des quantités moyennes ne sont pas distinctes et ne forment pas de groupes homogènes car elles se chevauchent, et de ce fait on ne peut conclure sur la comparaison des moyennes, tableaux N° 18 ;b et N° 18 ;c.

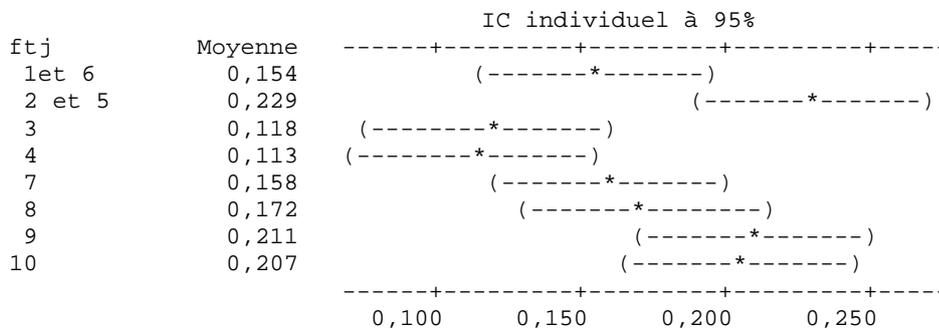


Tableau N°18 ;b : comparaison des quantités moyennes de poussières captées par essai.

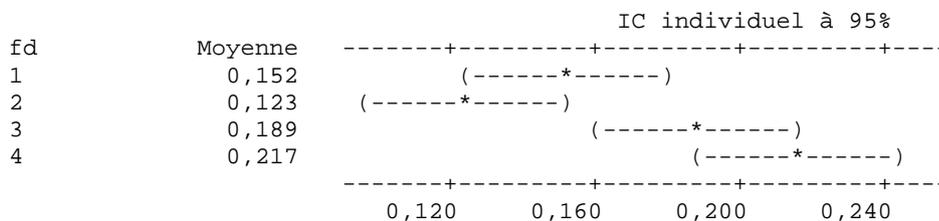


Tableau N°18 ;c : comparaison des quantités moyennes de poussières captées par pilote.

b.2 L'analyse de la quantité de poussière en fonction des 8 essais et des 4 niveaux pour chacun des 4 pilotes :

Nous avons considéré les valeurs des quantités de poussière obtenues par les 4 niveaux pour chacun des 8 essais et pour un pilote à la foi.

Les résultats de l'analyse de la variance sont non significatifs pour les pilotes 1 et 3, et significatifs pour les pilotes 2 et 4.

- **Pour le pilote 2** : Les résultats de l'analyse de la variance sont mentionnés dans le tableau ci-dessous :

Source	DL	SC	CM	F	P
essais	7	0,32740	0,04677	6,47	0,000
niveaux	3	0,02177	0,00726	1,00	0,411

Erreur	21	0,15192	0,00723
Total	31	0,50109	

Tableau N°19 ;a : résultats de l'analyse de la variance des quantités de poussière en fonction des 8 essais et des 4 niveaux pour le pilote 2.

Les résultats sont hautement significatifs pour le facteur essais avec deux groupes de moyenne bien distincts ; l'un comporte un seul essai à savoir l'essai n°4, l'autre regroupe le reste des essais et ceci à un degré de confiance de 95%. Par contre le facteur niveaux ne présente pas de résultats significatifs.

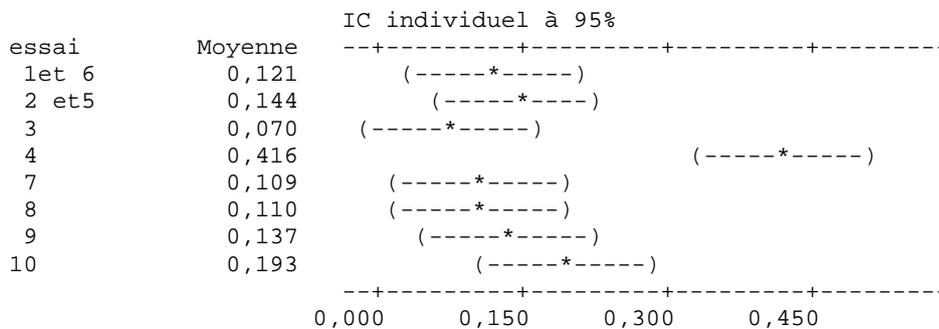


Tableau N°19 ;b : comparaison des quantités moyennes de poussières captées par essai.

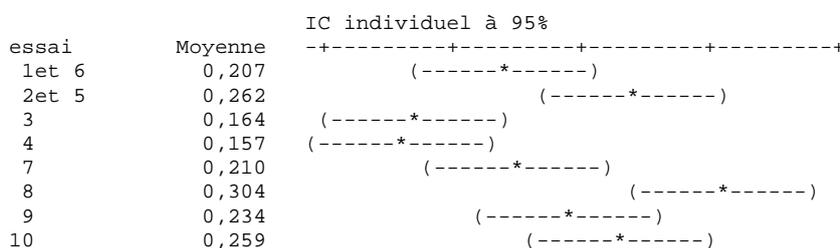
• **Pour le pilote 4** : Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Source	DL	SC	CM	F	P
essais	7	0,07157	0,01022	6,13	0,001
niveaux	3	0,01346	0,00449	2,69	0,072
Erreur	21	0,03500	0,00167		
Total	31	0,12004			

Tableau N°20 ;a : résultats de l'analyse de la variance des quantités de poussière en fonction des 8 essais et des 4 niveaux pour le pilote 4.

Pour un seuil de 95% les résultats de l'analyse de la variance sont hautement significatifs pour le facteur essais, mais les valeurs des moyennes ne sont pas distinctes, et ne forment pas de groupes homogènes, de se fait on ne peut conclure sur la comparaison des moyenne. Tableau N°20 ;b

Pour le facteur niveaux il n'est pas significatif.



-----+-----+-----+-----+-----+
 0,120 0,180 0,240 0,300 0,360

IC individuel à 95%

Tableau N°20 ;b : comparaison des quantités moyennes de poussières captées par essai.

b.3 L'analyse de la variance à un facteur contrôlé :

Dans laquelle nous avons considérés l'évolution des quantités de poussière en fonction des pilotes pour chacun des 8 essais : Les résultats des huit essais sont non significatifs.

2.1.2.1 Etude de la caractérisation des poussières:

Une fois le poids de la poussière déterminé, on passe à l'étape de la caractérisation des poussières. Ces dernières sont déposées chaque fois dans une boîte de pétri recouverte par un cache muni de 16 lumière qui permettent l'observation des poussières sous microscope. A chaque lumière correspond une image qui sera retransmise directement à un ordinateur. Ce dernier est muni d'un logiciel « Motic image plus », qui va nous permettre le traitement des 16 images obtenues pour chaque boîte de pétrie. Les 16 images correspondent à 16 surfaces de 25 mm² chacune du fond de la boîte de pétri contenant de la poussière, qu'on a déposé, et est obtenue à un niveau du pilote lors d'un essai. Comme chaque pilote porte 4 niveaux, et pour chaque essai on a 4 pilotes, le traitement des images sera de 2048 images pour les 8 essais.

Les paramètres considérés par le logiciel pour caractériser les particules de poussières au niveaux de chaque image sont les surfaces, et les périmètres maximums, minimums et moyens : s max ; s min ; s moy considérées en μm^2 et p max ; p min ; p moy considérées en μm . Comme le nombre de particules de poussières par image est très élevé nous avons considéré, pour l'analyse de nos données les valeurs moyennes de chacun des six paramètres au niveau de chaque image ensuite au niveau de la boîte de pétri, c'est-à-dire la moyenne des 16 images.

a- Etude descriptive (caractérisation):

Cette étude concerne la variation des 6 paramètres étudiés : à savoir : surface moyenne ; surface max ; surface min ; périmètre moyen ; périmètre max ; périmètre min. Nous avons considéré 2 approches :

La première considère la variation de chacun des 6 paramètres à chaque niveau pour chaque pilote considéré pour chaque essai. (Annexe N° 1).

La deuxième considère la variation de chacun des 6 paramètres en fonction des niveaux pour l'ensemble des pilotes. On utilisant des courbes de tendances pour chaque essai. (Annexe N° 2).

a.1 La variation des 6 paramètres en fonction des pilotes :

En observant les différents histogrammes de l'annexe 1 pour les différents essais on constate ce qui suit :

La surface minimale des particules de poussières captées aux différents niveaux de chaque pilote dépassant rarement le micro mètre au carré ($1 \mu\text{m}^2$). Dans la grande majorité cette surface est égale à un micro mètre.

La surface maximum de particules de poussières captées par les différents niveaux de chaque pilote est supérieure à $50 \mu\text{m}^2$, atteignent les $80 \mu\text{m}^2$ parfois, pour l'ensemble des niveaux et pour tous les pilotes et les essais.

Les surfaces moyennes des particules, obtenues, pour les différents niveaux des quatre pilotes et aux différents essais, et comprises entre $8 \mu\text{m}^2$ et $10 \mu\text{m}^2$ et dépassent parfois les $12 \mu\text{m}^2$.

Le périmètre moyen des particules de poussières captées aux différents niveaux chaque pilote pour l'ensemble des essais est égale au minimum à $4 \mu\text{m}$. Ce périmètre peut prendre des valeurs de $4.6 \mu\text{m}$ mais n'atteint jamais les $5 \mu\text{m}$.

Le périmètre maximum des particules de poussières captées est, au minimum, égale à $60 \mu\text{m}$ mais dépassent rarement les $70 \mu\text{m}$ n'atteint jamais les $80 \mu\text{m}$.

Le périmètre moyen des particules pour l'ensemble des niveaux des pilotes et des essais, est toujours supérieur à $12 \mu\text{m}$ il peut dépasser les $20 \mu\text{m}$, car le maximum est environs $23 \mu\text{m}$.

a.2 La variation de la moyenne des 6 paramètres en fonction des niveaux :

En observant les courbes de tendance de la variation de chacun des 6 paramètres en fonction des 4 niveaux, pour les 4 pilotes et 8 essais, annexe 2, on peut dire que :

- La surface minimale d'une manière générale est corrélée aux niveaux car le coefficient de détermination, R^2 , est supérieure à 0,55. Cette surface est de plus en plus petite au fur et mesure que l'on passe du niveau 1 vers le niveau 4.
- La surface maximale varie en fonction des niveaux selon une courbe de type polynomiale pour cinq essais et selon une droite décroissante pour 2 essais.
- La surface moyenne varie selon une forme polynomiale du deuxième degré avec un R^2 significatif pour 4 essais et d'une manière linéaire avec un R^2

significatif pour un essai. Pour les autres essais les courbes de tendance ne sont pas significatives car leur R^2 est toujours faible.

- D'une manière générale le périmètre minimal, diminue linéairement au fur et mesure que l'on passe du niveau 1 au niveau 4 pour 4 essais ; elle suit une tendance du type polynomiale pour 4 essais.
- La tendance de la variation du périmètre moyen des particules de poussières en fonction des niveaux est du type polynomial du deuxième degré.

b. Etude statistique (caractérisation) :

L'étude statistique a porté sur l'analyse de la variance à deux facteurs contrôlés en considérant 2 approches :

- La première est l'analyse de la variance des valeurs des 6 paramètres étudiés ($s_{moy}, s_{max}, s_{min}, p_{moy}, p_{max}, p_{min}$) en fonction des niveaux et des essais, et ceci pour chacun des 4 pilotes.
- La deuxième est l'analyse de la variance des valeurs des 6 paramètres étudiés ($s_{moy}, s_{max}, s_{min}, p_{moy}, p_{max}, p_{min}$) en fonction des pilotes et des essais et ceci pour chacun des 4 niveaux.

b.1 L'analyse de la variance des valeurs des 6 paramètres étudiés ($s_{moy}, s_{max}, s_{min}, p_{moy}, p_{max}, p_{min}$) en fonction des niveaux et des essais, pour chacun des 4 pilotes:

Les résultats de l'analyse de la variance, tableau N°21, nous permettent de dire ce qui suit :

- Pour le pilote 1 : les résultats sont significatifs pour les trois paramètres : surface moyenne, max, min pour les deux facteurs considérés. Lorsque on considère les résultats des périmètres on constate qu'ils sont très hautement significatifs pour le facteur essais, mais ils sont non significatifs pour le facteur niveau, sauf pour le périmètre maximum (P_{max}).
- Pour le pilote 2 : les résultats sont non significatifs pour l'ensemble des paramètres avec le facteur niveaux. Ils sont hautement significatifs pour le facteur essais sauf pour la surface minimum ; s_{min} .
- Pour le pilote 3 : les résultats sont significatifs pour les six paramètres avec le facteur essais. Ils sont non significatifs pour les six paramètres avec le facteur niveaux.
- Pour le pilote 4 : les résultats sont significatifs avec le facteur essais pour 4 paramètres : S_{moy} ; S_{max} et P_{moy} ; P_{max} et non significatif pour 2 paramètres :

s min et p min. Avec le facteur niveaux les résultats sont non significatifs pour trois paramètres : Smoy ; Pmoy et Pmax, et ils sont significatifs pour les trois autres paramètres : Smax ; Smin et Pmin.

pilotes	paramètres	source	essais	niveaux	Interaction	Erreur	Total	paramètre	essais	niveaux	Interaction	Erreur	Total
pilote1	Surface moyenne	DL	7	3	21	96	127	Périmètre moyenne	7	3	21	96	127
		SC	510,5	54,24	156,6	471,09	1192,5		730,8	21,45	111,51	578,39	1442,22
		CM	72,93	18,08	7,46	4,91			104,4	7,15	5,31	6,02	
	Surface maximum	DL	7	3	21	96	127	Périmètre maximum	7	3	21	96	127
		SC	6807	961	5470	11497	24735		2166,6	573,9	1665,9	5338,0	9744,3
		CM	972	320	260	120			309,5	191,3	79,3	55,6	
	Surface minimum	DL	7	3	21	96	127	Périmètre minimum	7	3	21	96	127
		SC	3,523	2,581	6,560	17,410	30,075		1,574	0,079	1,6634	4,5100	7,8272
		CM	0,503	0,860	0,312	0,181			0,225	0,026	0,0792	0,0470	
pilote2	Surface moyenn	DL	7	3	21	96	127	Périmètre	7	3	21	96	127
		SC	313,0	12,23	129,0	400,30	854,67		617,6	14,95	340,90	810,41	1783,88
		CM	44,73	4,08	6,15	4,17			88,23	4,98	16,23	8,44	
	Surface maximum	DL	7	3	21	96	127	Périmètre maximum	7	3	21	96	127
		SC	6782	1105	4591	16137	28615		2933,3	236,1	1653,4	3347,8	8170,5
		CM	969	368	219	168			419,0	78,7	78,7	34,9	
	Surface minimum	DL	7	3	21	96	127	Périmètre minimum	7	3	21	96	127
		SC	0,260	0,1071	0,694	2,0575	3,1199		2,326	0,172	3,340	10,880	16,717
		CM	0,037	0,0357	0,033	0,0214			0,332	0,057	0,159	0,113	
pilote3	Surface moyenn	DL	7	3	21	96	127	Périmètre	7	3	21	96	127
		SC	247,3	3,71	55,81	400,62	707,48		426,9	8,36	76,91	602,08	1114,29
		CM	35,33	1,24	2,66	4,17			60,99	2,79	3,66	6,27	
	Surface maximum	DL	7	3	21	96	127	Périmètre	7	3	21	96	127
		SC	8818	435	4828	16594	30675		1608,2	22,7	892,4	3245,0	5768,3
		CM	1260	145	230	173			229,7	7,6	42,5	33,8	
	Surface minimum	DL	7	3	21	96	127	Périmètre	7	3	21	96	127
		SC	0,131	0,0008	0,067	0,7025	0,9018		0,518	0,020	0,1910	2,7075	3,4374
		CM	0,018	0,0002	0,003	0,0073			0,074	0,007	0,0091	0,0282	
	DL	7	3	21	96	127		7	3	21	96	127	
	SC	2,56	0,04	0,44	0,983			2,62	0,25	0,32	0,998		
	CM	0,018	0,990	0,983				0,016	0,864	0,998			

pilote 4	Surface moyenne	DL	7	3	21	96	127	Périmètre moyenne	7	3	21	96	127
		SC	148,8	9,79	72,04	271,53	502,25		157,1	35,89	150,41	582,60	926,04
		CM	21,27	3,26	3,43	2,83			22,45	11,96	7,16	6,07	
		F	7,52	1,15	1,21				3,70	1,97	1,18		
		P	0,000	0,332	0,259				0,001	0,123	0,286		
	Surface maximum	DL	7	3	21	96	127	Périmètre	7	3	21	96	127
		SC	2244	1047	2755	12625	18671		767,7	369,6	456,4	5169,0	6762,6
		CM	321	349	131	132			109,7	123,2	21,7	53,8	
		F	2,44	2,65	1,00				2,04	2,29	0,40		
		P	0,024	0,053	0,474				0,058	0,083	0,990		
	Surface minimum	DL	7	3	21	96	127	Périmètre minimum	7	3	21	96	127
		SC	0,277	0,2865	0,509	2,5375	3,6105		1,078	0,961	2,186	11,125	15,349
CM		0,039	0,0955	0,024	0,0264		0,154		0,320	0,104	0,116		
F		1,50	3,61	0,92			1,33		2,76	0,90			
P		0,177	0,016	0,570			0,245		0,046	0,594			

Tableau N° 21 : Résultat de l'analyse de variance, des valeurs des 6 paramètres étudiés (smoy,smax,smin,pmoy,pmax,pmin) en fonction des niveaux et des essais pour chacun des 4 pilotes.

b.2 L'analyse de la variance des valeurs des 6 paramètres étudiés (smoy,smax,smin,pmoy,pmax,pmin) en fonction des pilotes et des essais pour chacun des 4 niveaux :

Les résultats de l'analyse de la variance, tableau N°22, nous permettent de déduire ce qui suit :

- Pour le niveau 1 : les résultats sont significatifs pour les trois paramètres concernant la Smoy ; Smax et s min avec les deux facteurs considérés sauf pour la s max avec le facteur pilote. Les résultats sont non significatifs avec le facteur pilote, par contre ils sont très hautement significatifs avec le facteur essais pour le deux paramètres: Pmoy et Pmax.
- Pour le niveau 2 : les résultats sont significatifs pour les 6 paramètres avec le facteur essais sauf pour le paramètre Smin. Avec le facteur pilote les résultats sont significatifs pour Smax ;Smin et Pmoy , non significatifs pour Smoy ; Pmax et Pmin.
- Pour le niveau 3 : les 5 paramètres du facteur essais sont hautement significatifs. Les résultats avec le facteur pilote sont significatifs seulement pour : (Smoy ; Smax ; Pmoy et Pmax.
- Pour le niveau 4 : les résultats avec le facteur essais sont très hautement significatifs pour : 4 paramètres : Smoy ; Smax ; Pmoy ; et Pmax. Avec le facteur pilote les résultats sont non significatifs pour tous les paramètres. Il existe 3 interactions, deux concernent Smoy et s max, et la 3^{ème} concerne le Pmoy.

niveaux	paramètre	Source	essais	pilote	Interactio n	Erreur	Total	paramétr e	essais	pilotes	Interactio n	Erreur	Total
---------	-----------	--------	--------	--------	-----------------	--------	-------	---------------	--------	---------	-----------------	--------	-------

Niveau 1	Surface moyenne	DL SC CM F P	7 386,8 55,27 9,23 0,000	3 67,62 22,54 3,76 0,013	21 239,4 11,40 1,90 0,019	96 575,10 5,99	127 1269,0	Primètre moyen	7 487,22 69,60 7,13 0,000	3 16,39 5,46 0,56 0,643	21 229,50 10,93 1,12 0,342	96 936,57 9,76	127 1669,68
	Surface maximum	DL SC CM F P	7 6375 911 4,59 0,000	3 796 265 1,34 0,267	21 7919 377 1,90 0,019	96 19065 199	127 34154	Périmètre maximum	7 2945,1 420,7 6,35 0,000	3 327,1 109,0 1,65 0,184	21 2132,7 101,6 1,53 0,084	96 6358,2 66,2	127 11763,1
	Surface minimum	DL SC CM F P	7 3,366 0,481 2,39 0,027	3 2,501 0,834 4,14 0,008	21 7,138 0,340 1,69 0,046	96 19,338 0,201	127 32,343	Périmètre minimum	7 1,567 0,224 1,37 0,228	3 0,760 0,253 1,55 0,207	21 5,005 0,238 1,46 0,113	96 15,723 0,164	127 23,056
Niveau 2	Surface moyenne	DL SC CM F P	7 313,4 44,78 13,62 0,000	3 21,46 7,15 2,18 0,096	21 120,9 5,76 1,75 0,035	96 315,63 3,29	127 771,54	érimètre moyenne	7 413,62 59,09 13,66 0,000	3 71,42 23,81 5,50 0,002	21 298,31 14,21 3,28 0,000	96 415,24 4,33	127 1198,58
	Surface maximum	DL SC CM F P	7 6785,0 969,3 11,33 0,000	3 42,0 14,0 0,16 0,921	21 5308,8 252,8 2,95 0,000	96 8215,8 85,6	127 20351,6	Périmètre maximum	7 1845,2 263,6 6,95 0,000	3 76,7 25,6 0,67 0,570	21 967,0 46,0 1,21 0,257	96 3639,4 37,9	127 6528,2
	Surface minimum	DL SC CM F P	7 0,2350 0,0336 1,85 0,086	3 0,131 0,043 2,41 0,071	21 0,7688 0,0366 2,02 0,011	96 1,7400 0,0181	127 2,8750	Périmètre minimum	7 0,9559 0,1366 2,24 0,038	3 0,294 0,098 1,61 0,193	21 2,6197 0,1247 2,04 0,010	96 5,8600 0,0610	127 9,7297
Niveau 3	Surface moyenne	DL SC CM F P	7 217,78 31,11 9,30 0,000	3 27,59 9,20 2,75 0,047	21 45,19 2,15 0,64 0,876	96 320,99 3,34	127 611,56	Primètre moyenne	7 407,16 58,17 14,40 0,000	3 36,08 12,03 2,98 0,035	21 123,54 5,88 1,46 0,113	96 387,90 4,04	127 954,69
	Surface maximum	DL SC CM F P	7 5672 810 4,09 0,001	3 2151 717 3,62 0,016	21 2100 100 0,50 0,962	96 19016 198	127 28939	Périmètre maximum	7 880,2 125,7 3,81 0,001	3 477,8 159,3 4,82 0,004	21 717,5 34,2 1,03 0,432	96 3171,8 33,0	127 5247,3
	Surface minimum	DL SC CM F P	7 0,1850 0,0264 2,64 0,015	3 0,005 0,001 0,19 0,905	21 0,1681 0,0080 0,80 0,713	96 0,9600 0,0100	127 1,3187	Périmètre minimum	7 0,9309 0,1330 3,74 0,001	3 0,032 0,010 0,31 0,820	21 0,6909 0,0329 0,93 0,559	96 3,4100 0,0355	127 5,0647
Niveau 4	Surface moyenne	DL SC CM F P	7 191,47 27,35 8,17 0,000	3 2,81 0,94 0,28 0,840	21 121,33 5,78 1,73 0,040	96 321,52 3,35	127 637,13	Périmètre moyenne	7 315,09 45,01 5,18 0,000	3 16,17 5,39 0,62 0,603	21 337,86 16,09 1,85 0,023	96 833,77 8,69	127 1502,89
	Surface maximum	DL SC CM F P	7 4063 580 5,28 0,000	3 422 141 1,28 0,286	21 4072 194 1,76 0,034	96 10557 110	127 19114	Périmètre maximum	7 1680,3 240,0 5,86 0,000	3 230,5 76,8 1,88 0,139	21 975,6 46,5 1,13 0,327	96 3930,3 40,9	127 6816,8
	Surface minimum	DL SC CM F P	7 0,0884 0,0126 1,82 0,091	3 0,051 0,017 2,48 0,066	21 0,0821 0,0039 0,56 0,932	96 0,6650 0,0069	127 0,8871 9	Périmètre minimum	7 0,5434 0,0776 1,76 0,104	3 0,196 0,065 1,49 0,223	21 0,5622 0,0268 0,61 0,904	96 4,2300 0,0441	127 5,5322

Tableau N°22 : Résultats de l'analyse de la variance, de la caractérisation des 6 paramètres étudiés

(smoy,smax,smin,pmoy,pmax,pmin) en fonction des dispositifs et des essais et ceci pour chacun des 4 niveaux.

2.1.3

Résultat du piégeage de l'ammoniac à distance:

Au niveau de la fosse du milieu de bâtiment, 4 points ont été choisis pour réaliser nos mesures. Ces 4 points investissent la fosse sur toute sa longueur, de façon à aller l'avant vers l'arrière du bâtiment.

Les neuf essais effectués n'ont pas été tous réalisés dans des conditions identiques ; le premier groupe d'essais étant réalisés avant le raclage des fientes, il s'agit des essais 1 ; 3 ; 4 ; 5 ; 7 et 9.

Le deuxième groupe d'essais réalisés après raclage, il s'agit des essais : 2 ; 6 et 8. Le tableau N°23, nous indique les concentrations de NH_3 (ppm) obtenues. Selon les pilotes, les essais (température) et les conditions (avant et après raclage des fientes) pour les différentes répétitions.

Etat de la fosse		Avant raclage					Après raclage			
N° essais		E3	E4	E5	E1	E7	E9	E2	E8	E6
température (°C)		19	21	21	24	24	26	22	24	26
Pilote1	R1	2,94	2,33	1,71	2,53	2,01	2,91	1,49	1,82	4,86
	R2	3,24	1,38	1,71	2,91	1,88	3,24	0,82	2,01	4,16
	R3	2,24	1,66	1,94	2,24	2,16	2,33	1,29	1,45	3,24
	moyenne	2,80	1,79	1,78	2,56	2,01	2,82	1,2	1,76	4,08
Pilote 2	R1	2,04	2,04	1,94	1,85	1,85	2,99	1,34	1,94	3,88
	R2	2,59	1,69	2,45	2,04	1,76	2,24	0,88	1,85	4,32
	R3	2,43	1,94	1,76	1,93	2,04	2,28	1,14	2,04	2,59
	moyenne	2,35	1,89	2,05	1,94	1,88	2,5	1,12	1,94	3,5
Pilote 3	R1	2,45	2,45	1,76	2,22	2,33	4,25	1,66	2,33	3,11
	R2	3,11	2,02	2,33	2,45	2,33	4,66	1,41	2,33	3,11
	R3	2,19	2,33	2,45	2,33	2,45	3,11	1,45	2,59	3,58
	moyenne	2,58	2,26	2,18	2,3	2,37	4,00	1,50	2,41	3,26
Pilote 4	R1	1,72	1,72	1,72	1,55	1,72	2,59	1,72	1,83	3,88
	R2	2,07	1,35	1,55	1,63	1,55	7,77	2,07	1,55	3,88
	R3	2,07	1,55	1,83	1,55	1,83	3,11	1,63	1,55	3,11
	moyenne	1,95	1,54	1,7	1,57	1,7	4,49	1,8	1,64	3,6

Tableau N°23 : Concentrations d'ammoniac en ppm .

Ce sont les valeurs moyennes des trois répétitions qui vont faire l'objet d'une étude descriptive et une analyse de la variance des concentrations en ammoniac) :

2.1.3.1 Etude descriptive :

Dans cette étude nous avons présenté la variation de l'ammoniac aux niveaux de nos 4 points de mesure en fonction des essais pour les quatre pilotes, figure N°34.

a- Essais avant raclage :

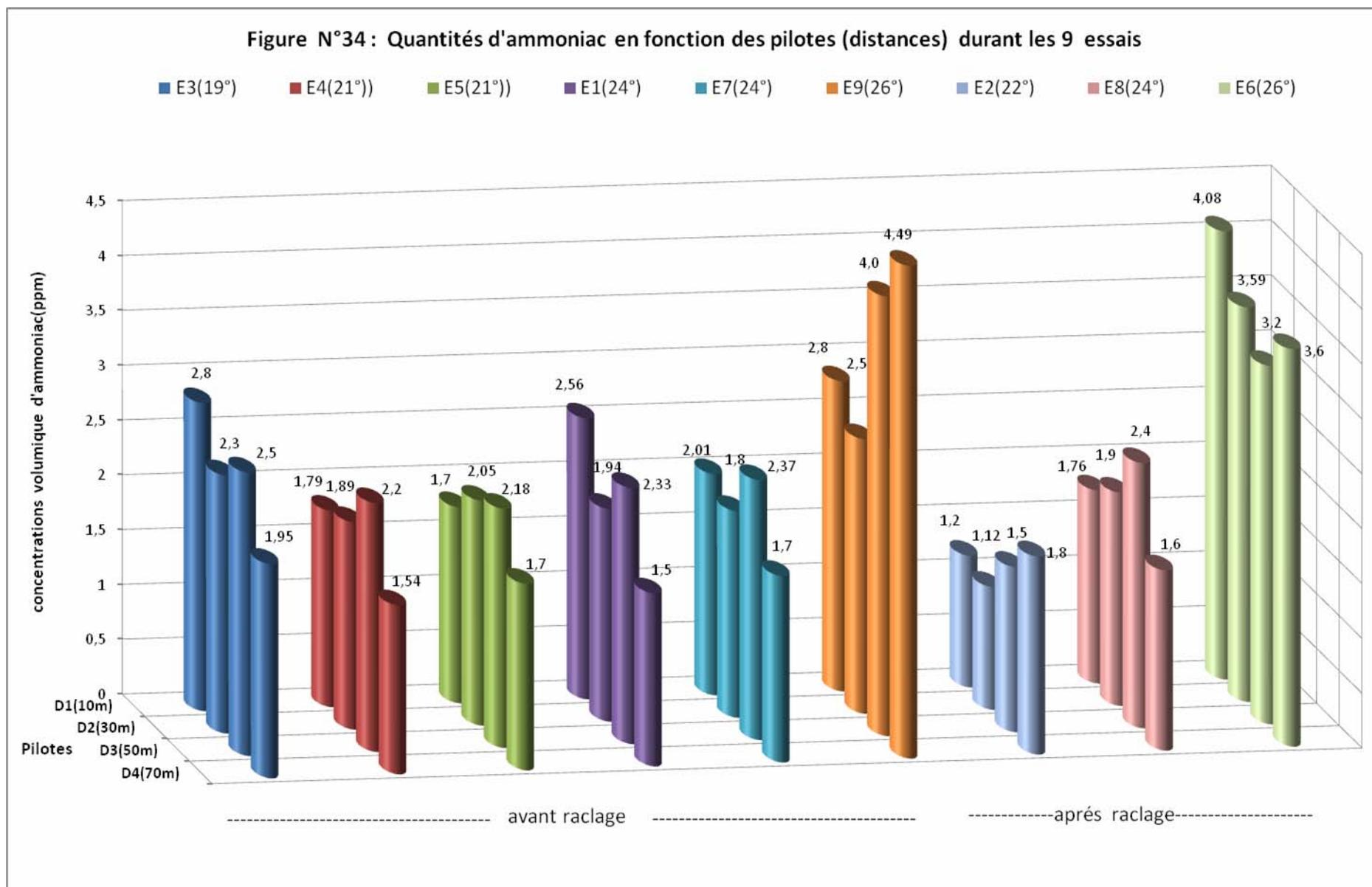
Les histogrammes de la figure N°34 nous montrent que les émissions de gaz NH_3 ne sont pas les mêmes pour un même essai et d'un essai à un autre. Pour les essais E_3 ; E_4 ; E_5 ; E_1 et E_7 ayant lieu à des températures respectivement égales à 19°C ; 21°C ; 21°C ; 24°C et 24°C , les émissions sont les plus faibles au niveau du dispositif D_4 qui se trouve à 70 mètres de l'entrée du bâtiment c'est-à-dire au fond de celui-ci. On observe, aussi, que les pilotes D_2 et D_3 du milieu du bâtiment émettent presque la même quantité de NH_3 pour les essais cités. Des différences très nettes apparaissent entre les émissions de NH_3 captés par le dispositif D_1 situé à 10 mètres de l'entrée.

L'essai E_9 (26°C) présente de grandes quantités de NH_3 , captées par les quatre dispositifs, supérieures à celles captées par les autres pilotes aux différents essais. Ces quantités de NH_3 sont importantes au niveau des pilotes D_3 et D_4 .

b- Essais après raclage :

La figure N° 31 montre que les histogrammes présente un gradient d'émission, NH_3 , croissante en allant de l'essai E_2 (22°C) à l'essai E_6 (26°C) en passant par l'essai E_8 (24°C). Ce phénomène est le même pour les pilotes D_1 ; D_2 et D_3 . A l'essai E_8 (24°C), au pilote D_4 , nous remarquons qu'il y a eu moins de NH_3 que l'essai E_2 (22°C).

Nous observons, comme pour les essais avant un raclage que c'est l'essai à température de 26°C (E_6) que les émissions de NH_3 sont les plus importantes.



- **Les courbes de tendance de la variation des émissions de NH₃ :**

La figure N°35 nous montre la variation des émissions de NH₃ en fonction de longueur de la fosse de réception des fientes en partant de l'entrée du bâtiment.

Pour l'avant raclage nous observons que pour les 6 essais nous avons, d'une part, 3 courbes dont l'une à tendance linéaire croissante à l'essai 9 (26°C) et 2 autres sont à tendances linéaires décroissantes (essai E3 ;E1) et, d'autres part, nous avons 3 courbes dont les tendances sont polynomiales du second degrés pour les essais E4 ;E5 et E7.

Pour l'après raclage les courbes de tendance des émissions de NH₃ en fonction de la longueur du bâtiment sont du type polynomiale du deuxième degré négative pour l'essai E8 (24°C), positive pour l'essai E6 (26°C) et linéaire croissante pour l'essai E2 (22°C).

Sur la figure N° 36 sont présentées les courbes de tendance de la variation des émissions de gaz NH₃ en fonction des essais (température croissante de l'air du bâtiment).

Pour les essais avant raclage les courbes de tendances sont du type polynomiale du deuxième degré positive. Les courbes de tendances de la variation des émissions de NH₃ après raclage sont du type linéaire croissant pour les quatre pilotes. Les coefficients de détermination, R^2 , sont suffisamment élevés.

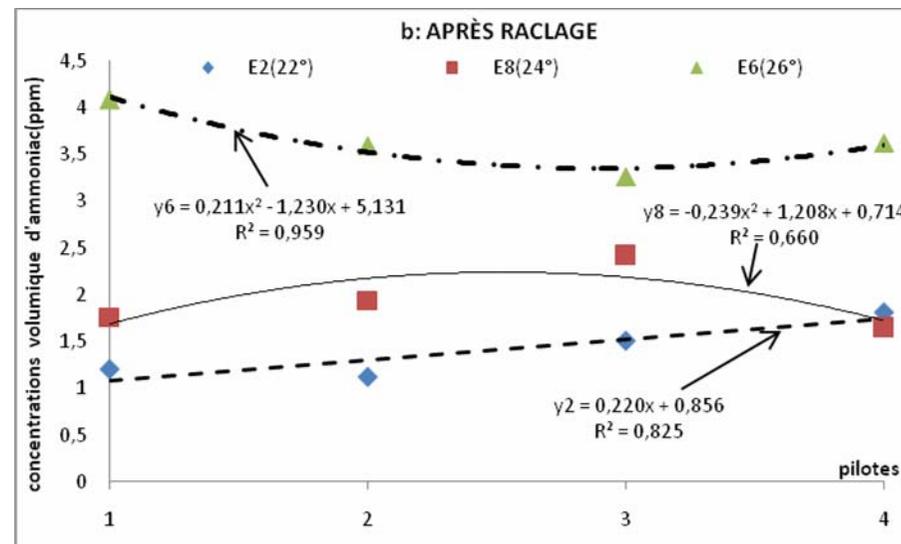
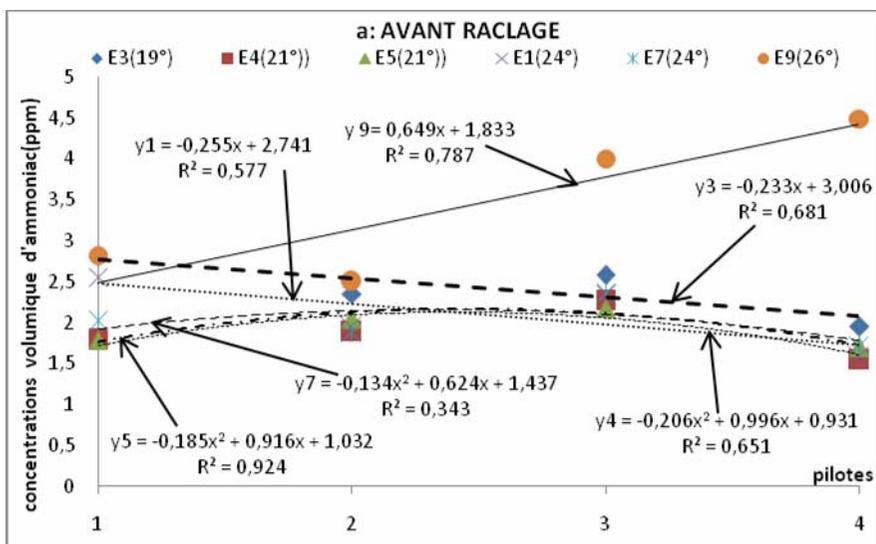


Figure N° 35 : Les courbes de tendances de la variation des concentrations d'ammoniac NH₃ (ppm) en fonction des pilotes (distances).

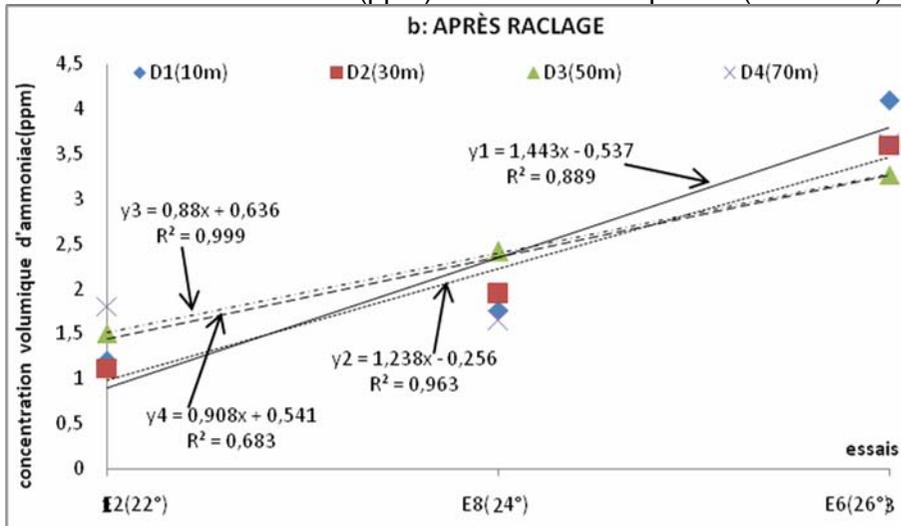
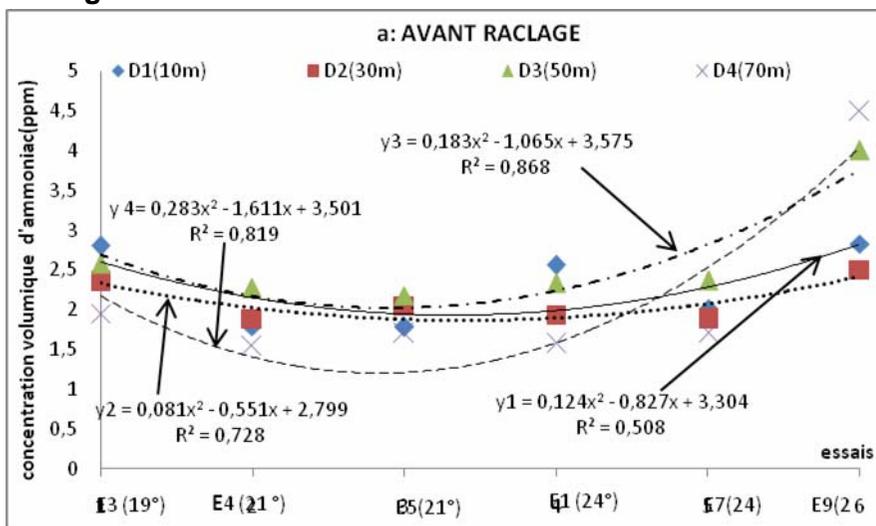


Figure N° 36 : Les courbes de la variation des concentrations d'ammoniac NH_3 (ppm) en fonction des essais (températures croissantes).

2.1.3.2 L'étude statistique :

Nous avons effectué une analyse de la variance en faisant 3 approches :

- La première est: l'analyse de la quantité d'ammoniac émise, en fonction des 9 essais.
- La deuxième est l'analyse de la quantité d'ammoniac émise le long de la fosse et des 9 essais, considérant ceux avant et ceux après raclage.
- Le troisième est l'analyse de la quantité d'ammoniac émise le long de la fosse pour un essai à la fois.

a- l'analyse de la variance de la quantité d'ammoniac émise, en fonction des 9 essais :

Pour réaliser cette analyse et voir si il ya des différences significatives entre les quantités de NH₃ émises .au niveau de chaque essai, nous avons regroupé les valeurs des quantités captées par les dispositifs de chaque essai. L'analyse de variance à un facteur contrôlé à donnée un résultat, très hautement significatif. Tableau N°24.

Source	DL	SC	CM	F	P
jours	8	54,431	6,804	16,28	0,000
Erreur	99	41,384	0,418		
Total	107	95,815			

Tableau N°24 ; a : résulta de l'analyse de la variance de la quantité d'NH₃ émise en fonction des 9 essais

La comparaison des moyennes pour ce facteur nous a permis d'obtenir deux groupes de moyennes complètement distincts : le premier composé des essais (1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ;7 ; 8) et le deuxième composé des essais 6 et 9 ayant respectivement les moyennes les plus élevées : 3.64 et 3.45 ppm.

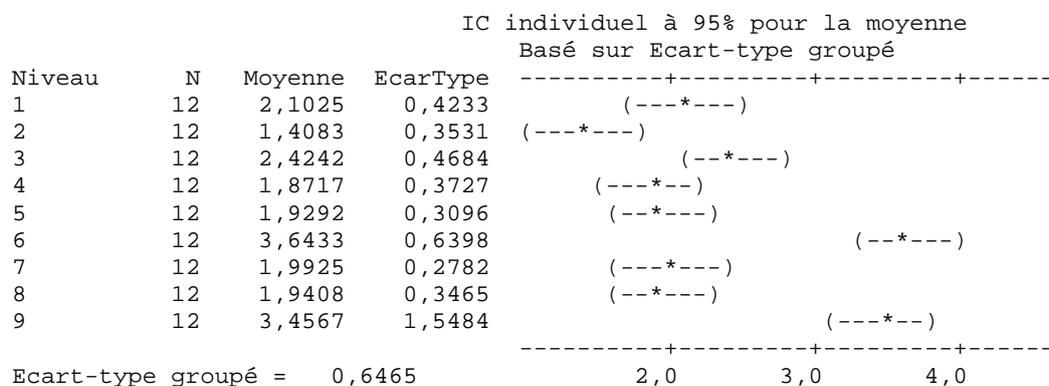


Tableau N°24 ;b : comparaison des moyennes.

b- l'analyse de la variance de la quantité d'ammoniac émise en fonction de la longueur de la fosse et des 9 essais en considérant ceux avant et ceux après raclage :

C'est aux analyses de variance à deux facteurs contrôlés l'une pour les données avant raclage et l'autre pour ceux obtenus après raclage. Nous avons considéré les quantités d'ammoniac émises, en fonction des essais et de la longueur de la fosse.

- **Essais avant raclage :** Les résultats de l'analyse de la variance sont motionnés dans le tableau ci-dessous :

Source	DL	SC	CM	F	P
pilotes	3	2,930	0,977	2,20	0,100
essais	5	21,693	4,339	9,79	0,000
Interaction	15	9,982	0,665	1,50	0,143
Erreur	48	21,278	0,443		
Total	71	55,882			

Tableau N°25 ;a : les résultats de l'analyse de la variance de la quantité de NH₃ émie le long de la fosse avant raclage.

Pour le facteur pilote (emplacement de mesure) il n'existe pas de différence significatives. Il en ressort, des résultats très hautement significatifs au seuil de confiance de 95% avec le facteur essais. Tableau N°25 ;b, La comparaison des moyennes a permis d'obtenir deux groupes de moyennes bien distincts : le premier constitué uniquement de l'essai 9, dans le second groupe on trouve le reste des essais.

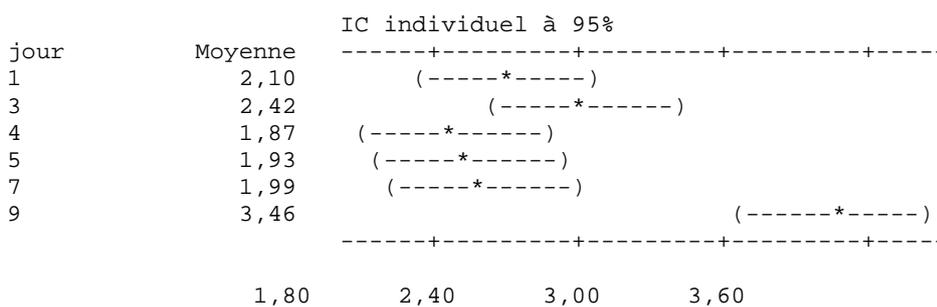


Tableau N°25 ;b : comparaison des moyennes.

- **essais après raclage :** Les résultats sont motionnés dans le tableau ci-dessous :

Source	DL	SC	CM	F	P
pilotes	3	0,159	0,053	0,30	0,825
essais	2	32,709	16,355	92,48	0,000
Interaction	6	2,791	0,465	2,63	0,042
Erreur	24	4,244	0,177		
Total	35	39,904			

Tableau N°26 ;a : résultats de l'analyse de la variance de la quantité de NH_3 émise le long de la fosse après raclage.

Les résultats de l'analyse de la variance, tableau N°26 ;a, montre qu'au seuil de confiance 95% le test très hautement significatifs pour le facteur essais. La comparaison des moyennes montre qu'il existe deux groupes bien distincts : le premier groupe comprend uniquement l'essai 6, et dans le second groupe on trouve les essais 2 et 8 tableau N°26 ; b. En revanche pour le facteur pilotes (longueur de la fosse) les résultats sont non significatifs.

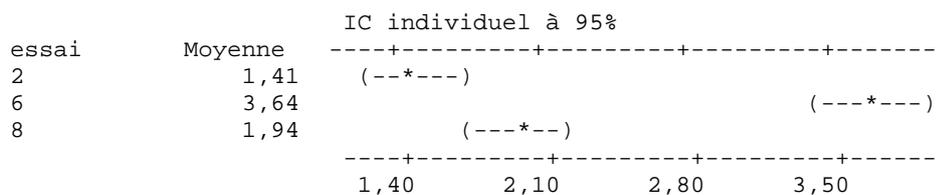


Tableau N°26 ; b : Comparaison des moyennes.

c- L'analyse de la concentration d'ammoniac émise le long de la fosse pour un essai à la fois :

Cette analyse de la variance est à un facteur contrôlé, nous essayons de voir si les quantités de NH_3 captées par les quatre pilotes sont différentes. Pour réaliser cette étude nous avons considéré les quantités d'ammoniac émises aux différents points de mesure, le long de la fosse, pour chaque essai.

L'analyse de la variance montre que seuls les essais 1 ; 2 ; 7 ; 8 présentes des résultats significatifs.

- ***l'essai 1*** : les résultats de l'analyse de la variance sont représentés ci-dessous :

Analyse de variance pour J1					
Source	DL	SC	CM	F	P
pilote	3	1,6965	0,5655	16,47	0,001
Erreur	8	0,2747	0,0343		
Total	11	1,9712			

Tableau N°27 ;a : résultats de l'analyse de la variance des quantités d' NH_3 émises le long de la fosse pour l'essai 1.

Les résultats sont hautement significatifs, en comparant les moyennes, tableau N°27 ;b, et les valeurs des moyennes se chevauchent et ne forment pas de groupes homogènes, de ce fait on ne peut conclure sur la comparaison des moyennes.

IC individuel à 95% pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	3	2,5600	0,3360
2	3	1,9400	0,0954
3	3	2,3333	0,1150
4	3	1,5767	0,0462

Ecart-type groupé = 0,1853

Tableau N°27 ; b : comparaison des moyennes.

• **l'essai 2** : Les résultats de l'analyse de la variance sont représentés ci-dessous :

Source	DL	SC	CM	F	P
DIS	3	0,8846	0,2949	4,84	0,033
Erreur	8	0,4871	0,0609		
Total	11	1,3718			

Tableau N°28 ; a : résultats de l'analyse de la variance des quantités d'NH3 le long de la fosse pour l'essai 2.

Les résultats de l'analyse de la variance, tableau N° 28 ;a sont significatifs, mais la comparaison des moyennes, tableau N° 28 ;b , montre que les valeurs de moyennes celle-ci se chevauchent et ne peuvent pas être comparées.

IC individuel à 95% pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	3	1,2000	0,3439
2	3	1,1200	0,2307
3	3	1,5067	0,1343
4	3	1,8067	0,2325

Ecart-type groupé = 0,2468

Tableau N°28 ;b : comparaison des moyennes.

• **Pour l'essai 7** : les résultats de l'analyse de la variance sont représentés ci-dessous :

Source	DL	SC	CM	F	P
DIS	3	0,7217	0,2406	14,86	0,001
Erreur	8	0,1295	0,0162		
Total	11	0,8512			

Tableau N°29 ; a : résultats de l'analyse de la variance des quantités d'NH₃ le long de la fosse pour l'essai 7.

Les résultats de l'analyse de la variance, tableau N°29 ;a , sont hautement significatifs, mais le tableau N°29 ;b, de la comparaison des moyenne ne montre

pas de groupes homogènes, de ce fait on ne peut conclure sur la comparaison des moyennes.

IC individuel à 95% pour la moyenne

Niveau	N	Moyenne	EcarType	Basé sur Ecart-type groupé			
				-----+-----+-----+-----			
1	3	2,0167	0,1401	(----*----)			
2	3	1,8833	0,1429	(-----*-----)			
3	3	2,3700	0,0693			(-----*-----)	
4	3	1,7000	0,1411	(-----*-----)			
Ecart-type groupé =				-----+-----+-----+-----			
				0,1272	1,80	2,10	2,40

Tableau N°29 ;b : comparaison des moyennes.

• **Pour l'essai 8** : les résultats de l'analyse de la variance, tableau N° 30 sont représentés ci-dessous :

Source	DL	SC	CM	F	P
pilote	3	1,0429	0,3476	10,02	0,004
Erreur	8	0,2776	0,0347		
Total	11	1,3205			

Tableau N°30 ;a : résultats de l'analyse de la variance des quantités d'NH₃ le long de la fosse pour l'essai 8.

Les résultats de l'analyse de la variance, tableau N°30 ; a, sont hautement significatifs. Cependant, la comparaison de moyennes, tableau N°30 ; b, montre que les moyennes se chevauchent, rendant impossible leurs comparaison.

Niveau	N	Moyenne	EcarType	IC individuel à 95% pour la moyenne				
				Basé sur Ecart-type groupé				
1	3	1,7600	0,2848	(-----*-----)				
2	3	1,9433	0,0950	(-----*-----)				
3	3	2,4167	0,1501			(-----*-----)		
4	3	1,6433	0,1617	(-----*-----)				
Ecart-type groupé =				-----+-----+-----+-----				
				0,1863	1,40	1,75	2,10	2,45

Tableau N°30,b : comparaison des moyennes.

2.1.4 Les résultats du piégeage de l'ammoniac au contact direct des fientes:

Les quantités de NH_3 émises par essai par pilote avec trois répétitions et leurs moyennes sont données dans le tableau N°31.

Fosse		Essai 3 T°=25°C	Essai 4 T°=26°C	Essai 2 T°=26°C	Essai1 T°=28°C
Gauche	Avant	2,91	6,17	5,76	
	Arrière		8,12	6,38	13,82
Milieu	Avant	0,81	4,32		5,34
	Arrière	1,89			14,25
Droit	Avant			6,6	3,23
	Arrière	2,27	9,38	9,50	

Tableau N°31: Concentrations d'ammoniac en ppm.

Ce sont les valeurs moyennes des répétitions obtenues par pilote et par essai qui sont prises en considération dans la suite de l'étude.

2.1.4.1 Etude descriptive :

Les quantités d'ammoniac captées au contact direct des fientes à certaines extrémités des différentes allées pour chaque essai sont présentées sous forme d'histogramme .La figure N°37 montre les valeurs moyennes de NH_3 selon les extrémités (avant et arrière), et les positions (gauche, au milieu et à droite) du bâtiment. La figure N° 38 montre les quantités de NH_3 captées par essai.

L'observation des différents histogrammes, figure N°37 nous permet de dire qu'il ya plus de NH_3 émis à l'arrière du bâtiment qu'à l'avant de celui-ci. Au fond du bâtiment les quantités émises de NH_3 captées croissent de la droite, vers la gauche, par contre à l'avant du bâtiment la tendance est inversée. Les histogrammes des quantités de NH_3 captées par essai, figure N°37 confirme les observations faite sur les figures N°38

Pour l'**essai 1** : les quantités d'ammoniac émises en arrière du bâtiment (avec 13.82 et 14.25 ppm récolté respectivement à gauche et au milieu) sont nettement supérieures à celle de devant (avec 5.34 et 3.23ppm émise respectivement au milieu et à droite.)

Pour la **2^{ème} variante (essai2)**, les concentrations en arrière du bâtiment (avec 6.38 et 9.5 ppm émise respectivement à gauche et à droite) sont légèrement

supérieures à celle de devant, en particulier pour le coté gauche (avec 5.76 et 6.6 ppm émise respectivement à gauche et à droite.)

Pour la **3^{ème} variante (essai3)**, Les concentrations enregistrées lors de cette variante sont relativement faibles. Avec un maximum de 2.91ppm à l'avant gauche du bâtiment. La concentration de l'arrière milieu du bâtiment est supérieure à celle de devant.

Pour la **4^{ème} variante (essai4)**, les concentrations en arrière du bâtiment (avec 8.12 et 9.58 ppm récolté respectivement à gauche et à droite) sont supérieures, à celle de devant (avec 6.17 et 4.32 ppm récolté respectivement à gauche et au milieu.)

- Dans les trois variantes où nous avons placé les pilotes à l'avant milieu du bâtiment (variante 1, 3, et 4) les concentrations d'ammoniac en cet emplacement, étaient les plus faibles par rapport à celle émises au niveau des autres emplacements.

- Les concentrations d'ammoniac enregistrées lors du premier essai (variante 1 à une température $T= 28^{\circ}\text{C}$) sont globalement supérieures à celles enregistrées dans les autres essais. En effet, ces concentrations peuvent atteindre jusqu'à 14.25 ppm, et celles enregistré dans la 3^{ème} variante (température $T= 25^{\circ}\text{C}$) sont les plus faibles avec un maximum de 2.91 ppm. Par contre, les concentrations enregistrées lors de la 2^{ème} et la 4^{ème} variante (toute les deux ayant une température de $T= 26^{\circ}\text{C}$) ont, respectivement, un maximum de 9.5 et 9.58 ppm.

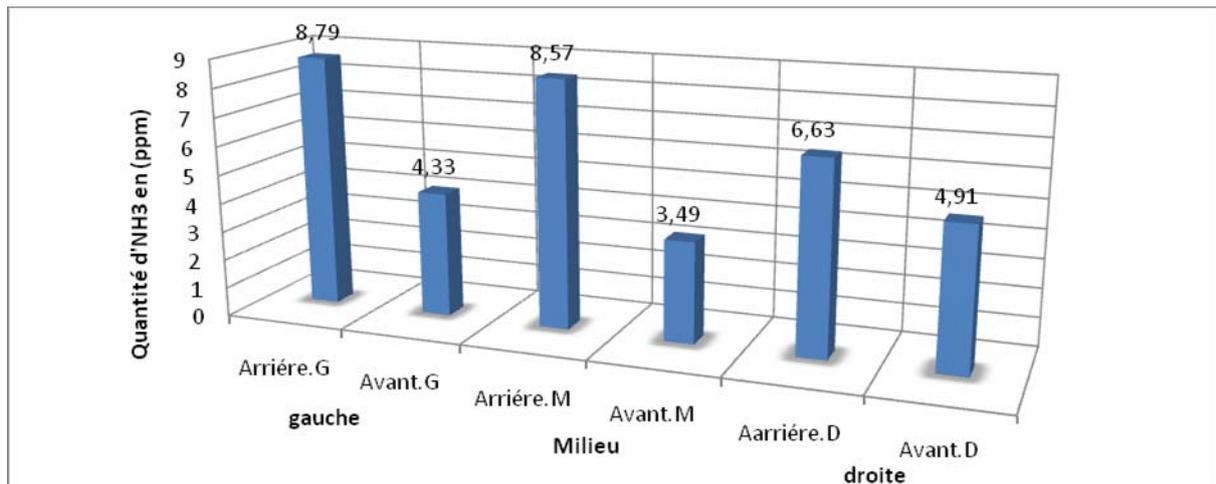


Figure N°37: Les quantités moyennes d'ammoniac , NH₃ , en (ppm) à l'intérieur du bâtiment selon les allées et les extrémité des bâtiment..

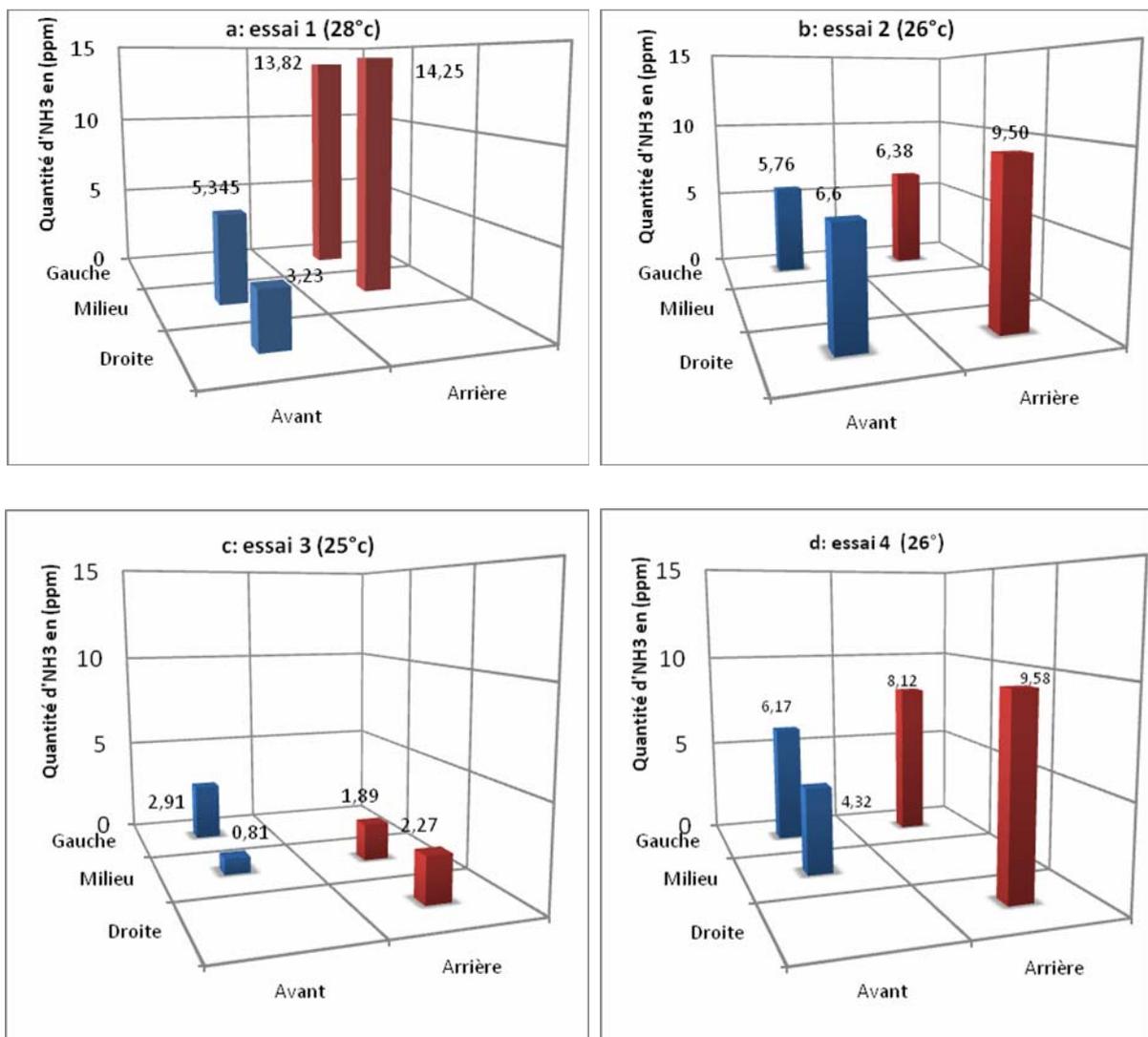


Figure N°38: Les quantités d'ammoniac, NH₃, en (ppm) lors des 4 essais.

2.1.4.2 Etude statistique :

Nous avons effectué une analyse de la variance à un facteur contrôlé en considérant 2 approches :

- La première est l'analyse des quantités d'ammoniac émises lors des 4 essais.
- La seconde est l'analyse de la quantité d'ammoniac émise en fonction de l'emplacement des pilotes, au sein du bâtiment.

a- *L'analyse des quantités d'ammoniac émises lors des 4 essais et captées pour les quatre pilotes :*

Pour réaliser cette analyse nous avons considéré l'ensemble des quantités d'ammoniac captées au quatre emplacement lors des 4 essais. De ce fait nous comparons les 16 valeurs obtenues (VAR) aux 16 emplacements utilisés dans toute l'expérimentation.

Les résultats de l'analyse de la variance, tableau N° 32 ; a, sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Source	DL	SC	CM	F	P
VAR	15	708,43	47,23	25,39	0,000
Erreur	32	59,53	1,86		
Total	47	767,96			

Tableau N°32 ; a : résultats de l'analyse de la variance des quantités d'ammoniac émises lors des 4 essais

Ces résultats montrent que le test est très hautement significatif tableau N° 33 ; a, et que la comparaison des moyennes, tableau N°32 ; b, fait ressortir deux groupes de moyennes distincts. Le premier groupe comporte deux moyennes qui correspondent à celles obtenues aux emplacements : arrière milieu et arrière gauche de la première variante (1^{er} essais). Le deuxième groupe de moyennes englobe tout le reste des autres emplacements lors des 4 essais.

Niveau	N	Moyenne	EcartType	IC individuel à 95% pour la moyenne Basé sur Ecart-type groupé
1	3	5,330	0,486	(---*--)
2	3	3,220	0,620	(--*---)
3	3	14,253	2,246	(----*--)
4	3	13,823	2,991	(----*--)
5	3	5,760	1,566	(----*--)
6	3	6,600	1,115	(--*--)
7	3	6,383	0,479	(--*--)
8	3	9,503	1,501	(--*--)
9	3	2,917	0,150	(--*--)
10	3	0,813	0,160	(----*--)
11	3	1,890	0,118	(--*--)
12	3	2,277	0,098	(----*--)
13	3	4,327	0,624	(----*--)

14	3	6,170	0,537	(--*---)		
15	3	9,587	1,958	(--*--)		
16	3	8,120	2,097	(--*--)		
-----+-----+-----+-----+-----						
Ecart-type groupé =		1,364	0,0	5,0	10,0	15,0

Tableau N°32 ;b : comparaison des moyennes.

b- L'analyse des quantités d'ammoniac émises en fonction de l'emplacement des pilotes:

Cette analyse, considère les quantités d'ammoniac émises à chaque emplacements de captage lors des 4 essais. Sachant que dans l'expérimentation nous avons étudié six emplacements ; 3 emplacement en avant du bâtiment (gauche, milieu et droit) et 3 emplacement à l'arrière du bâtiment (gauche, milieu et droit).

- **L'emplacement arrière gauche :** Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous :

Analyse de variance pour NH3 A.G					
Source	DL	SC	CM	F	P
FAC	2	90,90	45,45	10,05	0,012
Erreur	6	27,14	4,52		
Total	8	118,04			

Tableau N°33 ;a : résultats de l'analyse de la variance des quantités d'ammoniac émises en fonction de l'emplacement des pilotes : arrière gauche

Les résultats de l'analyse de la variance, tableau N° 33 ; a, sont hautement significatifs, la comparaison des moyennes, tableau N°33 ; b, montre qu'il y a deux groupes de moyennes distincts ; le premier concerne l'emplacement arrière gauche lors du premier essai avec une moyenne de 13.82 ppm, le second concerne l'emplacement arrière gauche lors du 2^{ème} et 4^{ème} essai avec, dans l'ordre, des moyennes de 6.38 et 8.12ppm.

IC individuel à 95% pour la moyenne						
Basé sur Ecart-type groupé						
Niveau	N	Moyenne	EcartType			
1	3	13,823	2,991	(-----*-----)	(-----*-----)	
2	3	6,383	0,479	(-----*-----)		
3	3	8,120	2,097	(-----*-----)		
-----+-----+-----+-----+-----						
Ecart-type groupé =		2,127	4,0	8,0	12,0	16,0

Tableau N°33 ;b : comparaison des moyennes.

- **Pour l'emplacement arrière milieu :**

Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous :

Source	DL	SC	CM	F	P
--------	----	----	----	---	---

FAC	2	233,87	116,93	39,46	0,000
Erreur	6	17,78	2,96		
Total	8	251,65			

Tableau N°34 ;a : résultats de l'analyse de la variance des quantités d'ammoniac émises en fonction de l'emplacement des pilotes : arrière milieu.

Les résultats de l'analyse de la variance, tableau N°34 ; a, sont très hautement significatifs, la comparaison des moyennes, tableau N°34 ; b, montre qu'il y'a l'existence de 2 groupes distinct de moyennes représentés chacun par une valeur moyenne de la quantité d'ammoniac émise :

- la première quantité est captée au milieu arrière du bâtiment au premier essai.
- la deuxième quantité est captée au milieu arrière du bâtiment au troisième essai.

IC individuel à 95% pour la moyenne Basé sur Ecart-type groupé				
Niveau	N	Moyenne	EcarType	-----+-----+-----+-----+-----
1	3	14,253	2,246	(-----*-----)
2	3	1,890	0,118	(-----*-----)
-----+-----+-----+-----+-----				
Ecart-type groupé =		1,590	0,0	5,0 10,0 15,0

Tableau N°34 ;b : comparaison des moyennes.

• **Pour l'emplacement arrière droit :**

Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous :

Analyse de variance pour NH3 A.D					
Source	DL	SC	CM	F	P
FAC	2	105,67	52,83	26,00	0,001
Erreur	6	12,19	2,03		
Total	8	117,86			

Tableau N°35 ;a : résultats de l'analyse de la variance des quantités d'ammoniac émises en fonction de l'emplacement des pilotes : arrière droit.

Les résultats de l'analyse de la variance, tableau N°35 ; a, sont hautement significatifs, la comparaison des moyennes, tableau N°35 ;b, montre qu'il y'a deux groupes de moyennes distincts ; le 1^{er} groupe concerne la quantité captée à l'emplacement arrière droit lors du 2^{ème} et 4^{ème} essai avec des moyenne de 9,50 et de 9,58 ppm. Le deuxième groupe concerne la quantité captée à l'emplacement arrière droit lors du 3^{ème} essai, avec une moyenne de 2,27 ppm.

IC individuel à 95% pour la moyenne Basé sur Ecart-type groupé				
Niveau	N	Moyenne	EcarType	-----+-----+-----+-----+-----
1	3	9,503	1,501	(-----*-----)

2	3	2,277	0,098	(-----*-----)		
3	3	9,587	1,958		(-----*-----)	
Ecart-type groupé =		1,425		3,5	7,0	10,5

Tableau N°35 ;b : comparaison des moyennes.

- **Pour l'emplacement avant gauche :** Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Analyse de variance pour NH3 Av.G					
Source	DL	SC	CM	F	P
FAC	2	18,837	9,418	10,22	0,012
Erreur	6	5,527	0,921		
Total	8	24,364			

Tableau N°36 ;a : résultats de l'analyse de la variance des quantités d'ammoniac émises en fonction de l'emplacement des pilotes : avant gauche

Les résultats de l'analyse de la variance, tableau N°36 ;a, sont significatifs. La comparaison des moyennes, tableau N°36 ; b, montre qu'il y'a deux groupes de moyennes distincts ; le 1^{er} groupe concerne la quantité captée à l'emplacement avant gauche lors du 2^{ème} et 4^{ème} essai avec des moyenne de 5,76 et de 6,17 ppm. Le deuxième groupe concerne la quantité captée à l'emplacement avant gauche lors du 3^{ème} essai, avec une moyenne de 2,91 ppm.

IC individuel à 95% pour la moyenne Basé sur Ecart-type groupé							
Niveau	N	Moyenne	EcarType				
1	3	5,7600	1,5662	(-----*-----)			
2	3	2,9167	0,1501	(-----*-----)			
3	3	6,1700	0,5369		(-----*-----)		
Ecart-type groupé =		0,9598		2,0	4,0	6,0	8,0

Tableau N°36 ;b : comparaison des moyennes.

- **L'emplacement avant milieu :**

Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous :

Source	DL	SC	CM	F	P
FAC	2	33,750	16,875	77,73	0,000
Erreur	6	1,303	0,217		
Total	8	35,053			

Tableau N°37 ;a : résultats de l'analyse de la variance des quantités d'ammoniac émises en fonction de l'emplacement des pilotes : avant milieu

Les résultats de l'analyse de la variance, tableau N°37 ;a, sont très hautement significatifs. La comparaison des moyennes, tableau N°37 ;b, montre l'existence de deux groupes de moyennes distincts ; le 1^{er} groupe concerne la quantité de NH₃ émise lors du 1^{ème} et 4^{ème} essai, avec des moyennes 5.34ppm et 4.32ppm. Le

deuxième groupe concerne la quantité de NH₃ émise lors du 3^{ème} essai, avec une moyenne de 0.81ppm.

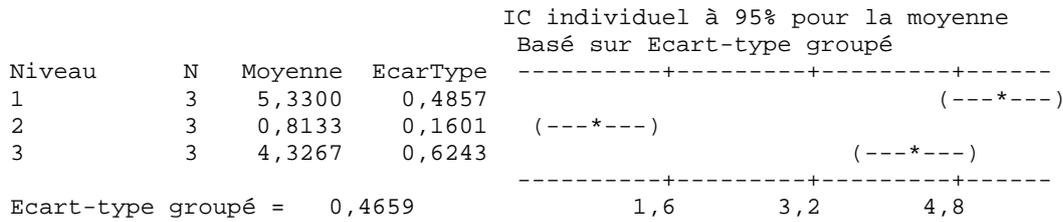


Tableau N°37 ; b : comparaison des moyennes.

•

L'emplacement avant droit :

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Source	DL	SC	CM	F	P
FAC..	1	16,968	16,968	20,46	0,011
Erreur	4	3,318	0,829		
Total	5	20,286			

Tableau N°38 ; a : résultats de l'analyse de la variance des quantités d'ammoniac émises en fonction de l'emplacement des pilotes : avant droit.

Les résultats de l'analyse de la variance, tableau N°38 ;a, sont significatifs. La comparaison des moyennes, tableau N°38 ;b, montre l'existence de deux groupes de moyennes complètement distincts.

Le premier groupe est constitué de la quantité moyenne 3.23 ppm de NH₃ émise au premier essai et le deuxième groupe est constitué de la quantité moyenne 6.6 ppm de NH₃ émise au deuxième essai.

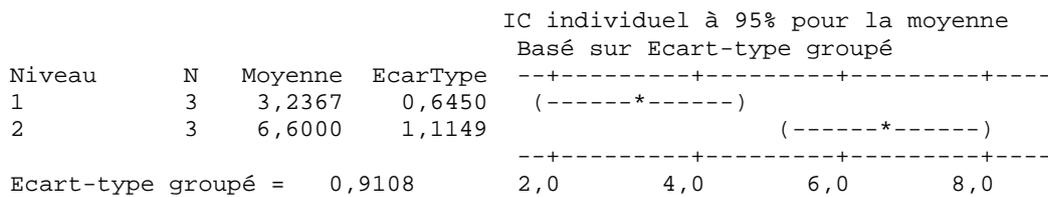


Tableau N°38 ; b : comparaison des moyennes.

CONCLUSION :

La dégradation de la qualité de l'air en bâtiment d'élevage avicole fait l'objet de nombreuses études dans différents pays, dans le but d'améliorer l'ambiance intérieur des bâtiments, pour de meilleures performances zootechniques et préserver, la santé du personnel travaillant dans les bâtiments, et le voisinage proche, des poussières.

Le présent travail, porte sur l'étude des émissions d'ammoniac et de poussières en bâtiment d'élevage de poules pondeuses. L'élevage considéré est un élevage à caractère commercial, les résultats obtenus sont, certainement, influencés. Néanmoins, nos résultats sont cohérents avec ceux de la littérature spécialisée.

Notre travail pourra contribuer à déterminer les concentrations des particules de poussières et des gaz d'ammoniac dans l'air ambiant dans l'enceinte d'un bâtiment d'élevage de poules pondeuses. Trois études ont été considérées dans cette investigation :

L'étude de la détermination et la répartition des particules de poussière.

Les résultats obtenus, lors de la première expérimentation qui porte sur un captage passif des poussières, révèlent qu'il ya des quantités de poussières plus élevées à 0.90m qu'à 2.10m du sol. Ainsi, qu'un déplacement de la poussière vers le fond du bâtiment qui met en évidence un effet (entrée, fond) plus évident à 2.10m du sol. L'effet est plus élevé dans l'allée 2 qui fait face à la porte d'entrée.

Dans la deuxième expérimentation, avec le captage actif des poussières, qui a lieu à différentes hauteurs (44cm, 80cm, 116cm et 153 cm) à l'aide de pilotes confectionnés spécialement pour l'étude. Les résultats ont démontré que les quantités des poussières récoltées sont comprises entre 0.051 et 0.346 mg/m³, qu'il y'a une concentration plus significative des poussières à 116cm du sol, ainsi, qu'un déplacement des poussières vers l'arrière du bâtiment selon que la porte soit ouverte ou fermée, ce qui incrimine la conduite d'élevage.

On en déduit de ces résultats que les individus (poules) se trouvant à une hauteur de 116 cm (à la moitié de la hauteur des batteries) et à l'arrière du bâtiment, sont plus exposés aux poussières que le reste de la population. Ainsi, les performances zootechniques des poules, dans ces endroits du bâtiment, peuvent être affectées.

Ces résultats, ont aussi, permis de démontrer l'efficacité des pilotes utilisés. En effet, à partir d'un prototype de pilote réalisé spécialement pour l'étude et amélioré lors des essais à blanc, les pilotes obtenus ont permis, une précision considérable quant à la mesure des poussières.

L'étude de la détermination et la répartition des concentrations d'ammoniac.

Deux expérimentations ont été menées pour la mesure des concentrations volumiques d'ammoniac, NH_3 , qui se dégage des fientes. La réalisation de la mesure s'est faite selon une évaluation semi quantitative. Une expérimentation a été effectuée en contact des fientes, et une autre au dessus immédiat de celles-ci.

Les concentrations varient dans l'intervalle 1.12 à 4.49 ppm à 50 cm des fientes et entre 0.81 et 14.25 ppm lorsque les mesures sont faites en contact directe avec les fientes.

Les résultats de notre étude concordent avec ceux mentionnés dans la littérature qui sont obtenus dans l'air ambiant des bâtiments.

L'élévation de la concentration volumique de l'ammoniac augmente avec l'accroissement de la température.

Lorsqu'on fait des mesures à 50 cm des fientes il n'existe pas de différences significatives entre les mesures réalisées avant et après le raclage des fientes.

Les concentrations volumiques d'ammoniac au contact directe des fientes augmentent avec l'élévation de la température à l'intérieur du bâtiment. L'accroissement de la concentration se fait de l'avant vers l'arrière, particulièrement du côté gauche au fond du bâtiment.

Il est préférable que l'air des bâtiments d'élevage se rapproche le plus possible, dans sa composition, de l'air extérieur, mais ce n'est pas toujours le cas. En effet, comme nous l'avons démontré dans ce travail, l'ambiance intérieure du bâtiment est affectée entre autres, par les émissions d'ammoniac ou de poussière, qui peuvent s'accroître ou se déplacer dans l'enceinte du bâtiment et affecter les performances de l'élevage.

Ce travail met également en évidence la nécessité d'approfondir les connaissances dans le domaine, en vue de l'obtention de résultats plus précis, ceci ne pouvant se réaliser sans une amélioration des outils utilisés pour la mesure de ces deux polluants.

L'étude de la réalisation des pilotes :

Dans toutes les recherches les moyens matériels utilisés jouent un rôle fondamental pour la réalisation des mesures du phénomène que l'on veut étudier. Souvent, des études nécessitent des pilotes, spécifiques, obtenus à partir d'un montage d'appareils standards existant, ou, fabriqués maison. Ce dernier choix permet de mieux adapter le matériel utilisé à la recherche spécifique et incite le chercheur à participer à la contribution du développement de nouveaux dispositifs de mesure. Nous pensons que toute investigation d'un phénomène doit être le siège d'intégration de connaissances et de technologiques.

Les perspectives de recherche :

Notre travail nécessite d'être approfondi pour mieux comprendre la répartition des pollutions étudiées dans l'air ambiant du bâtiment. Cette répartition devrait être étudiée durant le démarrage de l'élevage, lors de sa pleine production et à la fin de celui-ci. Ainsi, les informations obtenues contribueront à la maîtrise des conditions d'élevage et des pollutions émises.

Les pilotes utilisés doivent être plus compacts, plus silencieux et plus précis.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- (1) Agu.S., Bonnefoy.A., Devaux. L., Mouilleront , Touret H. ; 2000 ; agriculture et effet de serre adaptation des pratiques agricoles alternatives énergétiques ; 96 pages.
- (2) Alloui.N. , Ayachi.A, ; 2001; Effet de l'optimisation de quelques paramètres de l'ambiance des poulaillers sur les résultats zootechniques en été ; article : Quatrième journée de la recherche avicole, Nantes, 27 et 29 mars.
- (3) Aneja.V.P., Blunden.J., Roelle.P.A. , Schlesinger.W.H., Knighton.R., Niyogi.D., Gilliam.W., Jennings.G., Duke.C.S. ; 2007; workshop on agricultural air quality: state of the science; pp: 3197-3201.
- (4) Anonyme; 2005 ; Emissions de gaz ; journée d'information scientifique en génie agroalimentaire, 23 mars.
- (5) Anonyme ; 2005 ; Intégration de l'environnement dans la politique agricole de l'UE: Rapport d'évaluation base sur les indicateurs IRENA Luxembourg: Office des publications officielles des Communautés européennes, ISBN AEE, Copenhague.
- (6) Anonyme; 2004; Etat d'avancement des actions des programmes PEP avicole 2002 et 2003 ; pp 1-6.
- (7) Anonyme ; 2000 ; Plan Régional pour la Qualité de l'Air ; Conception graphique Edito ; pp 9-10.
- (8) Anonyme;2004; Agriculture and test metrologie of climate inside measurement and simulation Almeria-type green houses.;N°125; pp: 35-51.
- (9) Astas.J.; 2005 ; l'air que nous respirons; articles : Bulletin spécial n°99, Santé et Environnement.
- (10) Asman, W. A. H., Sutton. M. A., M. A. Schjorring. M. A. ; 1998 ; Ammonia: emission, atmospheric transport and deposition. New Phytol ; 39:27-48
- (11) Asselin J.M.R., Desjardins R.L. , Grace B., Janzen H.H. ; 1998 ; " La sante de l'air que nous respirons" ; Rapport direction de recherche agriculture et agroalimentaire Canada ; 100pages.
- (12) Aubert.C.; 2006 ; Estimation des rejets d'Azote, Phosphore, Potassium, Calcium, Cuivre, Zinc par les élevages avicoles ; CORPEN – Avril.
- (13) Aubert. C. ; 2001 ; Sciences et Techniques Avicoles, Hors série ; pp11-25.

- (14) Barbault. R. ; 2003 ; Ecologie générale : structure et fonctionnement de biosphère, 5ème édition ; Dunod (ed); paris ; pp : 273.
- (15) Bouwman.A.F.; 1993; In Method in National Emission Inventories and Option for Control, in: A.R. Vanamstel (Ed.), The Netherlands, p. 126.
- (16) Caillaud.L., N'guyen.E., Porthault,J.M. , Aiache ;1996 ; Les endotoxines en pathologie respiratoire agricole ; Revue ; pp :4
- (17) Chouinard.Y ; 2000 ; Production et émissions du méthane et du gaz carbonique par les ruminant ; 65ème congrès de l'ordre des agronomes du Québec.
- (18) Collard.JF.; 2004 ; Le périodique du centre wallon de recherches agronomiques n °5 hiver 04; 2p
- (19) Commission fédérale de l'hygiène de l'air (CFHA) ; 2007 ; Les poussières fines en Suisse Rapport de la Commission fédérale de l'hygiène de l'air (CFHA) Berne ; pp :35,142
- (20) CORPEN ;2001 ; Les émission d'ammoniac d'origine agricole dans l'atmosphère ;pp37
- (21) Current Knowledge, Air Emissions: from animal feeding operations; 2005 ; National Academy of Sciences; p:57-87/ 119-124.
- (22) Curtzen. PJ. ; 1983; atmospheric interaction- homogeneous gaz reactions of C, N and S containing compounds; Bolin et Cook, John Wiley (ed) p:67-69
- (23) Dajoz.R. ; 1996 ; Précis d'écologie ; 6ème édition ; Dunod (ed) ; paris; pp : 43-45.
- (24) Daumer.M.L.; Morvan.T.; Robin.P. ; 2006; Evaluation environnementale des élevages porcins : flux de matières et de polluants, du bâtiment au sol. Voies d'amélioration techniques et de maîtrise des coût ; Communication INRA Rennes-Space.
- (25) David. C. , Gaffney. K., Gibbs.G., Johnson.D., Jun.P. , Lassey.K. , Ulyatt .M. ; 2002 : Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux : Caractérisation de la population animale et émissions de CH₄ imputables à la fermentation entérique chez le bétail ; pp4-23.
- (26) Dayon.J.F; 2001 ; Revue: Afrique agriculture- N°292 mai, aviculture; pp62-64.

- (27) Degré.A., Verhève.D., Debouche.C.; 2001 ; Emission gazeuses en élevage porcin et méthode de réduction : revue bibliographique ; Biotechnol. Agron. Soc. Environ ; pp :135-143.
- (28) Dollé.J.B., Robin.P.; 2006; Emission de gaz à effet de serre en bâtiment d'élevage bovin ; Journée AFPF- prairie, élevage, consommation d'énergie et GES ;pp :69-78.
- (29) Dourmad, J. Y. ; 1999; Nitrogen and phosphorous consumption, utilisation and losses in pig production, Livest. Prod. Sci ; pp : 199-211
- (30) EMPA; 2006; Les poussières fines en Suisse ; Colloque scientifique ; Dübendorf.
- (31) Fabbri.C., Valli.L., Guarino.M., Costa.A., Mazzotta.V. ; 2007; Ammonia, methane, nitrous oxide and particulate matter emissions from two different buildings for laying hens; article: Elsevier Ltd; Biosystems engineering;pp: 97, 441 – 455.
- (32) Fayet.S., Causera.G. ; 2005 ; rapport : les sources d'émissions en PACA inventaire régional des émissions : méthodologie et résultats ; 67pages.
- (33) Ferm. M. ;1998 ; Atmospheric ammonia and ammonium transport in Europe and critical loads: a review. Nutrient Cycling in Agroecosystems 51 :5-17 .
- (34) Flesch.F., Target.A., Kopferschmitt.C., Ihadadene.N. ; 2001 ; Evolution de la surveillance de la qualité de l'air et prise en compte des enjeux sanitaires ; revue : Annales de toxicologie analytique, vol. 13, n°3 ; ISSN :0768-598x ; pp 169-173.
- (35) François.S. ; 2004 ; thèse : Méthodologie d'établissement de cadastres d'émissions à l'échelle régionale : application au cadastre escompte et à son extension à la région PACA ; 264p ; pp29.
- (36) Gac. A., Deline.F., Bloteau.T. ; 2007 ; Inventaire national des émissions gazeuses [CH₄, N₂O, NB] liées a la gestion des d'éjections animales: les

données bibliographiques et les résultats pour l'élevage avicole ; article : septième journée de la recherche avicole, Tours, 28 et 29 mars 2007.

- (37) Giasson.M.A.;2005 ; flux de carbone à l'échelle de l'écosystème avant et après scarifiage au sein d'un parterre de coupe en forêt boréale dans l'est du Canada : mémoire ; 121 pages.
- (38) Groot Koerkamp. P. W. G., Metz. J. H. M., Venk. G. H., Phillips. V. R., Holden. M. R., Sneath. R. W., Short. L., White. R. P., Hartung. J., Seedorf. J., Schroder. J., Linkert. K. H., Pedersen. S., Takai. H., Johnsen. J. O., Wathes. C. M.; 1998; Concentrations and Emissions of Ammonia in Livestock Buildings in Northern Europe; Silsoe Research Institute; pp: 70, 79-95.
- (39)Gugele.B., Ritter.M.; 2001; European Community and Member States greenhouse gas emission trends 1990-1999 .
- (40)Guinand.N.; 2002 ; Réduction des émissions d'ammoniac de la convention de Genève à la loi sur l'Air ; pp : 19-25 ; Vol. 25, N°2.
- (41) Hassouna.M. ; Robin.P. ; Bensii.Y. ; Lecomte.M. ; 2007 ; Contribution à la mise au point d'une méthode simplifiée de mesure des émissions d'ammoniac et de protoxyde d'azote d'enlevages de dindons ; septième journées de la recherche avicole, Tours,28 et 29 mars.
- (42) Havilkova.M. ; Kroeze.C. ; 2006 ; Evaluation of methods for quantifying agricultural emissions for air, water and soil pollutants; pp:135-138.
- (43) Heinrich. D. ; Hergt. M. ; 1996; Atlas de l'écologie; Edition2; pp 186-190.
- (44) Hinz.T.;Linke.S.; 1998; A Comprehensive experimental study of Aerial Pollutants in and Emissions from Livestock Buildings. Part 1: Methods; Article: Silsoe Research Institute, J. Agric. Eng Res; pp: 70,111-118.
- (45) Hinz.T.;Linke.S.; 1998; A Comprehensive experimental study of Aerial Pollutants in and Emissions from Livestock Buildings. Part 1: Results; Article: Silsoe Research Institute, J. Agric. Eng Res; pp: 70,119-129.

- (46) Houle.G., Chhem.C. ; 2000; Rene Bougie Inventaire québécois des gaz à effet de serre 1990- 2000.
- (47) IFEN ;2000 ; Aménagement du territoire et environnement Politiques et indicateurs. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement.
- (48) Jancovici.JM. ; 2006 ; Bilan Carbone Calcul des facteurs d'émissions et sources bibliographiques utilisées (version 4.0). ADEME. 227Pages.
- (49) Jancovici.JM. ; 2005 ; Bilan Carbone Calcul des facteurs d'émissions et sources bibliographiques utilisées (version 3.0) ; ADEME ; pp39-40,120-126.
- (50) Jicong.I., Yanhua.X., Fcngdc.W. , Rcnjic.D.; 2006; Greenhouse gas emissions from livestock waste: China evaluation ;pp31.
- (51) Koerkamp.P.W.G.;1994; Review on emissions of ammonia from housing systems for laying hens in relation to sources, processes, building design and manure handling. Journal of Agricultural Engineering Research; pp73-87.
- (52) Lelercq.B. ; 1996 ; Les rejets azotes issus de l'aviculture : importance et progres envisageables, article ; INRA Productions Animales, mai 1996, 9 (2), 91-101.
- (53) Lelercq.S.;2002; Techniques de traitement des poussières agro-alimentaires ; rapport final ;15 pages.
- (54) Marquis. A. ; Emission de gaz a effet de serre par les animaux en bâtiment; 65 congres de l'ordre des agronomes du Québec ; 9pages.
- (55) Martlnez. I. J., Landmann. G.; 2008; L'ammoniac d'origine agricole : impacts sur la santé humaine et animale et sur le milieu naturel ; production animale : Revue éditée par l'INRA, S. P2007 Ortejoie ; pp :1- 3.
- (56) Meeus.P. ; 2004; Elevages de Porcs et volailles : vers une cohabitation harmonieuse entre producteurs et riverains » par le Centre wallon de Recherches agronomiques de Gembloux, agronomiques ; Depot legal Gembloux ;110 pages.

- (57) Melvin L. , Meyers ; 2000 ; Les bovins les ovins et les caprins : Encyclopédie de sécurité et de sante au travail volume 3, International Labour Organization.
- (58) Miehel.V. ,Hoonnic.D. , Robe.M. , Guillam.M.T. , Segala.C. ;2007 ; Qualité de l' air en élevage expérimental de poules pondeuses : caractérisation des composants aériens et conséquences sur la sante humaine ; article : septième journée de la recherche avicole, Tours, 28 et 29 mars.
- (59) Mosier, A. R., Duxbury J. M. , Freney. J. R, Heinemeyer. O.; Minami. K. ; 1998; Assessing and mitigating N₂O emissions from agricultural soils. Climatic Change; pp: 7 -38.
- (60)National Academy of Sciences; 2006 ; Air emissions from animal feeding operations: Current Knowledge, Future Needs; pp:50-63, 78-82.
- (61)Neil.J., Zimmerman.I., Parker.C., Alvis.G., Turner ;1986; Comparison of Two Biological Aerosol Sampling Methods ; pp:99-100.
- (62) Nicks.B.; 2004; Aspects environnementaux et zootechniques de l'élevage de porcs charcutiers et de porcelets sevrés sur litières accumulées de sciure ou de paille ; formation continue – article de synthèse ; pp : Ann. Méd. Vét, 148, 31-38.
- (63) Nicks.B. , Laitat.M. , Desiron. A. , Vandenheede. M. , Canart.B. ;2003 ; Emissions d'ammoniac, de protoxyde d'azote, de méthane, de gaz carbonique et de vapeur d'eau lors de l'élevage de porcs charcutiers sur litières accumulées de paille et de sciure ; Journées Recherche Porcine ; Liège, Belgique ; pp : 35, 7-14.
- (64) Neitzert .F.F. , Olsen.K. ; 1999; Collas Inventaire canadien des gaz El effet de serre : émissions et absorptions de 1997 et tendances. Environnement Canada ; 67 pages.
- (65) O'Neill, D.H. , Phillips. V.R; 1992; A review of the control of odour nuisance from livestock buildings: Part 3, properties of the odorous substances which have been identified in livestock wastes or in the air around them. J. Agric. Eng. Res.pp: 23-50.

- (66) Peigne.p.;2003; thèse: Méthode d'évaluation des pratiques agri-biologiques sur la qualité de l'air Et l'aide d'indicateurs agri-environnementaux ; 306 Pages.
- (67) Phillipsl. V. R., Holden. M. R., Sneath .R.W.; Short. J. L.; White. R. P., Hartung. J., Seedorf. J., Schroder. M., Linkert. K. H., Pedersen .S., Takai. H.; Johnsen. J. O., Groot Koerkamp. P.W.G., Uenk. G. H., Scholtens. R., Metz. J.H.M., Wathes. CM.; 1997; The Development of Robust Methods for Measuring Concentrations and Emission Rates of Gaseous and Particulate Air Pollutants in Livestock Buildings; Article; 13 pages.
- (68) Prouvost.H., Declercq.C.; 2007; Effet des particules en suspension sur la santé respiratoire des enfants ; ORS Nord Pas de Calais. ;15 pages.
- (69) Ramade.F. ; 1995 ; Elément d'écologie : Ecologie appliquée, action de l'homme sur la biosphère ; 5ème édition ; édition,Ediscience international, paris. pp 110-112.
- (70) Ramade.F. ;1994 ; Elément d'écologie : Ecologie fondamentale, 2^{ème} édition,Ediscience international ; paris ; pp :31.
- (71) Roadman.M.J., Scudlarka.J.R., Meisingerb.J.J., Ullmana.W.J.; 2003; Validation of Ogawa passive samplers for the determination of gaseous ammonia concentrations in agricultural settings;article: Atmospheric Environment 37; pp: 2317–2325.
- (72) Rognon.C., Pourtier.L. ;2010; Techniques de l'ingénieur, traité environnement : Les odeurs dans l'environnement ; pp : G 2 971-8; G2 940-9.
- (73) Ronald L. S. ; Siefert.R.L; Scudlark.J.R.; 2007; Determination of ammonia emission rates from a tunnel ventilated chicken house using passive samplers and a Gaussian dispersion model; J Atmos Chem , DOI 10.1007/s10874-007-9082-x, Springer Science .
- (74) Rothe.T.;2006; Particules fine - les faits et les fiction ;Forum Med Suisse ; pp : 6 , 842-848.

- (75) Roustan. M.; 2004 ; Techniques de l'ingénieur : Absorption en traitement de l'air ; pp : G 1 750-8.
- (76) Sandhu.R., Harter-dennis.J., Khan.A.; 1988; Concentration and size distribution of airborne particles in a broiler house; GUPTA.; pp: 326-329.
- (77) Schnieder, S. H.; 1989 ; The Changing Climate, Scientific American, 261, n: 3
- (78) Schulte, D.D.; 1997; Critical Parameters for Emissions. Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities: Textes de conférence internationale tenue à Vinkeloord , The Netherlands ; 6 -10 Octobre, pp. 23-34.
- (79) Sommer.S.G., Hutching.N.J. ; 2001; Ammonia emission from field applied manure and its reduction- invited paper; Article: European Journal of Agronomy 15 (2001) 1-15; Elsevier Science B.V.
- (80) Standards pancanadiens relatifs aux Particules (PM) et a l'ozone ; 2000 ; Quebec ; 11 pages.
- (81) Steinfeld.H., Gerber.P., Wassenaar.T., Castel.V., Rosales.M., Haan.C.;2006; Livestock's long shadow environmental issues and options; Rome;pp80-83 ,pp 112-114 .
- (82) Takai.H., Pedersen.S., Johnsenl.JO., Metz.JH., Groot Koerkamp.PW., Uenk.GH., Phillips.V., Holden.M.R., Sneath.R.H., Short.JL., White.R.P, Hartung.P., Seedorf.J., Schroder.M., Linkert.K.H.,0 Wathes.CV.M.;1997; Concentrations and Emissions of Airborne Dust in Livestock Buildings in Northern Europe; 74 pages.
- (83) Thiebaut. L. ;1999 ; Protection et alteration de l'air par l'agriculture ; Courrier de l'environnement de l'INRA pp:89-90.
- (83)U.S. environmental Protection Agency; 2001; Emissions from animal feeding operations. Draft; pp: 2.3 - 2.13, 6.2 - 6.16

- (85) Wathes. C. M., Phillips. V. R., Holden. M. R., Sneath. R. W., Short. J. L., White. R. P., Hartung. J., Seedorf. J., Schroder. M., Linkert. K. H., Pedersen. S. , Taka. H., Johnsen. J. O., Groot Koerkamp P. W. G., Uenk. G. H., Metz. J. H. M., Hinz. T., Caspary.V., Linke. S.; 1998; Emissions of Aerial Pollutants in Livestock Buildings in Northern Europe: Overview of a Multinational Project; pp:1-6.
- (86) Weiske.A., Petersen.O.; 2006; Mitigation of greenhouse gas emissions from livestock production; Revue: Agriculture, Ecosystems and Environment112, Elsevier B.V ; pp : 105–106.
- (87) Woodfield.M.; Rypdal.k.; 2003; Atmospheric Emission Inventory Guidebook 3 rd Edition Update ;pp27.
- (88)Wuebbles.D.J.; Jain.A. ; Edmonds.J.; Harvey.D. ; Hayhoe.K.; 1999; Global change: state of the science; Environmental Pollution; pp: 57-86.
- (89)Zhang.Y.; Tanaka.A.; Dosman.J.A; Senthilselvan.A.; Barber.E.M; Kirychuk.S.P; Holfeld.L.E ; Hurst.T.S ; 1998; Acute Respiratory Responses of Human Subjects to Air Quality in a Swine Building; Article Number: ag980289, J. Agric. Eng Res ; pp : 70, 367- 373.
- (90) Zmirou.D. ;2000 ; Politiques publiques, pollution atmosphérique et santé ; Haut Comité de la Santé publique ; ISBN : 2-85952-638-2_ ISSN 1244-5622 ; Edition : ENSP, Rennes
- (91) Znaidi.I.A. ; 2002 ; Etude et évaluation du compostage de différents types de matières organiques et des effets des jus de composts biologiques sur les maladies des plantes ; mémoire : 102 pages.
- (92) Compendium of the methods for the determination of air pollutants In indoor air; 1990; U.S.EPA PB 90-200288.
- (93) Journal Quotidien d'Oran du Dimanche 02/03/2008.

RESUME :

En élevage avicole, le principal problème environnemental associé aux bâtiments d'élevage est celui des émissions d'ammoniac et de poussière, En effet l'ambiance intérieure peut en être affectée influant ainsi sur les performances zootechniques et sur la santé de l'homme. Ces émanations peuvent également se déplacer à des kilomètres au voisinage des exploitations.

Le dispositif expérimental a été réalisé en deux périodes, dans la localité de Ain Yagout, wilaya de Batna, dans un bâtiment d'élevage de poules pondeuses en cage conventionnelles, d'une capacité de 14 400 poules. La première période a débuté pendant l'hiver 2008/2009, la deuxième s'est déroulée du mois de Mai au mois de Juin 2009. Notre étude a porté sur quatre expérimentations :

- La première étude a porté sur un captage passif des poussières, qui est une mesure par simple piégeage, où nous avons réalisé une installation montée sur deux niveaux. Les résultats ont démontré qu'il y avait des quantités de poussières plus élevées à 0,90 m du sol qu'à 2,10 m du sol.
- La deuxième étude concerne le captage actif des poussières. Des pilotes ont été utilisés pour réaliser ce captage à 44 cm, 80 cm, 116 cm et 153 cm. Les poussières récoltées dans les 4 pilotes et pour les 4 niveaux, ont permis d'obtenir des quantités comprises entre 0,051 et 0,346 mg/m³. Ces résultats ont également démontré, qu'il y avait une concentration plus significative des poussières de grandes et de moyennes taille à 116 cm du sol.
- La troisième étude a porté sur un piégeage à distance de l'ammoniac, où on a utilisé une installation qui longe la fosse du milieu du bâtiment, placée à une hauteur de 50 cm. Les résultats, ont révélé des concentrations en ammoniac comprises entre 1,12 et 4,49 ppm. Dans cette étude aucune différence significative n'a pu être mise en évidence entre l'évolution des quantités d'ammoniac et l'état des fosses : raclées ou non raclées
- La quatrième étude a porté sur un piégeage au contact direct des fientes. Les pilotes utilisés pour piéger l'ammoniac au niveau des extrémités des fosses, ont révélé des résultats qui varient entre 0,81 et 14,25 ppm, avec des concentrations plus élevées à l'arrière du bâtiment.

Même constat pour les deux dernières études, les concentrations en ammoniac seraient en augmentation avec l'élévation de la température.

Ces résultats rentrent dans l'intervalle des mesures mentionnées dans la littérature.

Mots clés : Bâtiment – Elevage – Avicole – Ammoniac – Poussière.

ملخص

في ميدان تربية الدواجن المشكل الأساسي الذي يمس البيئة و المتعلق بمباني تربية هذه الحيوانات هو مشكل انبعاث غاز النشادر و انتشار الغبار. تأثير هذه الانبعاثات قد يعود سلبا على الإنتاج و على صحة العاملين بالمبنى.

في هذا السياق تم استعمال الجهاز التجريبي في منطقة عين ياقوت ولاية باتنة في أحد مباني تربية الدجاج البياض في الأقفاص، ذات قدرة استيعاب 14400 دجاجة. أنجزنا هذه الدراسة على مرحلتين: الأولى تمت خلال شتاء 2009/2008، و الثانية من بداية شهر ماي إلى غاية نهاية شهر جوان 2009.

من خلال هذه الدراسة تم التركيز على 4 تجارب:

الأولى: تشمل جمع الغبار الكامن من خلال الالتقاط أين قمنا بتركيب جهاز على مستويين و هذا من أجل تطويق كل المبنى . نتائج الدراسة الأولى بينت أن هناك كميات غبار على علو 0.90م أكبر مما هي عليه على علو 2.10م

الثانية: تشمل جمع الغبار المتحرك باستعمال نماذج آلية لالتقاط الغبار الذي تم جمعه على أربعة مستويات: 44سم، 80 سم، 116سم و 153 سم. الغبار الذي تم جمعه سمح لنا بالحصول على كميات غبار التي يمكننا وزنها و تشخيصها. نتائج الدراسة الثانية بينت أن كمية الغبار التي تم التقاطها تتوزع بين 0.051 و 0.346م³/م³. تبين وجود تركيز واضح للغبار على علو 116 سم و أيضا انتقال الغبار إلى الخلف (وراء المبنى) و ذلك حسب حالة الباب(مغلق أو مفتوح).

الثالثة: تشمل الجمع البعدي لغاز النشادر أين قمنا باستعمال جهاز على طول منتصف المبنى الذي تم تثبيته على علو 50 سم. بينت نتائج الدراسة الثالثة أن كميات غاز النشادر بين 1.12 و 4.49 ppm . لم نجد خلال هذه الدراسة اختلاف كبير بين تطور كميات غاز النشادر سواء في حالة كشط حفرة الفضلات أو عدمها.

الرابعة: قمنا فيها بجمع و تقييم كميات غاز الأمونيا من خلال اتصال مباشر مع الفضلات، كما قمنا باستعمال نماذج آلية على مستوى نهائي حفرة الفضلات. نتائج الدراسة الرابعة تتراوح بين 0.81 و 14.25 ppm و يمكن ملاحظة تركيز أكبر في خلف المبنى.

نفس الملاحظة بالنسب للدراستين الأخيرتين. تركيز غاز الأمونيا يتماشى مع ارتفاع درجات الحرارة .

الكلمات المفتاحية : مبنى ، تربية الدواجن، غاز الأمونيا ، غبار

Summary:

One of the environmental problems associated to poultry farming concerns pollution in poultry buildings caused mainly by emissions of ammonia and by particle matters. It is a fact that, the atmosphere inside can be affected, thus inducing consequences on zootechnical performances and on human health. These emissions can also migrate kilometres away from such farms.

The experiment has been carried out in two periods in the region of Ain Yagout, willaya of Batna, in a poultry farm with laying hens kept in conventional coops with a breeding capacity of about 14000 hens. The first period started during the winter of 2008-2009, the second lasted from May till June 2009.

The survey has been divided into 4 studies:

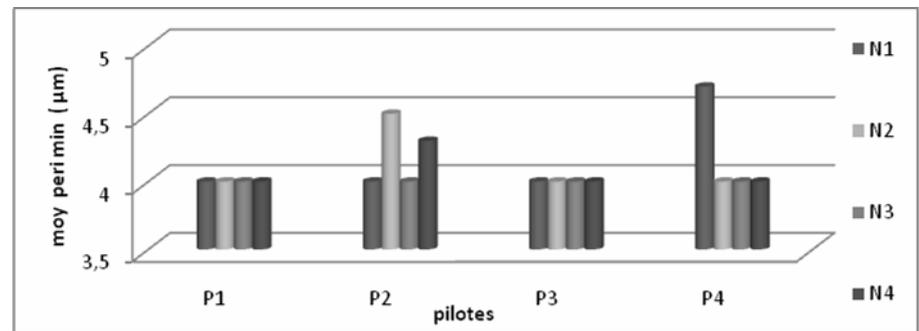
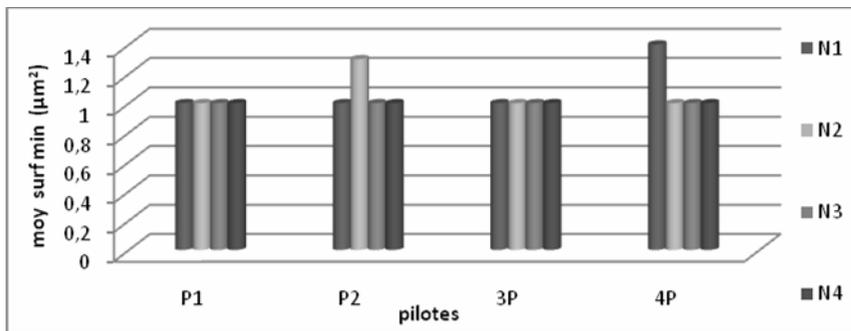
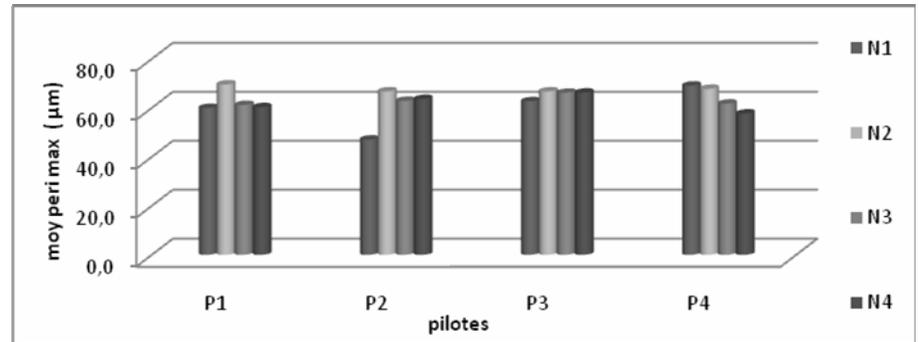
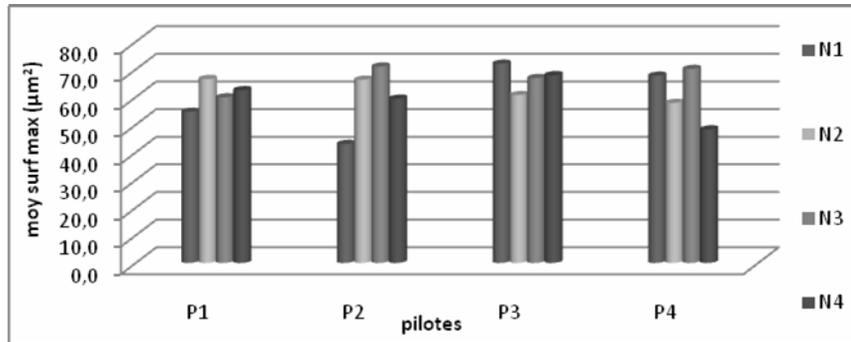
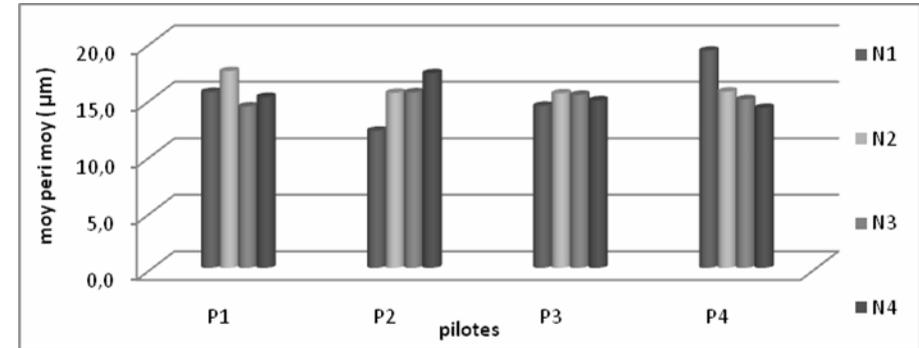
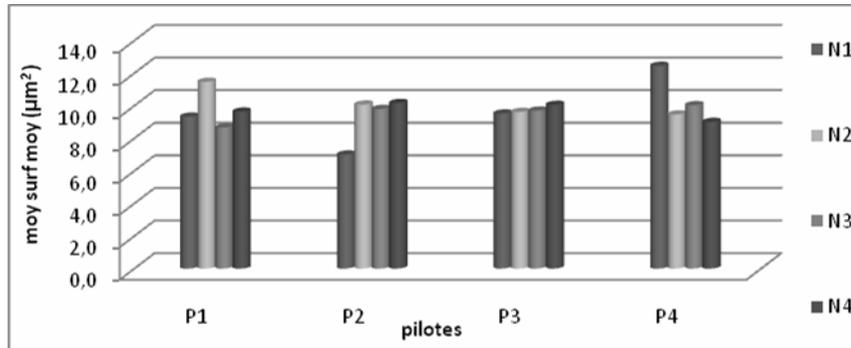
- The first experimentation consists in a passive capture of particle matters. This means measurement by simple trapping and this required the construction of a two-level installation. The results have revealed that the amounts of particle matters are higher at 0.90m from the ground than at 2.10m.
- The second experimentation consists in active collecting of dust. Devices have been used to achieve this at different heights: 44cm, 80cm, 116cm and 153 cm. The dust collected within the 4 drivers using the 4 levels have resulted in amounts varying between 0.051 and 0.346mg/m³. Such results have also proved that the concentration of Pm of big and medium size is more important at 116 cm from the ground.
- The third experiment consists in a remote controlled of ammonium: For this purpose, an equipment running alongside the manure pit in the middle of the building was placed 50cm high from the ground. The results have revealed concentrations of ammonium ranging from 1.12 to 4.49 ppm. In this study, no significant difference has been underlined concerning the evolution of ammonium quantities and the fact that the pits have been scraped out or not.
- The fourth experiment consists in a trapping of ammonium in close contact with droppings. The devices used to trap the ammonium concentrated at both ends of the pits have given results varying between 0.81 and 14.25 ppm with higher concentrations at the back part of the building.

The same conclusion has been made in the last two studies: The ammonium concentrations seem to be increasingly significant with higher temperatures.

The results gained are in accordance with those mentioned in specialized scientific literature.

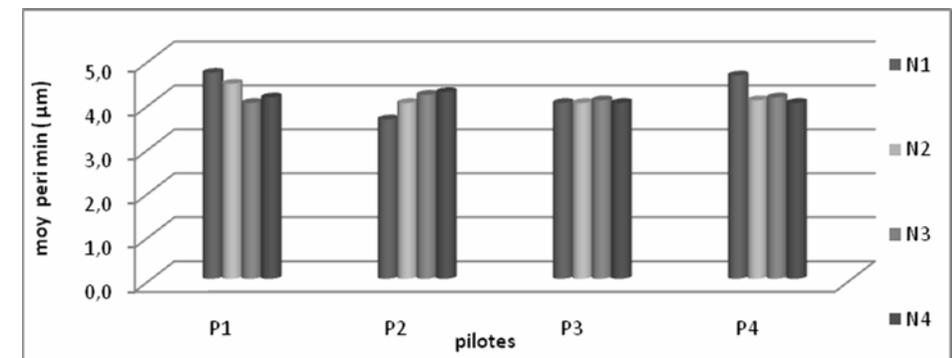
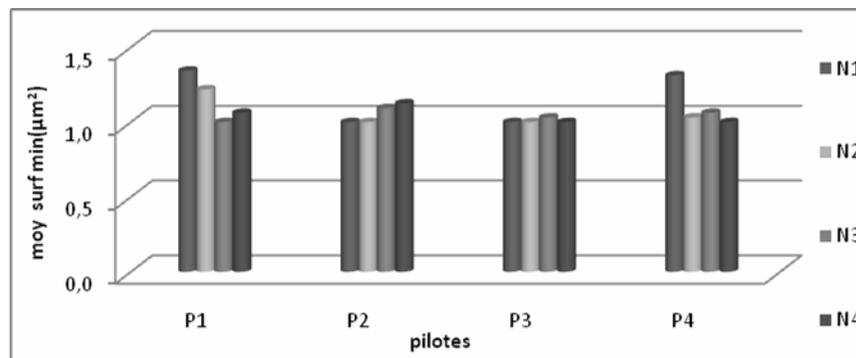
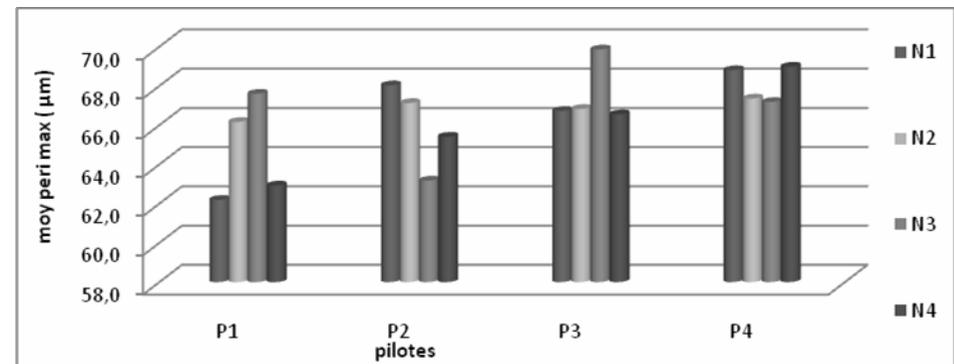
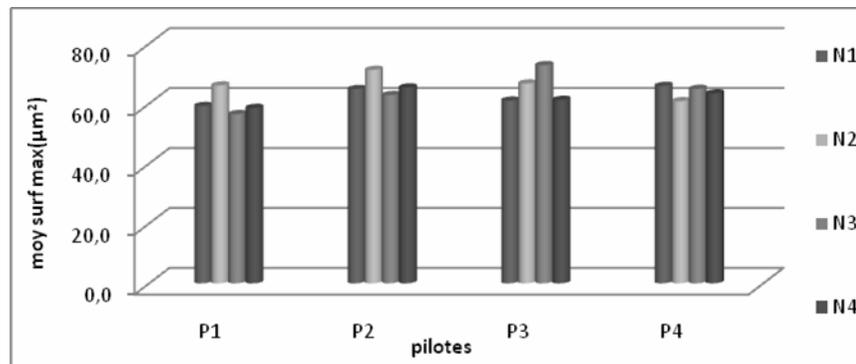
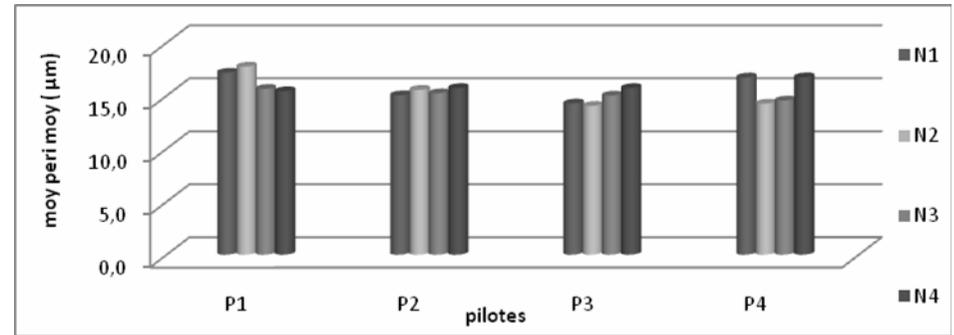
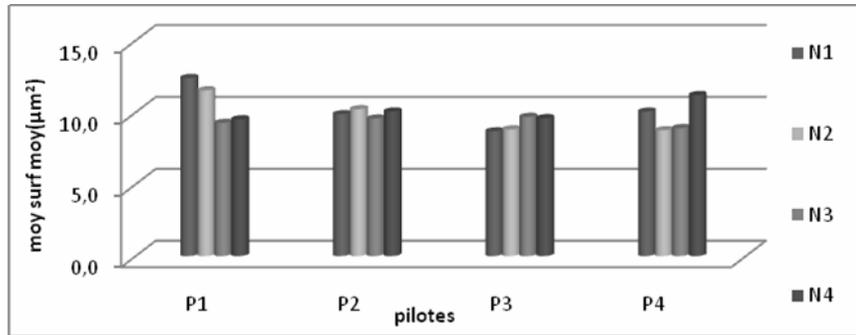
Key words: Poultry buildings Farming-Poultry farming-Ammonium-Dust.

ANNEXE 1



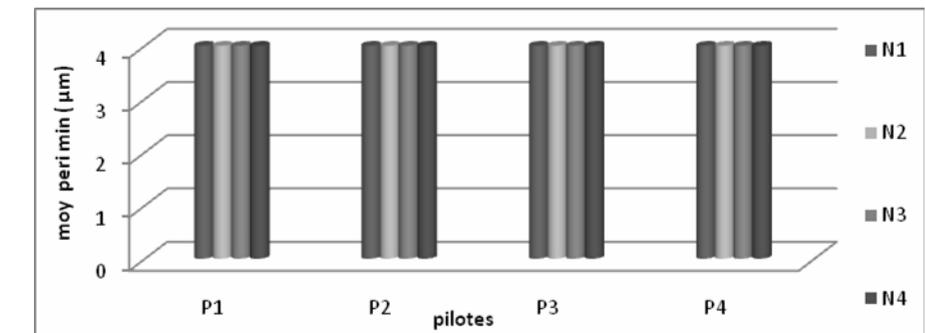
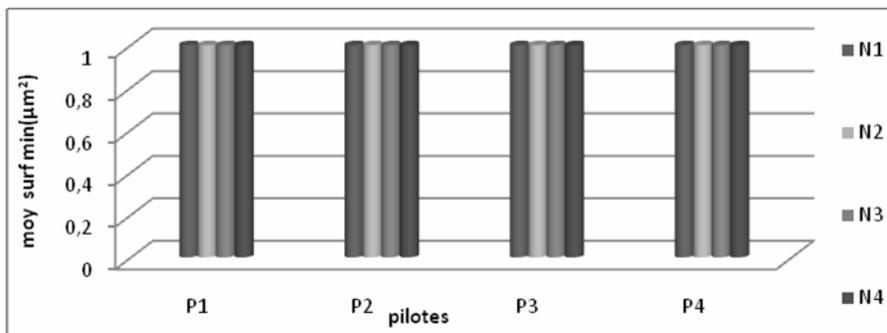
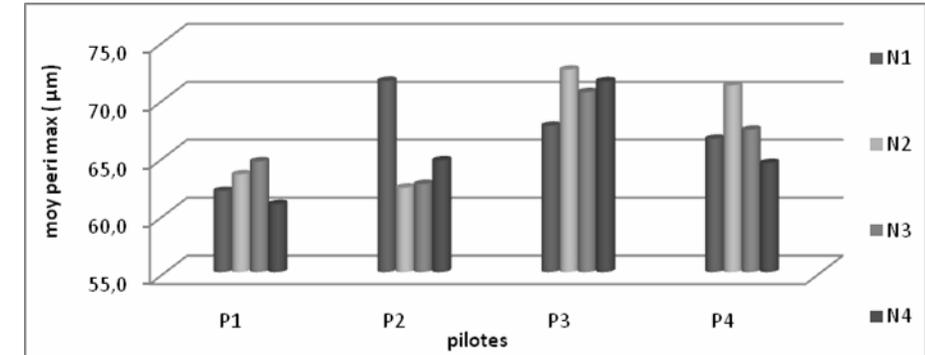
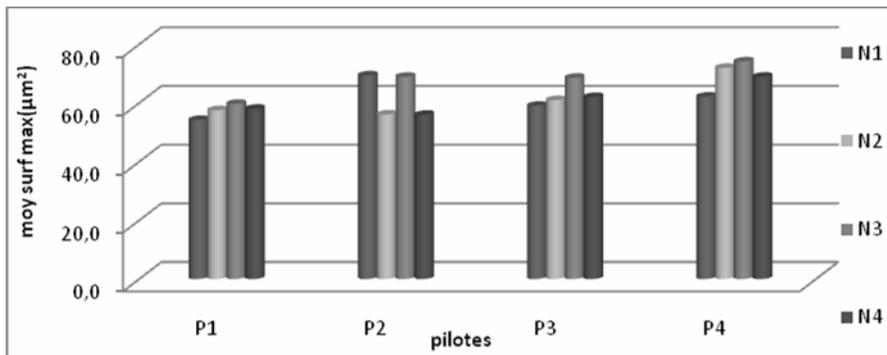
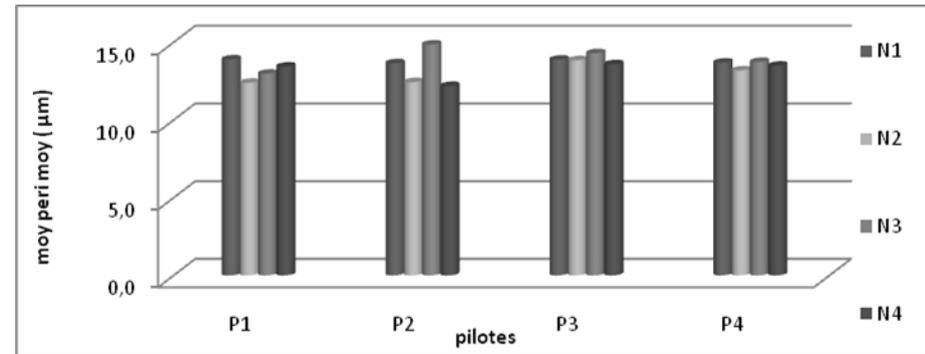
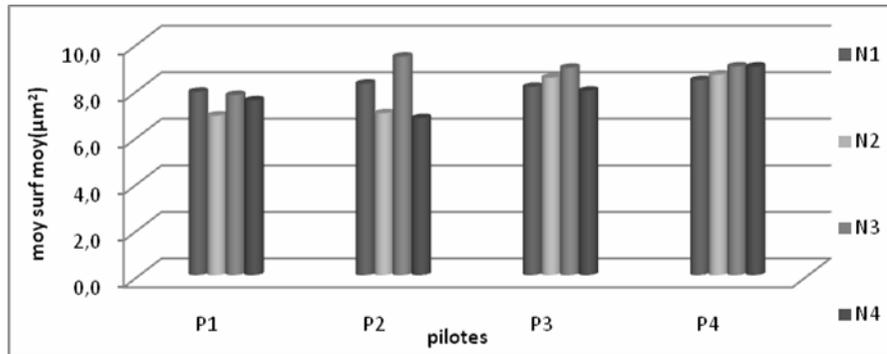
Variations des surfaces moyennes des périmètres moyens, des surfaces max des périmètres max, des surfaces minimales et des périmètres minimums en fonctions des pilotes. **Essai N°7 (T=6°C).**

ANNEXE 1



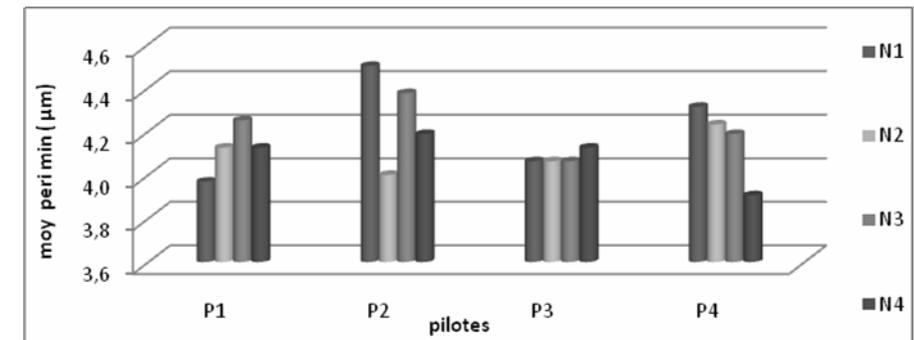
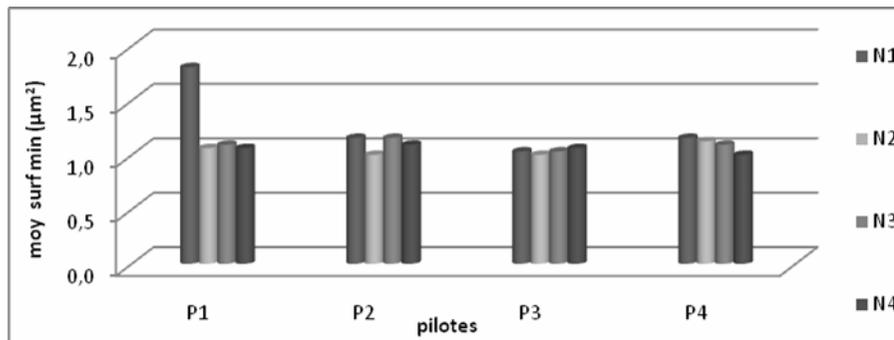
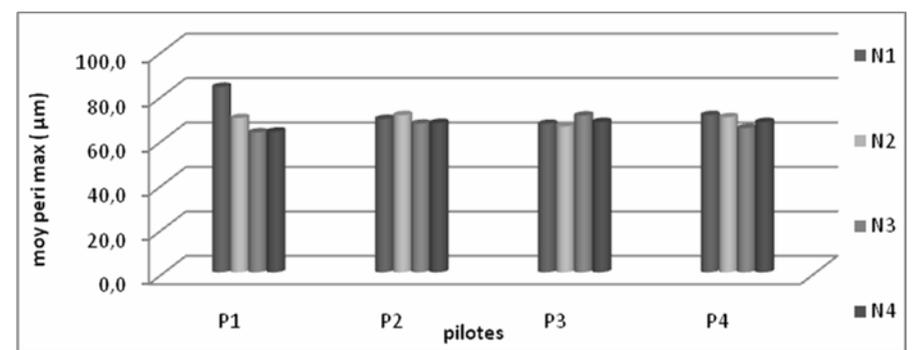
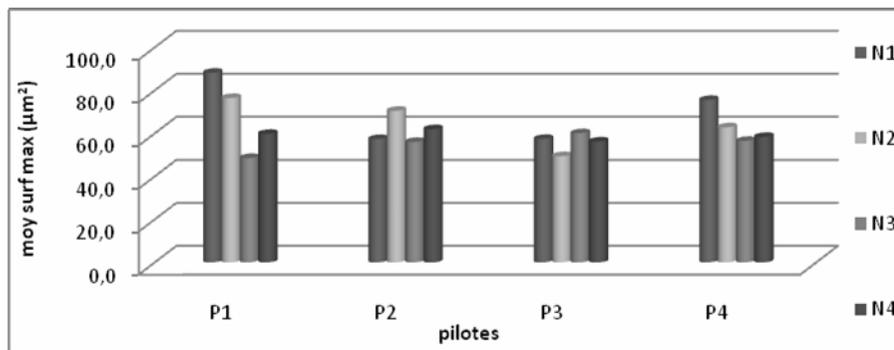
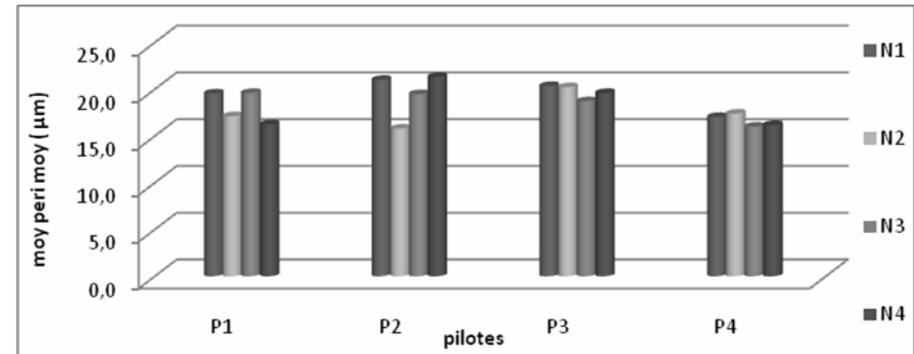
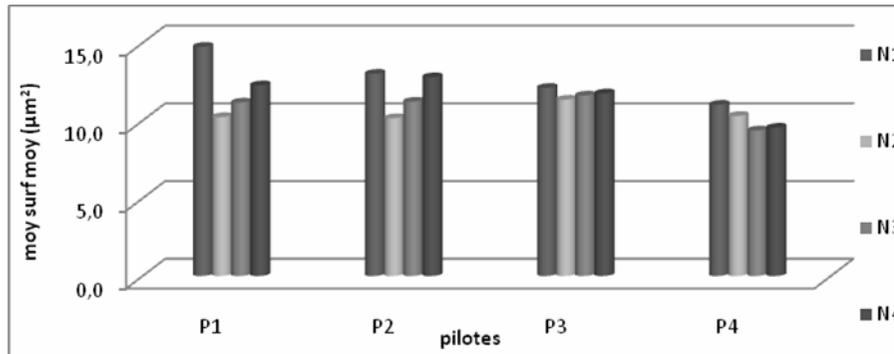
Variations des surfaces moyennes des périmètres moyens, des surfaces max des périmètres max, des surfaces minimales et des périmètres minimums en fonctions des pilotes. **Essai N°1 (T=8°C).**

ANNEXE 1



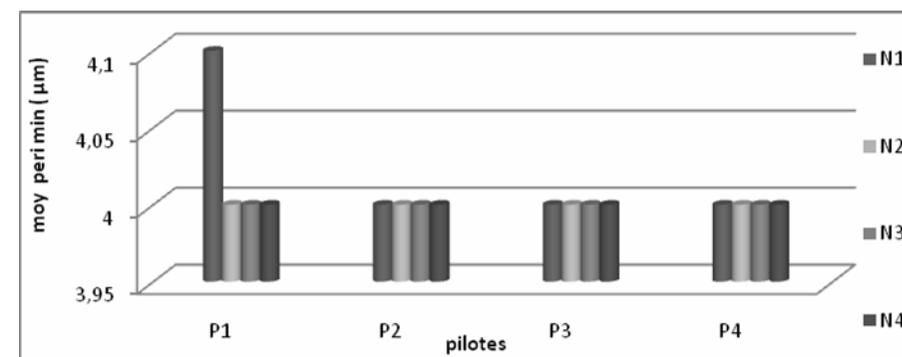
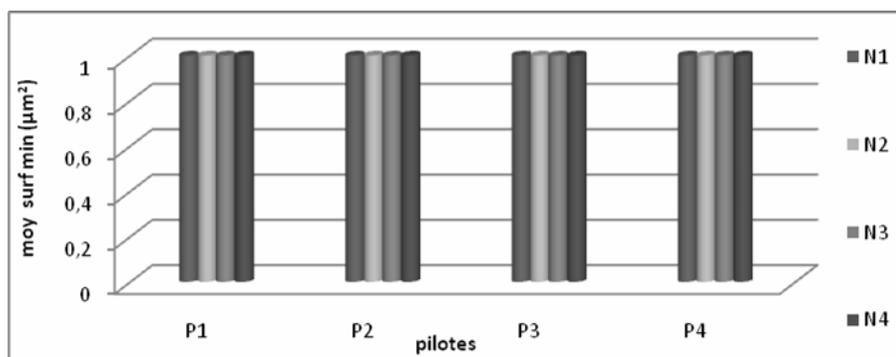
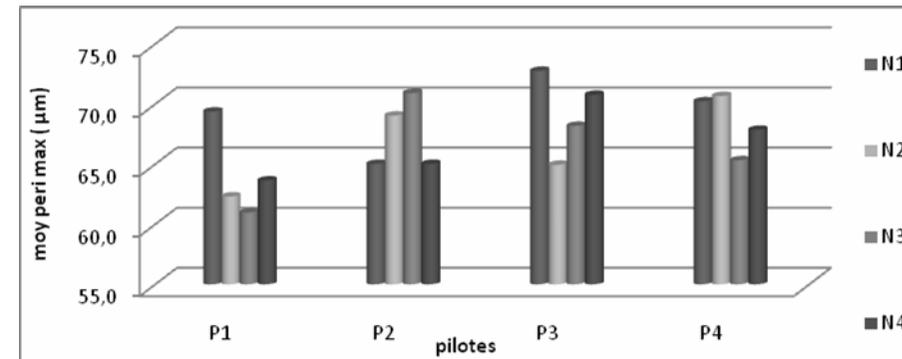
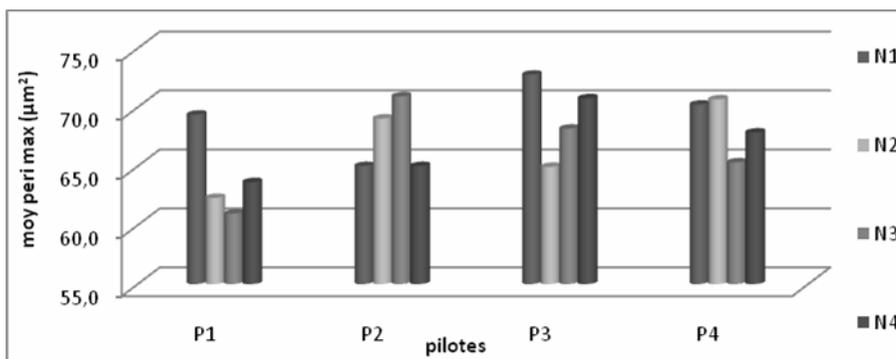
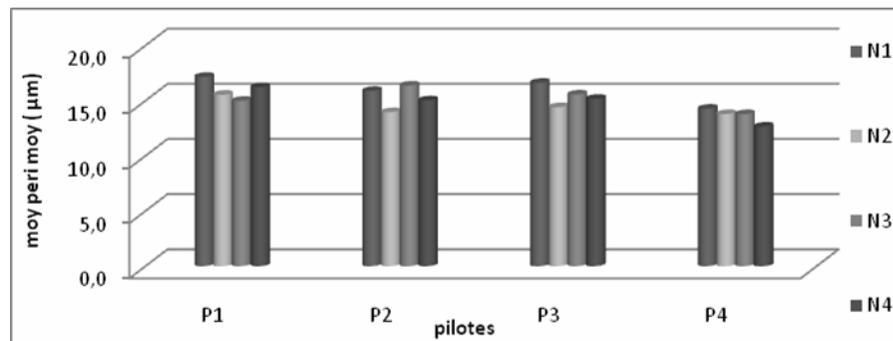
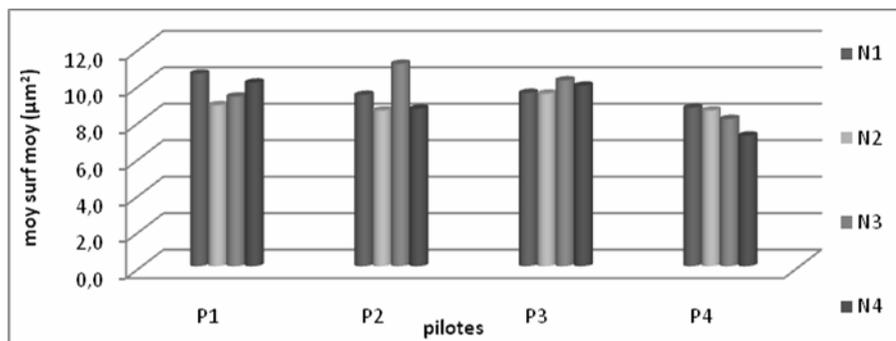
Variations des surfaces moyennes des périmètres moyens, des surfaces max des périmètres max, des surfaces minimales et des périmètres minimums en fonctions des pilotes. **Essai N°4 (T=9°C).**

ANNEXE 1



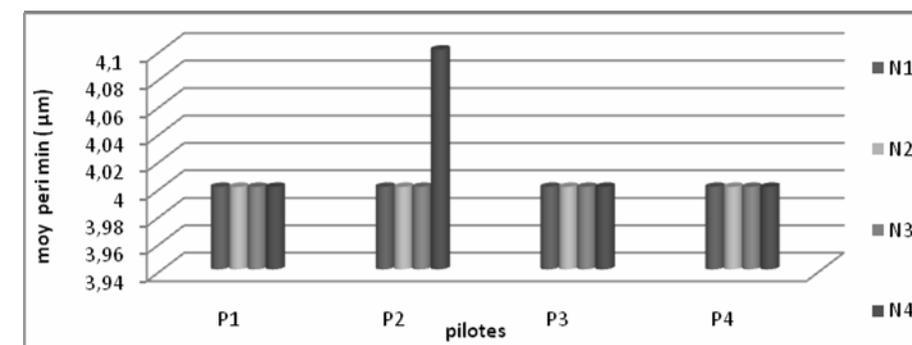
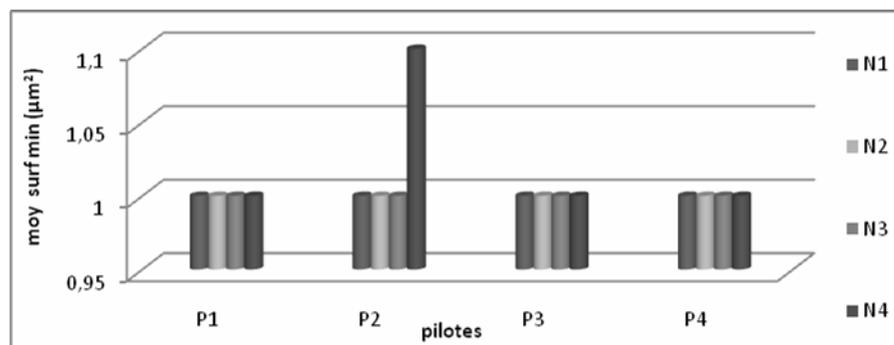
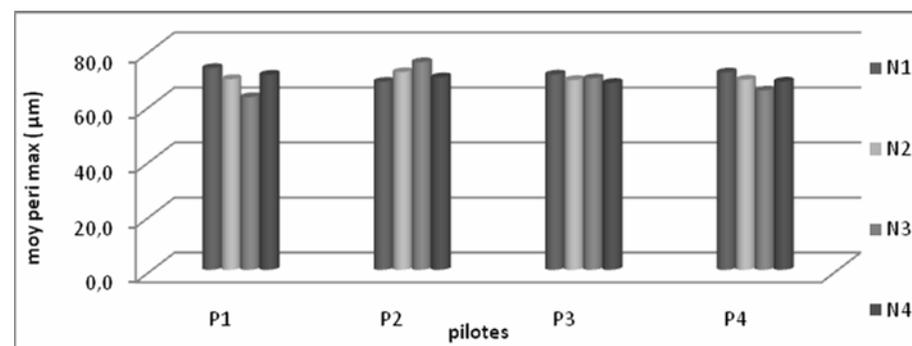
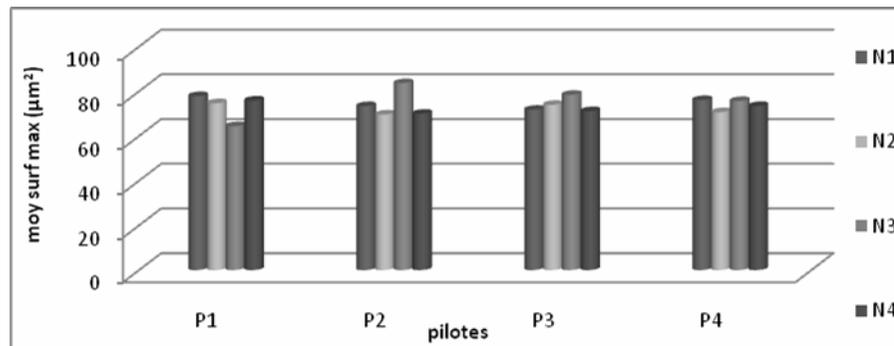
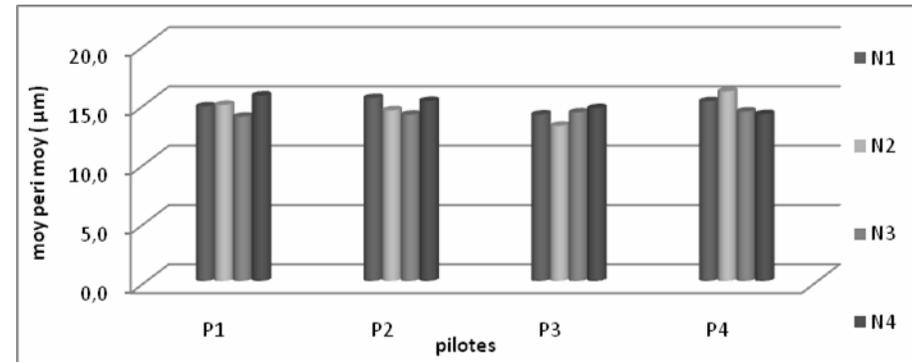
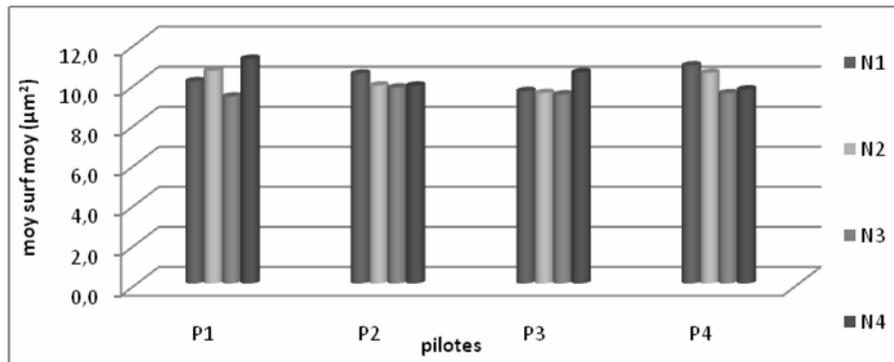
Les courbes de tendance des surfaces moyennes des périmètres moyens, des surfaces max des périmètres max, des surfaces minimales et des périmètres minimums en fonctions des pilotes. **Essai N°2 (T=10°C).**

ANNEXE 1



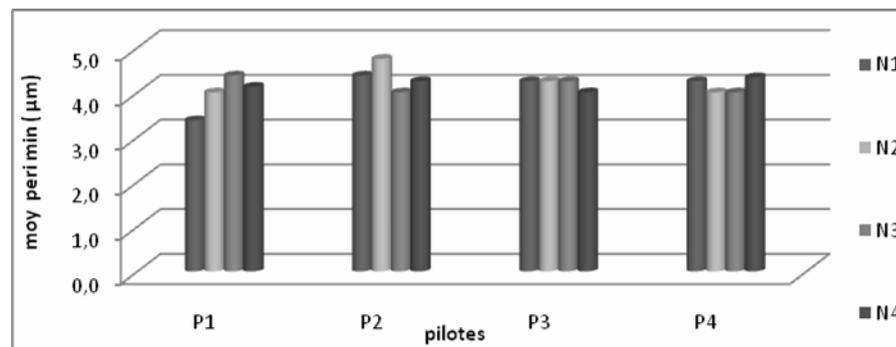
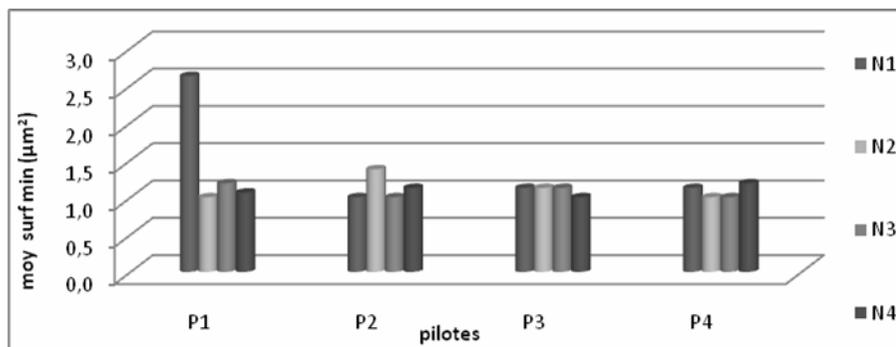
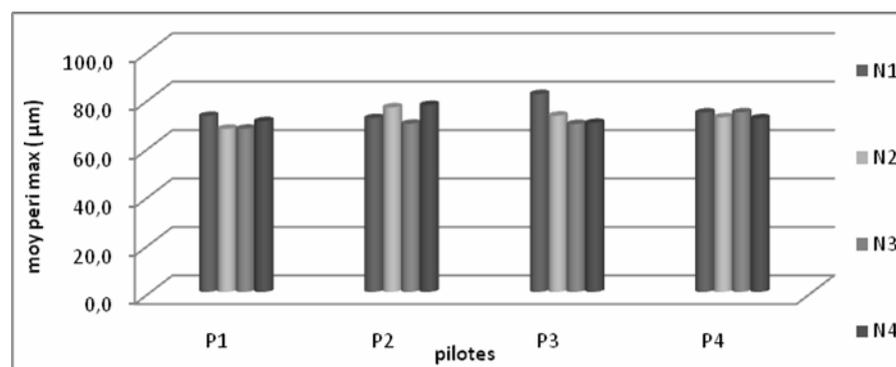
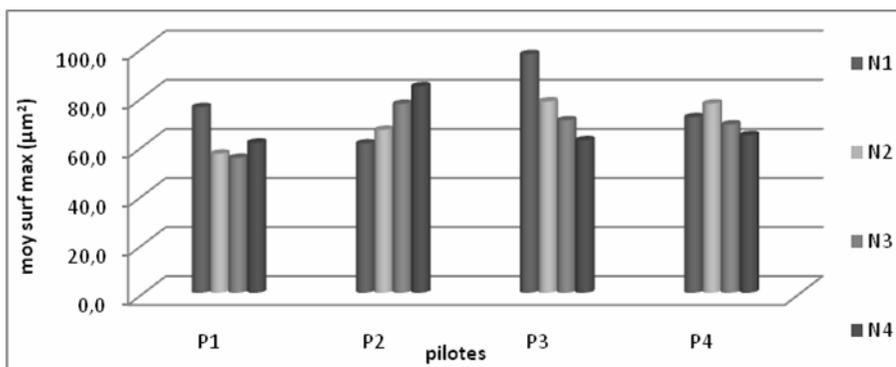
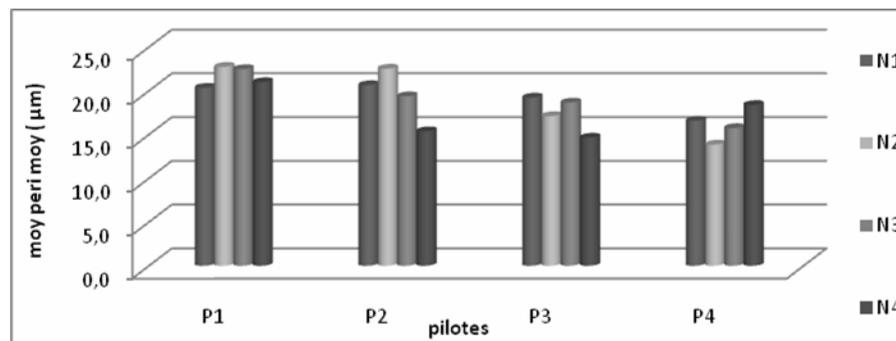
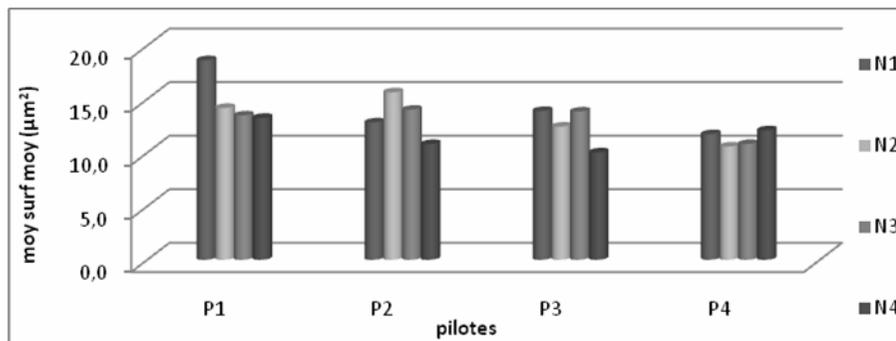
Les courbes de tendance des surfaces moyennes des périmètres moyens, des surfaces max des périmètres max, des surfaces minimales et des périmètres minimums en fonctions des pilotes. **Essai N°3 (T=11°C).**

ANNEXE 1



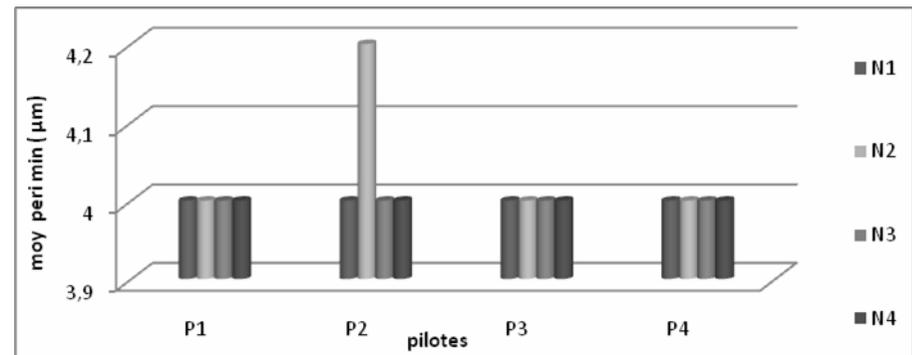
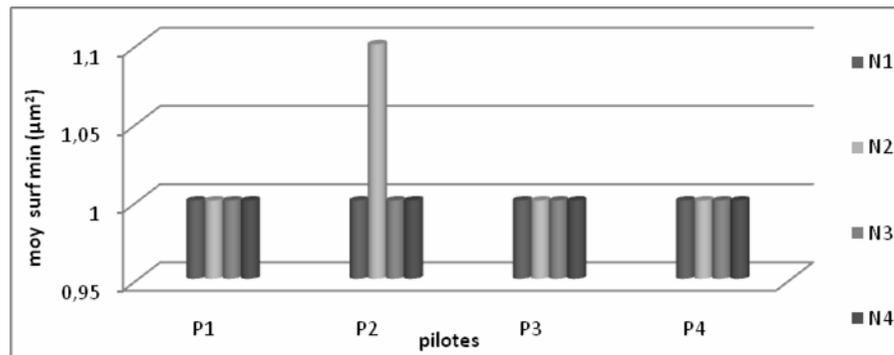
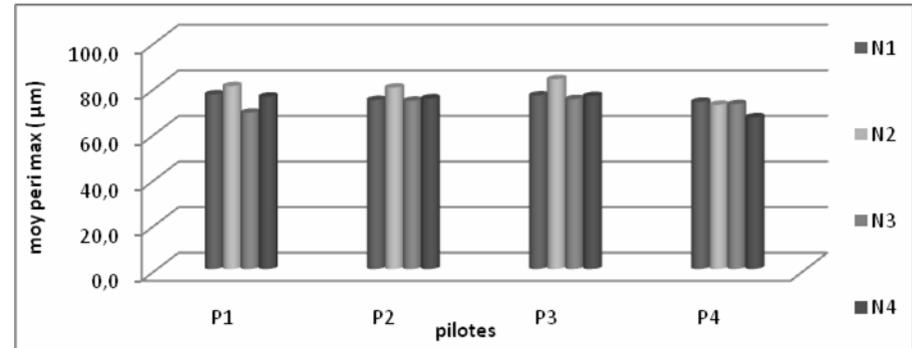
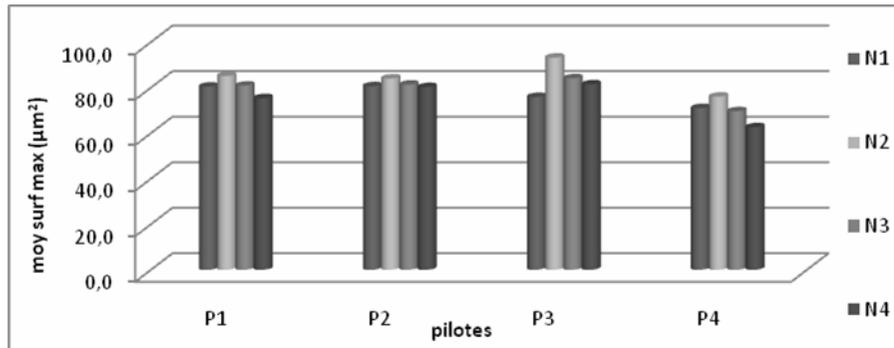
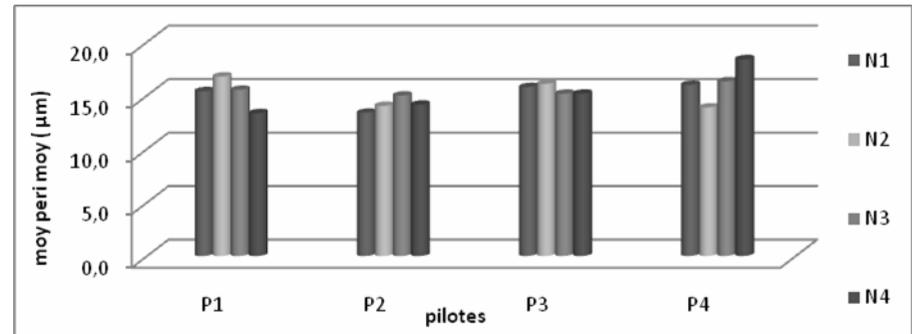
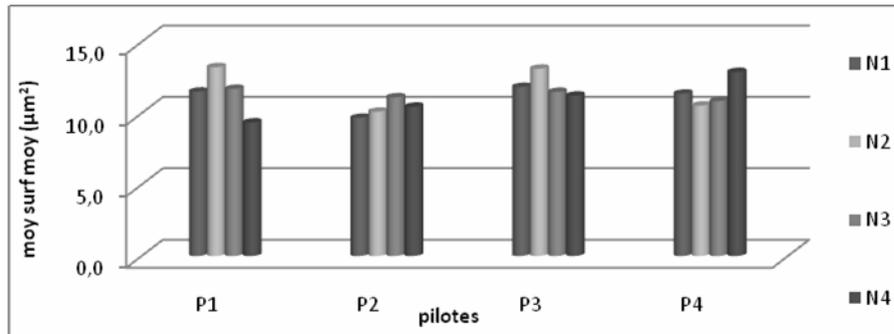
Les courbes de tendance des surfaces moyennes des périmètres moyens, des surfaces max des périmètres max, des surfaces minimales et des périmètres minimums en fonctions des pilotes. **Essai N°8 (T=12°C).**

ANNEXE 1



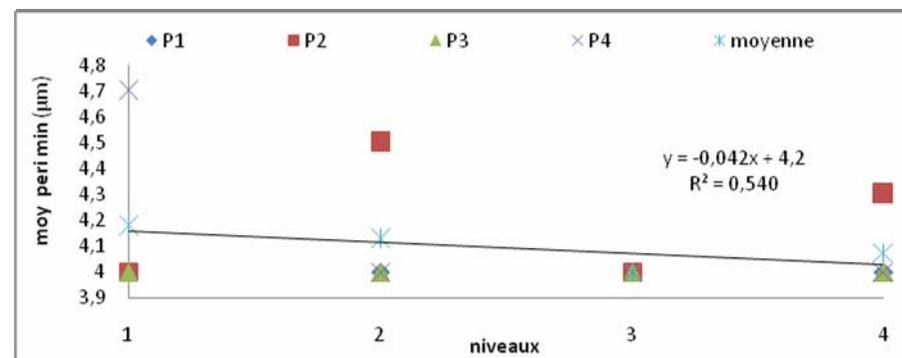
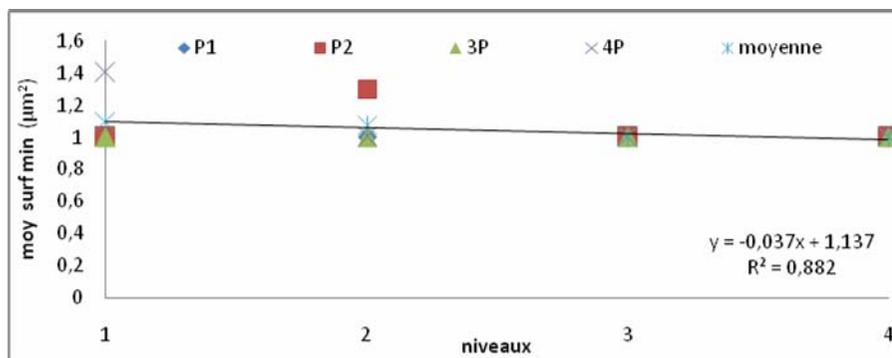
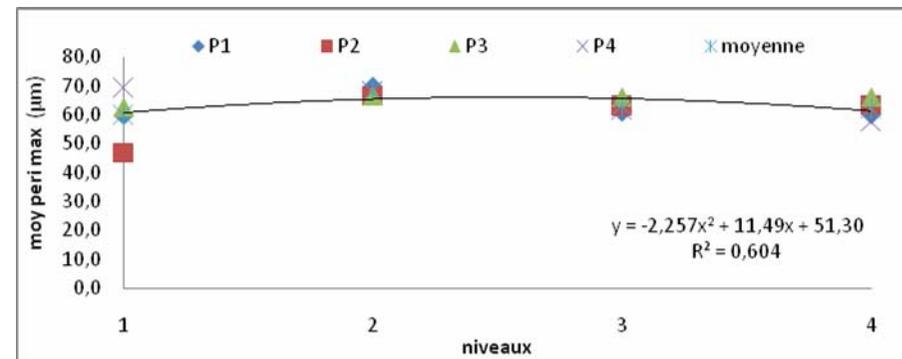
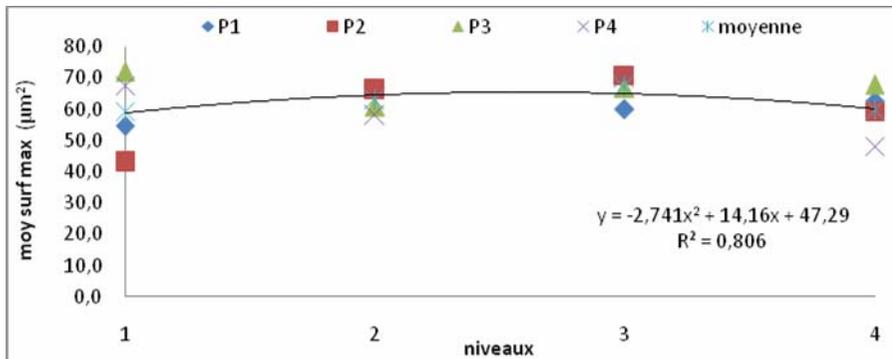
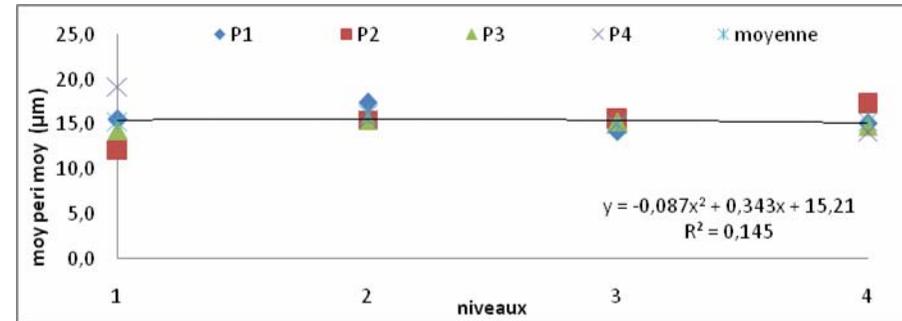
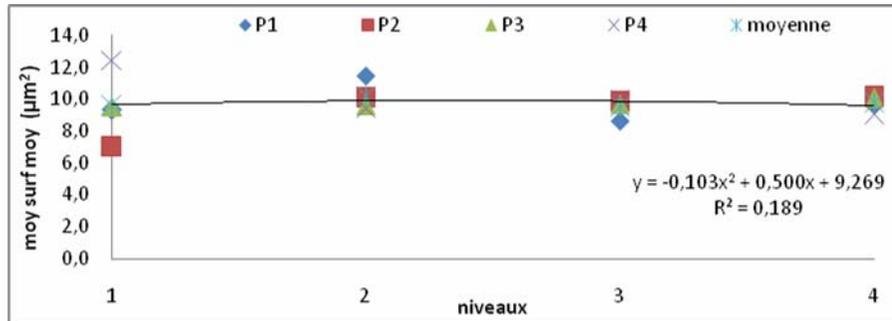
Les courbes de tendance des surfaces moyennes des périmètres moyens, des surfaces max des périmètres max, des surfaces minimales et des périmètres minimums en fonctions des pilotes. **Essai N°10 (T=15°C).**

ANNEXE 1



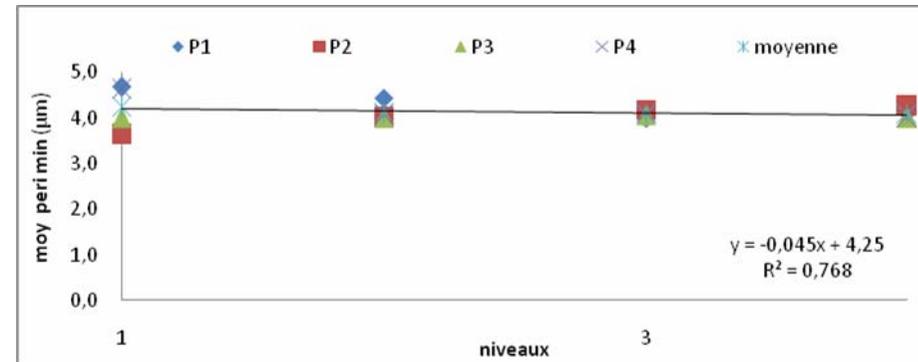
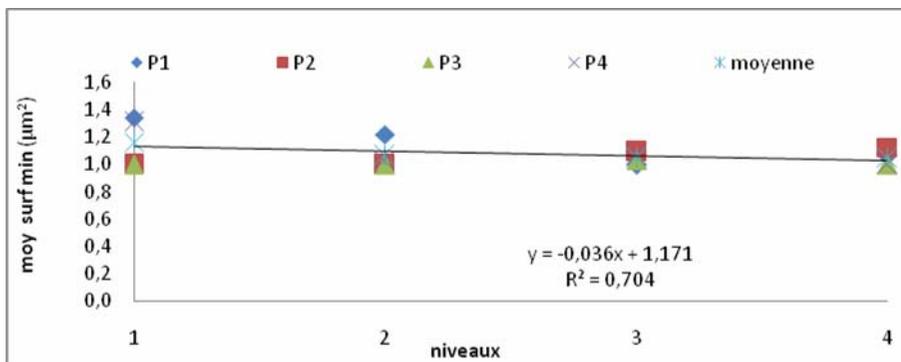
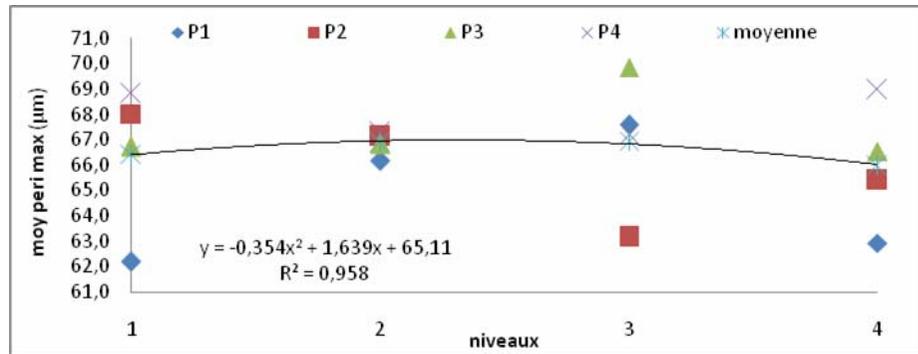
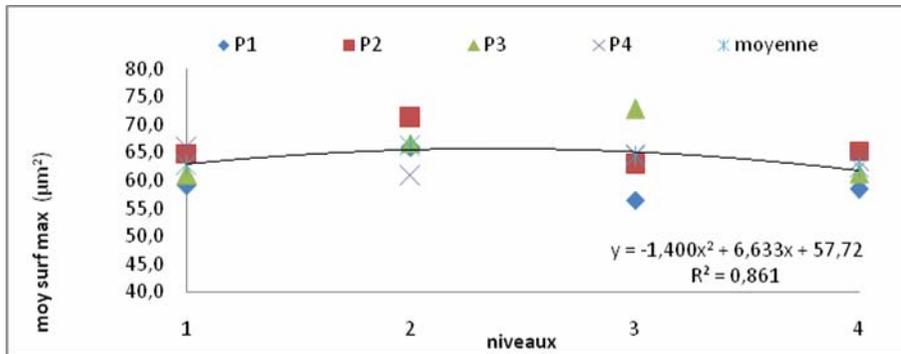
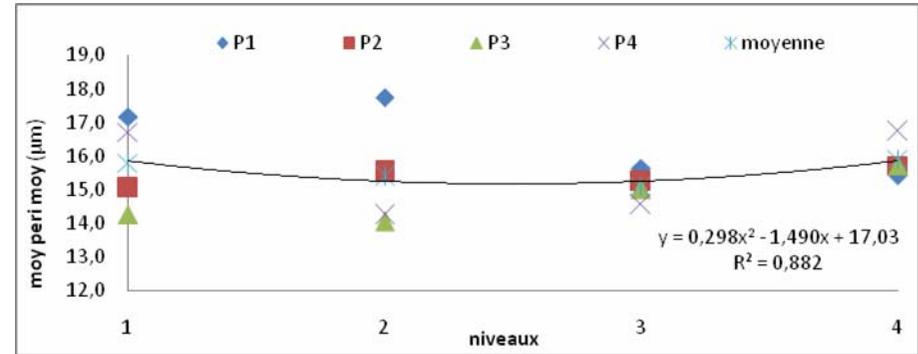
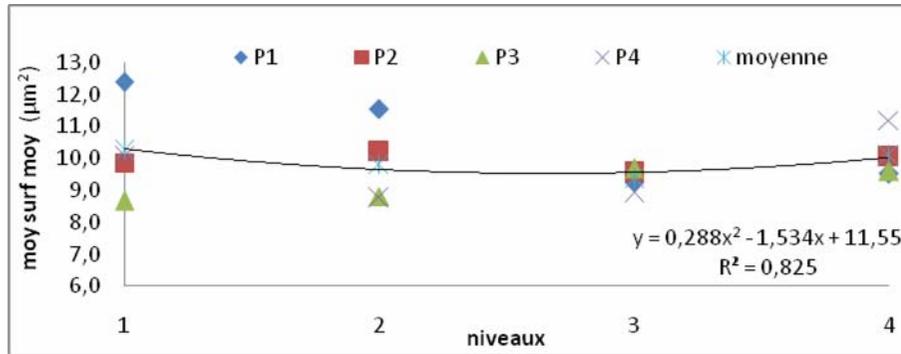
Les courbes de tendance des surfaces moyennes des périmètres moyens, des surfaces max des périmètres max, des surfaces minimales et des périmètres minimums en fonctions des pilotes. **Essai N°9 (T=16°C).**

ANNEXE 2



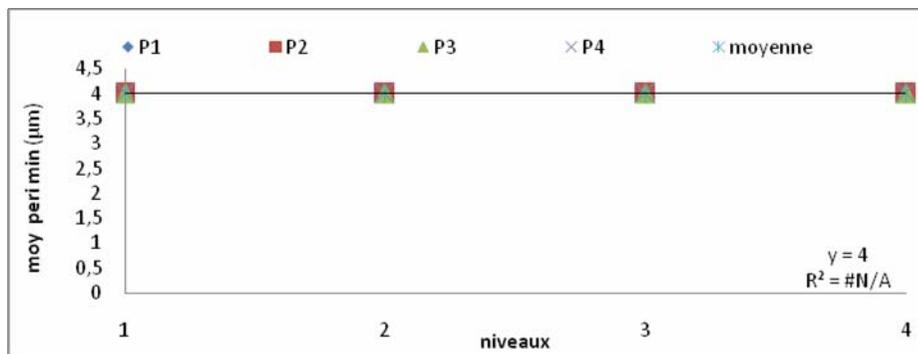
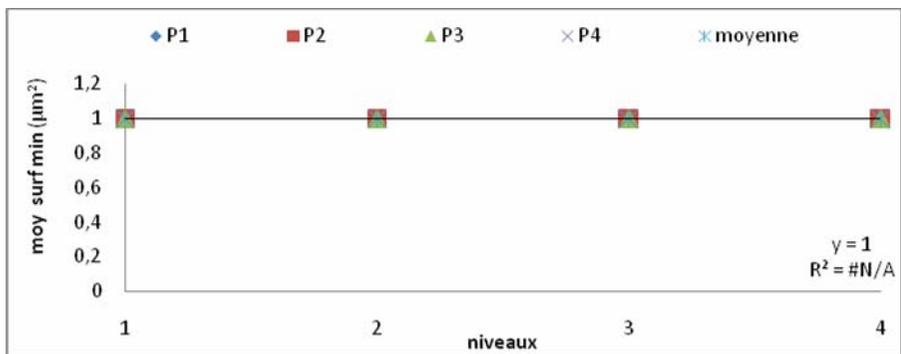
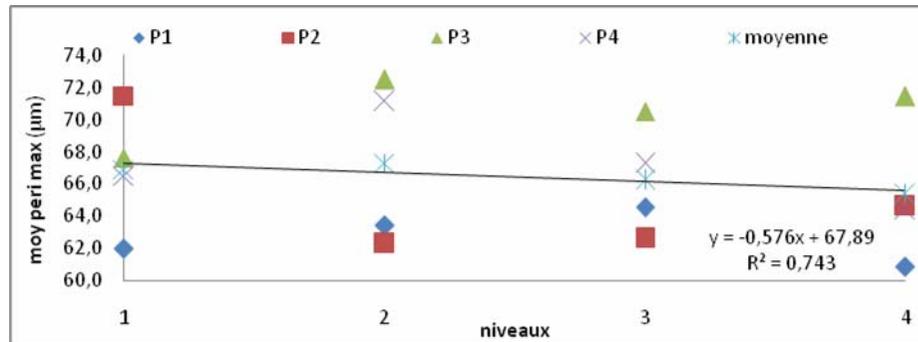
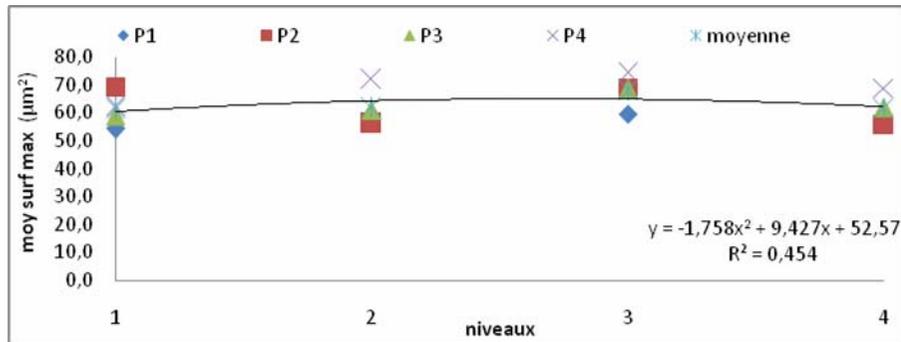
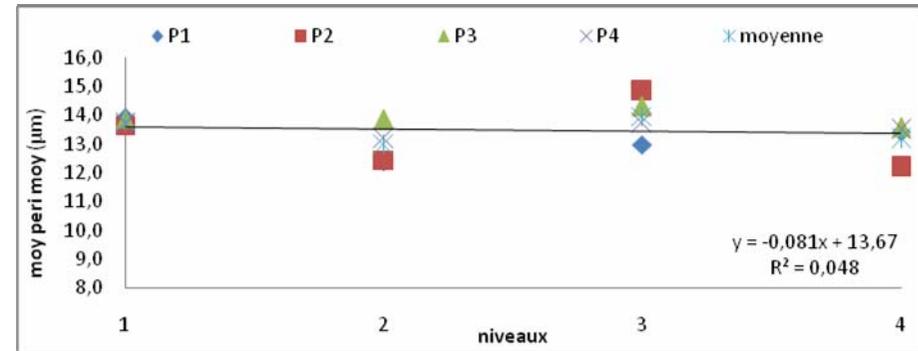
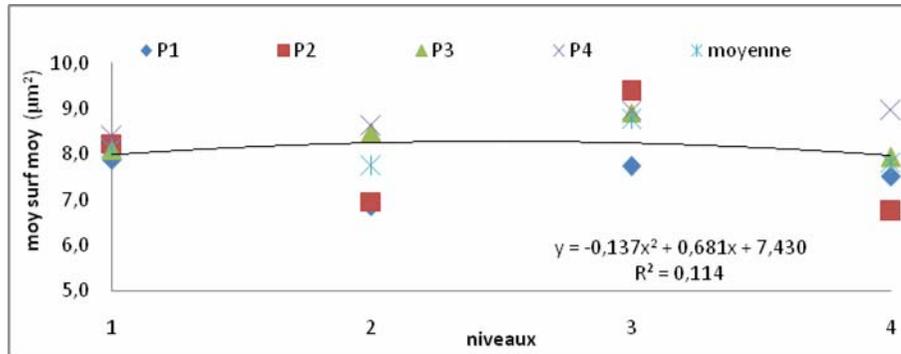
Les courbes de tendance des surfaces moyennes des périmètres moyens, des surfaces max des périmètres max, des surfaces minimales et des périmètres minimums en fonctions des pilotes. **Essai N°7 (T=6°C).**

ANNEXE 2



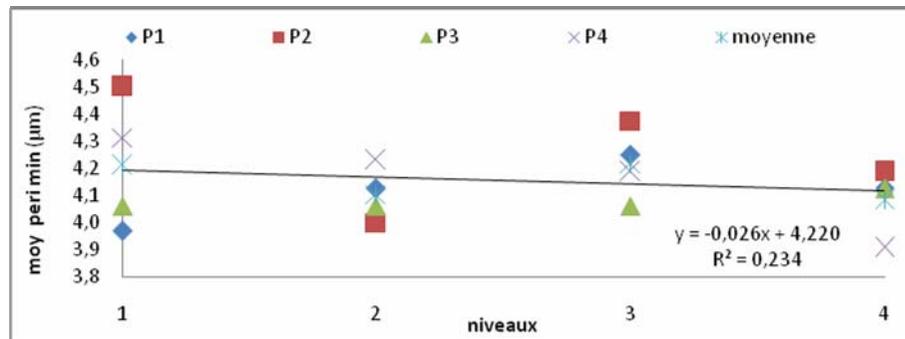
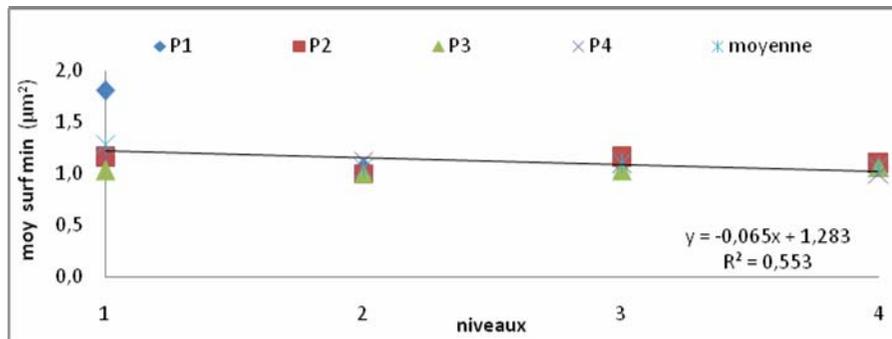
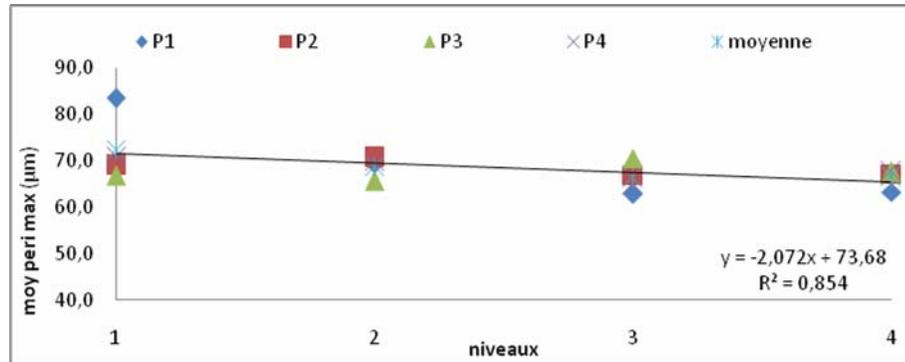
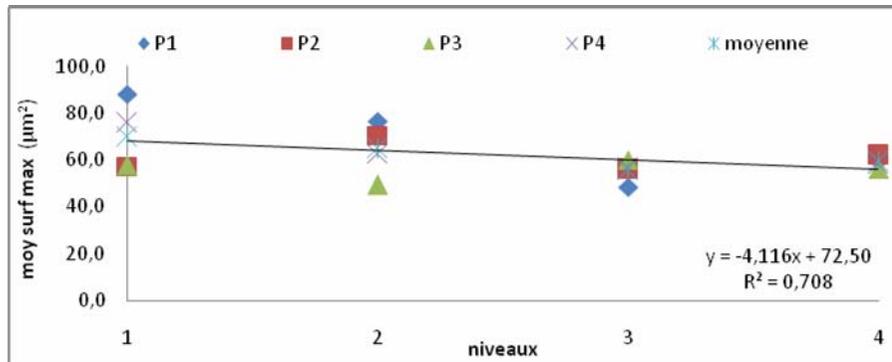
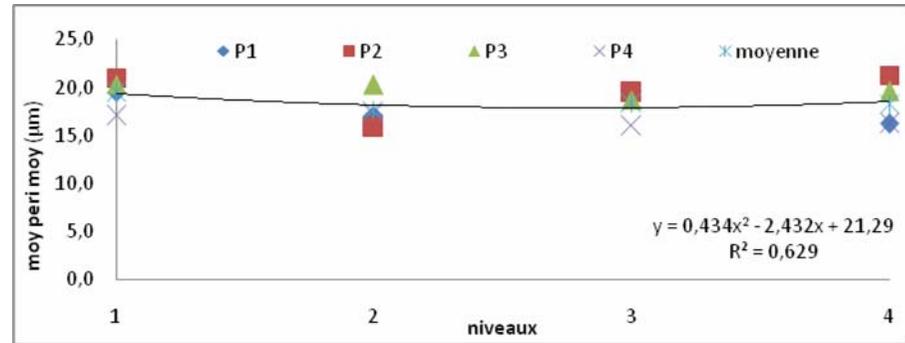
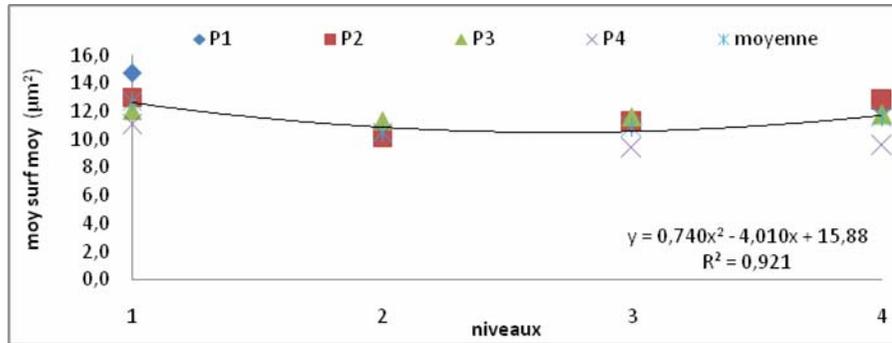
Les courbes de tendance des surfaces moyennes des périmètres moyens, des surfaces max des périmètres max, des surfaces minimales et des périmètres minimums en fonctions des pilotes. **Essai N°1 (T=8°C).**

ANNEXE 2



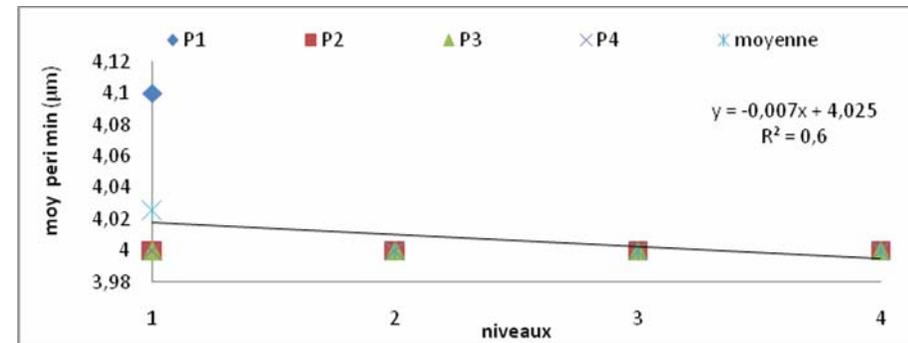
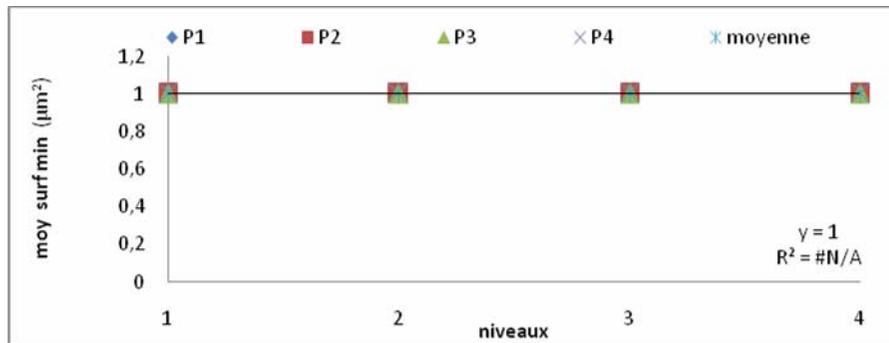
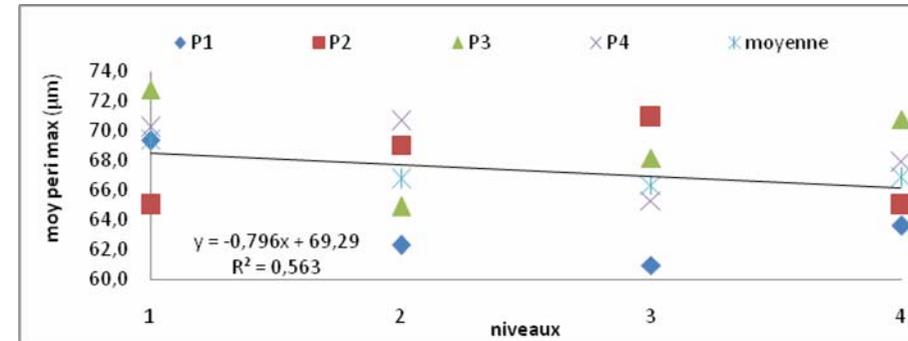
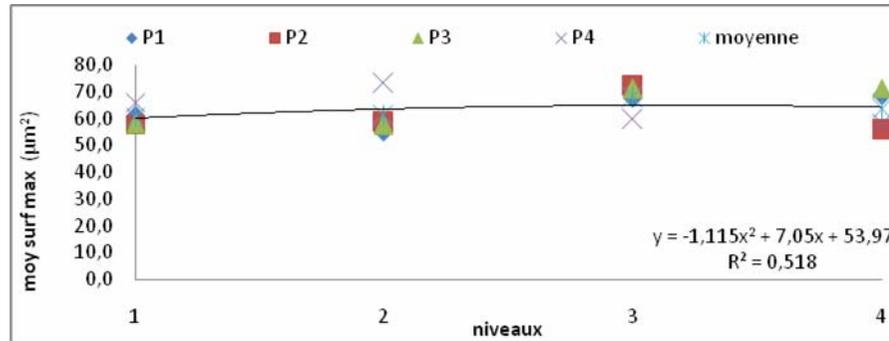
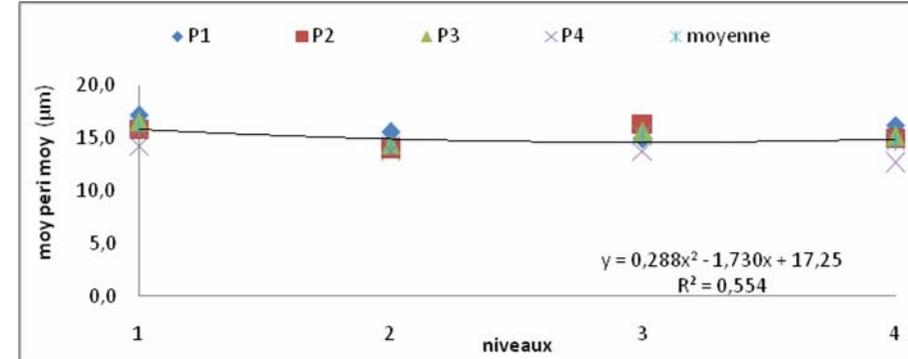
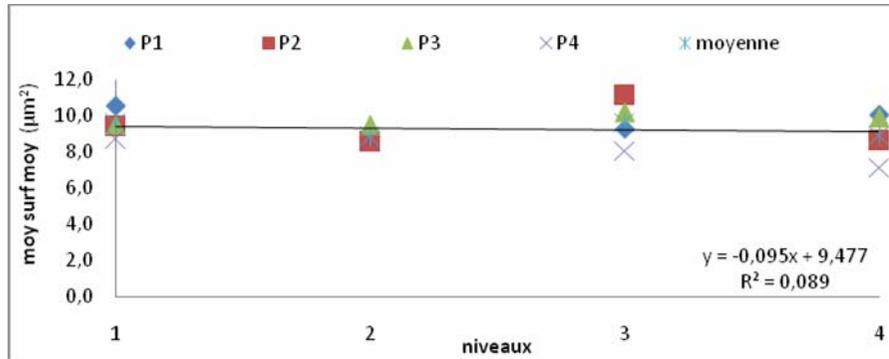
Les courbes de tendance des surfaces moyennes des périmètres moyens, des surfaces max des périmètres max, des surfaces minimales et des périmètres minimums en fonctions des pilotes. **Essai N°4 (T=9°C).**

ANNEXE 2



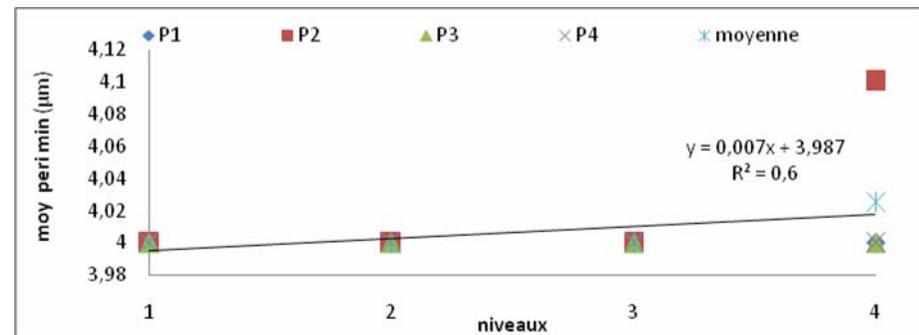
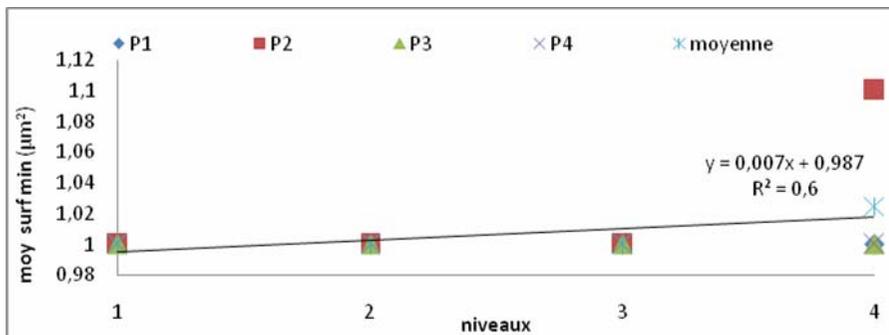
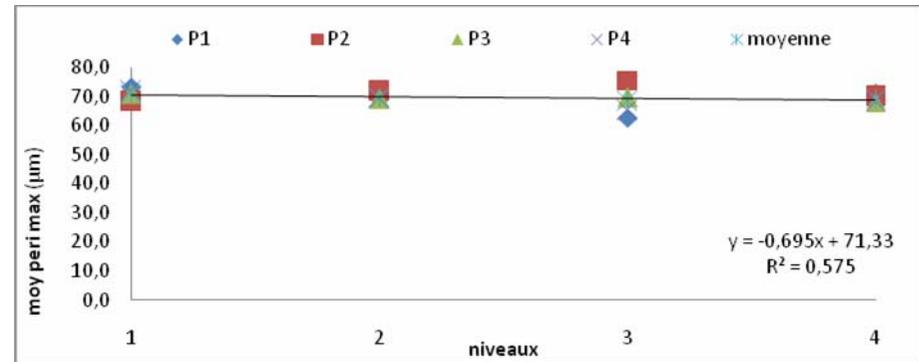
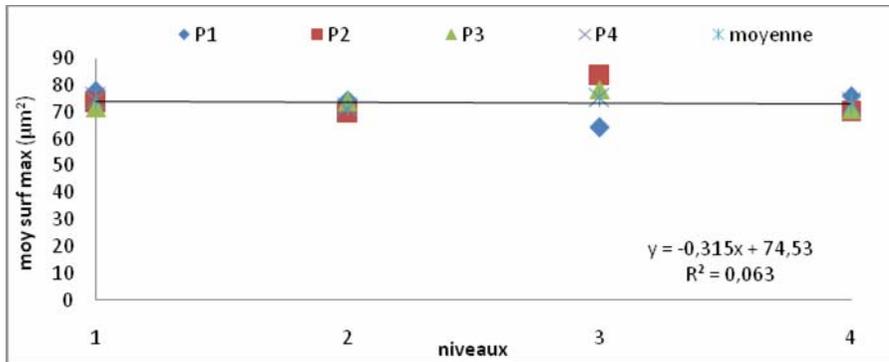
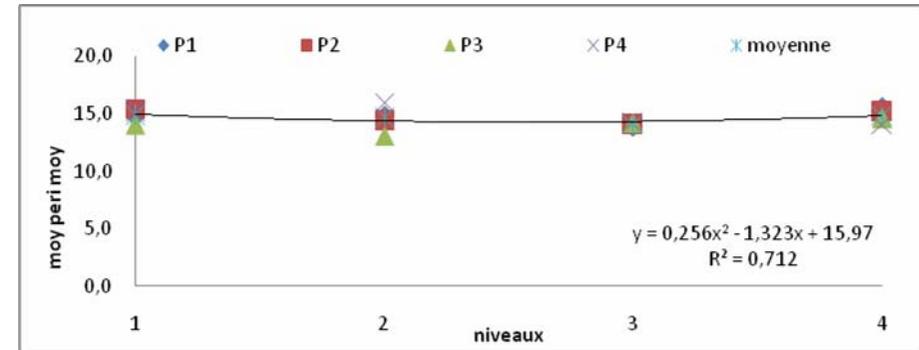
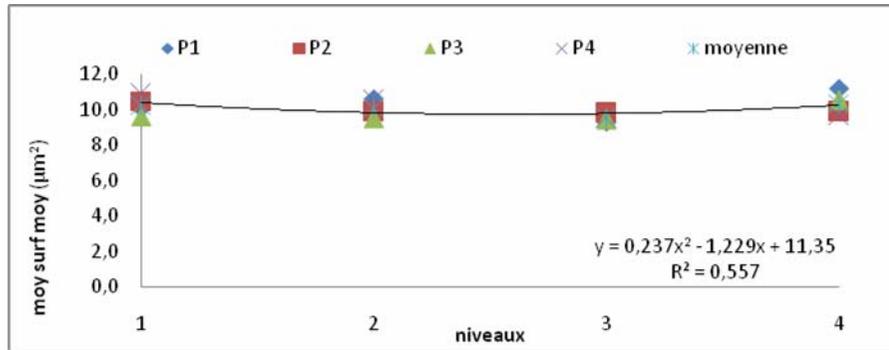
Les courbes de tendance des surfaces moyennes des périmètres moyens, des surfaces max des périmètres max, des surfaces minimales et des périmètres minimums en fonctions des pilotes. **Essai N°2 (T=10°C).**

ANNEXE 2



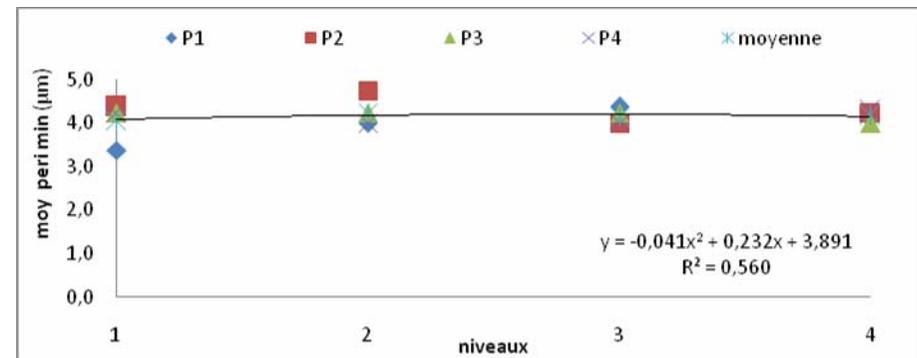
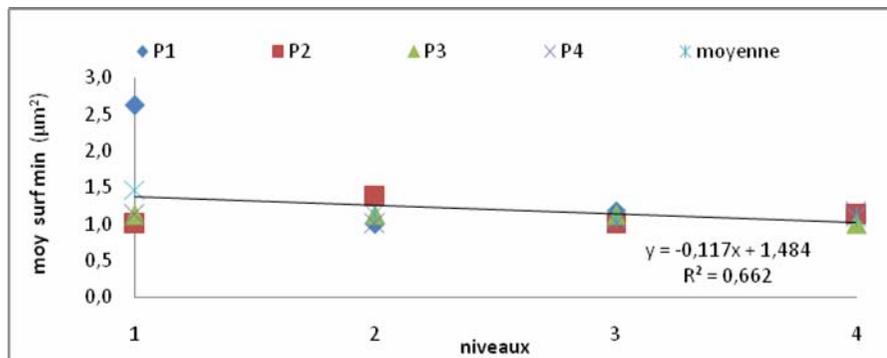
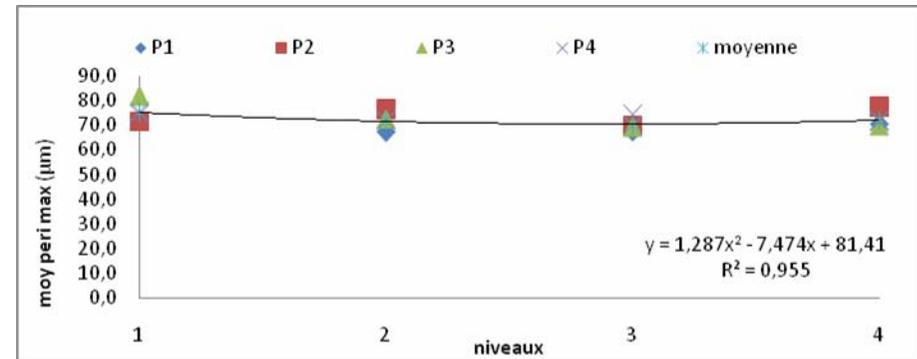
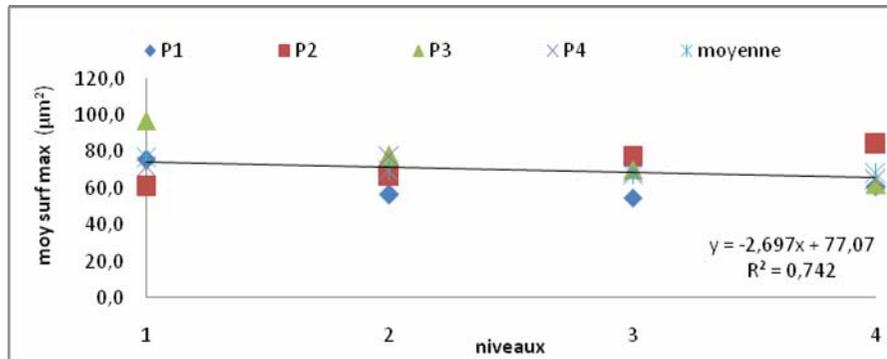
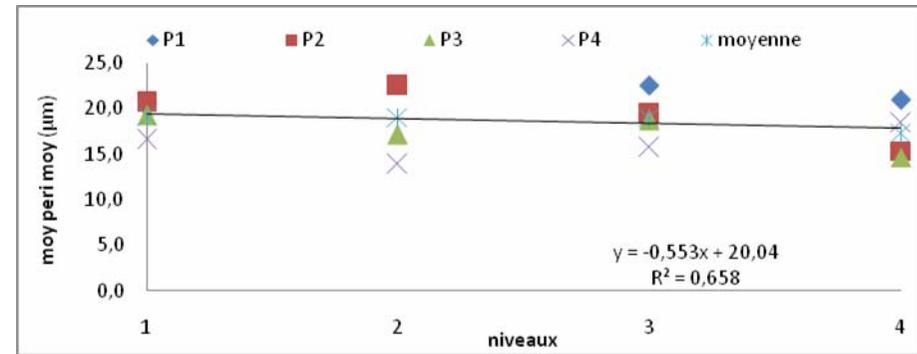
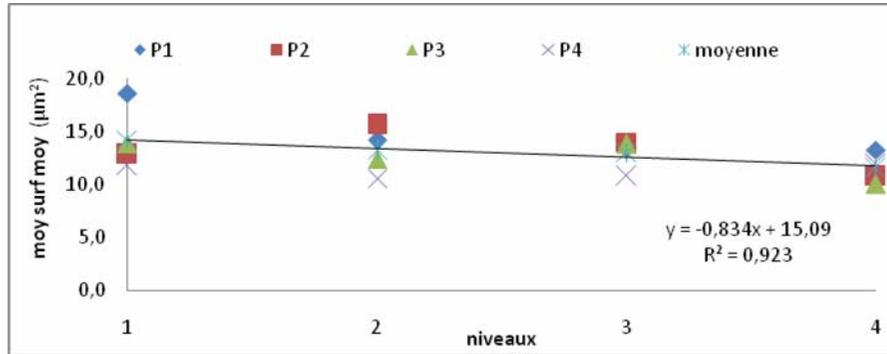
Les courbes de tendance des surfaces moyennes des périmètres moyens, des surfaces max des périmètres max, des surfaces minimales et des périmètres minimums en fonctions des pilotes. **Essai N°3 (T=11°C).**

ANNEXE 2



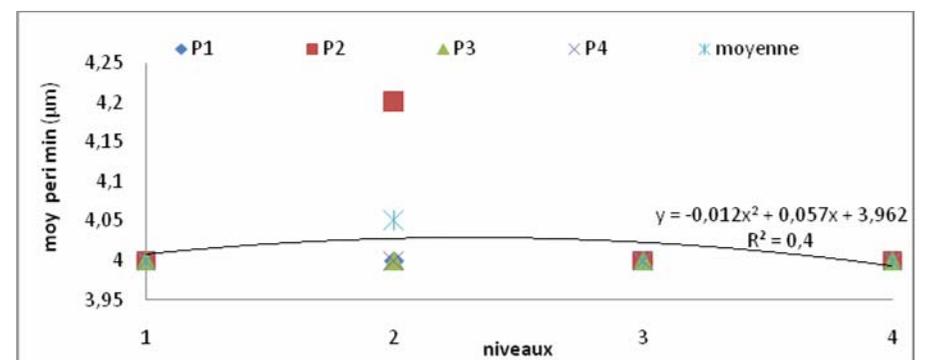
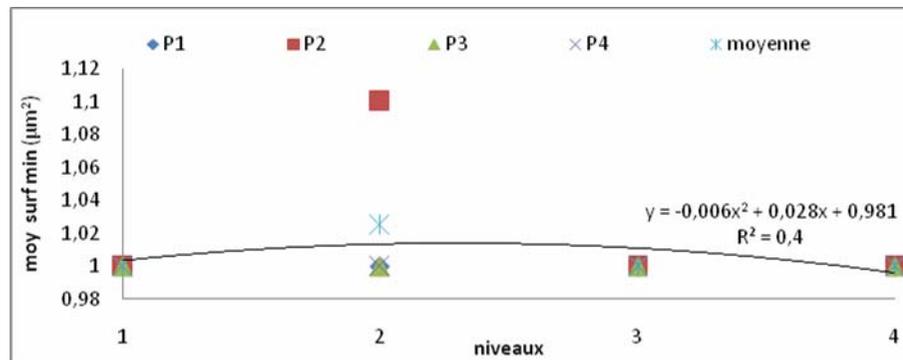
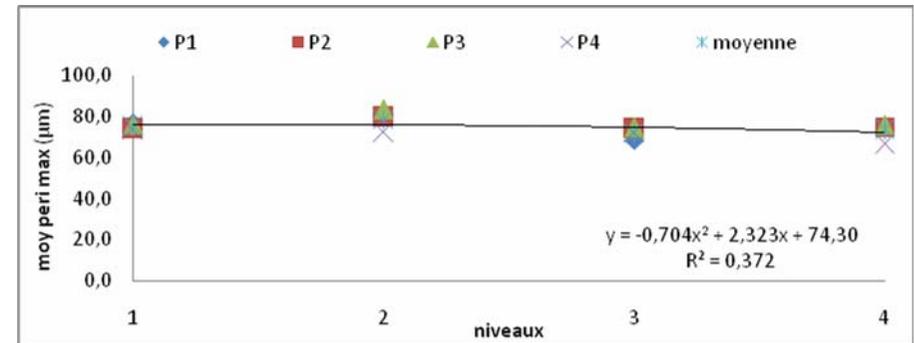
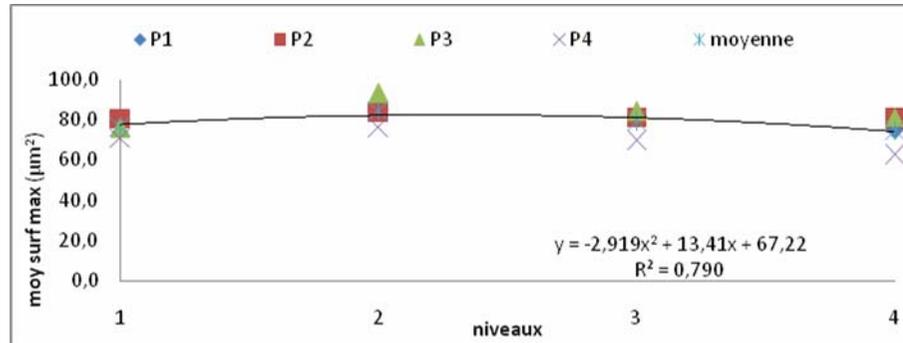
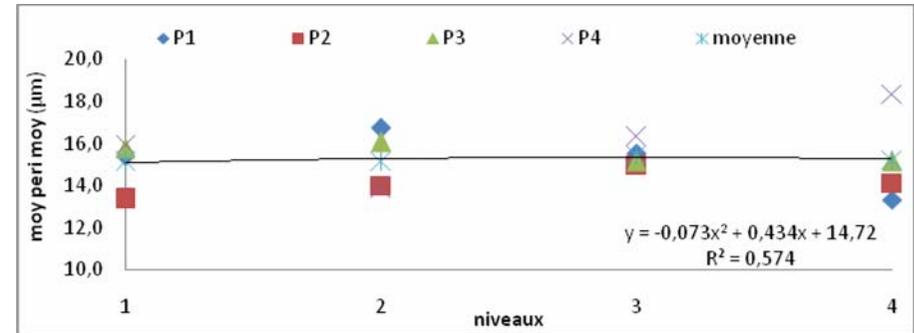
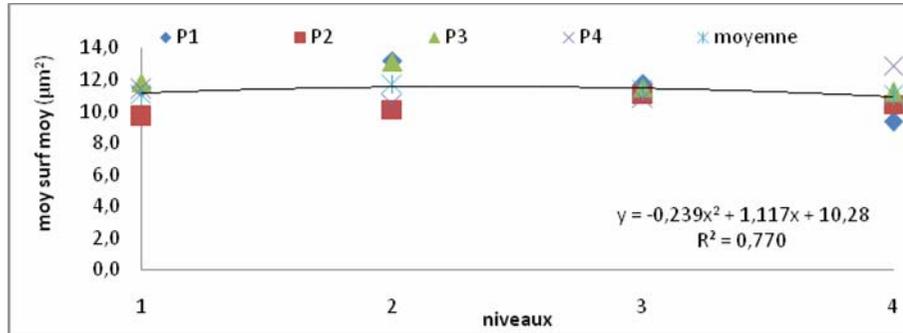
Les courbes de tendance des surfaces moyennes des périmètres moyens, des surfaces max des périmètres max, des surfaces minimales et des périmètres minimums en fonctions des pilotes. **Essai N°8 (T=12°C).**

ANNEXE 2



Les courbes de tendance des surfaces moyennes des périmètres moyens, des surfaces max des périmètres max, des surfaces minimales et des périmètres minimums en fonctions des pilotes. **Essai N°10 (T=15°C).**

ANNEXE 2



Les courbes de tendance des surfaces moyennes des périmètres moyens, des surfaces max des périmètres max, des surfaces minimales et des périmètres minimums en fonctions des pilotes. **Essai N°9 (T=16°C).**