

BURKINA FASO

Unité-Progress-Justice

MINISTRE DES ENSEIGNEMENTS

SECONDAIRE ET SUPERIEUR

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE

DE BOBO-DIOULASSO

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL

CENTRE INTERNATIONAL DE

RECHERCHE-DEVELOPPEMENT SUR

L'ELEVAGE EN ZONE SUBHUMIDE



## MEMOIRE

présenté pour l'obtention du diplôme de

**MASTER RECHERCHE EN ANALYSE DES POPULATIONS DES ESPACES  
FAUNIQUES ET HALIEUTIQUES**

**SPECIALITE :**

**Analyse des populations des espaces fauniques**

**THEME : EVALUATION DE L'EFFET INSECTICIDE D'UNE  
APPLICATION EPICUTANEE DE FIPRONIL 1% SUR DES  
GLOSSINES DE LABORATOIRE (*GLOSSINA PALPALIS  
GAMBIENSIS*, VANDERPLANK 1949)**

**Présenté par :** SAWADOGO Boureima

**Devant le jury composé de :**

Professeur Adrien M. Gaston BELEM, Président

Professeur BOUGMA/YAMEOGO Valérie Marie Christiane, Membre

Docteur Jean-Baptiste RAYAISSE, Membre (Maître de stage)

**Directeur de mémoire :** Professeur André T. KABRE

N° : ..... -2015/MFH2 (Faune, Halieutique)

Avril 2015

## **DEDICACE**

Ce travail est entièrement dédié

à mon père adoptif

**Timbila OUEDRAOGO**

à qui je dois toute ma formation morale et intellectuelle

## **REMERCIEMENTS**

L'aboutissement de ce travail a nécessité des soutiens multiformes de plusieurs personnes.

Qu'il nous soit permis de leur témoigner toute notre reconnaissance.

Nous exprimons ainsi nos sincères remerciements aux personnes suivantes :

- la Directrice Générale du centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide (CIRDES), Docteur Valentine YAPI-GNAORE, qui a bien voulu nous accueillir dans son institution ;
- le Docteur Jean-Baptiste RAYAISSE du CIRDES, notre maître de stage, qui nous a toujours prodigué des conseils et des orientations nécessaires pour la bonne marche de l'étude ;
- le Professeur André KABRE de l'université polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), notre Directeur de mémoire, pour son encadrement académique ;
- la firme MERIAL pour le soutien financier et matériel ;
- monsieur Abdoulaye KABORE et mademoiselle Fatoumata COMPAORE pour leur accompagnement technique tout au long du stage ;
- tout le personnel de l'insectarium du CIRDES pour leur soutien technique multiforme ;
- les bouviers du CIRDES pour nous avoir assistés tout au long du stage ;
- les stagiaires du CIRDES pour leur soutien moral et intellectuel.

Aux autres personnes dont nous ne pourrions citer les noms ici de peur d'oublier certains, nous leur témoignons toute notre gratitude.

## TABLE DES MATIERES

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS .....	I
LISTE DES FIGURES .....	II
LISTE DES TABLEAUX .....	III
LISTE DES ANNEXES .....	III
RESUME.....	IV
ABSTRACT .....	V
INTRODUCTION.....	1
I. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE .....	3
1.1. Généralités sur les glossines.....	3
1.2. Généralités sur le fipronil.....	12
II. METHODOLOGIE .....	14
2.1. Organisation du dispositif expérimental.....	14
2.2. Matériels utilisés.....	15
2.3. Démarche expérimentale.....	19
2.4. Paramètres expérimentaux étudiés .....	22
2.5. Analyse des données.....	24
III. RESULTATS .....	26
3.1. Résultats du test de l'effet du fipronil 1% sur la survie des glossines.....	26
3.2. Résultats du test de l'effet du fipronil 1% sur la fécondité des glossines-mères et la viabilité des glossines-filles .....	35
3.2.1. La fécondité des glossines-mères .....	35
3.2.2. La viabilité des glossines-filles .....	37
IV. DISCUSSIONS .....	40
4.1. L'efficacité et la rémanence du fipronil 1% sur la survie des glossines.....	40
4.2. L'effet du fipronil 1% sur la fécondité des glossines .....	42
4.3. L'effet du fipronil 1% sur la viabilité des glossines-filles.....	43
CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....	44
BIBLIOGRAPHIE .....	45
SITES INTERNET CONSULTES.....	49
ANNEXES .....	A
Annexe 1 : Tables de survie .....	B
Annexe 2 : Synthèse des données brutes de fécondité .....	C
Annexe 3 : Scripts des analyses des analyses de survie sur R 3.0.3.....	D
Annexe 4 : Résumé du test t de Student sur les variables de fécondité.....	E
Annexe 5 : Fiches de collecte des données .....	F

## LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

<b>ANOVA</b>	: Analyse de la variance
<b>CIRDES</b>	: Centre International de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide
<b>ddl</b>	: degré de liberté
<b>DDT</b>	: dichlorodiphényltrichloroéthane
<b>Dv</b>	: durée moyenne de vie
<b>GABA</b>	: acide gamma aminobutyrique
<b>ID</b>	: indéterminable
<b>INRS</b>	: Institut national de recherche et de sécurité
<b>Is</b>	: indice de survie cumulé
<b>p</b>	: signification statistique
<b>Pm</b>	: poids moyen
<b>qi</b>	: indice de survie instantané
<b>RR</b>	: risque relatif de mortalité
<b>Ta</b>	: taux d'avortons
<b>Te</b>	: taux d'éclosions
<b>TE</b>	: témoin
<b>Tp</b>	: taux de pontes
<b>TP</b>	: temps post traitement
<b>Tpmf</b>	: taux de pupes mal formées
<b>TR</b>	: traité
<b><math>\chi^2</math></b>	: khi-deux

## **LISTE DES FIGURES**

<b>Figure 1</b> : Carte de répartition géographique de <i>Glossina palpalis</i> et de <i>Glossina fuscipes</i> .....	4
<b>Figure 2</b> : Représentation schématique d'une glossine .....	5
<b>Figure 3</b> : Cycle reproductif d'une glossine.....	7
<b>Figure 4</b> : Pièges et écrans pour la lutte contre les glossines .....	9
<b>Figure 5</b> : Structure chimique du fipronil.....	12
<b>Figure 6</b> : Application épicutanée du fipronil 1% sur les animaux.....	14
<b>Figure 7</b> : Présentation schématique du dispositif expérimental de lâcher des glossines.....	15
<b>Figure 8</b> : Quelques photos du matériel technique utilisé pour les expériences.....	18
<b>Figure 9</b> : Capture des glossines à l'étable et leur alimentation au laboratoire .....	20
<b>Figure 10</b> : Quelques dispositions de conduite du test sur la fécondité des glossines.....	21
<b>Figure 11</b> : Courbe de survie globale sur 30 jours de suivi des glossines.....	27
<b>Figure 12</b> : Courbe de survie globale sur 81 jours de suivi des glossines.....	28
<b>Figure 13</b> : Graphe des probabilités de mortalité en fonction des traitements .....	28
<b>Figure 14</b> : Evolution de la durée moyenne de vie des glossines initiales en fonction du temps post-traitement.....	29
<b>Figure 15</b> : Evolution de la durée moyenne de vie des survivantes en fonction du temps post-traitement .....	29
<b>Figure 16</b> : Courbe de survie globale sur 15 jours de suivi des colonies initiales .....	30
<b>Figure 17</b> : Courbes de survie des glossines initiales .....	30
<b>Figure 18</b> : Courbe de survie globale sur 15 jours de suivi des survivantes.....	31
<b>Figure 19</b> : Courbes de survie des glossines survivantes .....	31
<b>Figure 20</b> : Evolutions comparées des taux de mortalité des témoins et des traités initiaux..	33
<b>Figure 21</b> : Evolutions comparées des taux de mortalité des témoins et des traitées survivantes.....	34
<b>Figure 22</b> : Graphes des valeurs comparées des paramètres de fécondité des glossines .....	35
<b>Figure 23</b> : Variation des taux de ponte des groupes de traitement en fonction du jour post-traitement.....	35
<b>Figure 24</b> : Evolution des moyens des pupes en fonction des ordres de ponte .....	36
<b>Figure 25</b> : Proportions des pupes par classe de poids .....	37
<b>Figure 26</b> : Courbe de survie globale des glossines-filles.....	38
<b>Figure 27</b> : Courbe de survie des trois colonies de glossines-filles .....	38
<b>Figure 28</b> : Evolutions comparées des taux de mortalités en fonction des jours post-émergence .....	39

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b> : Principales espèces et sous espèces de glossines d'intérêt médical ou vétérinaire	3
<b>Tableau 2</b> : Estimateur de Kaplan-Meier de la fonction survie de l'ensemble des glossines	26
<b>Tableau 3</b> : Taux de mortalités des glossines initiales.....	32
<b>Tableau 4</b> : Taux de mortalités des survivantes.....	33
<b>Tableau 5</b> : Mortalités des glossines en fonction des états de gorgement.....	34
<b>Tableau 6</b> : Résultats des tests statistiques sur les variables étudiés en rapport avec le temps post-traitement .....	36
<b>Tableau 7</b> : Statistiques descriptives des poids des pupes.....	36
<b>Tableau 8</b> : Estimateur de Kaplan-Meier de la fonction survie des glossines-filles.....	37

## LISTE DES ANNEXES

<b>Annexe 1</b> : Tables de survie .....	B
<b>Annexe 2</b> : Synthèse des données brutes de fécondité .....	C
<b>Annexe 3</b> : Scripts des analyses de survie sur R 3.0.3 .....	D
<b>Annexe 4</b> : Résumé du test t de Student sur les variables de fécondité .....	E
<b>Annexe 5</b> : Fiches de collecte des données .....	F
<b>Annexe 6</b> : Calendrier de l'étude.....	I

## RESUME

En Afrique sub-saharienne, les Trypanosomoses Animales Africaines (TAA ou Nagana) constituent l'une des contraintes pathologiques majeures pour l'élevage des bovins. Face à ce contexte, diverses méthodes de lutte anti-vectorielle sont employées dont le traitement épicutané du bétail qui est beaucoup apprécié par les éleveurs. C'est dans ce cadre que nous nous sommes intéressés à l'évaluation de l'efficacité du fipronil 1% sur la survie et la fécondité des glossines, dont le but est d'offrir aux éleveurs des recommandations de dose et de fréquence de traitement adaptées contre les glossines.

L'étude a consisté, dans un premier temps, à une application du fipronil 1% sur trois (03) bovins à raison de 0.1 ml/kg de masse corporelle. Puis, des lâchers de glossines mâles ténérales (*Glossina palpalis gambiensis*) ont été effectués et leur survie a été suivie jusqu'à l'obtention de cinq (05) taux de mortalité successifs inférieurs à 50%. Ensuite, des glossines femelles ténérales ont été alimentées sur des bovins traités et non traités et leur performance de reproduction a été suivie. Enfin, la survie des glossines-filles issues de ces dernières a été suivie.

Cette étude a montré que le fipronil 1% a un effet significatif sur la survie des glossines ( $p < 0,01$ ). Il entraîne une mortalité massive des glossines (40%) dans les soixante-douze (72) heures après que celles-ci aient été gorgées sur un animal traité. Cependant, son efficacité diminue en fonction du temps post-traitement qui a un effet significatif sur la survie des glossines ( $p < 0,01$ ).

Entre cinquante et un (51) et soixante-quatorze (74) jours du temps post-traitement, les indices de survie des glossines initiales et survivantes n'étaient pas significativement différents ( $p = 0,193$  et  $p = 0,005$  au seuil de signification 0,01), suggérant que la rémanence du fipronil 1% sur les glossines pourrait donc être située entre 51 et 74 jours.

Par ailleurs, le fipronil 1% s'est avéré inefficace sur la perturbation des paramètres de reproduction qui ont été testés, aucune différence significative au seuil de 0,05 n'ayant été relevée au sein des deux groupes de traitement sur les taux de pontes ( $p = 0,948$ ), les poids des pupes ( $p = 0,422$ ) et les taux d'éclosions ( $p = 0,743$ ).

L'analyse de survie des glossines-filles a aussi montré qu'il n'y a pas de différence significative au seuil de  $10^{-2}$  entre les paramètres de survie des deux groupes de traitement ( $p = 0,031$ ) ; de ce fait, le fipronil 1% n'avait pas d'incidence sur la survie de la descendance de nos échantillons de glossines.

La rémanence obtenue pour le fipronil 1% est acceptable comparativement à d'autres insecticides déjà testés. Ceci pourrait donc susciter l'acceptation du fipronil 1% par les producteurs.

**Mots clés :** efficacité - épicutanée - fipronil - glossines - survie.



## ABSTRACT

In sub-saharan Africa, African Animal Trypanosomiasis (AAT or Nagana) are one of the major pathological constraints for the cattle breeding. Facing this context, different methods of vector control are used whose percutaneous treatment of cattle that is much appreciated by breeders. It is in this context that we were interested to the evaluation of the efficacy of fipronil 1% on survival and fecundity of tsetse flies, of which objective is to offer breeders a dose recommendation and treatment frequency adapted against tsetse flies.

The study consisted, at first, an application of fipronil 1% over three (03) cattle at 0.1 ml / kg of body weight. Then the releases of teneral tsetse male flies (*Glossina palpalis gambiensis*) have been done and their survival was followed until obtaining five successive mortality rate below 50%. Then teneral female tsetse flies were fed on treated and untreated cattle and their reproductive performance was followed. Finally, the progeny tsetse survival from the last has been followed.

This study showed that fipronil 1% has a significant effect on the survival of tsetse flies ( $p < 0.01$ ). It causes mass mortality of tsetse flies (40%) within seventy-two hours after they were fed on a treated animal. However, its efficacy decreases depending on the time after treatment which has a significant effect on the survival of tsetse flies ( $p < 0.01$ ). Between fifty-one (51) and seventy-four (74) days after treatment time, survival indices of initial and surviving tsetse flies were not significantly different ( $p = 0.193$  and  $p = 0.005$  at significance level 0.01), suggesting that the persistence of fipronil 1% on tsetse flies may be situated between 51 and 74 days.

Otherwise, fipronil 1% was inefficient on the disruption of reproductive parameters that were tested, no significant differences at the 0.05 having been found in the two treatment groups on rates of punters ( $p = 0.948$ ), on the pupal weight ( $p = 0.422$ ) and on the hatching rates ( $p = 0.743$ ).

Survival analysis of progeny tsetse flies also showed that there was no significant difference between the survival parameters of the two treatment groups ( $p = 0.031$ ) at significance level 0.01; therefore, fipronil 1% did not affect the survival of progeny in our samples of tsetse flies.

The durability obtained for fipronil 1% is acceptable compared to other insecticides already tested. This could so generate accepting of fipronil 1% by producers.

**Key words:** efficacy - fipronil - percutaneous - survival - tsetse flies.

## INTRODUCTION

La prévention et le contrôle sont des dispositions importantes de la lutte contre les trypanosomoses humaines et animales. La mise en œuvre de ces dispositions passe par diverses méthodes de lutte anti-parasitaire et anti-vectorielle. La lutte anti-vectorielle (LAV) reste la méthode de choix pour contrôler les trypanosomoses. Elle repose essentiellement sur la pose de pièges et/ou d'écrans imprégnés d'insecticides et des applications épicutanées de formulations insecticides sur le bétail (Cuisance et *al.*, 1994). Dans ce sens, l'utilisation des insecticides en application *pour-on* (traitement épicutané) contre les glossines et autres vecteurs mécaniques est particulièrement appréciée par les communautés d'éleveurs (Bauer et *al.*, 1992) parce qu'il est directement appliqué sur le bétail, permet de lutter simultanément contre d'autres ectoparasites comme les puces et les tiques et ne nécessite pas d'installations lourdes, onéreuses et fixes, et offrent une grande facilité et une bonne rapidité d'utilisation.

Cependant, le non-respect des normes d'utilisation (dose et fréquence d'utilisation) peut conduire à de mauvais résultats ou à la perte de l'animal avec des conséquences économiques non négligeables. De plus, une utilisation non raisonnée des insecticides dans le cadre de la LAV peut avoir des effets directs et indirects sur l'environnement en affectant des organismes ou animaux non visés, perturbant de la sorte le fonctionnement des écosystèmes. Des études réalisées par Douthwaite en 1992 ont montré que les traitements insecticides et acaricides par pulvérisation contre les parasites et les vecteurs de parasites peuvent avoir des impacts sur des animaux non visés, notamment en :

- induisant une pollution de l'eau par les résidus ou les eaux usées ;
- empoisonnant les poissons et les crustacés vivant dans les eaux polluées ;
- atteignant d'autres êtres vivants de l'écosystème, comme les bousiers nécessaires à l'introduction des déjections dans la terre, ou des insectes pollinisateurs.

C'est pourquoi, les traitements épicutanés sont préconisés et beaucoup appréciés par les communautés scientifiques.

Etant donné que les outils de la LAV, et plus particulièrement les traitements épicutanés, sont utilisés dans les conditions naturelles et domestiques, il est important de déterminer la rémanence de ces traitements afin d'offrir aux éleveurs des recommandations de fréquences de traitement adaptées aux cibles. C'est ainsi que l'efficacité de nombreux insecticides dans la lutte anti-vectorielle a été déjà testée. Parmi ceux-ci, il y a la deltaméthrine, le fluméthrine, l'alpha-cyperméthrine et l'amitraze dont les rémanences sur les glossines sont respectivement de trente (30) jours, vingt (20) jours, vingt-cinq (25) jours et trois (03) jours

(Bouyer et *al.*, 2004) et le triflumuron avec une rémanence de six (06) à sept (07) mois dans les conditions de terrain (Bancé et *al.*, 2006). L'effet de la moxidectine a été également testé sur *Glossina palpalis gambiensis* et *Glossina morsitans morsitans* (Verdier, 2005). Une étude comparée des effets du fipronil et de la deltaméthrine a été déjà faite sur *Glossina morsitans morsitans* et *Glossina palpalis gambiensis* (Petit, 2002). Cette étude a consisté à l'exposition des glossines au fipronil par contact tarsal (trois contacts de trente (30) secondes à quarante (48) heures d'intervalle). Il en est ressorti que le fipronil (300 mg/m<sup>2</sup>) a une efficacité de 40,8%. Compte tenu des insuffisances constatées dans cette étude, cet auteur a suggéré que des formulations se rapprochant de celles utilisées dans les insecticides en « *pour-on* » pourraient donner de meilleurs résultats. C'est ce qui donne de l'intérêt à notre étude qui a pour but de déterminer l'efficacité et la rémanence d'une application *pour-on* du fipronil 1% sur les glossines, vecteurs de trypanosomoses. L'étude permettra, spécifiquement de déterminer et d'évaluer d'une part l'effet du fipronil 1% sur la survie des glossines (*Glossina palpalis gambiensis*, Vanderplank 1949) de laboratoire, et d'autre part sur leur fécondité. Tout ceci permettra d'évaluer l'impact global du produit en tant qu'outil de lutte. Cette étude a été conduite sous les hypothèses suivantes :

- le fipronil 1% a un effet létal sur la survie des glossines ;
- il existe une durée au bout de laquelle le fipronil 1% élimine 50% d'une population de glossines (TL 50) ;
- le fipronil 1% a une durée d'action limitée (rémanence), c'est-à-dire que la persistance de son effet toxique est limitée ;
- le fipronil 1% réduit les performances reproductives des glossines.

Notre mémoire est structuré en quatre (04) grandes parties :

- une première partie consacrée à l'étude bibliographique sur les glossines et le fipronil ;
- une deuxième qui fait ressortir la méthodologie de l'étude ;
- une troisième partie qui traite des résultats obtenus au cours de l'étude ;
- une quatrième partie qui traite des discussions sur les résultats obtenus.

# I. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

## 1.1. Généralités sur les glossines

### 1.1.1. Systématique, biogéographie et morphologie des glossines

#### 1.1.1.1. Systématique et biogéographie

Les glossines sont des insectes appartenant à l'ordre des Diptères, au sous-ordre des Brachycères, à la famille des Glossinidés et à la sous-famille des Glossininés qui est composée d'un seul genre : le genre *Glossina*. Les glossines sont exclusivement des mouches africaines et continentales. D'après leurs particularités écologiques, leurs caractéristiques morphologiques et leurs capacités vectorielles, elles sont divisées en trois sous-genre ou "groupes" qui sont :

- les glossines du groupe *Palpalis* qui sont généralement riveraines, confinées à la végétation dense bordant les cours d'eau ou vivant dans des bosquets péri-domestiques ;
- les glossines du groupe *Morsitans* rencontrées dans les savanes boisées et les fourrés denses, essentiellement dans les zones d'abondance de bétail ou de faune sauvage ;
- les glossines du groupe *Fusca* qui vivent dans les zones forestières (La Rocque et Cuisance, 2005).

Les principales espèces ou sous-espèces qui représentent les vecteurs majeurs des trypanosomoses de l'homme et des animaux domestiques et qui sont de ce fait d'un intérêt médical ou vétérinaire sont indiqués dans le tableau 1.

**Tableau 1** : Principales espèces et sous espèces de glossines d'intérêt médical ou vétérinaire (Cuisance, 1989)

<i>Gr palpalis</i>		
<b><i>G. tachinoides</i></b> : Homme - Animaux		Afrique occidentale et centrale
<b><i>G. palpalis</i></b> ( <b><i>G. p. palpalis</i></b> , <b><i>G. p. gambiensis</i></b> ) : Homme - Animaux		
<b><i>G. fuscipes</i></b> ( <b><i>G.f. fuscipes</i></b> , <b><i>G.f. martinii</i></b> , <b><i>G.f. quanzensis</i></b> ) Homme - Animaux		Afrique centrale et orientale
<i>Gr morsitans</i>		
<b><i>G. pallidipes</i></b> : Homme - Animaux		
<b><i>G. swynnertoni</i></b> : Homme - Animaux		
<b><i>G. austeni</i></b> : Animaux		Afrique orientale
<b><i>G. morsitans</i></b> : <b><i>G. m. morsitans</i></b> <b><i>G.m. centralis</i></b>	Homme - Animaux	
<b><i>G.m. submorsitans</i></b>		
<b><i>G. longipalpis</i></b>	Animaux	Afrique occidentale et centrale

Parmi les espèces de glossines ci-dessus citées, c'est *Glossina palpalis gambiensis* appartenant au groupe *Palpalis* qui fait l'objet de notre étude. Le groupe *Palpalis* est principalement confiné aux régions très humides de l'Afrique, les marais à palétuviers (mangrove), la forêt ombrophile, les rives des lacs et les forêts galeries longeant les rivières. Sur le plan biogéographique, *Glossina palpalis* vit dans les régions humides d'Afrique occidentale, en partant du Sénégal au Cameroun, ainsi qu'au sud, et le long de la côte jusqu'en Angola (figure 1). Les secteurs qui en sont infestés, entre le Cameroun et l'Angola, ont une longue frontière commune avec ceux de *Glossina fuscipes*, les deux zones d'infestation ne se recouvrant guère (Pollock, 1992). Particulièrement, *Glossina palpalis gambiensis* occupe les zones de savane ouest africaine du Sénégal à la frontière du Togo (Laveissière et *al.*, 2000).

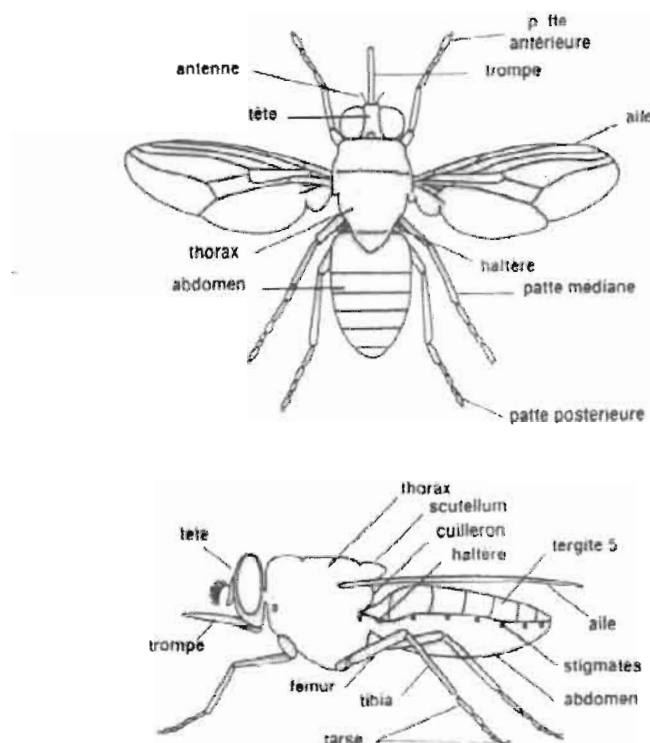


**Figure 1 :** Carte de répartition géographique de *Glossina palpalis* et de *Glossina fuscipes* (Pollock, 1992).

(La ligne blanche en pointillé marque la limite approximative des zones infestées par chacune des deux espèces).

### 1.1.1.2. Morphologie des glossines

La glossine présente toujours un teint brun ou gris-brun; quelquefois, on trouve une légère touche de rose ou de rouge roussâtre. Le corps porte en général des tâches claires et foncées, ce qui rend l'insecte difficile à distinguer lorsqu'il est posé sur l'écorce d'un arbre, un rocher ou sur le sol. Au repos, la glossine a normalement l'air assez mince car ses ailes sont repliées l'une sur l'autre (figure 2) au lieu de s'écarter vers l'extérieur en faisant un certain angle avec le corps comme c'est le cas chez la mouche domestique et la plupart des calliphorines. Immédiatement après un repas de sang, l'abdomen de la glossine est gonflé, arrondi et rouge. Les mâles sont en général plus petits que les femelles. L'abdomen possède généralement des tâches sombres sur fond clair jaunâtre. Les tarses des pattes postérieures ont seulement les deux derniers segments recouverts de poils noirs (on parle de « chaussette »). Les génitalia mâles ont des forficules supérieurs très renflés à l'apex, réunis par une membrane connective réduite. On observe une paire de plaques anales fusionnées et une plaque sternale sur les génitalia femelles.



**Figure 2 :** Représentation schématique d'une glossine face dorsale, ailes écartées et vue latérale (Pollock, 1982).

## **1.1.2. Biologie des glossines**

### **1.1.2.1. Ecologie**

La plupart des espèces de glossines ont une activité diurne et leurs déplacements se limitent à la recherche de nourriture, de lieux de repos et de femelles pour les mâles. Ainsi une glossine ne vole environ que trente à cinquante minutes par jour pour les mâles et seulement cinq minutes pour les femelles (Bouyer, 2009). Les glossines passent donc la plupart de leur temps sur leurs lieux de repos qui sont les faces inférieures des branches ou brindilles, les trous, les dessous des grosses racines d'arbres et donc de façon générale les lieux assez proches du sol. Plusieurs facteurs climatiques (température, humidité ou hygrométrie et lumière) influencent la vie des glossines. A des températures inférieures à 16-17°C, les glossines ne peuvent mener une vie active normale. A plus de 38°C, il se produit de lésions létales chez les adultes, les pupes ne peuvent supporter des températures de 32°C. La température minimale pour que ces dernières se développent normalement ne doit pas être inférieur à 16°C (Pollock, 1982). L'optimum hygrométrique varie de 50% à 60% pour les espèces de savanes et de 65% à 85% pour les espèces de forêt et de galeries forestières (Itard, 1986).

### **1.1.2.2. Nutrition**

Les glossines se nourrissent exclusivement de sang, avec une préférence variant selon l'espèce. *Glossina palpalis gambiensis* utilise les hôtes suivants pour se nourrir :

- des espèces disponibles en permanence : le varan et le crocodile qui vivent en permanence à proximité de l'eau ;
- des espèces parfois disponibles : les bovidés et le phacochère, quand ces animaux s'abreuvent ;
- l'homme, quand il fréquente l'habitat de la glossine pour y pêcher, se laver, couper du bois ou cultiver des jardins situés à proximité des cours d'eau (Pollock, 1996).

L'identification des repas de sang de *Glossina palpalis gambiensis* dans la forêt de Kou (près de Bobo-Dioulasso) a donné les résultats suivants : reptiles 58%, homme 24%, autres primates 2%, guib 02%, autres bovidés 12%, autres mammifères 02% (Pollock, 1996).

### 1.1.2.3. Reproduction

Le processus de reproduction de la glossine est le suivant : la femelle produit des œufs dont l'éclosion, qui s'effectue à l'intérieur de son corps, donne des larves qui sont déjà entièrement développées à leur expulsion du corps de la femelle. Pour que les œufs produits par la femelle soient fécondés et donnent des larves, le mâle doit sécréter du sperme et l'introduire dans la femelle lors de l'accouplement.

L'accouplement a lieu dans la semaine qui suit l'éclosion des femelles, pour la plupart à l'âge de trois jours. A cet âge, elles attirent le plus les mâles (qui sont âgés en moyenne de six jours) grâce à des phéromones spécifiques (Ripert *et al.*, 1996). Une seule insémination est suffisante pour toute la vie de la femelle, bien qu'elle puisse s'accoupler plusieurs fois. Les spermatozoïdes sont stockés dans les spermathèques de la femelle et peuvent survivre pendant deux cent jours. Elles ne produisent que six (06) à dix (10) larves dans leur vie, avec une fréquence d'une ponte tous les dix (10) jours en moyenne (Bussieras et Chermette, 1991). La première larve est déposée à seize jours d'âge en moyenne et il n'y a pas d'arrêt de la ponte avant la mort de la femelle. La larve expulsée s'enfonce de deux (02) à sept (07) cm de profondeur dans le sol et se transforme en pupa en 15 minutes. La sortie du jeune adulte s'effectue environ quatre à six semaines plus tard. La glossine est alors appelée ténérale jusqu'à son premier repas sanguin (figure 3).

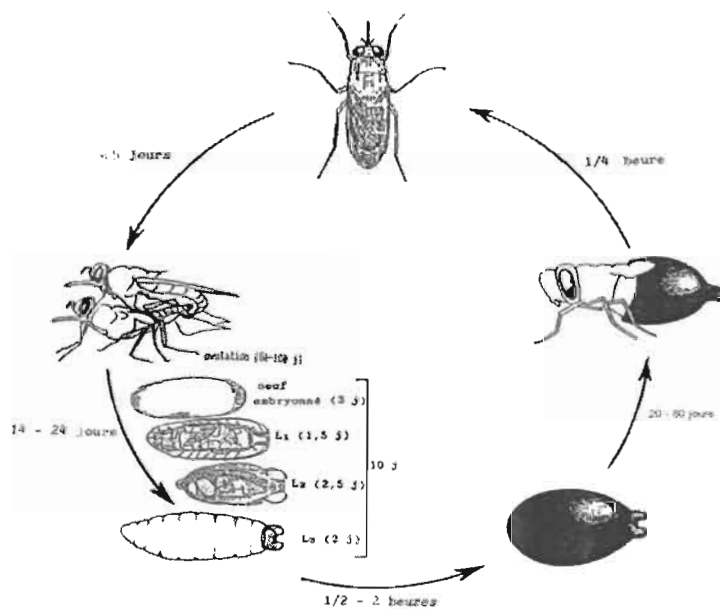


Figure 3 : Cycle reproductif d'une glossine (Cuisance, 1989)



### **1.1.3. Stratégies de lutte anti-vectorielle**

La lutte anti-vectorielle (LAV) vise à interrompre le cycle de transmission des trypanosomes. Sa mise en œuvre se justifie non seulement par le nombre d'espèces animales sensibles, mais aussi par la présence et l'importance des populations de réservoir sauvages ou domestiques souvent incontrôlables (De La Rocque et Dia, 2001). En plus, l'existence de souches de trypanosomes chimiorésistantes vis à vis des trypanocides usuels (Geerts et Holmes, 1998) a redonné à la lutte contre les vecteurs toute son importance. Cette lutte est surtout dirigée contre les glossines qui en sont les vecteurs majeurs.

La LAV peut se faire par plusieurs méthodes regroupées en deux grands groupes : les méthodes non chimiques et les méthodes chimiques.

#### **1.1.3.1. Méthodes non chimiques**

Elles comprennent la lutte écologique, la lutte biologique, la lutte mécanique et la lutte génétique.

- La lutte écologique : elle consiste à la destruction de l'habitat des glossines par des éclaircissements forestiers et l'abattage du gibier, hôtes préférentiels des glossines. Elle s'est avérée inefficace dans la mesure où les glossines, en l'absence de leurs hôtes préférés dont l'accès leur est interdit, sont capables de s'adapter aux animaux d'autres espèces pour se nourrir de sang, augmentant ainsi le nombre d'espèces animales qui doivent être détruites. Cette méthode onéreuse, destructrice de l'environnement et moyennement efficace est inacceptable aujourd'hui, car des moyens plus performants et plus écologiques sont disponibles.

- La lutte biologique : elle se fait à travers l'utilisation de prédateurs naturels et des parasites des glossines. Ce sont surtout des insectes : les araignées, les diptères (azilidés) et les guêpes fossoyeuses qui sont prédateurs des glossines adultes ; les fourmis, les oiseaux et les mangoustes qui sont prédateurs des pupes. Les nématodes et arthropodes sont des parasites des adultes (Atrevy, 1978) tandis que certains hyménoptères et diptères sont des parasites des pupes (Bussieras et Chermette, 1991). L'efficacité de cette méthode de lutte exige que les organismes ennemis et les insectes cibles n'appartiennent à la même aire géographique ou écologique (Leak, 1999). Cette méthode n'a pas d'application pratique à l'heure actuelle. La recherche s'oriente beaucoup sur *Bacillus sp.* et ses toxines qui seraient utilisées dans la régulation des populations de glossines. Cette bactérie et ses toxines sont sans effet sur les vertébrés et les arthropodes non-cibles (Maillard et Provost, 1975).

- La lutte mécanique : elle consiste à la pose de pièges de capture ou d'écrans imprégnés d'insecticide, comme le piège biconique (Chalier et Laveissière, 1973), le piège monoconique Vavoua (Laveissière et Grébaut, 1990), le piège monoconique de Lancien (Lancien, 1981) et l'écran de Laveissière et *al.*, 1987 (figure 4).

- La lutte génétique par stérilisation : elle consiste au lâcher de mâles préalablement stérilisés physiquement par rayonnement gamma ou chimiquement avec de l'aphoxide ou avec du métaphoxide. Ces mâles, en surnombre par rapport aux mâles sauvages de l'espèce cible, s'accouplent avec les femelles sauvages entraînant des accouplements infertiles. Il est donc possible d'aboutir à une diminution des populations de glossines et éventuellement à leur élimination grâce à la stérilisation des mâles. Cette méthode a donné de très bons résultats dans la zone agropastorale de Sidéradougou au Burkina Faso (Hargrove et Langley, 1990). Cependant, elle a l'inconvénient d'être plus coûteuse et sa rentabilité repose sur un effet définitif, possible uniquement dans le cas d'une population isolée (Lefèvre et *al.*, 2003).



Piège biconique de Chalier et *al.*, 1973



Piège monoconique de Laveissière et Grébaut, 1990



Ecran de Laveissière et *al.*, 1987



Piège monoconique de Lancien, 1981

**Figure 4** : Pièges et écrans pour la lutte contre les glossines (clichés : Rayaissé, 2011)

### 1.1.3.2. Méthodes chimiques

De nombreuses méthodes sont utilisables pour la lutte chimique :

- Les pulvérisations au sol de produits insecticides rémanents dont la durée d'action doit être supérieure à celle de la pupaison ont été les moyens les plus employés de 1945 jusqu'aux années 1970. Cette méthode est lente et peut entraîner des problèmes de pollution temporaire (Cuisance, 1992). De plus, le coût d'une telle méthode est élevé et les molécules utilisées (dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT), dieldrine) ont été condamnées par les bailleurs de fonds du fait de leur rémanence et donc de leur accumulation possible dans les chaînes trophiques ; ce qui fait que les traitements rémanents, que ce soit par voie terrestre ou aérienne, ont presque totalement disparu.
- Les traitements séquentiels en nappe d'aérosols non rémanents ont été utilisés sur les zones de savanes plates et ouvertes. De vastes territoires ont été assainis (Nigéria, Zimbabwe, Cameroun), mais peu ont été sauvegardés à cause des réinvasions. Ils consistent en cinq à six traitements nocturnes espacés de dix à quinze jours. Ils ne sont possibles que sur des zones à végétation ouverte, non accidentées et où il y a une inversion des températures suffisante la nuit pour permettre aux gouttelettes d'insecticide de pénétrer la végétation au niveau des lieux de repos nocturne des glossines. Malgré leur grande efficacité, les conditions d'application de ces méthodes font qu'elles sont peu employées aujourd'hui.
- Les pièges et écrans imprégnés : à partir de 1974, l'abandon des insecticides rémanents et les progrès dans la connaissance sur la biologie des glossines, notamment des facteurs attractifs visuels et olfactifs, ont donné au piégeage une place de premier plan renforcée par l'avènement des pyréthrinoïdes de synthèse (effet par contact foudroyant). Ces méthodes sont aujourd'hui largement utilisées et toute une panoplie de pièges et d'écrans en tissu (bleu/noir) plus ou moins spécifiques sont disponibles. Les pièges peuvent être imprégnés de molécules insecticides ou stérilisantes (mimétiques de l'hormone juvénile ou inhibiteurs de la mue). Ils ont apporté un grand progrès (méthode simple, rapide, non polluante) mais sont soumis à de fortes contraintes d'implantation et d'entretien. Plusieurs auteurs ont décrit les bons résultats obtenus avec ces méthodes de pièges et d'écrans imprégnés (Laveissière et *al.*, 1980; Dagnogo et Gouteux, 1983; Mérot et *al.*, 1984; Mawuena et Yacnambe, 1988; Lancien, 1991; Cuisance et *al.*, 1994). Cependant, elles ne permettent pas d'aboutir en général à une véritable éradication des glossines mais à leur contrôle et il faudra donc maintenir une action à très long terme. L'efficacité de telles méthodes n'est pas la même selon les espèces de glossines ; les imprégnations doivent être renouvelées et le matériel est vulnérable : vols, usure, destruction par les intempéries ou les

animaux. En outre, l'attractivité des pièges envers les glossines reste bien inférieure à celle du bétail. Ainsi, si les glossines sont fortement attirées par le bétail, celui-ci peut jouer le rôle de « pièges vivants ».

- L'imprégnation insecticide : dans le domaine vétérinaire, l'imprégnation insecticide du pelage du bétail transforme le cheptel en "pièges vivants" (par bains, par pulvérisations, ou par application *pour-on* ou traitement épicutané). Cette méthode, très efficace contre la plupart des arthropodes piqueurs, est très prisée des éleveurs africains.

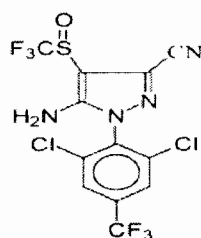
Pour la lutte contre les glossines, les applications *pour-on* sont un bon complément aux autres modes de lutte que sont la pose d'écrans et/ou de pièges imprégnés d'insecticides. Elles bénéficient d'une bonne perception par les éleveurs qui peuvent rapidement constater leur efficacité, ce qui facilite leur adoption (Bouyer et *al.*, 2004).

## 1.2. Généralités sur le fipronil

### 1.2.1. Historique et propriétés physico-chimiques

Le fipronil est un biocide de la famille des phénylpyrazolés (Bloomquist, 1996), découvert et développé entre 1985 et 1987 et mis sur le marché en 1993. Il était destiné dans un premier temps à l'usage domestique (lutte contre les cafards et les fourmis) et à l'usage phytosanitaire pour le traitement des sols et des semences. Par la suite, l'usage fût développé en médecine vétérinaire pour le traitement antiparasitaire chez les animaux de compagnie, contre les puces et les tiques (Ramesh, 2007).

Le fipronil, à l'état pur, est une poudre blanche dont la solubilité est faible dans l'eau, mais très élevée dans les solvants organiques. Son nom chimique est 5-amino-1-[2,6-dichloro-4-(trifluorométhyl)phényl]-4-(trifluorométhylsulfinyl)-1H-pyrazole-3-carbonitrile, son poids moléculaire est de 437,15 g/mol et son point de fusion est de 203°C (INRS, 2012).



**Figure 5** : Structure chimique du fipronil (C<sub>12</sub>H<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>F<sub>6</sub>N<sub>4</sub>OS) (INRS, 2012).

### 1.2.2. Importance du fipronil

L'importance du fipronil se situe au moins à un double niveau, un niveau sanitaire et un niveau économique.

Sur le plan sanitaire, les tests ont prouvé que le fipronil est efficace sur plus de deux cent cinquante insectes nuisibles ; ce qui lui vaut le qualificatif d'insecticide à large spectre (Hamon et al., 1996).

Sur le plan économique, les antiparasitaires représentent 34% du marché mondial des médicaments vétérinaires et le fipronil est le numéro 1 de sa catégorie ; ce qui en fait le médicament vétérinaire le plus vendu au monde (Mrad, 2011).

### 1.2.3. Mode d'action et toxicité

Comme la plupart des insecticides, le fipronil agit au niveau du système nerveux central des insectes. Il bloque le passage des ions chlorures dans les cellules nerveuses par inhibition des

récepteurs à l'acide gamma aminobutyrique (GABA) et des récepteurs au glutamate (Barbara et *al.*, 2005; Jansen et *al.*, 2007). Le GABA permet, dans les conditions normales, la pénétration des ions chlorures par les canaux chlorures dans la cellule nerveuse entraînant ainsi une dépolarisation de celle-ci et une baisse de son activité électrique. Le fipronil empêche donc la régulation de l'activité électrique des cellules nerveuses des insectes. Ce qui entraîne leur mort à partir d'une certaine dose. L'affinité du fipronil pour les récepteurs GABA et glutamique des invertébrés est bien supérieure à celle des mammifères (chez qui les ions chlorures arrivent à passer), ce qui confère à cette molécule une toxicité sélective très intéressante (Cole et *al.*, 1993).

#### **1.2.4. Utilisation du fipronil**

Le fipronil est largement utilisé dans différents domaines, comme dans la lutte contre les ectoparasites (puces, tiques...) des animaux de compagnie (Postal et *al.*, 1995; Chadwick, 1997). Il est aussi employé en agrochimie dans la lutte contre les ravageurs des cultures tels les criquets, sautereaux, taupins (Lacombe, 1993; Mouhim et *al.*, 1996), et dans la lutte contre les parasites du bétail (Davey et *al.*, 1998; Araujo et *al.*, 1998). On l'utilise également pour l'hygiène publique contre les mouches et les blattes (Kaakeh et *al.*, 1997; Scott et Wen, 1997).

#### **1.2.5. Efficacité du fipronil sur les insectes**

Des études ont montré que le fipronil est efficace contre les puces et les tiques adultes provoquant leur mort dans les vingt-quatre heures suivant l'exposition (<http://www.fluoridealert.org/pesticides/lufenuron.fipronil.pets.htm>).

Chez le chien, un traitement unique procure une protection contre les puces pour une durée de un à trois mois et contre les tiques pour une durée d'un mois. Chez le chat, le produit protège contre les puces pendant un à trois mois et contre les tiques pendant dix-sept à trente jours. (<http://www.cbip-vet.be/fr/frinfos/frfolia/14FVF1a.php>).

Cette efficacité est maintenue même après lavage, à condition de ne pas l'effectuer dans les deux jours suivant l'application.

Dans la lutte antiacridienne, les études sur le terrain ont montré que le fipronil même utilisé à de faibles doses avait une rémanence très intéressante (Mouhim et *al.*, 1998).

L'efficacité du fipronil sur d'autres insectes parasites du bétail (puces et tiques) et sa rémanence à faible dose en font une molécule particulièrement intéressante à tester en laboratoire sur les glossines en observant son action sur leur survie et leur fécondité.

## II. METHODOLOGIE

### 2.1. Organisation du dispositif expérimental

#### 2.1.1. Préparation des animaux

Les animaux choisis pour les expériences étaient des bovins ne présentant aucune lésion cutanée. Un traitement trypanocide à l'acéturate de diminazène (bérénil) leur a été administré avant qu'ils ne soient placés dans des box individuels pour au moins sept jours d'acclimatation avant le début des expériences. Ils ont été identifiés par des boucles auriculaires et pesés. L'alimentation, destinée au maintien des animaux pendant l'étude, était *ad libitum* et constituée de fourrages, de tourteaux et d'eau.

#### 2.1.2. Application épicutanée du fipronil 1%

Bien avant les lâchers, une application épicutanée ou application *pour-on* du fipronil 1% a été faite sur trois (03) animaux à raison de 0,1 ml/kg de masse corporelle (figure 6). L'application *pour-on* a consisté à déverser sur la ligne dorsale de l'animal la dose mesurée du fipronil qui diffuse rapidement sur la plus grande partie du corps. Elle a été faite sept (07) jours avant le début des lâchers.



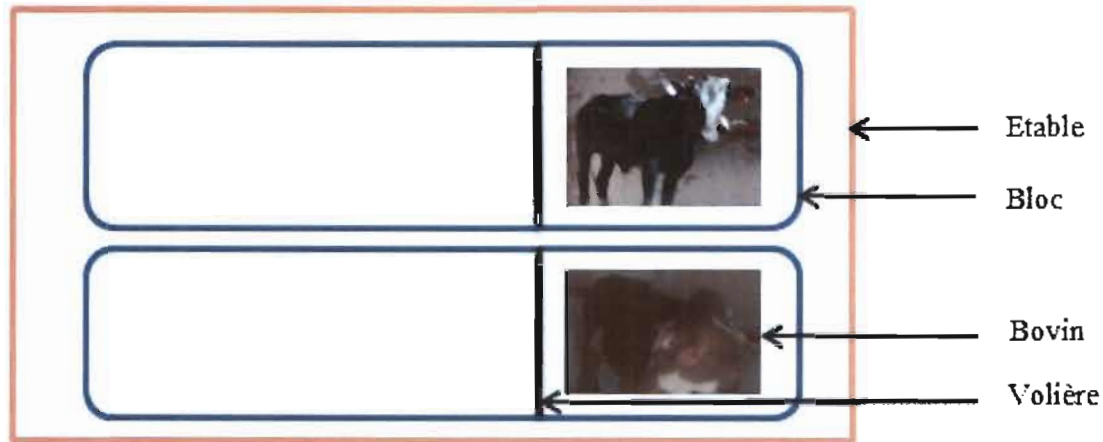
**Figure 6 :** Application épicutanée du fipronil 1% sur les animaux

#### 2.1.3. Préparation de l'étable

Dans le souci de randomiser les bœufs et les groupes de glossines, l'étable a été organisée suivant la logique d'un plan d'expérience en blocs aléatoires complets car nous avons une hétérogénéité de blocs différant du traitement. Au sein de ces blocs, les animaux ont été positionnés de manière à ce que tous les traitements soient présents de façon rotative dans chacun des blocs.

L'étable est en forme de U, de dimensions 8m \* 4m \* 2m et a des murs internes qui séparent les deux blocs qui abritent les animaux des différents groupes de traitement (traité et témoin).

Ces portions sont cloisonnées afin d'obtenir des espaces plus restreints favorisant ainsi le contact entre les glossines et l'animal.



**Figure 7 :** Présentation schématique du dispositif expérimental de lâcher des glossines

#### 2.1.4. Préparation du laboratoire

Avant le début des expériences, tout le dispositif expérimental a été convenablement installé au laboratoire. Il était composé d'hygromètre, de thermomètre, de charriots de stockage, de plaques chauffantes, de filets et de cages. Les quatre derniers dispositifs ont été minutieusement étiquetés et rangés en fonction des traitements et des colonies de glossines.

### 2.2. Matériels utilisés

#### 2.2.1. Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé est constitué de glossines, de bœufs et de sang.

❖ Les glossines : ce sont des glossines (*Glossina palpalis gambiensis*, Vanderplanck 1949) de laboratoire, mâles et femelles d'un jour d'âge, toutes ténérales (n'ayant pas encore pris de repas de sang après la sortie du puparium).

Cette espèce a été retenue pour cette étude à cause de son importance épidémiologique en Afrique de l'Ouest. En effet, en ce qui concerne la trypanosomiase humaine (maladie du sommeil) à *Trypanosoma gambiense*, *Glossina palpalis gambiensis* est le vecteur le plus important en Afrique de l'Ouest (Pollock, 1996). Il est également un vecteur notable de la trypanosomiase animale. Les bovins qui se rendent vers les fleuves et les ruisseaux pour s'abreuver s'y trouvent en contact étroit avec cette glossine.

❖ Les bœufs : ce sont des zébus de race ndama et de poids moyen cent (100) kilogrammes.



❖ Le sang : c'est le sang de bovins et de porcs recueilli à l'abattoir de Bobo-Dioulasso et qui sert à l'alimentation des glossines une fois qu'il est traité (stérilisation par irradiation et ajout d'un gramme de glucose par litre de sang).

### 2.2.2. Matériel technique

Le matériel technique est composé de fipronil 1%, de filets moustiquaires, de moustiquaires de couverture (volières), de cages à glossines, d'un thermo-hygrographe (hobo), d'un charriot de stockage, de deux plaques chauffantes, d'une balance, de deux membranes, de parafilm, d'un humidificateur, d'un climatiseur, d'un réfrigérateur, d'une étuve et d'une étagère.

❖ Le fipronil (figure 8.a) : il a été utilisé à raison d'une dose de 0,1 ml/kg de masse corporelle des bovins.

❖ Les moustiquaires : ce sont les filets moustiquaires et les moustiquaires de couverture. Les filets moustiquaires ont été utilisés pour la capture des glossines lâchées tandis que les moustiquaires de couverture permettaient d'isoler les animaux exposés aux glossines à l'étable.

❖ Les cages à glossines (cages Roubaud) et les cages d'éclosion (figure 8.b).

Les cages Roubaud sont des cadres métalliques de 13 cm \* 8 cm\* 5 cm insérés :

- lors du test sur la survie, dans des manchons en tissu moustiquaire noir pour la contention des glossines alimentées sur les animaux traités et dans des manchons en tissu moustiquaire blanc pour les glossines alimentées sur les animaux témoins ;
- lors du test sur la fécondité, dans des manchons en tissu moustiquaire vert pour la contention des glossines femelles.

Les cages d'éclosion de 30 cm \* 25 cm \* 15 cm ont été utilisées lors du test sur la fécondité pour le suivi des émergences.

❖ Le thermo-hygrographe (figure 8.e) : c'est un appareil qui a été utilisé pour le contrôle des conditions climatiques (température et hygrométrie) au laboratoire.

❖ L'humidificateur et le climatiseur : ces appareils ont été installés au laboratoire pour favoriser le maintien de bonnes conditions climatiques (figure 8.c et figure 8.d).

❖ Le charriot de stockage (figure 8.f) : c'est un support sur lequel étaient déposées les cages contenant les glossines ; il servait également de pondoir.

❖ L'étagère (figure 8.h) : c'est aussi un support pour les cages d'éclosion.

❖ Les plaques chauffantes (figure 8.g) : les plaques chauffantes, au nombre de deux, permettaient de chauffer le sang afin d'alimenter quotidiennement les glossines suivies.

❖ La balance : elle a servi aux pesées des pupes.

❖ Les membranes : celles utilisées étaient en silicone et servaient de support pour l'alimentation des glossines au laboratoire. Elles sont étalées sur des plateaux en aluminium déposés sur les plaques chauffantes

❖ Le parafilm : il était utilisé lors du test sur la fécondité pour l'alimentation des glossines à l'étable. Pendant l'alimentation, le parafilm est ceint sur la partie du bœuf préalablement rasée afin d'éviter tout contact entre le bœuf et les glossines qui s'alimentaient par perforation du parafilm à l'aide de leur proboscis.

❖ Le réfrigérateur : il permettait d'anesthésier les glossines afin de favoriser le comptage.

❖ L'étuve : elle servait à la stérilisation à 105°C du matériel d'alimentation des glossines.



**a : Fipronil**



**b : Cage d'éclosion (à gauche) et cages Roubaud (à droite)**



**c : Humidificateur**



**d : Climatiseur**



**e : Hobo**



**f : Charriot de stockage**



**g : Plaques chauffantes**



**h : Etagère avec des cages d'éclosion**

**Figure 8 : Quelques photos du matériel technique utilisé pour les expériences**

## **2.3. Démarche expérimentale**

### **2.3.1. Conduite du test de l'effet du fipronil 1% sur la survie des glossines**

#### **2.3.1.1. Lâcher des glossines sur les bovins à l'étable**

Pour évaluer l'effet du fipronil 1% sur la survie des glossines, des lâchers de glossines ténérales mâles de *Glossina palpalis gambiensis* ont été effectués au deuxième jour de leur émergence sur des animaux placés en étable sous moustiquaire pendant deux heures. Bien avant les lâchers, une application *pour-on* du fipronil 1% a été faite sur trois (03) animaux à raison de 0,1 ml/kg de masse corporelle (figure 6).

Le premier lâcher a eu lieu sept (07) jours après l'application *pour-on* du fipronil 1% sur les animaux. Quarante-huit (48) heures après le traitement, les animaux ont été exposés au soleil pendant trois heures et arrosés entièrement avec cinquante litres d'eau pour se rapprocher des conditions naturelles de la saison des pluies et de l'effet du trempage des pattes lors de l'abreuvement. Cette douche a été répétée tous les deux jours pendant un mois.

A chaque lâcher, deux animaux (un traité et un non traité) étaient introduits dans chaque bloc de l'étable et chacun d'eux a été exposé à cent glossines pendant les deux heures que dure l'expérience. L'enceinte de l'étable était arrosée une heure avant chaque lâcher pour assurer la survie des glossines en augmentant l'humidité ambiante.

#### **2.3.1.2. Recapture des glossines et leur suivi au laboratoire**

A l'issue de ces séances de lâchers, les glossines ont été minutieusement recapturées à l'aide de filet moustiquaire (figure 9.a), classées en fonction de leur état de gorgement et transférées au laboratoire où les conditions de température et d'hygrométrie étaient en moyenne de 25°C et 75%. La paralysie ou la mort a été notée deux heures après la recapture. Les glossines encore paralysées deux heures après la recapture ont été considérées mortes comme si elles étaient en conditions naturelles (prédation et dessèchement). Le reste du suivi (recensement de la mortalité) a été fait de manière quotidienne, vu le mode d'action du fipronil n'a aucun effet *Knock Down*, c'est-à-dire qui ne tue pas immédiatement, mais lentement. La mortalité a été ainsi suivie sur les deux lots de glossines pendant deux semaines après leur première alimentation sur les animaux des groupes respectifs. Ces glossines ont été alimentées durant ces quinze (15) jours de suivi avec le sang utilisé pour l'alimentation des glossines de l'insectarium du CIRDES (figure 9.b).

Au bout des quinze jours de suivi, les glossines survivantes ont été alimentées de nouveau sur les animaux et un nouveau cycle de suivi de la mortalité a été fait.

Les expositions se sont poursuivies jusqu'à obtention de cinq (05) taux successifs de mortalité inférieurs à 50%. C'est à ce stade que le test de l'effet du fipronil 1% sur la fécondité des glossines femelles a été entamé.



a : Capture des glossines après lâcher

b : Alimentation des glossines au laboratoire

**Figure 9** : Capture des glossines à l'étable et leur alimentation au laboratoire

### 2.3.2. Conduite du test de l'effet du fipronil 1% sur la fécondité des glossines

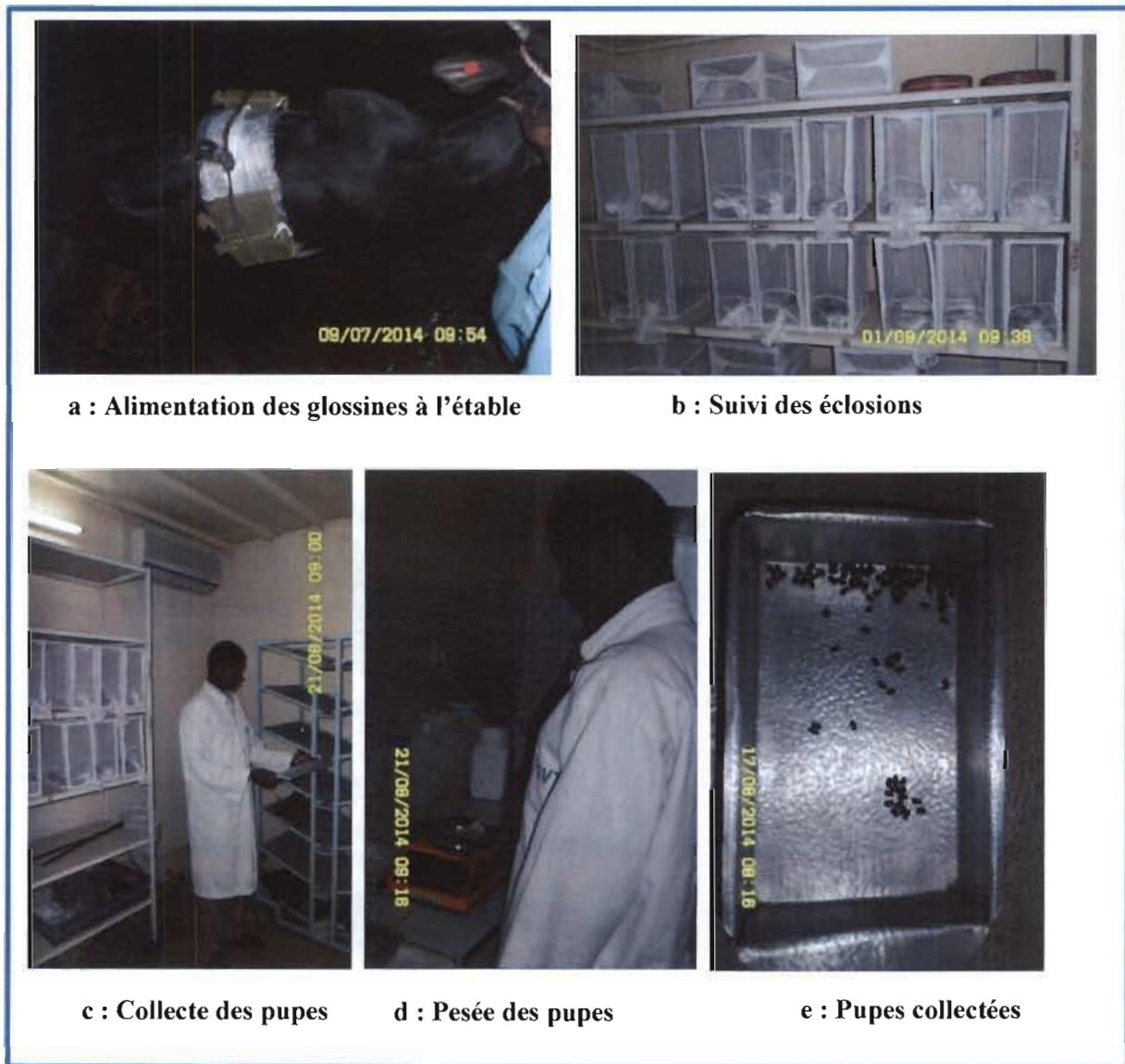
Le test sur la fécondité des glossines a été réalisé avec trois (03) colonies de glossines comprenant chacune deux cent (200) glossines femelles (cent témoins et cent traitées). Pour chaque colonie, les glossines femelles ont été réparties dans trois cages Roubaud et mises en alimentation sur un animal de chaque groupe (traité et non traité) au travers d'une membrane de parafilm qui empêche le contact direct entre les tarse de la glossine et la peau de l'animal (figure 10.a). Le repas sanguin est pris par perforation du film fin et de la peau par le proboscis. Après cette alimentation qui a duré dix minutes, ces femelles ont été retirées et gardées au laboratoire, pour être mises en accouplement avec des mâles nourris au sang sain. L'accouplement des femelles a été fait trois jours après leur éclosion avec des mâles âgés de 06 jours au ratio d'un mâle pour trois femelles.

Ces femelles mises en alimentation sur les animaux ont été nourries six jours sur sept par semaine (trois fois sur les animaux et les trois autres fois avec le sang « standard » de l'insectarium).

Pendant la pupaison, les pupes pondues ont été quotidiennement collectées dans des bacs (figure 10.e). Le charriot de stockage ainsi que les bacs ont été identifiés par ordre de pontes et par traitement. Lors des collectes (figure 10.c), les pupes ont été observées, comptées, pesées (figure 10.d) et conservées au laboratoire (où les conditions d'élevages sont optimales)

en attendant leurs éclosions. Les éclosions de toutes les pupes collectées ont été suivies quotidiennement (figure 10.b). Après chaque éclosion quotidienne, les glossines-filles ont été récupérées et mises en cages. Par la suite, leur survie a été suivie en conditions de diète alimentaire, c'est-à-dire qu'elles n'étaient pas nourries durant le suivi.

Le suivi de la survie été réalisée quotidiennement par lot d'éclosions.



**Figure 10 :** Quelques dispositions de conduite du test sur la fécondité des glossines

## 2.4. Paramètres expérimentaux étudiés

Les paramètres étudiés dans ces expériences sont l'indice de survie ( $I_s$ ), la durée moyenne de vie ( $D_v$ ), la durée de survie médiane ou temps léthal 50 (TL 50), le risque relatif de mortalité (RR), le taux d'avortons ( $T_a$ ), le taux de ponte ou de production de pupes ( $T_p$ ), le taux de pupes mal formées ( $T_{pmf}$ ), le taux d'émergences ou d'éclosions ( $T_e$ ) et le poids moyen d'une puce ( $P_m$ ).

### 2.4.1. Paramètres de survie

#### 2.4.1.1. L'indice de survie ou probabilité de survie

L'indice de survie au temps  $t_i$  est exprimée par :  $q_i = \frac{n_i - d_i}{n_i}$  où  $q_i$  est l'indice de survie au temps  $t_i$  ;  $n_i$  est le nombre de glossines vivantes au temps  $t_i$  et  $d_i$  le nombre de glossines mortes au temps  $t_i$ . La probabilité de survie ou indice de survie cumulé est déterminé par la formule  $I_s(t) = \prod_{i:t_i < t} \frac{n_i - d_i}{n_i}$

#### 2.4.1.2. La durée de survie médiane ou temps léthal 50

Dans la présente étude, la médiane de survie a été également déterminée. Elle est définie par le temps à partir duquel 50% des glossines présente l'événement (mortalité). Autrement dit, c'est le temps léthal pour 50% des individus (TL 50) ou le délai  $t$  pour lequel  $I_s(t) = 0,5$ . Elle est obtenue à partir des courbes de survie par projection de l'indice de survie 0,5 sur la courbe et sur l'axe des abscisses.

#### 2.4.1.3. Le risque relatif de mortalité

Les statistiques descriptives du logiciel R ont permis de calculer, dans chaque groupe (témoin et traité), le taux relatif de morts. Le rapport des taux relatifs de morts de chacun des deux groupes de traitement s'appelle le risque relatif de mortalité (RR) qui est égal à  $\frac{M_{tr}/V_{tr}}{M_{te}/V_{te}}$  où  $M_{tr}$  = nombre de glossines mortes au sein des traitées,  $V_{tr}$  = nombre initial de glossines traitées.  $M_{te}$  = nombre de glossines mortes au sein des témoins et  $V_{te}$  = nombre initial de glossines témoins. Cela a permis de conclure que le risque de mourir dans le groupe traité est  $x$  fois supérieur à celui dans le groupe témoin.

#### **2.4.1.4. La durée moyenne de vie**

Dans notre étude, la durée moyenne de vie des glossines soumises aux expériences représente l'un des indicateurs de l'efficacité du fipronil 1%. Sa détermination sous le logiciel R a permis de comparer la longévité des deux groupes de traitement (témoin et traité).

#### **2.4.2. Paramètres de fécondité**

L'effet du fipronil 1% sur la fécondité des glossines a été étudié lorsque nous avons obtenu successivement cinq taux de survie supérieurs à 50% lors du premier test.

Les variables retenues pour l'étude des paramètres de reproduction sont : le taux d'avortons, le taux de production de pupes, le taux de pupes mal formées, le taux d'éclosion et le poids moyen d'une pupe.

##### **2.4.2.1. Le taux d'avortons**

Est considérée comme avorton, toute larve expulsée avant terme. Les taux d'avortons (Ta) ont été calculés par rapport au nombre de pupes pondues.

$$T_a = \frac{\text{nombre d'avortons}}{\text{nombre de pupes}} \times 100$$

##### **2.4.2.2. Le taux de production de pupes ou taux de ponte**

L'ensemble des pupes normales et des pupes mal formées constitue la production totale de pupes. Les taux de ponte (Tp) ont été calculés par rapport au nombre de femelles en ponte.

$$T_p = \frac{\text{nombre total de pupes}}{\text{nombre de femelles en ponte}} \times 100$$

##### **2.4.2.3. Le taux de pupes mal formées**

Le nombre de pupes mal formées est obtenu par comptage. Le calcul du pourcentage de pupes mal formées (Tpmf) est en fonction du nombre total de pupes.

$$T_{pmf} = \frac{\text{nombre de pupes mal formées}}{\text{nombre total de pupes}} \times 100$$

##### **2.4.2.4. Le taux d'éclosion**

Il est évalué à partir du nombre de glossines émergents. Les taux d'éclosions (Te) sont calculés en rapport avec le nombre de pupes pondues.

$$T_e = \frac{\text{nombre de mouches écloses}}{\text{nombre de pupes pondues}} \times 100$$



#### **2.4.2.5. Le poids moyen d'une pupe**

Le poids moyen d'une pupe a été déterminé par comptage et par pesage des pupes pondues.

$$Pm = \frac{\text{poids total des pupes}}{\text{nombre de pupes pondues}}$$

En plus du poids moyen de la pupe, les effectifs des pupes par classe de poids ont été déterminés. Pour se faire, trois classes ont été retenues (poids < 25 mg, poids = 25 mg et poids > 25 mg) sachant que le poids moyen de référence d'une pupe à l'insectarium du CIRDES est de vingt-cinq (25) mg.

### **2.5. Analyse des données**

L'ensemble des données relatives aux paramètres de survie et de fécondité ont été d'abord enregistrées, organisées et synthétisées dans le logiciel Microsoft Excel 2010, puis analysées à l'aide des logiciels suivants :

- le logiciel R 3.0.3 (R Development Core Team, 2013) pour les analyses de survie :
- le logiciel Statistica 7.1 pour l'analyse des résultats du test sur la fécondité.

#### **2.5.1. Analyse des données sur la survie**

Une analyse de survie des glossines a été faite par la méthode de Kaplan-Meier (Kaplan EL et Meier P., 1958) afin de cerner tous les paramètres statistiques liés à l'efficacité du fipronil 1%. Cette analyse a concerné aussi bien les glossines ayant subi le test sur la survie que les glossines-filles issues des glossines utilisées pour le test sur fécondité.

La première étape de l'analyse de survie a consisté à établir des tableaux comportant toutes les informations nécessaires pour la description de la fonction de survie. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide de l'estimateur non-paramétrique de Kaplan-Meier, le modèle de Cox (Cox, 1972), le test du Khi-deux de Pearson et le test de Wilcoxon.

La méthode de Kaplan-Meier a permis d'estimer l'indice de survie au cours du suivi, définie par la fonction de survie  $Is(t)$ . La fonction  $Is(t)$  est une fonction en escalier décroissante, constante entre deux temps de mortalité consécutifs, avec une marche à chaque temps de mortalité observée.

Le principe de l'estimation de Kaplan-Meier repose sur l'idée que « être encore en vie après un instant  $t$ , c'est être en vie juste avant cet instant  $t$  et ne pas mourir à cet instant ». Le fait d'être en vie juste avant l'instant  $t$  permet de calculer le taux de survie à cet instant. Le cumul des taux de survie aux différents instants donne le taux de survie cumulée. Ce taux se traduit par une courbe dite la courbe de survie ou courbe de Kaplan-Meier qui illustre l'évolution de

la survie en fonction du temps, avec en ordonnées la probabilité cumulée de survie (entre zéro et un) et en abscisses la durée du suivi en unités de temps.

Le modèle de Cox, utilisé dans la première phase de notre étude, a permis de déterminer d'une part la significativité statistique de l'effet du fipronil 1% et du temps post traitement sur la survie des glossines, et d'autre part l'interaction entre les variables "traitement" et "temps post-traitement". Ces mêmes paramètres ont été déterminés dans la seconde phase de l'étude (pour ce qui concerne la survie des glossines filles) à l'aide du test de Wilcoxon.

Quant au test du Khi-deux de Pearson, il a permis de tester pour chaque groupe de traitement la significativité de la différence entre les effectifs des glossines engorgées mortes et non engorgées mortes.

Les analyses de survie ont permis de tracer des courbes de survie qui ont donné une estimation de la proportion de glossines qui seront encore en vie ou qui n'auront pas présenté le phénomène étudié (la mort) après la période de suivi. De façon plus explicite, elles ont permis :

- d'obtenir une courbe de survie : description graphique des taux de mortalité dans les deux groupes de traitement (témoin et traité) ;
- de déterminer la probabilité de mortalité pendant la période de suivi ;
- de comparer la probabilité de mortalité entre les deux groupes de traitement ;
- de mesurer l'influence du fipronil 1% sur la probabilité de mortalité ;
- de déterminer le temps léthal 50 du fipronil 1% ;
- de situer la rémanence du fipronil 1%.

### **2.5.2. Analyse des données sur la fécondité**

Les variables relatives à la fécondité ont été étudiées sur chacune des trois (03) colonies qui ont fait l'objet du test. Pour chaque colonie, ces variables ont été encore étudiées par ordre de ponte. A cet effet, trois pontes successives ont été examinées.

L'analyse des résultats a été faite à l'aide du test t de Student qui a permis d'analyser les moyennes des taux des différentes variables au sein des deux groupes de traitement (traité et témoin).

### III. RESULTATS

#### 3.1. Résultats du test de l'effet du fipronil 1% sur la survie des glossines

Au cours de ce test, mille huit cent (1800) glossines ont été lâchées dont mille sept cent quarante-quatre (1744) capturées (huit cent quatre-vingt-neuf (889) témoins et huit cent cinquante-cinq (855) traitées) et suivies quotidiennement au laboratoire. Ce suivi a consisté au décompte des mortalités quotidiennes dans chaque groupe de glossines (colonies).

Les colonies initiales ont été alimentées sur les bovins (témoins et traités) et suivies au laboratoire pendant quinze jours.

Les survivantes de ces colonies ont été réalimentées sur les mêmes animaux et suivies à nouveau durant quinze jours. Au bout de ce suivi global de trente jours, deux cent trente-six (236) glossines mortes ont été enregistrées au sein des témoins et cinq cent quatre-vingt (580) mortes au sein des traitées. Les données collectées ont permis de déterminer les indices de survie chaque fois qu'au moins un « mort » est enregistré. Celles relatives à l'estimateur de Kaplan-Meier de la fonction de survie sont inscrites dans le tableau 2.

**Tableau 2** : Estimateur de Kaplan-Meier de la fonction survie de l'ensemble des glossines

Paramètres de survie	Traitement	
	Témoins	Traitées
Durée moyenne de vie	25,95 jours	15,15 jours
Indice de survie	0,73	0,32
Médiane de survie ou temps létal 50	ID	51 jours
Risque relatif de mortalité		2,52

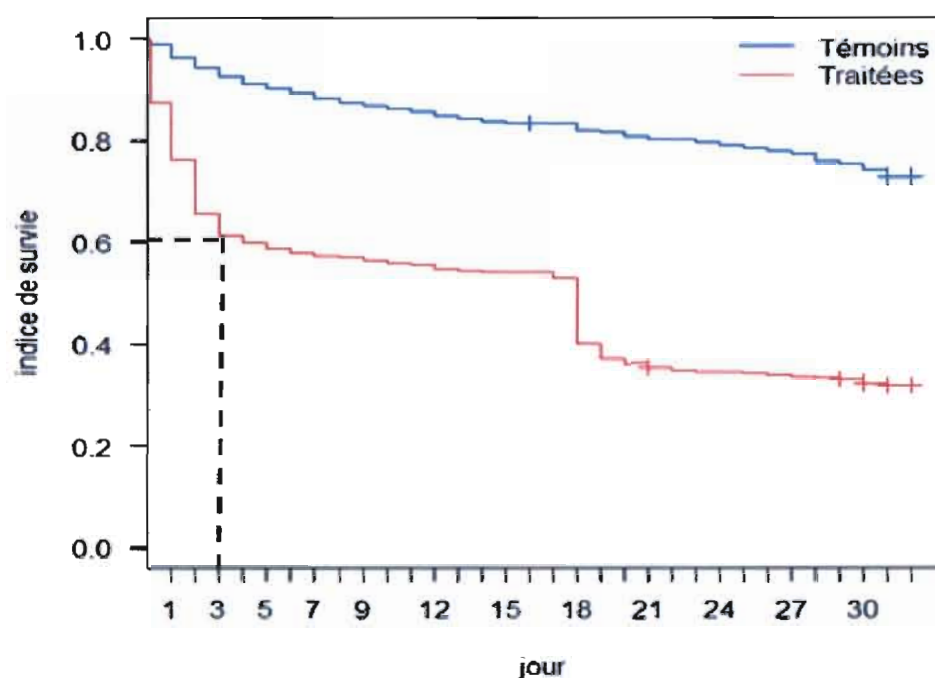
**ID** = Indéterminable. Cela signifie que la médiane de survie ne pouvait pas être déterminée chez les témoins, car le taux de mortalité chez ces derniers a été inférieur à 50 % durant le suivi.

L'analyse de l'ensemble des données réalisée avec le logiciel R 3.0.3 a montré qu'il y a un effet significatif du fipronil 1% sur la survie des glossines ( $p < 0,01$ ). Sous R, les p-values des trois tests (Likelihood ratio test, Wald test et logrank test), qui sont toutes égales à zéro, sont très inférieures à 5%; ce qui montre que l'ajustement du modèle de Cox utilisé est très pertinent au seuil de 5% : ceci confirme donc l'existence d'une influence significative des variables "traitement" et "jour post-traitement" sur la survie des glossines.

En effet, pendant le suivi de trente jours (deux fois quinze jours), les glossines témoins ont vécu en moyenne 25,95 jours tandis que les traitées ont vécu en moyenne 15,15 jours d'où une réduction de 49,5% de la durée de vie des traitées.

Egalement, la mortalité des glossines traitées est élevée dès les trois premiers jours de leur alimentation avec un taux de 40% de mortalité (figure 11), puis elle tend à se stabiliser par la suite. Elle est surtout très forte au second jour de l'ingestion du sang traité.

De plus, la probabilité de mortalité pour les glossines traitées est de 0,68 et celle des témoins 0,27 (figure 13) d'où un risque relatif de mortalité des traitées estimé à 2,52. Le temps léthal 50 est estimé à cinquante et un 51 jours pour des glossines s'étant alimentées deux fois sur un animal traité, c'est-à-dire que du 1<sup>er</sup> au 51<sup>ème</sup> jour après le traitement, le fipronil 1% a pu éliminer 50% de la population de glossines utilisée (figure 12).



**Figure 11** : Courbe de survie globale sur trente jours de suivi des glossines

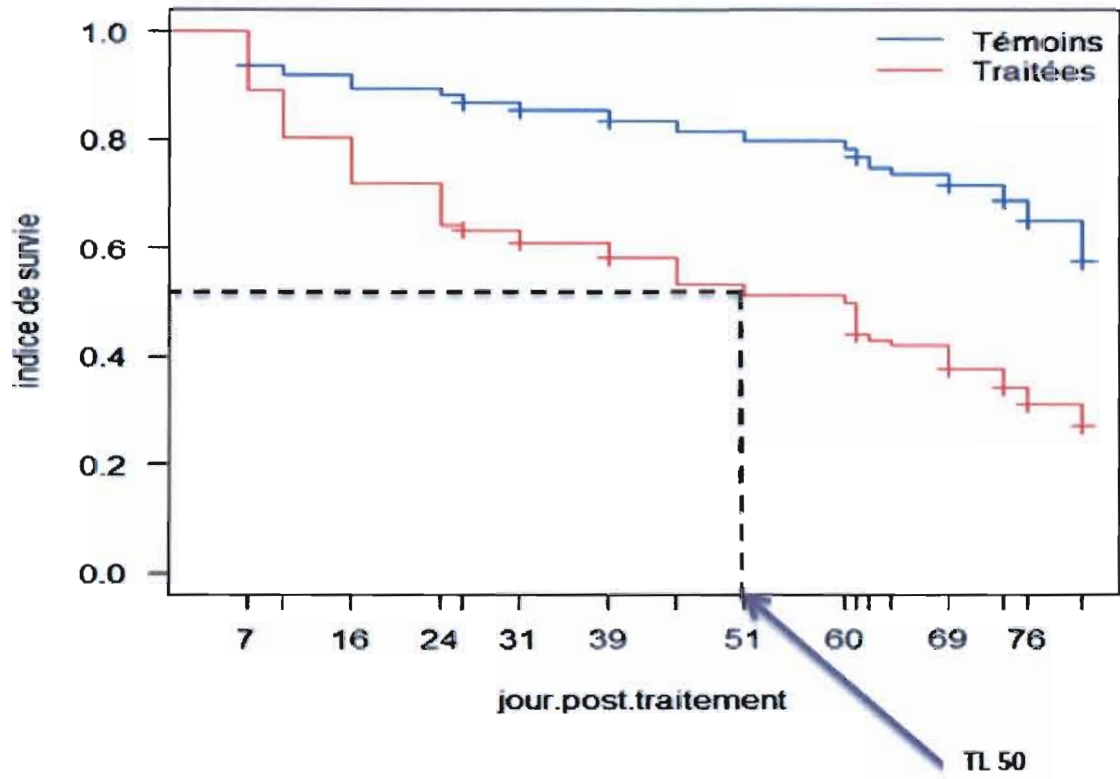


Figure 12 : Courbe de survie globale sur quatre-vingt-un jours de suivi des glossines

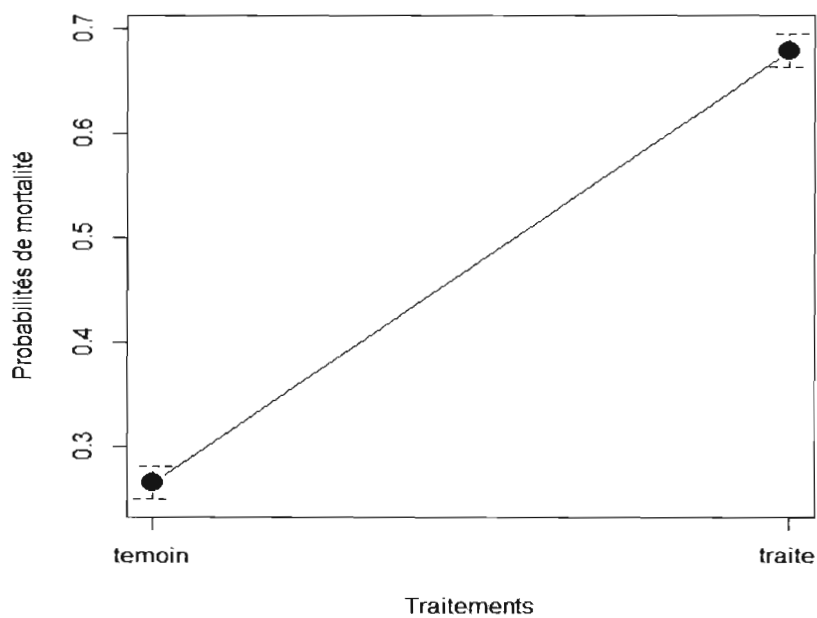
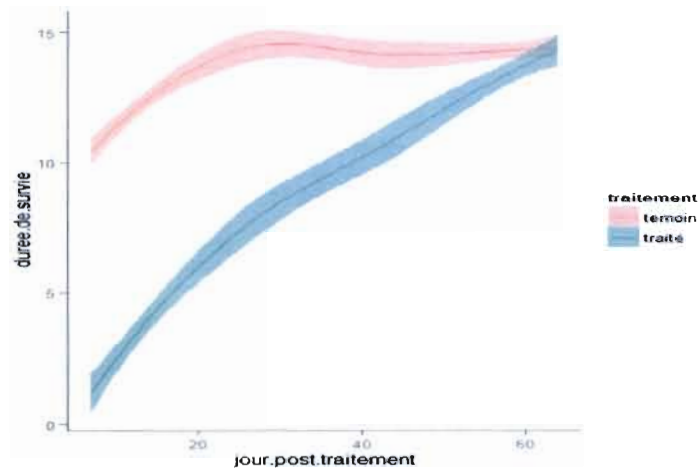
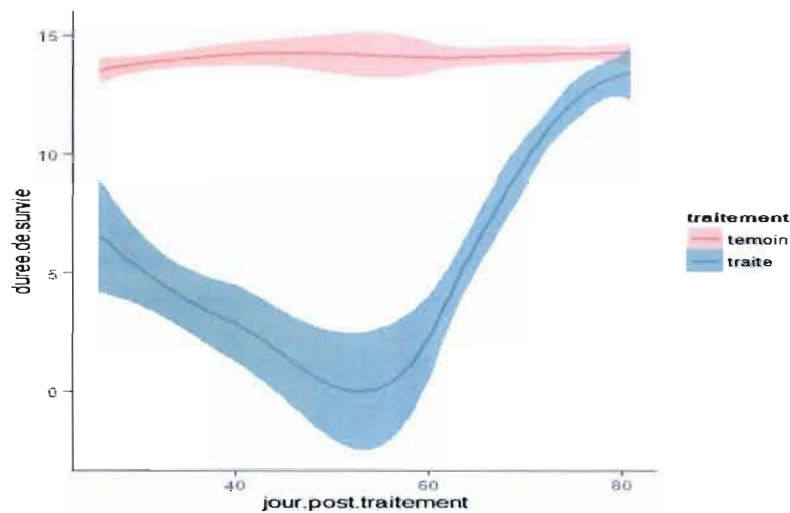


Figure 13 : Graphe des probabilités de mortalité en fonction des traitements

Par ailleurs, les analyses portées sur les colonies initiales et les colonies survivantes ont permis d'établir qu'il existe une interaction significative entre la variable "traitement" (traitées et témoins) et la variable "jour post-traitement" ( $p < 0,01$ ). Autrement dit, le temps post-traitement influence la durée moyenne de vie des glossines traitées et des glossines témoins de manière différente (pour les initiales : 13,4 jours pour les témoins et 9,12 jours pour les traitées sur quinze jours de suivi (figure 14); pour les survivantes : 14,082 jours pour les témoins et 9,779 jours pour les traitées (figure 15)). En effet, la survie des glossines traitées s'améliore avec l'avancée du temps post-traitement, tandis que celle des glossines témoins est indépendante du temps post-traitement.



**Figure 14 :** Evolution de la durée moyenne de vie des glossines initiales en fonction du temps post-traitement



**Figure 15 :** Evolution de la durée moyenne de vie des survivantes en fonction du temps post-traitement

Il y a également un effet significatif du temps post-traitement sur la survie des glossines traitées ( $p < 0,01$ ), c'est-à-dire que plus le temps post-traitement avance, meilleure est la survie des glossines traitées (figures 16, 17, 18 et 19).

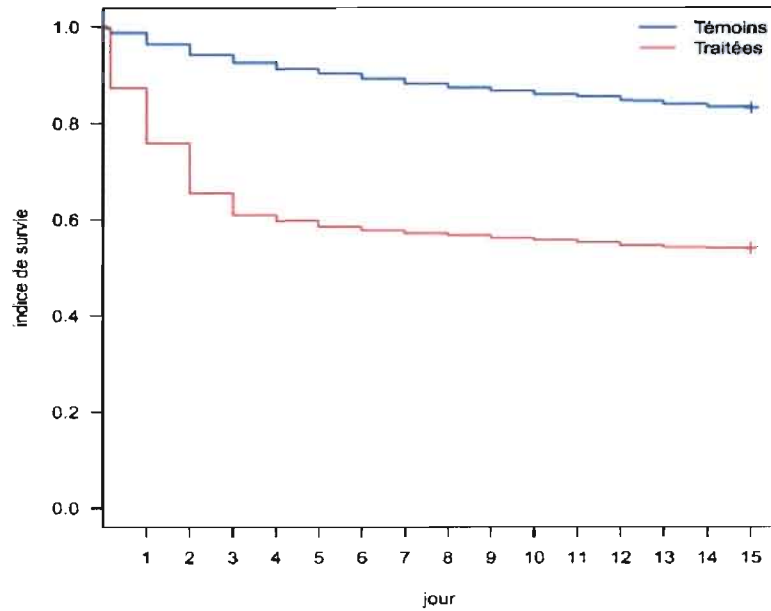


Figure 16 : Courbe de survie globale sur quinze jours de suivi des glossines initiales

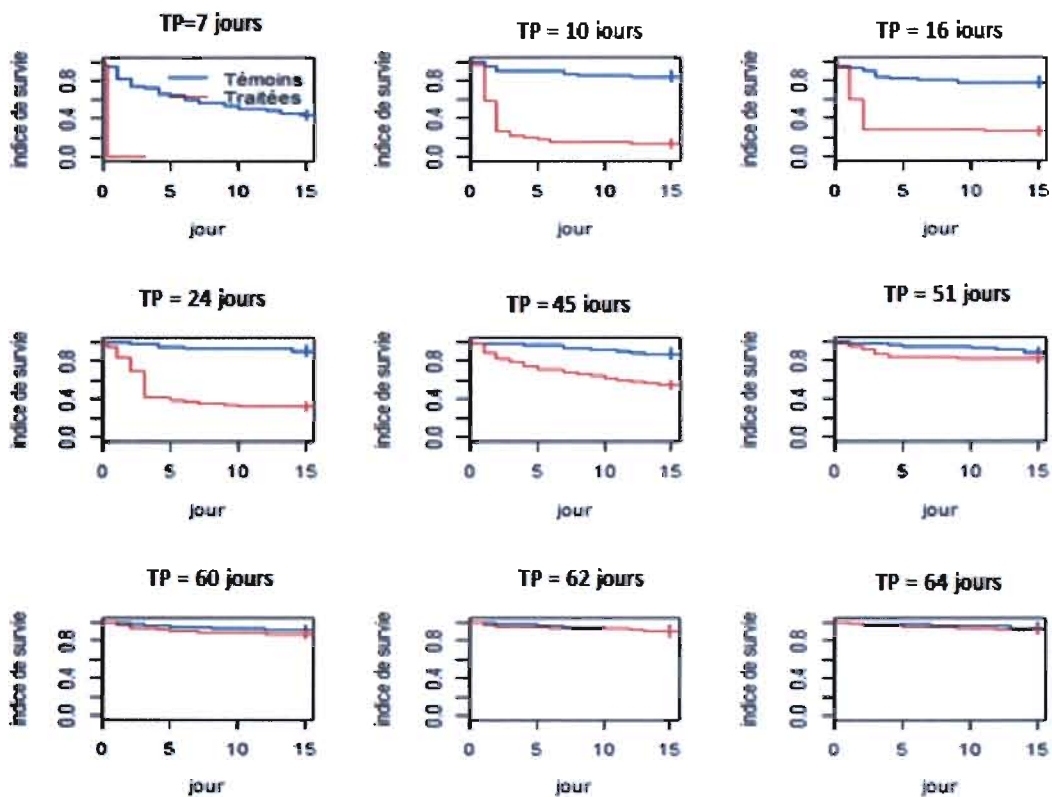


Figure 17 : Courbes de survie des glossines initiales (TP = temps post-traitement)

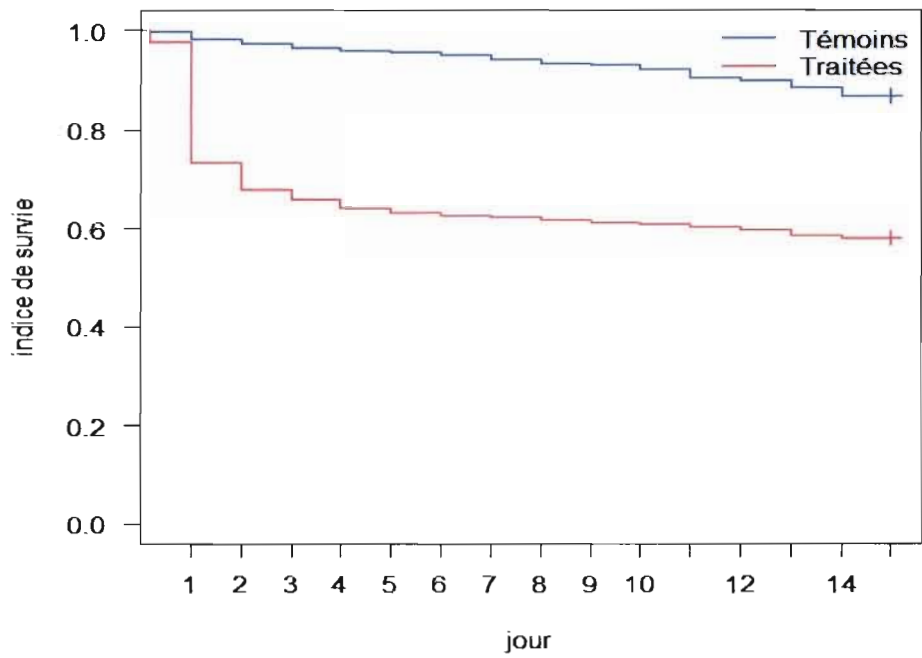


Figure 18 : Courbe de survie globale sur quinze jours de suivi des survivantes

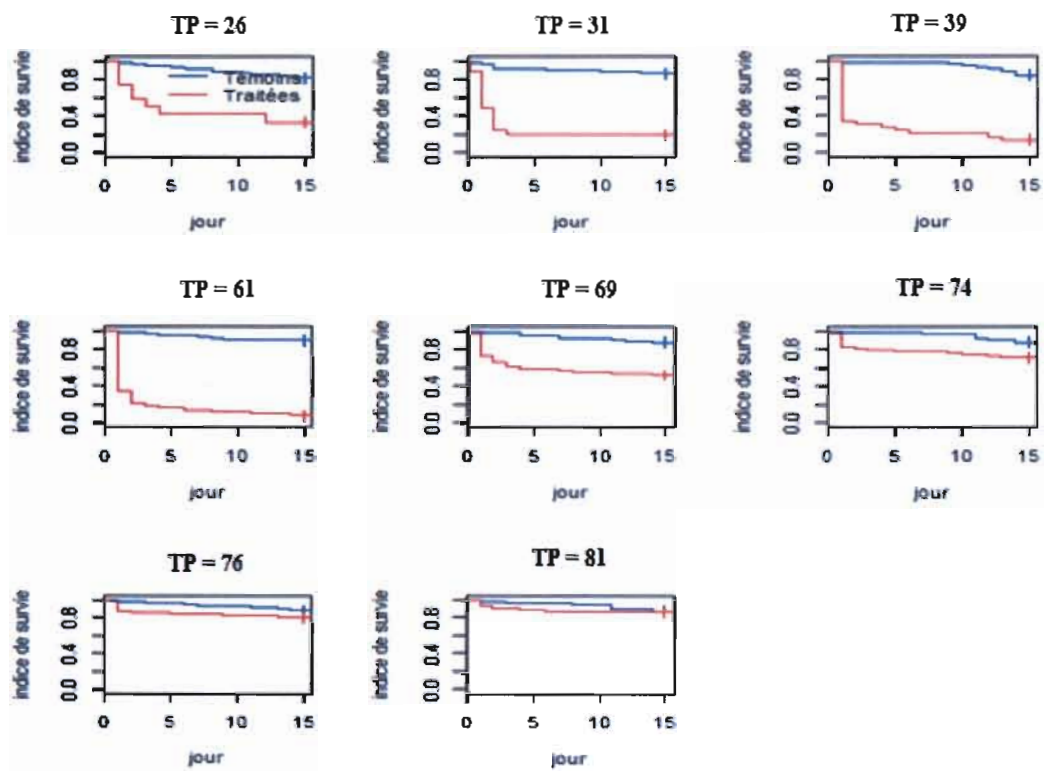


Figure 19 : Courbes de survie des glossines survivantes (TP = temps post-traitement)



La rémanence du fipronil 1% a été suivie aussi bien au niveau des glossines initiales qu'au niveau des survivantes.

Au niveau des initiales, à partir du 7<sup>ème</sup> jour post traitement, la significativité statistique entre les indices de survie des glossines témoins et des glossines traitées a progressivement baissé jusqu'au 51<sup>ème</sup> jour post traitement où la différence n'était plus significative du point de vue statistique avec une p-value de 0,193 (figure 17).

Au niveau des survivantes, nous avons constaté presque la même tendance et c'est à partir du 74<sup>ème</sup> jour post traitement que la différence entre les indices de survie des glossines témoins et des glossines traitées n'était plus significative du point de vue statistique avec une p-value de 0,005 (figure 19).

Ces deux niveaux de rémanence nous ont permis de conclure que la rémanence du fipronil 1% est située entre cinquante et un (51) et soixante-quatorze (74) jours (soit environ deux mois) quand on sait que dans la nature les glossines peuvent s'alimenter plus d'une fois sur des animaux.

Les résultats relatifs aux mortalités enregistrées lors des suivis au laboratoire sont dans les tableaux 3 et 4.

**Tableau 3 :** Taux de mortalités des glossines initiales

Colonie	Jour post traitement	Nombre initial de glossines		Nombre de glossines mortes		Taux de mortalité	
		TE	TR	TE	TR	TE	TR
Colonie 1	7	100	92	56	92	56% (1)	100% (2)
Colonie 2	10	97	90	15	78	15,46%	86,67%
Colonie 3	16	96	95	21	70	21,88%	73,68%
Colonie 4	24	100	98	9	66	9%	67,35%
Colonie 5	45	99	91	12	41	12,12%	45,05%
Colonie 6	51	98	93	11	16	11,22%	17,20%
Colonie 7	60	99	98	8	12	8,08%	12,24%
Colonie 8	62	100	98	9	10	9%	10,20%
Colonie 9	64	100	100	6	8	6%	8%

TE = témoin ; TR = traité

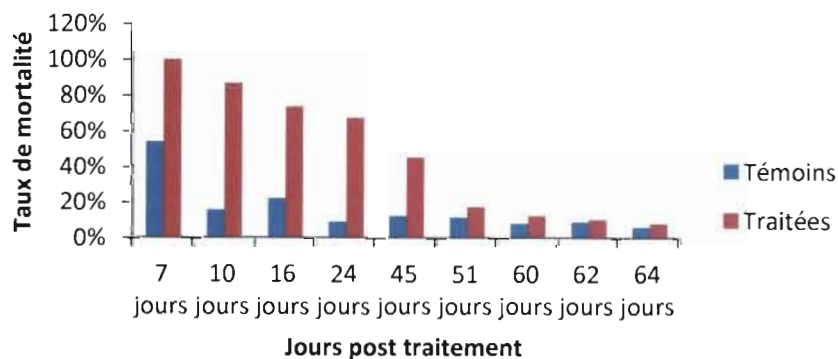
**Tableau 4 :** Taux de mortalités des survivantes

Colonie	Jour post traitement	Nombre initial de glossines		Nombre de glossines mortes		Taux de mortalité	
		TE	TR	TE	TR	TE	TR
Colonie 1	26	82	12	15	8	18,29%	66,67%
Colonie 2	31	75	25	10	20	13,33%	80%
Colonie 3	39	91	29	14	25	15,38%	86,21%
Colonie 4	61	87	50	9	46	10,34%	92%
Colonie 5	69	82	73	10	35	12,19%	47,95%
Colonie 6	74	89	82	11	24	12,36%	29,27%
Colonie 7	76	86	85	10	17	11,63%	20%
Colonie 8	81	90	90	10	12	11,11%	13,33%

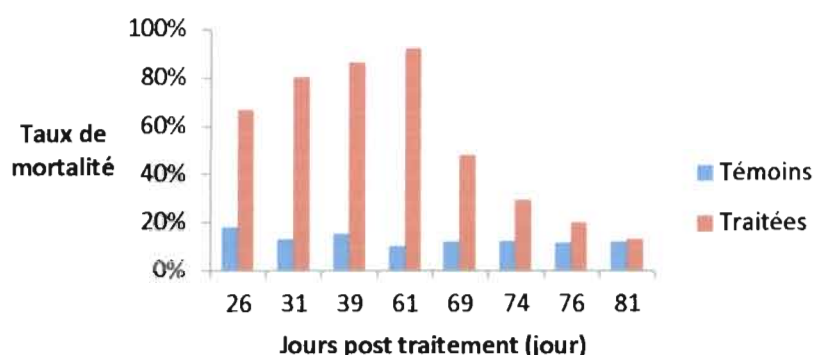
(1) et (2) : les forts taux de mortalité constatés étaient liés aux mauvaises conditions climatiques de départ au laboratoire.

Pour chaque colonie initiale, il ressort que la mortalité des glossines soumises au fipronil 1% (glossines traitées) est supérieure à celle des glossines témoins (tableau 3). Ces données montrent un effet très net du fipronil 1% sur la survie des glossines. De même, la mortalité est assez constante et relativement faible au sein des témoins tandis que la mortalité est élevée et descendante chez les traitées (figure 20).

Les survivantes présentent également une mortalité constante chez les glossines témoins. Cependant, le fipronil 1% a un effet sur la survie des traitées (tableau 4). Mais cet effet s'amenuise avec le temps post-traitement. Ce qui entraîne une réduction progressive de la mortalité au sein des glossines traitées, améliorant davantage leur survie (figure 21).



**Figure 20 :** Evolutions comparées des taux de mortalité des témoins et des traités initiaux



**Figure 21 :** Evolutions comparées des taux de mortalité des témoins et des traitées survivantes

Le dénombrement des mortalités en fonction des états de gorgement montre que les effectifs de mortalité au sein des glossines engorgées sont supérieurs à ceux obtenus au sein des non engorgées (tableau 5). Le test du khi-deux de Pearson réalisé montre qu'il y a une différence significative entre les effectifs des glossines engorgées et non engorgées dans chaque groupe de traitement (tableau 5), ce qui confirme que l'effet du fipronil sur les glossines est liée à leur contact avec l'animal pour la prise de sang.

**Tableau 5 :** Mortalités des glossines en fonction des états de gorgement

Traitement	Groupe	Effectifs			Test de khi-deux au seuil de signification 0,001 ; ddl = 1		
		Total de morts	Engorgées mortes	Non engorgées mortes	$\chi^2$	$\chi^2_\alpha$	p
Témoins	Initial	147	98	49	11,291	10,827	$7,788 \cdot 10^{-4}$
Traitées		393	316	77			
Témoins	Survivant	89	51	38	19,803	10,827	$8,585 \cdot 10^{-6}$
Traitées		187	154	33			
Témoins	Ensemble	236	149	87	29,344	10,827	$6,059 \cdot 10^{-8}$
Traitées		580	470	110			

### 3.2. Résultats du test de l'effet du fipronil 1% sur la fécondité des glossines-mères et la viabilité des glossines-filles

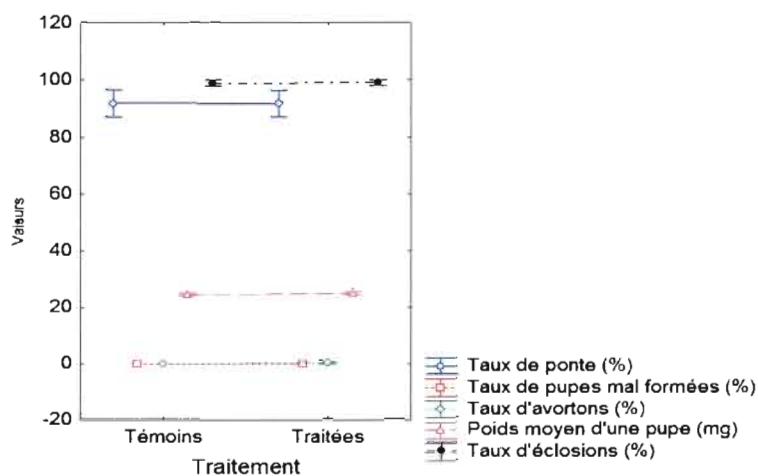
#### 3.2.1. La fécondité des glossines-mères

Le test sur la fécondité des glossines a débuté au 92<sup>ème</sup> jour post traitement, jour auquel la première colonie a été alimentée sur les animaux traités et non traités (témoins). La deuxième colonie a été alimentée au 107<sup>ème</sup> jour post traitement et la troisième au 121<sup>ème</sup> jour post traitement.

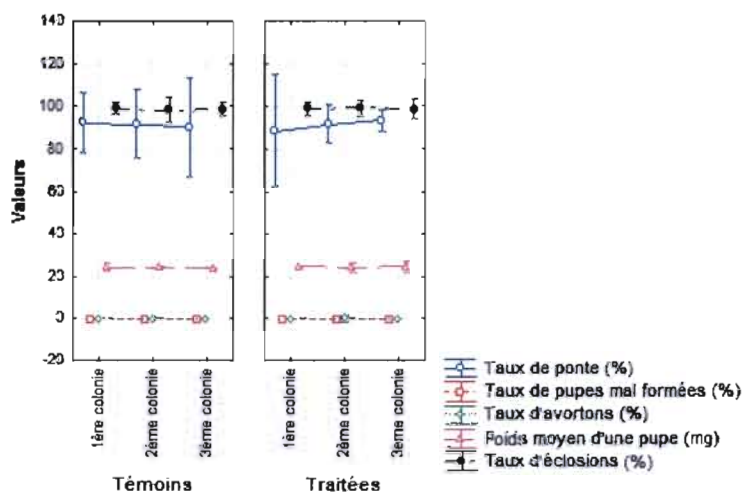
Les tests de Student réalisés ont montré qu'il n'y a pas de différences significatives au risque 5% entre les variances des variables testées :

- dans les deux groupes de traitement (témoin et traité) (tableau 6\*\* et figure 22.A) ;
- dans les trois colonies de glossines (tableau 6\* et figure 22.B).

**A** : en fonction des groupes de traitement



**B** : en fonction des groupes de traitement et des colonies



**Figure 22** : Graphes des valeurs comparées des paramètres de fécondité

**Tableau 6 :** Résultats des tests statistiques sur les variables étudiés en rapport avec le temps post-traitement

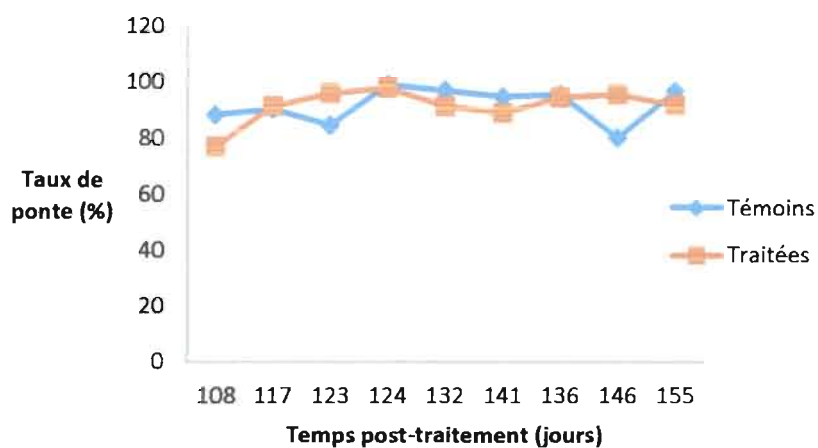
Paramètres de fécondité	Jour post-traitement	Traitement				Test de Student au seuil de signification 0,05	
		Témoin		Traité		Groupes comparés	p-value
Taux moyen de ponte (%)	108	1 <sup>ère</sup> colonie	92,472	1 <sup>ère</sup> colonie	88,761	TE et TR de la 1 <sup>ère</sup> colonie	0,621 *
	123	2 <sup>ème</sup> colonie	92,003	2 <sup>ème</sup> colonie	91,953	TE et TR de la 2 <sup>ème</sup> colonie	0,991 *
	136	3 <sup>ème</sup> colonie	90,563	3 <sup>ème</sup> colonie	93,744	TE et TR de la 3 <sup>ème</sup> colonie	0,588 *
		Ensemble	91,679	Ensemble	91,486	Ensemble TE et TR	0,948 **
Poids moyen d'une pupe (mg)	108	1 <sup>ère</sup> colonie	24,861	1 <sup>ère</sup> colonie	24,904	TE et TR de la 1 <sup>ère</sup> colonie	0,934*
	123	2 <sup>ème</sup> colonie	24,670	2 <sup>ème</sup> colonie	24,672	TE et TR de la 2 <sup>ème</sup> colonie	0,998 *
	136	3 <sup>ème</sup> colonie	24,343	3 <sup>ème</sup> colonie	24,574	TE et TR de la 3 <sup>ème</sup> colonie	0,334 *
		Ensemble	24,625	Ensemble	24,717	Ensemble TE et TR	0,422 **
Taux moyen d'avortons (%)	108	1 <sup>ère</sup> colonie	00	1 <sup>ère</sup> colonie	00	TE et TR de la 1 <sup>ère</sup> colonie	-
	123	2 <sup>ème</sup> colonie	00	2 <sup>ème</sup> colonie	0,397	TE et TR de la 2 <sup>ème</sup> colonie	0,374 *
	136	3 <sup>ème</sup> colonie	00	3 <sup>ème</sup> colonie	00	TE et TR de la 3 <sup>ème</sup> colonie	-
		Ensemble	00	Ensemble	0,132	Ensemble TE et TR	0,332 **
Taux moyen de pupes mal formées (%)	108	1 <sup>ère</sup> colonie	00	1 <sup>ère</sup> colonie	00	TE et TR de la 1 <sup>ère</sup> colonie	-
	123	2 <sup>ème</sup> colonie	00	2 <sup>ème</sup> colonie	00	TE et TR de la 2 <sup>ème</sup> colonie	-
	136	3 <sup>ème</sup> colonie	00	3 <sup>ème</sup> colonie	00	TE et TR de la 3 <sup>ème</sup> colonie	-
		Ensemble	00	Ensemble	00	Ensemble TE et TR	
Taux moyen d'éclosion (%)	138	1 <sup>ère</sup> colonie	98,858	1 <sup>ère</sup> colonie	98,725	TE et TR de la 1 <sup>ère</sup> colonie	0,902 *
	153	2 <sup>ème</sup> colonie	98	2 <sup>ème</sup> colonie	99	TE et TR de la 2 <sup>ème</sup> colonie	0,532 *
	167	3 <sup>ème</sup> colonie	98,666	3 <sup>ème</sup> colonie	98,389	TE et TR de la 3 <sup>ème</sup> colonie	0,840 *
		Ensemble	98,508	Ensemble	98,705	Ensemble TE et TR	0,743 **

TE = témoin ; TR=traité

En définitive, le fipronil 1% n'a pas d'effet sur les performances de reproduction des glossines femelles. En effet, pour toutes les variables étudiées, le test t de Student a donné des p-value supérieures au seuil de signification 0,05.

### 3.2.1.1. Les taux de ponte

Le but de l'analyse de la variable "taux de ponte" était de vérifier l'effet du fipronil 1% sur les performances et la qualité de la pupaison au 108<sup>ème</sup>, 123<sup>ème</sup> et 136<sup>ème</sup> jour post traitement qui correspondent respectivement aux périodes de ponte de la 1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> colonie. Ainsi, le suivi des trois périodes de pupaison des trois colonies a permis de récolter six cent soixante-neuf (669) pupes témoins et six cent soixante-sept (667) pupes traitées, soit des taux de ponte globale de 91,68 % pour les glossines témoins et 91,49 % pour les traitées. Aucune puce mal formée n'a été constaté dans les deux groupes de traitement. Cependant, une seule puce relevant du groupe des traitées de la deuxième colonie a avorté. Aucun écart significatif n'a été observé dans les taux de ponte des deux groupes de traitement suivis (tableau 6 et figure 22.A). Les variations des taux de ponte sont indépendantes de l'évolution des jours post-traitement (figure 23). Ce qui signifie qu'il n'y avait pas d'interaction entre le jour post-traitement et la pupaison. Par conséquent, le fipronil 1% n'a eu aucun effet sur la ponte des glossines à partir de quatre-vingt-douze jours post-traitement, date à laquelle la première colonie a été alimentée sur les animaux. Les différents tests statistiques réalisés confirment cet état de fait. En effet, le test t de Student a accepté l'hypothèse nulle d'égalité des variances des variables étudiés (taux de pontes, taux d'avortons et taux de pupes mal formées) sur les deux groupes de traitement (tableau 6).



**Figure 23 :** Variation des taux de ponte des groupes de traitement en fonction du temps post-traitement

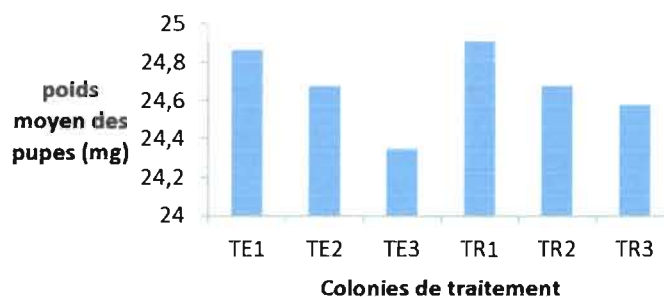
### 3.2.1.2. Les poids des pupes

Les pupes ont été pesées individuellement et leurs poids ont été classés en trois groupes (poids < 25 mg, poids = 25 mg et poids > 25 mg). L'ensemble des données collectées ont permis de déterminer les poids moyens des pupes pondues par chacune des colonies pour chaque groupe de traitement (tableau 6). Le dépouillement des données statistiques a révélé que le poids moyen des pupes témoins est de 24,625 mg alors que celui des traitées est de 24,717 mg. Les poids moyens des pupes décroissent en fonction des ordres de ponte : chez les témoins, initialement de 24,861 mg, ils sont passés à 24,670 mg à la seconde ponte, puis à 24,343 mg à la troisième ponte ; au sein des traitées, il a été enregistré des poids moyens de 24,904 mg, 24,672 mg et 24,574 mg respectivement à la 1<sup>ère</sup>, à la 2<sup>ème</sup> et à la 3<sup>ème</sup> ponte (tableau 6 et figure 24). Par ordre d'abondance, les pupes dont le poids est inférieur à 25 mg représentent 47,089% pour les témoins et 47,5 % pour les traitées, ensuite celles dont le poids est supérieur à 25 mg représentent 38,004 % pour les témoins et 38,85 % pour les traitées et enfin les pupes au poids égal à 25 mg représentent 14,91% pour les témoins et 13,78% pour les traitées (tableau 7 et figure 25).

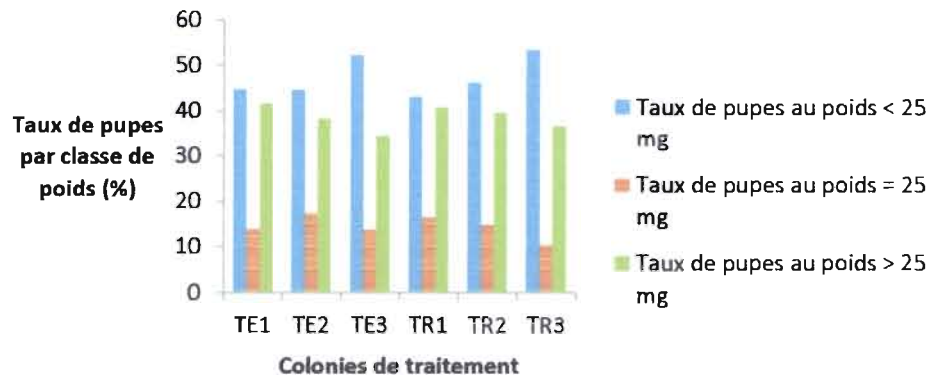
**Tableau 7 : Statistiques descriptives des poids des pupes**

JP	Colonie	Traitement	Taux de pupes au poids < 25 mg (%)	Taux de pupes au poids = 25 mg (%)	Taux de pupes au poids > 25 mg (%)
109	1 <sup>ère</sup> colonie	Témoins	44,659	13,775	41,566
		Traitées	43,028	16,380	40,593
124	2 <sup>ème</sup> colonie	Témoins	44,527	17,263	38,210
		Traitées	46,192	14,668	39,536
137	3 <sup>ème</sup> colonie	Témoins	52,081	13,684	34,236
		Traitées	53,269	10,300	36,431
		Tous les témoins	46,46	15,06	38,48
		Tous les traités	46,77	14,22	39,16

JP = jours post-traitement



**Figure 24 : Evolution des poids moyens des pupes en fonction des ordres de ponte**



**Figure 25 :** Proportions des pupes par classe de poids

TE1 : pupes témoins de la 1<sup>ère</sup> ponte TE2 : pupes témoins de la 2<sup>ème</sup> ponte

TE3 : pupes témoins de la 3<sup>ème</sup> ponte TR1 : pupes traitées de la 1<sup>ère</sup> ponte

TR2 : pupes traitées de la 2<sup>ème</sup> ponte TR3 : pupes traitées de la 3<sup>ème</sup> ponte

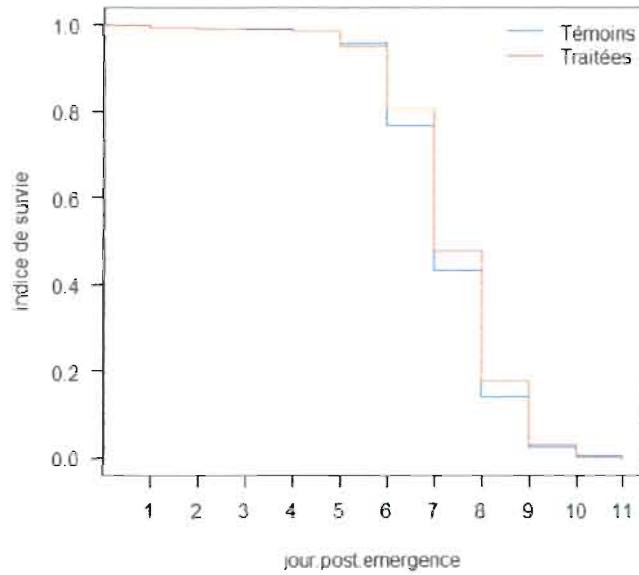
### 3.2.2. La viabilité des glossines-filles

Une analyse de survie a été réalisée sur les émergences afin d'étudier l'effet du fipronil 1% sur la descendance des glossines qui ont fait l'objet du test sur leur fécondité. Les données de survie, analysées avec le logiciel R 3.0.3 par le test de Wilcoxon, ont révélé que le fipronil 1% n'a pas d'effet sur la survie des glossines-filles ( $p = 0,031$  au seuil de signification  $10^{-2}$ ). En effet, les résultats obtenus sur les différents paramètres de survie ne présentent pas de différences significatives entre les deux groupes de traitement (tableau 8 et figure 26).

**Tableau 8 :** Estimateur de Kaplan-Meier de la fonction survie des glossines-filles

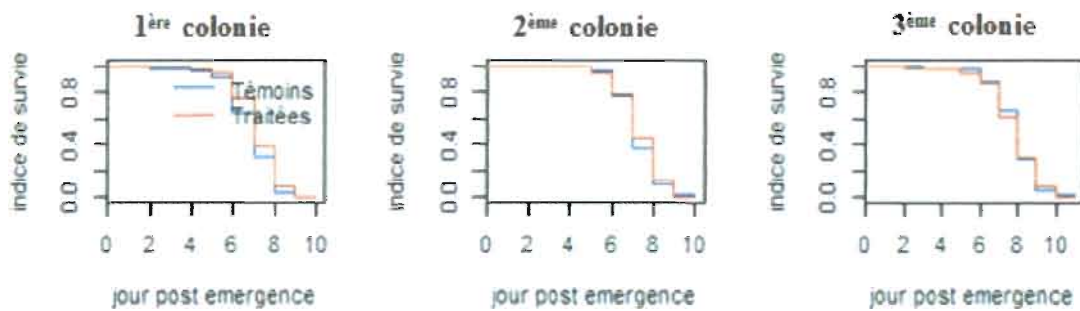
Paramètres de survie	Traitement	
	Témoins	Traitées
Durée moyenne de vie	7,29 jours	7,41 jours
Médiane de survie ou temps létal 50	7 jours	7 jours
Risque relatif de mortalité	1	





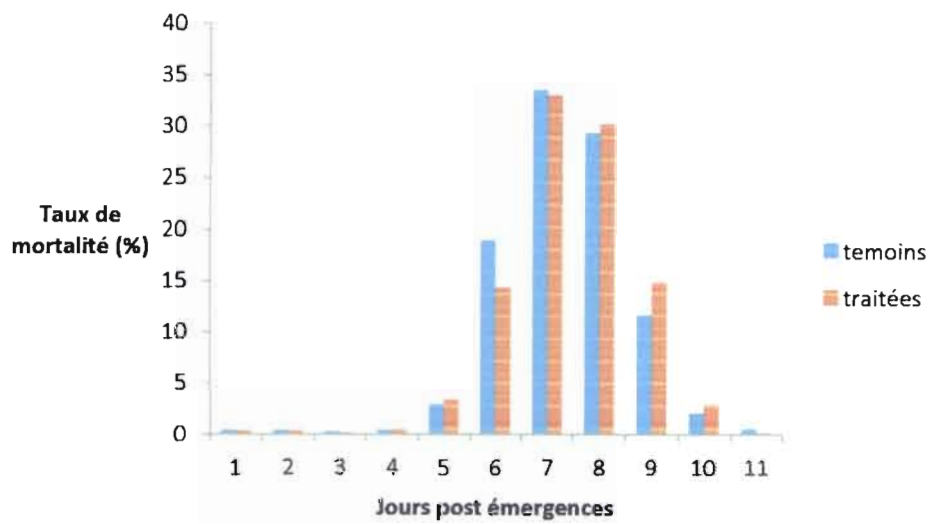
**Figure 26 :** Courbes de survie globale des glossines filles

Des analyses réalisées sur chaque colonie ont également montré qu'il n'y a pas de différences significatives entre les durées de vie des deux groupes de traitement ( $p = 0,00641$ ,  $p = 0,128$  et  $p = 0,705$  respectivement pour la 1<sup>ère</sup>, la 2<sup>ème</sup> et la 3<sup>ème</sup> colonie). En effet, les témoins et les traitées de la première colonie ont vécu en moyenne respectivement 6,85 jours et 7,16 jours, ceux de la deuxième colonie 7,21 jours et 7,32 jours et ceux de la troisième colonie 7,88 jours et 7,76 jours. Aussi, leur indice de survie était presque similaire tout au long de leur durée de vie (figure 27).



**Figure 27 :** Courbes de survie des trois colonies glossines-filles

Pour l'ensemble des glossines suivies, la durée maximale de vie était de onze (11) jours. Il y a aussi que 33,47 % de témoins et 32,97 % de traitées ont vécu jusqu'au 7<sup>ème</sup> jour de leur émergence, puis 29,27 % de témoins et 30,11 % de traitées ont vécu jusqu'au 8<sup>ème</sup> jour de leur émergence (figure 28).



**Figure 28 :** Evolutions comparées des taux de mortalités en fonction des jours post-émergence

## IV. DISCUSSIONS

### 4.1. L'efficacité et la rémanence du fipronil 1% sur la survie des glossines

L'étude menée au laboratoire a montré que le fipronil 1% appliqué au bétail par traitement épicutané a un effet significatif sur la survie des glossines ( $p < 0,01$ ), en leur causant une mortalité massive (40%) dès soixante-douze heures que celles-ci aient été gorgées sur un animal traité. Il réduit considérablement la durée moyenne de vie des glossines en entraînant leur mort précoce ; cette réduction étant estimée à 49,5%. Son temps léthal 50 est de 51 jours pour des glossines s'étant alimentées 02 fois sur un animal traité, ce qui signifie que du 1<sup>er</sup> au 51<sup>ème</sup> jour après le traitement, le fipronil 1% a pu éliminer 50% de la population de glossines utilisée.

Au laboratoire, les glossines vivent dans des conditions climatiques optimales de température et d'hygrométrie relative et sont à l'abri de tout prédateur. Elles sont nourries tous les jours alors que dans la nature le nombre de repas hebdomadaires est plus proche de deux (Ripert et al., 1996). Dans la nature, ces glossines n'auraient peut-être pas survécu (Lefèvre et al., 2003) ou survivraient moins. Par ailleurs, la fréquence à laquelle les animaux ont été soumis au lavage est bien supérieure à la réalité, ce qui peut conduire à la diminution plus rapide de l'effet du produit. On pourrait donc penser qu'en conditions réelles (dans la nature), le taux de mortalité serait bien supérieur à celui observé au laboratoire.

L'action létale du fipronil 1% est beaucoup plus forte soixante-douze heures après le gorgement des glossines, donc bien supérieure à celle sur les puces et les tiques chez lesquelles elle est de vingt-quatre heures.

(<http://www.fluoridealert.org/pesticides/lufenuron.fipronil.pets.htm>).

Cependant, des mortalités n'ont pas été observées dans l'intervalle de quatre heures de temps après l'ingestion du sang traité. Le fipronil 1% n'a donc aucun effet '*Knock Down*' ; mais tue lentement, confirmant ainsi les résultats de Petit (2002).

La courbe de survie des glossines témoins initiales (figure 14) présente une phase ascendante dans les vingt premiers jours post-traitement. La même situation est constatée dans la figure 20. Cela s'explique par le fait qu'au début de nos expériences, les conditions climatiques n'étaient pas totalement maîtrisées dans la salle de manipulation, ce qui a dû impacter sur la survie des glossines.

La comparaison des indices de survie des glossines traitées initiales et des traitées survivantes montre que les mortalités sont élevées au niveau des initiales (46%) contre 42% pour les

survivantes. Toute chose qui vient confirmer l'idée selon laquelle l'efficacité du fipronil 1% diminue avec le temps post-traitement.

Si à quarante-cinq (45) jours post-traitement, les taux de survie des deux groupes (témoin et traité) de glossines initiales sont significativement différents ( $p < 0,01$ ), ils ne le sont plus à cinquante et un (51) jours ( $p = 0,193$  au seuil de  $10^{-2}$ ), bien que ceux des témoins soient toujours légèrement supérieurs. On pourrait donc situer la rémanence du fipronil 1% sur les glossines aux alentours de cinquante et un (51) jours dans cette première phase de quinze jours suivi.

Le suivi des survivantes a également montré qu'autour du 74<sup>ème</sup> jour du temps post-traitement les effets du fipronil 1% sur la survie des traitées et des témoins ne sont pas significativement différents ( $p = 0,005$  au seuil de  $10^{-2}$ ). La rémanence du fipronil 1% dans cette seconde phase de suivi pourrait être située à soixante-quatorze (74) jours.

En définitive, l'on pourrait estimer la rémanence du fipronil 1% entre 51 jours et 74 jours quand on sait que dans la nature les glossines peuvent s'alimenter plus d'une fois sur des animaux traités. Cette rémanence est acceptable comparativement à d'autres insecticides tel que la deltaméthrine, le fluméthrine, l'alpha-cyperméthrine et l'amitraze qui ont respectivement des rémanences de trente (30) jours, vingt (20) jours, vingt-cinq (25) jours et trois (03) jours (Bouyer et *al.*, 2004). Ces rémanences comparées à celle du fipronil 1% confirment l'efficacité de celui-ci et pourraient susciter l'acceptation du fipronil 1% par les communautés d'éleveurs.

Selon Challier et Laveissière (1978), la lutte par application d'insecticides doit se faire de telle sorte que l'insecticide présente une activité rémanente d'au moins deux mois. La durée de deux mois est déterminée par la durée maximale de la période du stade pupal. Il faut, en effet, qu'après l'élimination de la fraction adulte de la population, les individus qui éclosent des pupes déposées dans le sol avant le traitement, trouvent, à leur éclosion, des dépôts encore actifs d'insecticides. Ainsi, la rémanence trouvée pour le fipronil 1% est satisfaisante dans la mesure où elle convient aux assertions de Challier et Laveissière (1978).

Laveissière et *al.* (2000) stipulent que : « Pour qu'une glossine infectée puisse transmettre le trypanosome à son tour, il faut qu'elle puisse survivre au moins 20 jours, temps moyen pour que le parasite effectue son cycle chez l'insecte ».

En se basant sur cette affirmation de Laveissière et *al.* (2000), nous pouvons dire que la durée moyenne de vie obtenue pour les glossines traitées qui est de 15,15 jours est satisfaisante en

ce sens que plus la longévité moyenne est faible moins le taux de transmission des trypanosomes sera élevé.

#### **4.2. L'effet du fipronil 1% sur la fécondité des glossines**

Les résultats obtenus ont montré que le fipronil 1%, testé sur les glossines femelles à partir du 92<sup>ème</sup> jour post-traitement, n'a pas d'effet sur les performances de reproduction des glossines. Cela nous fait suggérer trois hypothèses quant aux raisons de l'inefficacité du fipronil 1% sur la fécondité des glossines :

- hypothèse 1 : le fipronil 1% n'a effectivement pas d'effet sur la fécondité ;
- hypothèse 2 : la période de réalisation du test fût inappropriée (92<sup>ème</sup> jour post-traitement) ;
- hypothèse 3 : le mode d'alimentation des glossines sur les animaux traités, mode qui ne favorise pas le contact direct entre l'animal et la glossine.

Les deux dernières hypothèses semblent être plus plausibles dans la mesure où les résultats du test sur la survie ont révélé que la rémanence du fipronil 1% est située entre cinquante et un et soixante-quatorze jours. Ce qui signifie qu'à partir de cette période l'effet de toxicité du fipronil 1% n'y était plus ou pas assez pour induire une mortalité des glossines. Aussi, le test sur la survie a également montré que le fipronil 1% agissait par contact. Cela a été aussi constaté dans l'étude réalisée par Petit (2002). Or, dans notre cas, aucun contact n'a existé entre les glossines et l'animal ; elles s'alimentaient par perforation d'un parafilm appliqué sur les animaux.

Cependant, on pourrait s'attendre à observer des effets sur les paramètres de fécondité des glossines si :

- le test sur la fécondité avait été entamé dès l'obtention du premier taux de mortalité inférieur à 50% qui se situait entre le 45<sup>ème</sup> et le 51<sup>ème</sup> jour post-traitement ;
- le test sur la fécondité était réalisé conjointement au test sur la survie, c'est-à-dire qu'au bout des quinze premiers jours de suivi, utiliser les survivantes pour le test sur la fécondité.

Si dans notre étude le fipronil 1% s'est avéré inefficace, celle réalisée par Davey et *al.*, 1998, a par contre montré que le fipronil 1% a des effets sur la fécondité des tiques (*Boophilus microplus*) chez lesquelles le contrôle global de l'indice de reproduction est de 99,7% et la réinfestation larvaire n'est possible pendant huit semaines après le traitement.

Selon l'étude réalisée par Petit (2002), l'effet du fipronil sur la pupaison est tel qu'il augmente la production des pupes chez les glossines traitées. Par contre, il réduit les taux d'émergences. Ces résultats n'ont pas été constatés dans notre étude. Sur cette base, nous confirmons

davantage l'absence de l'effet du fipronil 1% à 92<sup>ème</sup> jour post-traitement sur la ponte et les éclosions.

La même étude, qui n'a pas trouvé de différences significatives entre les poids des pupes, a révélé des poids moyens de 23,54 mg et 24,75 mg respectivement pour des glossines (*Glossina palpalis gambiensis*) témoins et traitées au fipronil par contact tarsal unique de 5 secondes. Or dans notre étude, nous avons obtenu 24,625 mg comme poids moyen des pupes témoins et 24,717 mg pour les traitées. En supposant qu'il n'y a pas de différences significatives entre ces deux données, nous pouvons dire que nos résultats corroborent avec ceux obtenu par Petit (2002).

#### **4.3. L'effet du fipronil 1% sur la viabilité des glossines-filles**

Les analyses de survie des glossines-filles, dont les émergences ont débuté à partir du 138<sup>ème</sup> jour post-traitement, n'ont révélé aucun effet du fipronil 1% sur leur survie ( $p > 0,01$ ). Ces résultats viennent davantage confirmer l'absence d'effet constaté au niveau des performances de reproduction.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les résultats de la première phase de cette étude ont montré que le fipronil 1% appliqué sur des bovins affecte la longévité des glossines (*Glossina palpalis gambiensis*). Ils mettent en exergue l'effet d'une dose létale du fipronil 1% sur des glossines (*Glossina palpalis gambiensis*) se nourrissant sur des bovins traités et confirment les effets de l'insecticide fipronil déjà observés sur d'autres arthropodes nuisibles (tiques) pour le bétail. Ces résultats suggèrent deux idées :

- la première idée est que l'utilisation massive du fipronil sur le terrain pourrait avoir un impact important sur la transmission de la trypanosomose animale et de la maladie du sommeil en contribuant à une réduction considérable de l'effectif des glossines.
- la deuxième idée est que le fipronil 1% peut constituer des moyens additionnels de lutte contre les trypanosomoses et même contre d'autres maladies à vecteurs lorsque ces vecteurs ont pour hôtes exclusifs ou occasionnels des animaux domestiques tels que les bovins. Dans ces cas, des traitements périodiques (bimensuels) des animaux au fipronil 1% à la dose de 0,1 ml/kg de masse corporelle engendreraient une baisse notable de la transmission à travers une réduction de la longévité de ces vecteurs.

Cependant, les résultats attendus à la seconde phase de l'étude n'ont pas été atteints. En effet, les tests réalisés sur la fécondité des glossines à partir du 92<sup>ème</sup> jour post traitement ont montré que le fipronil 1% n'a pas d'effet sur les performances de la reproduction des glossines (pupaisons, éclosions et survie de la descendance).

En guise de perspectives pour nos expériences menées, nous préconisons que des études ultérieures puissent :

- ✓ appliquer cette étude en conditions de terrain afin de prouver l'efficacité du fipronil 1% ;
- ✓ être menées sur d'autres espèces de glossines d'intérêt épidémiologique, notamment sur les glossines du groupe Morsitans qui vivent dans des zones de savane où il y a abondance de bétail.

## BIBLIOGRAPHIE

**Araujo F. R., Silva M. P., and Lopes A. A., 1998.** Severe cat flea infestation of dairy calves in Brazil. *Veterinary Parasitology*, 1998, 80 (1), 83-86.

**Atrevey F., 1978.** Les glossines en République Populaire du Bénin : importance pour l'élevage, principe et méthodes d'éradication. Thèse de Doctorat Vétérinaire, 1978. Ecole inter-Etats des sciences et médecine vétérinaires de Dakar. 115 pages.

**Bancé A.Z., Ouédraogo P.A. et Dabiré R., 2006.** Etude de la rémanence du triflumuron, inhibiteur de la synthèse de la chitine, selon la nature du tissu à l'égard de la mouche tsé-tsé *Glossina palpalis gambiensis*, dans une perspective de lutte autocide. *Tropicicultura*, 2006, 24, 1, 65-72.

**Barbara G.S., Zube C., Rybak J., Gauthier M. and Grünewald B., 2005.** Acetylcholine, GABA and glutamate induce ionic currents in cultured antennal lobe neurons of the honeybee, *Apis mellifera*. *J. Comp. Physiol. Springer-Verlag*. A 191:823-836.

**Bauer B., Kaboré I., Liebisch A., Meyer F. and Petrich-Bauer J., 1992.** Simultaneous control of ticks and tsetse flies in Satiri, Burkina Faso, by the use of flumethrin *pour-on* for cattle. Centre de Recherches sur les Trypanosomoses Animales (CRTA), Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. *Trop. Med. Parasitol.*, 43, 41-46.

**Bloomquist J. R., 1996.** Ion channels as targets for insecticides, *Ann. Rev. Entomol., Web of Science*. 41:163-190.

**Bouyer J., 2009.** La dispersion des glossines. *Insectes n°153 - 2009 (2)*. Institut national de la recherche agronomique (INRA). 4 pages.

**Bouyer J., Kaboré I., Stachurski F. et Desquesne M., 2004.** Lutte contre les ectoparasites des bovins. Traitement épi cutané du bétail. Bobo-Dioulasso : centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide (CIRDES). Fiche technique : 12 pages

**Bussieras J. et Chermette R., 1991.** Parasitologie Vétérinaire. Entomologie. Service de Parasitologie. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort: Maisons Alfort. 163 pages.

**Chadwick A.J., 1997.** Use of a 0.25 per cent fipronil pump spray formulation to treat canine cheyletiellosis. *J. small Anim. Prat.*, 1997, 38, 261-262.

**Challier A. et Laveissiere C. 1973.** Un nouveau piège pour la capture des glossines (*Glossina*: Diptera, Muscidae): description et essais sur le terrain. *Cahiers ORSTOM. Série Entomologie Médicale et Parasitologie*, 11: 251-262.

**Challier A. et Laveissiere C., 1978.** La lutte contre les vecteurs de la maladie du sommeil. A *trypanosoma gambiense* dutton. Office de la recherche scientifique et technique outre-mer (ORSTOM). Collection de référence. 7 pages.

**Cole L. M., Nicholson R. A. and Casida J. E., 1993.** Action of phenylpyrazole insecticides at the GABA-gated chloride channel. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 1993, Volume 46, Issue 1. 46 (1), 47-54.

**Cox D. R., 1972.** Regression models and life table. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B* 34: 187-202.



**Cuisance D., 1989.** Le piégeage des tsé-tsé. Etudes et synthèses de l'Institut d'Élevage et de Médecines Vétérinaires Tropicales (IEMVT), n. 32. Maisons-Alfort : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), Montpellier (France). 172 pages.

**Cuisance D., Barre N., DE Deken R., 1994.** Ectoparasites des animaux : méthodes de lutte écologique, biologique, génétique et mécanique. Rev. Scie. Techn. Off. Int. Epiz., 1994, 13 (4), 1305-1356.

**Cuisance D., 1992.** Impact sur l'environnement de la lutte contre les tsé-tsé. Atelier sur les méthodes de recherche en écologie des traitements anti-acridiens en Afrique, C.R. de l'atelier CEE-CIRAD, Montpellier (France), nov. 1992, 109116.

**Dagnogo M. et Gouteux J.P., 1983.** Essai sur le terrain de différents insecticides contre *Glossina palpalis* (Robineau-Desvoidy) et *Glossina tachinoides* Westwood.1. Effet répulsif de OMS 1998, OMS 2002, OMS 200, OMS 18 et OMS 570. Cahier ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasit., 1983, 21 (1), 29-34.

**Davey R. B., Elmer H. Ahrens J. E., James G. S. Hunter III and Jeannin P., 1998.** Therapeutic and persistent efficacy of fipronil against *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) on cattle. Veterinary Parasitology (74) 1998 261–276.

**Douthwaite R.J., 1992.** Non targets effects of insecticides used in tsetse control operations. (Les effets des insecticides servant aux opérations de contrôle des mouches tsé-tsé sur des non cibles). FAO, Revue animale mondiale. 70-71 : 8-14.

**Geerts S. et Holmes P.H., 1998.** Drug management and parasite resistance in bovine trypanosomiasis in Africa. *PAAT Technical Sciences Series* N°1, FAO, Rome (Italie). 31 pages.

**Hamon H.M., Gamboa H. et Garcia M.J.E., 1996.** Le fipronil : une avancée majeure pour le contrôle du charançon de la Colombie In : Actes Conférences coton Beltwide, Nashville, Etats-Unis, vol 2, 9 au 12 jan, 1996. pp 990-994.

**Hargrove J.W. and Langley P.A., 1990.** Sterilizing tsetse in the field : a successful trial. Bulletin of Entomological Research / Volume 80 / Issue 04 / December 1990, pp 397-403.

**Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), 2012.** Fiche toxicologique 286. Fipronil. Edition 2012. Paris cedex. France. 8 pages.

**Itard J., 1986.** Les glossines ou mouche tsé-tsé. CIRAD - Etudes et synthèses de l'EMVT. Maisons-Alfort: Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux.155 pages.

**Janssen D., Derst C., Buckinx R., Van den Eynden J., Rigo J. M. and Van Kerkhove E., 2007.** Dorsal unpaired median neurons of *Locusta migratoria* express ivermectin-and fipronil-sensitive glutamate-gated chloride channels. J. Neurophysiol. 97: 2642-2650.

**Kaakeh W., Reid B.L. and Bennet G.W., 1997.** Toxicity of fipronil to german and american cockroaches. Entomologica Experimentalis and Applicata, Kluwer Academic Publishers. Printed in Belgium. 1997, 84, 229-237.

**Kaplan EL and Meier P., 1958.** Non parametric estimation from incomplete observations. Journal of the American Statistical Association, Vol. 53, No. 282 (Jun., 1958), pp 457-81.

**Lacombe J. P., 1993.** Possibilités d'utilisation du fipronil contre les Taupins. ANPP-Troisième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture. Montpellier (France), déc. 1993, pp 7-9.

**Lancien J. 1981.** Description du piège monoconique utilisé pour l'élimination des glossines en République Populaire du Congo. Cahiers ORSTOM. Série Entomologie Médicale et Parasitologie, 19:235-238.

**Lancien J., 1991.** Lutte contre la maladie du sommeil dans le sud-est Ouganda par piégeage des glossines. ORSTOM. Ann. Soc. Belg. Méd. Trop., 1991, 71 (Suppl.1), 35-47.

**La Rocque S. et Cuisance D., 2005.** La tsé-tsé, une mouche singulière et dangereuse ! Institut national de la recherche agronomique (INRA). Insectes 27 n°136 - 2005 (1). 5 pages.

**La Rocque S. et Dia M. L., 2001.** Les moyens de lutte contre la trypanosomose animale. (38-44) In Utilisation des trypanocides en Afrique Sub-saharienne. Actes du séminaire sous régional tenu du 06 au 09 février 2001. Dakar : École Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar (EISMV). 170 pages.

**Laveissière C., Couret, D. et Kienon J.P., 1980.** Lutte contre les glossines riveraines à l'aide de pièges biconiques imprégnés d'insecticides en zone savane humide. Description du milieu, du matériel et de la méthode. Cahiers ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasit., 1980, 18 (3), 201-207.

**Laveissière C., Couret D., Manno A. 1987.** Importance de la nature des tissus dans la lutte par piégeage contre les glossines. Cahiers ORSTOM. Série Entomologie Médicale et Parasitologie, 25(34) : 133-143.

**Laveissière C., Grébaut P. 1990.** Recherches sur les pièges à glossines (Diptera: Glossinidae). Mise au point d'un modèle économique : Le piège «Vavoua». Tropical Medicine and Parasitology, 41:185- 192.

**Laveissière C., Grébaut P., Herder S. et Penchenier L., 2000.** Les glossines vectrices de la Maladie du Sommeil. Institut de Recherche pour le Développement. Organisation de Coordination pour la lutte contre les Endémies en Afrique centrale (OCEAC), Yaoundé, Cameroun. 257 pages.

**Leak, S. A., 1999.** Tsetse biology and ecology. Their role in the epidemiology and control of trypanosomosis. CABI publishing, UK, 529 pages.

**Lefevre P.-C., Blancou J. et Chermette R., 2003.** Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail. Europe et régions chaudes : Maladies bactériennes. Mycoses. Maladies parasitaires. Editions Médicales Internationales, Lavoisier, 2003 : Paris, 1695-1724.

**Maillard J. C. et Provost A., 1975.** Recherche du pouvoir pathogène de *Bacillus thuringiensis* sur les glossines (Diptera-Muscidae). Etude sur *Glossina tachinoides* en République du Tchad. Revue d'Élevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux, 1975, 28 (1) : 61-65.

**Mawuena K. et Yacnambe S., 1988.** L'utilisation des pièges et écrans imprégnés d'insecticide pour la lutte contre la trypanosomose animale. Revue Elev. Méd. vét. Pays trop., 1988, 41 (1), 93-96.

- Mérot P., Politzar H., Tamboura I, et Cuisance D., 1984.** Résultats d'une campagne de lutte contre les glossines riveraines en Burkina par l'emploi d'écrans imprégnés de deltaméthrine. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1984, 37 (2), 175-184.
- Mouhim A., Chihrane J. et Cherkaoui S., 1998.** Evaluation de la toxicité et de la rémanence du Fipronil appliqué à faibles doses contre le Criquet marocain et sauteriaux dans le massif de Siroua (Maroc). - Rapport de recherche du Centre national de lutte antiacridienne (CNLAA). Maroc, 25 pages.
- Mouhim A., Raji I. L., Cherkaoui S. et Ouzane M., 1996.** Effets du fipronil sur le criquet marocain (*Dociostaurus maroccanus*) en association avec les sauteriaux et son impact sur les insectes non-cibles. Rapport du Centre national de lutte antiacridienne (CNLAA). Maroc, 1996, 30 pages.
- Mrad E., 2011.** Les antiparasitaires externes chez les carnivores domestiques. Thèse de doctorat en médecine vétérinaire. Ecole nationale de médecine vétérinaire de Sidi Thabet. 152 pages.
- Petit L. M., 2002.** Efficacité comparée, en laboratoire, du fipronil et de la deltaméthrine par contact tarsal sur *Glossina morsitans morsitans* et *Glossina palpalis gambiensis*. Thèse : 2002 – TOU 3 – 4116. Ecole nationale vétérinaire de Toulouse (France). 95 pages.
- Pollock J.N., 1992.** Biologie, systématique et répartition des tsé-tsé. Manuel de lutte contre la mouche tsé-tsé, volume 1. FAO. Rome (Italie). 310 pages.
- Pollock J.N., 1996.** Ecologie et comportement des tsé-tsé. Manuel de lutte contre la mouche tsé-tsé volume 2. FAO. Rome (Italie). 117 pages.
- Pollock J. N., 1982.** Training manual for tsetse control personnel. Volume I. Tsetse biology, systematics and distribution; techniques. FAO. Rome (Italie). 274 pages.
- Postal J.M., Jeanin P. and Consalvi P.J., 1995.** Field efficacy of a mechanical pump spray formulation containing 0.25% fipronil in the traitement and control of flea infestation and associated dermatological signs in dogs and cats. *Vet. Dermatol.*, 1995, 6, 153-158.
- Ramesh C., 2007.** Insecticides and molluscides. *Veterinary Toxicology*. Elsevier Science. 502 pages.
- Rayaissé J. B., 2011.** Development of tools to control Palpalis group tsetse flies in West Africa. Thèse présentée à la Faculté des Sciences. Institut de Biologie de l'Université de Neuchâtel. 142 pages.
- Ripert C., Pajot F -X., Vincendeau P. et Gomez E. F., 1996.** Epidémiologie des maladies parasitaires. Protozooses et helminthoses, réservoirs, vecteurs et transmission. Tome 1. Protozooses. Editions Médicales Internationales, 1996. 393 pages.
- Scott J. G. and Wen Z., 1997.** Toxicity of fipronil to susceptible and resistant strains of german cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae) and house flies (Diptera: Muscidae). *Journal of Economic Entomology*, 1997, 90 (5), 1152-1156.
- Verdier C. J., 2005.** Etude expérimentale des effets de la moxidectine sur *Glossina palpalis gambiensis* et *Glossina morsitans morsitans*. Thèse : 2005 – TOU 3 – 4032. 175 pages.

## SITES INTERNET CONSULTES

**CBIPvet.** Folia veterinaria 2014 n°1 (a). URL : <http://www.cbip-vet.be/fr/frinfos/frfolia/14FVF1a.php> (consulté le 25 juin 2014).

**Fluoride Action Network.** Lufenuron and Fipronil. Current Uses in Pets. URL : <http://www.fluoridealert.org/pesticides/lufenuron.fipronil.pets.htm> (consulté le 25 juin 2014).

**R Development Core Team, 2014.** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL: <http://www.R-project.org> (consulté le 15 juillet 2014).

# **ANNEXES**

## Annexe 1 : Tables de survie

Description détaillée de l'estimateur de Kaplan-Meier de la fonction survie des différentes colonies de glossines initiales

Colonies	Colonie 1		Colonie 2		Colonie 3		Colonie 4		Colonie 5		Colonie 6		Colonie 7		Colonie 8		Colonie 9	
Période de lâcher (jour post traitement)	7		10		16		24		45		51		60		62		64	
Traitement	TE	TR	TE	TR	TE	TR	TE	TR	TE	TR	TE	TR	TE	TR	TE	TR	TE	TR
Durée moyenne de vie (jours)	9,256	0,195	13,278	3,728	12,373	5,063	14,230	6,784	14,072	10,562	14,276	12,885	14,222	13,633	14,340	14,112	14,57	14,24
Indice de survie	0,46	0	0,85	0,13	0,78	0,26	0,91	0,33	0,88	0,55	0,89	0,83	0,92	0,88	0,91	0,90	0,94	0,92
p	< 0,01		< 0,01		< 0,01		< 0,01		< 0,01		0,193		0,32		0,759		0,568	
Médiane de survie (jours post lâcher)	10	0,25	ID	2	ID	2	ID	3	ID	15	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
Risque relatif de mortalité	1,85		5,8		3,36		7,44		3,75		1,55		1,5		1,11		1,33	

Description détaillée de l'estimateur de Kaplan-Meier de la fonction survie des différentes colonies de survivantes

Colonies	Colonie 1		Colonie 2		Colonie 3		Colonie 4		Colonie 5		Colonie 6		Colonie 7		Colonie 8	
Période de lâcher (jour post traitement)	26		31		39		61		69		74		76		81	
Traitement	TE	TR	TE	TR	TE	TR	TE	TR	TE	TR	TE	TR	TE	TR	TE	TR
Durée moyenne de vie (jours)	13,634	7,167	13,669	4,020	14,307	4,172	14,092	3,080	14,061	9,046	14,359	11,701	14,174	12,663	14,256	13,378
Indice de survie	0,82	0,33	0,87	0,20	0,85	0,14	0,90	0,08	0,88	0,50	0,88	0,71	0,88	0,80	0,88	0,87
p	< 0,01		< 0,01		< 0,01		< 0,01		< 0,01		0,005		0,111		0,738	
Médiane de survie (jours post lâcher)	-	3	-	1	-	1	-	1	-	15	-	-	-	-	-	-
Risque relatif de mortalité	3,72		6,15		5,73		9,2		4,17		2,42		1,67		1,08	

Description détaillée de l'estimateur de Kaplan-Meier de la fonction survie des différentes colonies de glossines filles

Colonies	Colonie 1		Colonie 2		Colonie 3	
Début des émergences / jour post traitement	107		153		167	
Traitement	TE	TR	TE	TR	TE	TR
Durée moyenne de vie (jours)	6,85	7,16	7,21	7,32	7,88	7,76
P	0,00641		0,128		0,705	

Annexe 2 : Synthèse des données brutes de fécondité

Colonie	Traitement	Ordre de pontes	Taux de ponte (%)	Taux de pupes mal formées (%)	Taux d'avortons (%)	Poids moyen (mg)	Taux de pupes au poids < 25 mg	Taux de pupes au poids = 25 mg	Taux de pupes au poids > 25 mg	Taux d'éclosions (%)
1 <sup>ère</sup>	Témoins	1ère	88,298	0	0	25,458	38,554	13,253	48,193	98,795
1 <sup>ère</sup>	Traitées	1ère	77,083	0	0	24,973	41,892	13,514	44,595	97,297
1 <sup>ère</sup>	Témoins	2ème	90,217	0	0	23,904	55,422	18,072	26,506	100
1 <sup>ère</sup>	Traitées	2ème	91,398	0	0	24,965	40	17,647	42,353	100
1 <sup>ère</sup>	Témoins	3ème	98,901	0	0	25,222	40	10	50	97,778
1 <sup>ère</sup>	Traitées	3ème	97,802	0	0	24,775	47,191	17,978	34,831	98,876
2 <sup>ème</sup>	Témoins	1ère	84,536	0	0	24,512	43,902	21,951	34,146	100
2 <sup>ème</sup>	Traitées	1ère	95,789	0	0	24,297	57,143	13,187	29,67	100
2 <sup>ème</sup>	Témoins	2ème	96,907	0	0	24,809	42,553	14,894	42,553	98,936
2 <sup>ème</sup>	Traitées	2ème	91,304	0	1,19	25,667	33,333	13,095	54,762	97,619
2 <sup>ème</sup>	Témoins	3ème	94,565	0	0	24,69	47,126	14,943	37,931	95,402
2 <sup>ème</sup>	Traitées	3ème	88,764	0	0	24,051	48,101	17,722	34,177	100
3 <sup>ème</sup>	Témoins	1ère	95,349	0	0	24,11	51,22	17,073	31,707	100
3 <sup>ème</sup>	Traitées	1ère	94,318	0	0	23,88	63,855	10,843	25,301	96,386
3 <sup>ème</sup>	Témoins	2ème	80	0	0	24,426	52,941	10,294	36,765	98,529
3 <sup>ème</sup>	Traitées	2ème	95,349	0	0	25,268	42,683	9,756	47,561	98,780
3 <sup>ème</sup>	Témoins	3ème	96,341	0	0	24,494	48,101	11,392	40,506	97,468
3 <sup>ème</sup>	Traitées	3ème	91,566	0	0	25,575	30,263	11,842	57,895	100

### Annexe 3 : Scripts des analyses des analyses de survie sur R 3.0.3

```
##### STATISTIQUES DESCRIPTIVES #####  
surv<-read.table("survie.boureima.txt",header=T,dec=",")  
summary(surv)  
attach(surv)  
table(jour.post.traitement)  
surv2<-subset(surv,mort==1)  
summary(surv2)  
attach(surv2)  
tapply(jour,traitement,mean)  
##### COURBES DE SURVIE #####  
library(survival)  
attach(surv)  
model<-survfit(Surv(jour,mort)~traitement)  
plot(model,ylab="indice de survie",xlab="jour",col=c("blue","red"),axes=F)  
box()  
axis(1,at=c(1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15),label=c(1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15))  
axis(2,las=1)  
legend("topright",c("Témoins", "Traitées"),col=c("blue","red"),bty="n",lty=c(1,1))  
library(ggplot2)  
none <- element_blank()  
ggplot(surv,aes(x=jour.post.traitement,y=jour,fill=traitement,colour=traitement))+coord_cartesian()+stat_smooth()+theme(panel.grid.major = none,panel.grid.minor = none)+ theme(panel.background = none) + theme(panel.border = none) + theme(axis.line = element_line(colour = "grey50"))  
##### ANALYSE STATISTIQUES #####  
mod1<-coxph(Surv(jour,mort)~traitement*jour.post.traitement)  
summary(mod1)  
mod2<-coxph(Surv(jour,mort)~traitement)  
summary(mod2)  
##### TEST DE WILCOXSON #####  
library(survival)  
attach(surv)  
survdiff(Surv(jour.post.emergence,mort==1)~traitement,rho=1)
```



#### Annexe 4 : Résumé du test t de Student sur les variables de fécondité

Tests t						
Effets significatifs marqués à $p < 0,05$						
Groupe 1: Témoins Groupe 2: Traitées						
	Moyenne Témoins	Moyenne Traitées	Valeur t	p	Ecart-type Témoins	Ecart-type Traitées
Taux de ponte (%)	91,679	91,486	0,066	0,948	6,364	6,085
Taux de pupes mal formées (%)	00	00	-		00	00
Taux d'avortons (%)	00	0,132	-1	0,332	00	0,397
Poids moyen d'une pupe (mg)	24,625	24,717	-0,824	0,422	0,493	0,682
Taux de pupes au poids < 25 mg	46,647	44,940	0,421	0,680	5,851	10,669
Taux de pupes au poids = 25 mg	14,652	13,954	0,418	0,682	3,940	3,109
Taux de pupes au poids > 25 mg	38,701	41,238	-0,565	0,580	7,571	11,133
Taux d'éclosions (%)	98,545	98,773	-0,334	0,743	1,508	1,380



**Fiche 3 : suivi des pontes**

Pontes de la colonie .....

Date d'accouplement : .....

Identités des bœufs : Témoins = ... ; Traités = ...

Date de suivi	Effectif	Traitement	Ordre de pontes	Nombre de pupes pondues	Nombre de pupes mal formées	Nombre d'avortons

**Fiche 4 : suivi des émergences**

Émergences de la colonie ....

Date d'accouplement : .....

Identités des bœufs : Témoins = ... ; Traités = ...

Ordre de ponte : ...

Nombre initial de pupes : témoins = ... ; traités = ...

Date émergence	Effectif des pupes	Traitement	Nombre de pupes écloses/émergences	Nombre de pupes non écloses

