

L. Laroche, S. Ravel, T. Baldet, R. Lancelot, F. Chandre, M. Rossignol, V. Le Goff, M. Duhayon, J-F. Fafet, A. G. Parker & J. Bouyer







Introduction

Mouche tsé-tsé (glossine) principal vecteur trypanosomoses africaines :

> Humaine : Maladie du sommeil

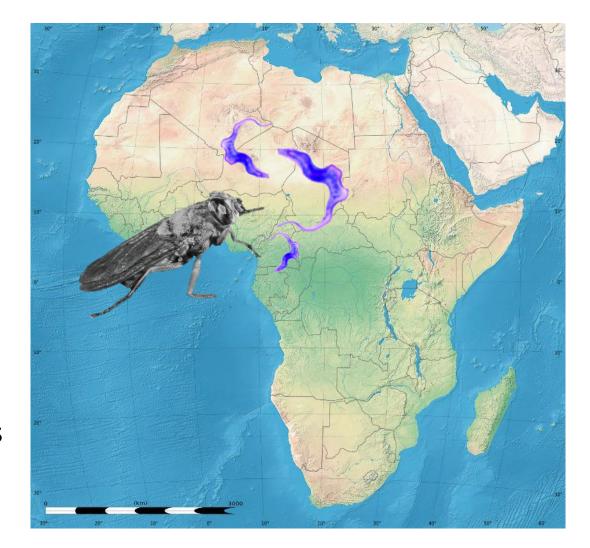
> Animale : Nagana

Parasites

> Trypanosoma sp.

Maladies tropicales négligées

Impact sur santé publique et développement économique des pays d'Afrique Subsaharienne



Introduction

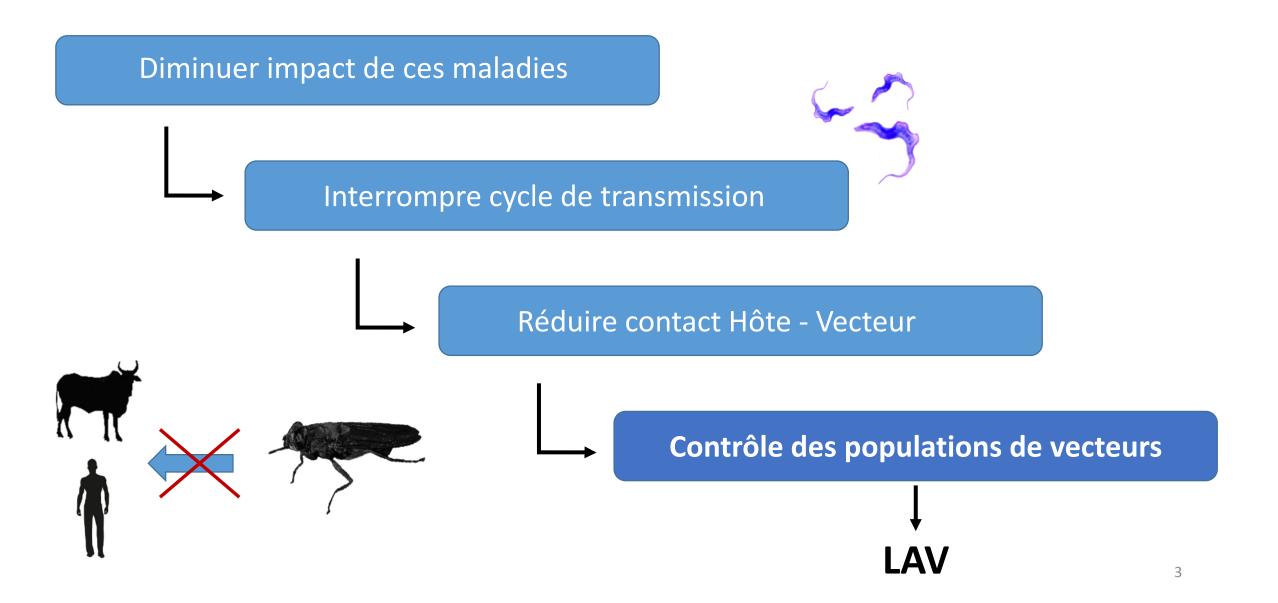
VECTEUR

- Vecteur principal des parasites responsables des trypanosomoses
- Transmission Nagana, impact sur le bétail, diminution de la production animale, et ressources alimentaires
- Responsable persistance des foyers résiduels de la maladie du sommeil en zones forestières et savanes d'Afrique de l'Ouest



Glossina palpalis gambiensis

Introduction



Objectifs



Projet REVOLINC

Développer des méthodes innovantes et respectueuses de l'environnement pour lutter contre les insectes vecteurs

- > Réduire impact trypanosomoses
- Contrôle des populations de glossines riveraines
- ➤ Nouvelle approche de la TIS : Boosted SIT

Objectifs

Technique de l'Insecte Stérile (TIS)



1/ Élevage de masse Glossina palpalis gambiensis





2/ Stérilisation des ♂ par irradiation



3/ Lâchers aériens de & stérilisés

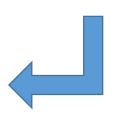
TIS: Stérilisation des

♀ sauvages après
accouplement



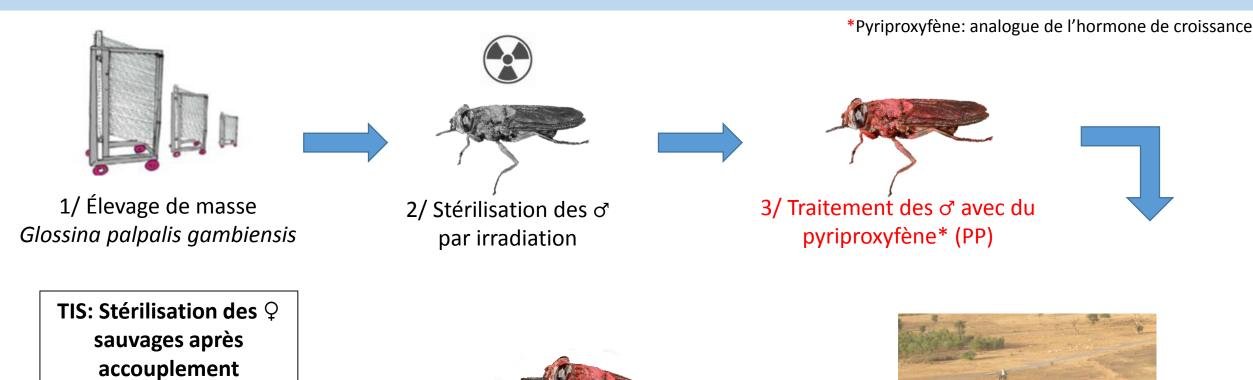


4/ Accouplement des ♂ stériles avec les ♀ sauvages



Objectifs

Boosted SIT (Bouyer et Lefrançois, 2014) : Utiliser les mâles stériles comme disséminateurs de biocide



+

Boosted TIS: stérilisation des Q déjà inséminées ET qui ont refusé l'accouplement



5/ Accouplement des ♂ stériles traités PP avec les ♀ sauvages



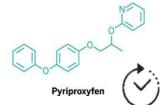
4/ Lâchers aériens de d' stériles traités au PP

Objectifs spécifiques

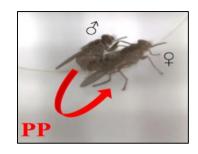
Les objectifs sont d'étudier :

 L'impact d'une formulation de pyriproxyfène (PP) sur la survie des ♂ stériles traités





- 2. La **rémanence** du PP sur les ♂ stériles traités
- 3. Le taux de **transfert** du PP des ♂ stériles traités aux ♀ lors de l'accouplement





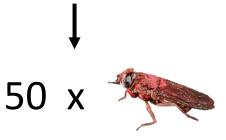
4. L'impact du PP sur la production et la viabilité des pupes produites par les ♀ accouplées aux ♂ stériles traités

Matériel et méthode

Traitement des mâles stériles avec le PP :

- Mâles stériles Glossina palpalis gambiensis provenant de l'insectarium de l'AIEA
- ➤ Lot de 50 ♂ stériles endormis sur glace, mis en pot + 35 mg de formulation (F15) en poudre rose, concentrée à 40% de PP
- Quantification du pyriproxyfène par dosage HPLC* sur les échantillons



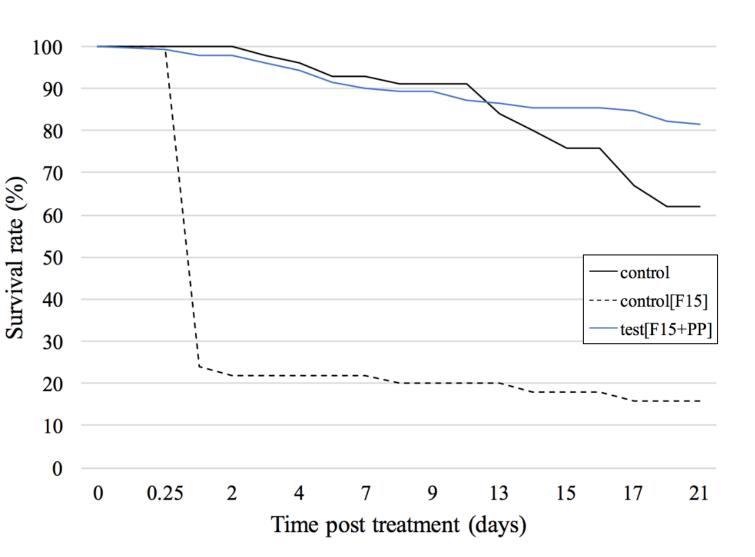


1. Survie des ♂

2. Rémanence PP

3. Transfert PP

4. Impact ♀



Pas de différence significative entre la survie des d' stériles contrôle et traités (test)

Pas d'impact poudre PP (40%) sur la survie des ♂ stériles

Cependant : impact (-) de la poudre sans PP sur la survie des & stériles

Hypothèses:

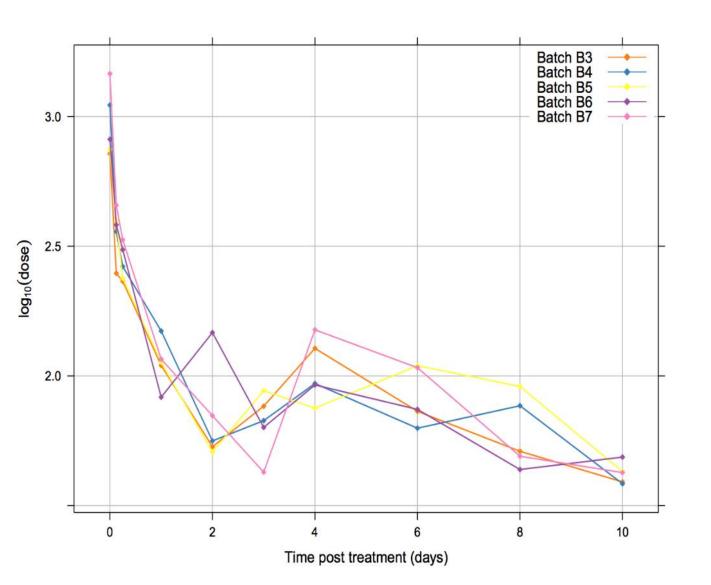
- Densité différente entre les deux poudres (taille des particules)
- Poudre plus fine, pouvant obstruer les stigmates respiratoires des & stériles

1. Survie des 🗸

2. Rémanence PP

3. Transfert PP

4. Impact ♀



Perte significative de PP sur les & stériles au cours du temps

- Rémanence d'une quantité suffisante (~100 ng / ♂) 10 jours
- ➤ 100 ng PP / ♂ perturbent le potentiel reproducteur de la partenaire ♀ chez Glossina morsitans morsitans (Langley et al., 1990)

1. Survie des 🗸

2. Rémanence PP

3. Transfert PP

4. Impact $\stackrel{\frown}{=}$

(1/2)

[♂ stériles traités PP] X [♀ vierges]

Accouplements individuels

✓ Toutes les ♀ ont accepté l'accouplement (n = 60)

~ 50 ng PP / Q





1. Survie des 🗸

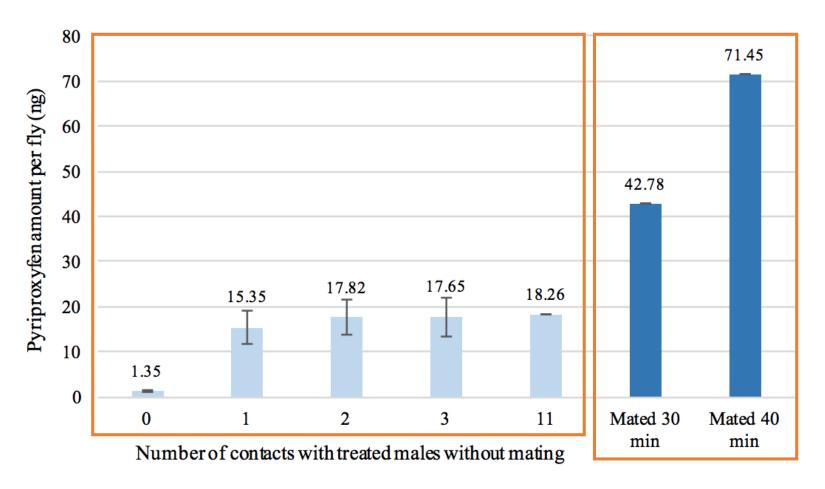
2. Rémanence PP

3. Transfert PP

4. Impact ♀

(2/2)

[♂ stériles traités PP] X [♀ déjà inséminées]



Seules 2 ♀ ont accepté un
 2nd accouplement

Contacts sans accouplement

- ➤ 28 ♀ déjà inséminées ont refusé l'accouplement
- > 10 ng PP / ♀ après au moins 1 contact avec le ♂

1. Survie des 🗸

2. Rémanence PP

3. Transfert PP

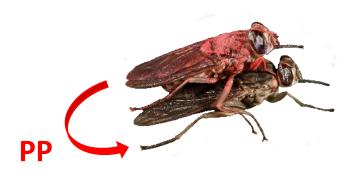
4. Impact ♀

Transfert \rightarrow effectif, au cours de :

Accouplement

&

Contacts sans accouplement Harcèlement des 👌



Dans les deux cas, quantité moyenne > 10 ng PP / Q

 \succ 10 ng PP / ♀ conduit à une progéniture non viable chez *Glossina morsitans morsitans* (Langley et al., 1990)

Comportement de **harcèlement** des & utile à la Boosted SIT, impact sur :

Q déjà inséminées (non ciblées avec la TIS standard)

1. Survie des

2. Rémanence PP

3. Transfert PP

Treatment	Cross schedule	Initial females (No.)	Pupal Production (No.)	Abortions (No.)	% Pupal Reduction	% Adult Emergence
	C1 ♀ + fertile ♂ (external laboratory)	44	50	_	NR (1.14)*	96
	C2 ♀ + fertile ♂ (climate chamber A)	40	48	9	NR 1.20	0
Control groups	C3 ♀ + fertile ♂ (climate chamber B)	40	85	5	NR(2.13)	0
	C4♀+ sterile♂	43	1	52	98(0.02)	0
	C5 ♀+[50% fertile ♂ - 50% sterile ♂]	40	34	26	29(0.85)	0
Treated groups	T1 ♀ + PP fertile ♂	45	80	18	NR (1.78)	0
	T2 ♀ + PP sterile ♂	42	2	64	96(0.05)	0
	T3 ♀ +[50% fertile ♂- 50% PP sterile ♂]	34	12	26	71(0.35)	0
Treated groups	$T4 \circ + fertile \circ replaced by sterile \circ after 24 h$	40	63	12	NR(1.58)	0
	T5 ♀ + fertile ♂ replaced by PP fertile ♂ after 24 h	40	68	9	NR(1.70)	0
	T6 ♀ + fertile ♂ replaced by PP sterile ♂ after 24 h	40	69	6	NR(1.73)	0
	$T7 \ Q + sterile \ 3 \ replaced by PP sterile \ 3 \ after 24 \ h$	45	1	60	98(0.02)	0

1. Survie des

2. Rémanence PP

3. Transfert PP

Treatment	Cross schedule	Initial females (No.)	Pupal Production (No.)	Abortions (No.)	% Pupal Reduction	% Adult Emergence
Control groups	C1 ♀ + fertile ♂ (external laboratory)	44	50	_	NR (1.14)*	96
	C2 ♀ + fertile ♂ (climate chamber A)	40	48	9	NR 1.20	0
	C3 ♀ + fertile ♂ (climate chamber B)	40	85	5	NR(2.13)	0
	C4♀+ sterile♂	43	1	52	98(0.02)	0
	C5 ♀+[50% fertile ♂ - 50% sterile ♂]	40	34	26	29(0.85)	0
	T1♀+PP fertile ♂	45	80	18	NR (1.78)	0
Treated groups	T2 ♀+PP sterile ♂	42	2	64	96(0.05)	0
	T3 ♀ +[50% fertile ♂- 50% PP sterile ♂]	34	12	26	71(0.35)	0
Treated groups	$T4 \circ + fertile \circ replaced by sterile \circ after 24 h$	40	63	12	NR(1.58)	0
	T5 ♀ + fertile ♂ replaced by PP fertile ♂ after 24 h	40	68	9	NR(1.70)	0
	T6 ♀ + fertile ♂ replaced by PP sterile ♂ after 24 h	40	69	6	NR(1.73)	0
	T7♀+ sterile ♂ replaced by PP sterile ♂ after 24 h	45	1	60	98(0.02)	0

1. Survie des 🗸

2. Rémanence PP

3. Transfert PP

4. Impact ♀

C4, T2 et T7 : réduction significative de la production de pupes (98%, 96% and 98%) + augmentation du nombre d'avortons

✓ Irradiation des ♂ efficace

1. Survie des 🗸

2. Rémanence PP

3. Transfert PP

Treatment	Cross schedule	Initial females (No.)	Pupal Production (No.)	Abortions (No.)	% Pupal Reduction	% Adult Emergence
	C1 ♀ + fertile ♂ (external laboratory)	44	50	_	NR (1.14)*	96
	C2 ♀ + fertile ♂ (climate chamber A)	40	48	9	NR 1.20	0
Control groups	C3 ♀ + fertile ♂ (climate chamber B)	40	85	5	NR(2.13)	0
	C4♀+ sterile ♂	43	1	52	98(0.02)	0
	C5 ♀ +[50% fertile ♂ - 50% sterile ♂]	40	34	26	29(0.85)	0
Treated groups	T1 ♀ + PP fertile ♂	45	80	18	NR (1.78)	0
	T2 ♀ + PP sterile ♂	42	2	64	96(0.05)	0
	T3 ♀ +[50% fertile ♂- 50% PP sterile ♂]	34	12	26	71(0.35)	0
Treated groups	$ extbf{T4}$ $ extstyle +$ fertile $ extstyle \delta$ replaced by sterile $ extstyle \delta$ after 24 h	40	63	12	NR(1.58)	0
	T5 Q + fertile \mathcal{S} replaced by PP fertile \mathcal{S} after 24 h	40	68	9	NR(1.70)	0
	T6 9 + fertile 3 replaced by PP sterile 3 after 24 h	40	69	6	NR(1.73)	0
	T7 Q + sterile 3 replaced by PP sterile 3 after 24 h	45	1	60	98(0.02)	0

1. Survie des 🗸

2. Rémanence PP

3. Transfert PP

4. Impact ♀

C4, T2 et T7 : réduction significative de la production de pupes (98%, 96% and 98%) + augmentation du nombre d'avortons

✓ Irradiation des ♂ efficace

T4 et T6 : pas de réduction significative de production de pupes dans lots où les d'fertiles ont été remplacés 24h après par des d'stériles (traités ou non au PP)

✓ Pas d'action du PP sur la production de pupes

1. Survie des

2. Rémanence PP

3. Transfert PP

Treatment	Cross schedule	Initial females (No.)	Pupal Production (No.)	Abortions (No.)	% Pupal Reduction	% Adult Emergence
	C1 ♀ + fertile ♂ (external laboratory)	44	50	_	NR (1.14)*	96
	C2 ♀ + fertile ♂ (climate chamber A)	40	48	9	NR 1.20	0
Control groups	C3 ♀ + fertile ♂ (climate chamber B)	40	85	5	NR(2.13)	0
	C4♀+ sterile♂	43	1	52	98(0.02)	0
	C5 ♀+[50% fertile ♂ - 50% sterile ♂]	40	34	26	29(0.85)	0
	T1♀+PP fertile♂	45	80	18	NR (1.78)	0
Treated groups	T2 ♀ + PP sterile ♂	42	2	64	96(0.05)	0
	T3 ♀ +[50% fertile ♂- 50% PP sterile ♂]	34	12	26	71(0.35)	0
Treated groups	$T4 \circ + fertile \circ replaced by sterile \circ after 24 h$	40	63	12	NR(1.58)	0
	T5 ♀ + fertile ♂ replaced by PP fertile ♂ after 24 h	40	68	9	NR(1.70)	0
	T6 ♀ + fertile ♂ replaced by PP sterile ♂ after 24 h	40	69	6	NR(1.73)	0
	T7 Q + sterile 3 replaced by PP sterile 3 after 24 h	45	1	60	98(0.02)	0

1. Survie des 🗸

2. Rémanence PP

3. Transfert PP

4. Impact ♀

C4, T2 et T7 : réduction significative de la production de pupes (98%, 96% and 98%) + augmentation du nombre d'avortons

✓ Irradiation des ♂ efficace

T4 et T6 : pas de réduction significative de production de pupes dans lots où les d'fertiles ont été remplacés 24h après par des d'stériles (traités ou non au PP)

✓ Pas d'action du PP sur la production de pupes

T1 : pas réduction du nombre de pupes produites par ♀ accouplées avec ♂ fertiles PP

✓ Pas d'action du PP sur la production de pupes

1. Survie des

2. Rémanence PP

3. Transfert PP

Treatment	Cross schedule	Initial females (No.)	Pupal Production (No.)	Abortions (No.)	% Pupal Reduction	% Adult Emergence
Control groups	C1 Q + fertile δ (external laboratory)	44	50	_	NR (1.14)*	96
	C2 ♀ + fertile ♂ (climate chamber A)	40	48	9	NR 1.20	0
	C3 ♀ + fertile ♂ (climate chamber B)	40	85	5	NR(2.13)	0
	C4♀+ sterile ♂	43	1	52	98(0.02)	0
	C5 ♀ +[50% fertile ♂ - 50% sterile ♂]	40	34	26	29(0.85)	0
Treated groups	T1 Q + PP fertile \eth	45	80	18	NR (1.78)	0
	T2 ♀ + PP sterile ♂	42	2	64	96(0.05)	0
	T3 ♀ +[50% fertile ♂- 50% PP sterile ♂]	34	12	26	71(0.35)	0
Treated groups	$T4 \circ + fertile \circ replaced by sterile \circ after 24 h$	40	63	12	NR(1.58)	0
	T5 ♀ + fertile ♂ replaced by PP fertile ♂ after 24 h	40	68	9	NR(1.70)	0
	T6 ♀ + fertile ♂ replaced by PP sterile ♂ after 24 h	40	69	6	NR(1.73)	0
	$T7 \ Q + sterile \ 3 \ replaced by PP sterile \ 3 \ after 24 \ h$	45	1	60	98(0.02)	0

1. Survie des 🗸

2. Rémanence PP

3. Transfert PP

4. Impact \mathfrak{P}

C4, T2 et T7 : réduction significative de la production de pupes (98%, 96% and 98%) + augmentation du nombre d'avortons

✓ Irradiation des ♂ efficace

T4 et T6 : pas de réduction significative de production de pupes dans lots où les d'fertiles ont été remplacés 24h après par des d'stériles (traités ou non au PP)

✓ Pas d'action du PP sur la production de pupes

T1 : pas réduction du nombre de pupes produites par ♀ accouplées avec ♂ fertiles PP

✓ Pas d'action du PP sur la production de pupes

C1 (situé dans un autre insectarium) : émergence des adultes 96%

1. Survie des 🗸

2. Rémanence PP

3. Transfert PP

Treatment	Cross schedule	Initial females (No.)	Pupal Production (No.)	Abortions (No.)	% Pupal Reduction	% Adult Emergence
Control groups	C1 ♀ + fertile ♂ (external laboratory)	44	50	_	NR (1.14)*	96
	C2 $♀$ + fertile $♂$ (climate chamber A)	40	48	9	NR 1.20	0
	C3 ♀ + fertile ♂ (climate chamber B)	40	85	5	NR(2.13)	0
	C4♀+ sterile♂	43	1	52	98(0.02)	0
	C5 ♀+[50% fertile ♂ - 50% sterile ♂]	40	34	26	29(0.85)	0
Treated groups	T1♀+PP fertile♂	45	80	18	NR (1.78)	0
	T2 ♀ + PP sterile ♂	42	2	64	96(0.05)	0
	T3 ♀ +[50% fertile ♂- 50% PP sterile ♂]	34	12	26	71(0.35)	0
Treated groups	$ extbf{T4}$ $ extstyle +$ fertile $ extstyle \delta$ after 24 h	40	63	12	NR(1.58)	0
	T5 ♀ + fertile ♂ replaced by PP fertile ♂ after 24 h	40	68	9	NR(1.70)	0
	T6 ♀ + fertile ♂ replaced by PP sterile ♂ after 24 h	40	69	6	NR(1.73)	0
	T7♀+ sterile ♂ replaced by PP sterile ♂ after 24 h	45	1	60	98(0.02)	0

1. Survie des 🔿

2. Rémanence PP

3. Transfert PP

4. Impact ♀

C4, T2 et T7 : réduction significative de la production de pupes (98%, 96% and 98%) + augmentation du nombre d'avortons

✓ Irradiation des ♂ efficace

T4 et T6 : pas de réduction significative de production de pupes dans lots où les d'fertiles ont été remplacés 24h après par des d'stériles (traités ou non au PP)

✓ Pas d'action du PP sur la production de pupes

T1 : pas réduction du nombre de pupes produites par ♀ accouplées avec ♂ fertiles PP

✓ Pas d'action du PP sur la production de pupes

C1 (situé dans un autre insectarium) : émergence des adultes 96%

C2 à T7 : pas d'émergence d'adultes des pupes produites après 30 jours, pour les groupes contrôles C2 C3 C4 C5 possible contamination du PP au laboratoire (malgré précautions prises), poudre PP très efficace -> à manipuler avec précaution

Conclusion : Action du PP uniquement sur le développement pupal

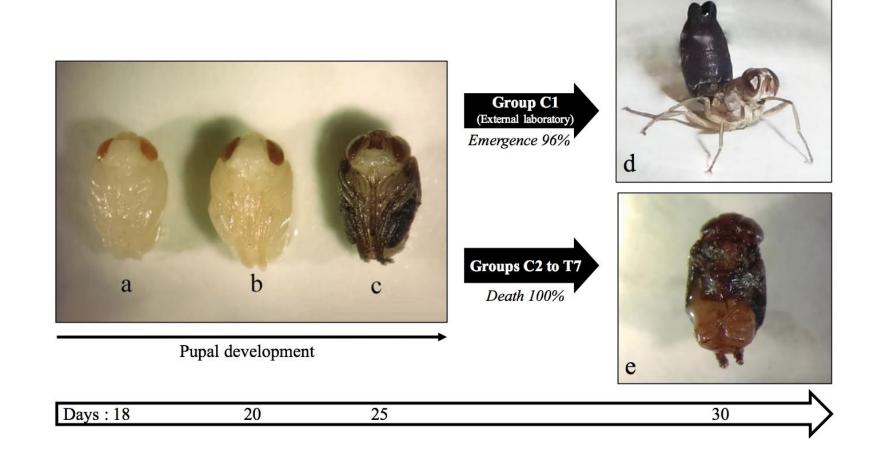
1. Survie des 🗸

2. Rémanence PP

3. Transfert PP

4. Impact ♀

Action du pyriproxyfène sur le <u>développement pupal</u> de *Glossina palpalis gambiensis*



Conclusions

Cette étude a montré que :

✓ Pas d'impact PP sur la survie des ♂ stériles

- ✓ Quantité suffisante PP sur les ♂ jusqu'à 10 j après traitement
- ✓ Impact négatif du PP sur le taux d'émergence des adultes de G. p. gambiensis

Approche Boosted SIT à grande échelle, pourrait cibler simultanément :

♀ vierges (action TIS)

ET

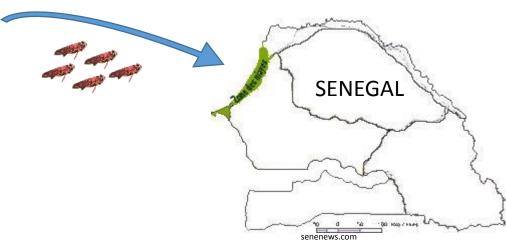
♀ déjà inséminées (action PP)

Perspectives

Application Boosted SIT sur le terrain en cours :

- Projet élimination Glossina palpalis gambiensis dans les Niayes, Sénégal, depuis 2005
- TIS entièrement remplacée par Boosted SIT en février 2020
- ¹ 1ers lâchers de ♂ stériles traités PP :
 - ✓ Au sol : février 2020
 - ✓ Aériens : octobre 2020
- Très bon taux de recapture des ♂ stériles traités PP
- Tester compétitivité des ♂ stériles traités PP sur le terrain





Remerciements









EU ERC REVOLINC, FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture, IRD, CIRAD, Vectopole Sud Network, J. Eapen and M. Vimal from Tagros company for providing the pyriproxyfen active ingredient, Annick Rakotomahefa, Bernadette Tchicaya and Adeline Ségard (CIRAD), for help with the sorting of the tsetse fies and Gilles Valette (Montpellier University) for making the HPLC analyses.













Références

Bouyer, J. & Lefrançois, T. Boosting the sterile insect technique to control mosquitoes. Trends Parasitol. 30, 271–273 (2014).

Bourtzis, K., Lees, R. S., Hendrichs, J. & Vreysen, M. J. More than one rabbit out of the hat: Radiation, transgenic and symbiontbased approaches for sustainable management of mosquito and tsetse fy populations. Acta Trop. 157, 115–130 (2016).

Vreysen, M. J. B. et al. *Glossina austeni* Eradicated on the Island of Unguja, Zanzibar, Using the Sterile Insect Technique. J. Econ. Entomol. 93, 123–135 (2000).

Langley, P. A., Felton, T. & Oouchi, H. Juvenile hormone mimics as efective sterilants for the tsetse fy *Glossina morsitans morsitans*. Med. Vet. Entomol. 2, 29–35 (1988).

Clutton-Brock, T. & Langley, P. A. Persistent courtship reduces male and female longevity in captive tsetse fies *Glossina morsitans morsitans* Westwood (Diptera: Glossinidae). Behav. Ecol. 8, 392–395 (1997).

Langley, P. A., Felton, T., Staford, K. & Oouchp, H. Formulation of pyriproxyfen, a juvenile hormone mimic, for tsetse control. Med. Vet. Entomol. 4, 127–133 (1990).

Mirieri, C. K., Mutika, G. N., Bruno, J., Seck, M. T., Sall, B., Parker, A. G., ... & Abd-Alla, A. M. A new automated chilled adult release system for the aerial distribution of sterile male tsetse flies. PloS one, 15(9), e0232306 (2020).