

Etats Généraux en Santé Animale, Lutte Intégrée : Session *Culicoides*



Claire Garros, Entomologiste médical et vétérinaire

Cirad, UMR Animal, Santé, Territoires, Risques, Ecosystèmes (UMR ASTRE), Sainte Clotilde,
claire.garros@cirad.fr

Yannick Grimaud, Technicien GDS et doctorant

GDS, Plaine des Cafres, yannick.grimaud@gds974.re

EGSA, La Saline 5-6 Septembre 2018



Organisation de la matinée

- **9h : Qu'est ce qu'un *Culicoides* ? (15 mn)**
 - Cycle de vie et écologie des adultes et des immatures
 - Transmission des virus transmis par les *Culicoides*
- **9h15 : Zoom sur les *Culicoides* à l'île de la Réunion (30 mn)**
 - Diversité des espèces et rôle vecteur
 - Distribution et dynamique
- **9h45 : Quels sont les moyens de lutte contre les *Culicoides* ? (45 mn)**
 - Présentation des moyens de contrôle ou de lutte disponibles (adulticides ou larvicides)
 - Quelques exemples en cours de développement ou d'essais terrains
- **10h30: Pause-café (30 mn)**
- **11h00_12h30 : Atelier et Echanges**
Quels outils pour contrôler les *Culicoides* à La Réunion ?



Qu'est ce qu'un *Culicoides* ?



Claire Garros, Entomologiste médical et vétérinaire

Cirad, UMR Animal, Santé, Territoires, Risques, Ecosystèmes (UMR ASTRE), Sainte Clotilde,

claire.garros@cirad.fr

Yannick Grimaud, Technicien GDS et doctorant

GDS, Plaine des Cafres, yannick.grimaud@gds974.re

EGSA, La Saline 5-6 Septembre 2018

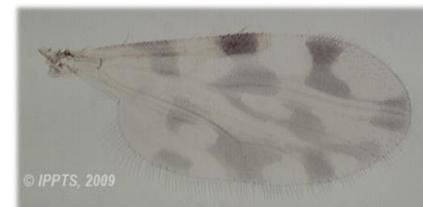


Un *Culicoides* : ca ressemble à quoi ?

- Moucheron de très petite taille (1 à 3 mm), absence d'appareil piqueur long



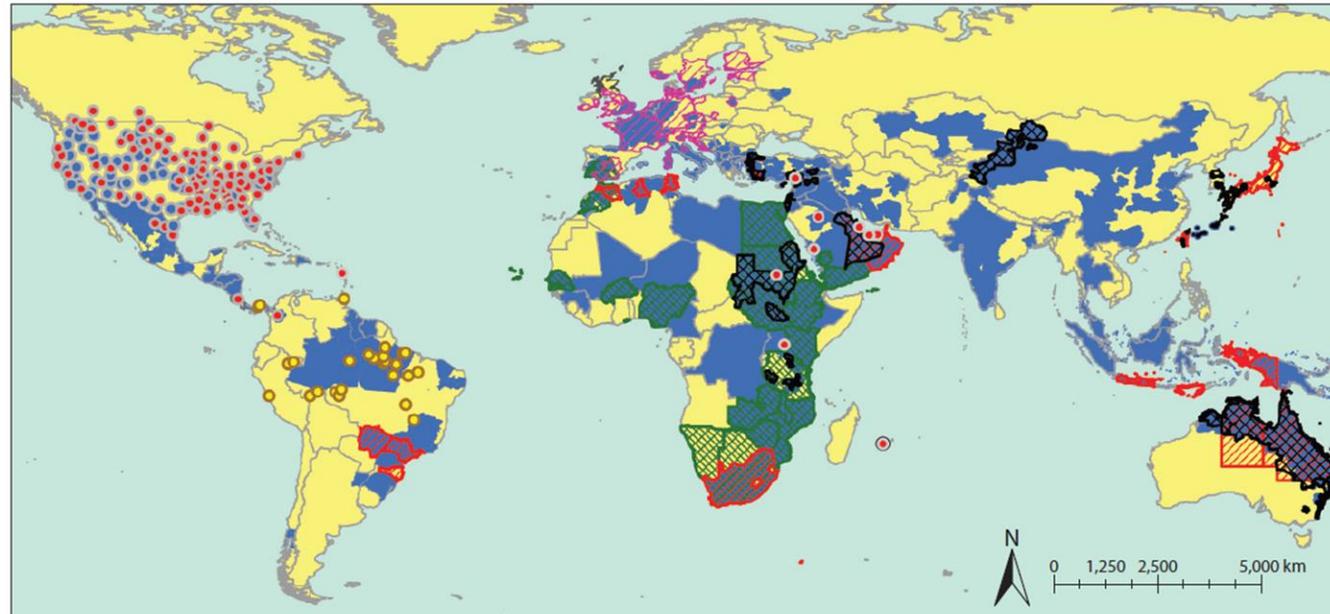
- Patrons de coloration des ailes très marqués, critère d'identification des espèces



- Très grande diversité d'espèces mais peu d'espèces impliquées dans la transmission
 - 1,400 espèces pour le monde avec une 60aine vectrices
 - Entre 80 et 100 en Europe de l'Ouest avec 10aine vectrices
 - **5 espèces décrites à La Réunion, 2 espèces à Maurice, 17 espèces à Mayotte**

Quelle est l'importance des *Culicoides* ?

- Transmission de 5 virus d'intérêt vétérinaire et d'un virus d'intérêt médical



(Purse et al 2015)



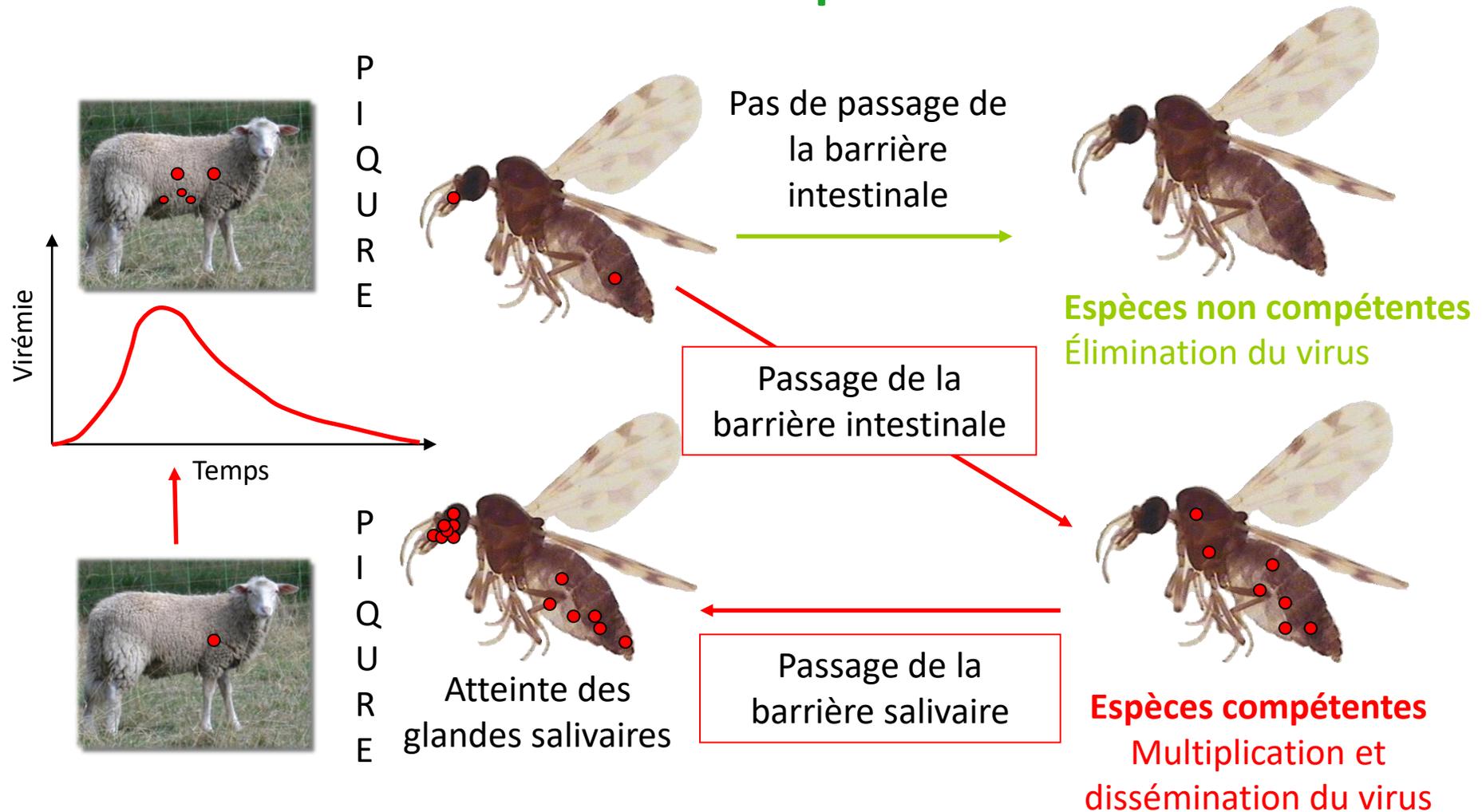
- Filaires humaines, bovines, équine dans les zones tropicales
- Nuisance: frein aux activités de tourisme et de foresterie



Les principaux virus transmis par les *Culicoides*

- **Le virus d'Oropouche**
 - Bunyavirus, touche l'homme, transmis par *C. paraensis*, Amérique du Sud
- **La peste équine**
 - Orbivirus (Reoviridae), 9 sérotypes, équidés (souvent 90 % de létalité, par exemple 300 000 équidés morts 1959-61 en Inde/Pakistan)
- **La fièvre catarrhale ovine (FCO – bluetongue)**
 - Orbivirus (Reoviridae), 24 sérotypes, ruminants, morbidité+++, cout économique, large répartition, transmis par différentes espèces de *Culicoides*
- **La maladie hémorragique des cervidés (EHDV)**
 - Orbivirus (Reoviridae), 8 sérotypes, ruminants (souvent inapparent cliniquement ou syndrome FCO-like), transmis par différentes espèces de *Culicoides*
- **Le virus de Schmallenberg**
 - Virus émergent nouveau pour la science (2011), transmission en Europe
- **Le virus d'Akabane**
 - Bunyaviridae, sérogroupe Simbu, impact économique en Asie

La transmission des virus par les *Culicoides*

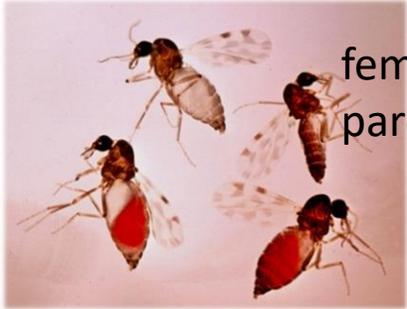


- Seules les femelles sont **hématophages**
- Pour une **espèce compétente**, une femelle infectée le reste toute sa vie
- **Amplification virale** et **durée de l'incubation extrinsèque** variable selon la température (10-15 j à 25°C, Stop < 10°C), les sérotypes et les espèces vectrices

Le cycle de vie des *Culicoides*

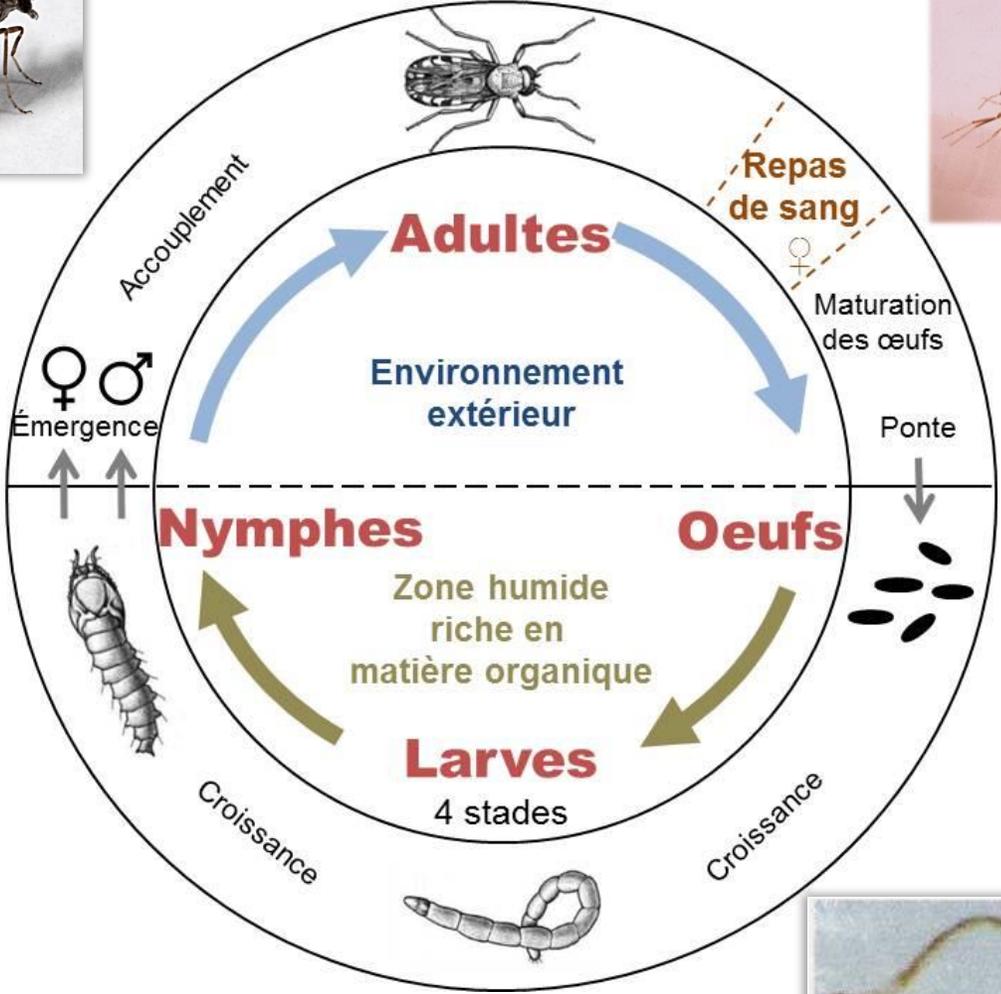


femelle nullipare



femelle
pare

femelle gorgée



Quelques éléments de biologie des *Culicoides*

■ L'écologie larvaire : où sont les stades immatures ?

- Habitats larvaires différents selon les espèces
- Sols ou substrats humides, riches en matière organique d'origine animale ou végétale
- Dynamique larvaire en fonction climat, environnement & activités humaines



■ Le comportement trophique : quand, qui et où piquer ?

- **Activité crépusculaire**, voire nocturne
- Captures extérieures >> intérieures mais pour la même espèce variations des niveaux d'**exophagie** et **endophagie en fonction des saisons**
- **Préférences trophiques/Choix d'hôtes** (mammifères vs oiseaux)
Notion de contact hôte/vecteur et de capacité vectorielle
- **Zones d'attaques parties sans poils de l'animal** (mamelles, contour des yeux,...)

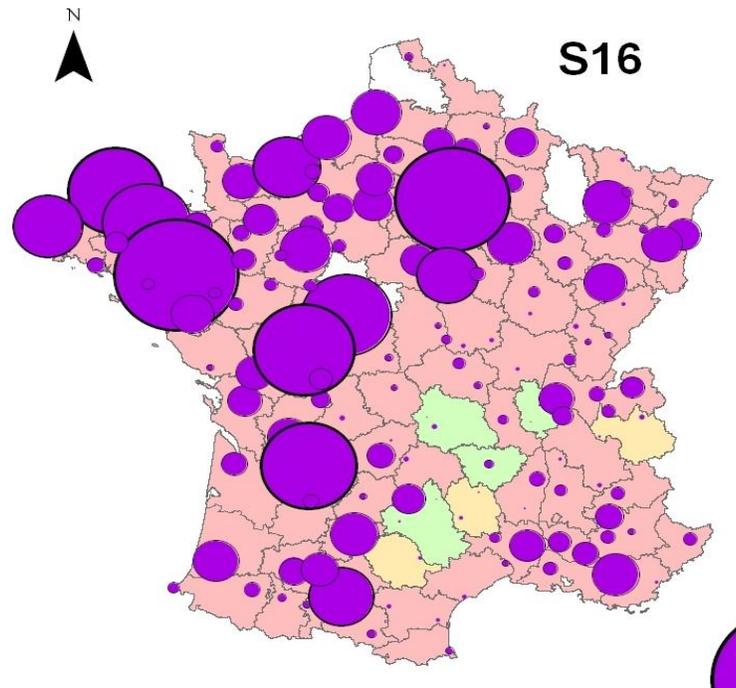
Quelques éléments de biologie des *Culicoides*

- **Survie**
 - **Difficile à évaluer sur le terrain**, très dépendante des conditions climatiques (T° et Humidité), **entre 3 et 4 semaines**
 - Survie possible à des températures extrêmes (plusieurs semaines à 4°)
- **Dispersion active et passive**
 - **Dispersion active** par le vol sur des distances limitées (2-3 km/jour)
 - **Dispersion passive** aidée par les vents plus importante (notamment plusieurs centaines de kilomètres au dessus des mers)
- **Saisonnalité et dynamique des populations, activité/inactivité vectorielle**

Zone tempérée (France métropolitaine & Europe)

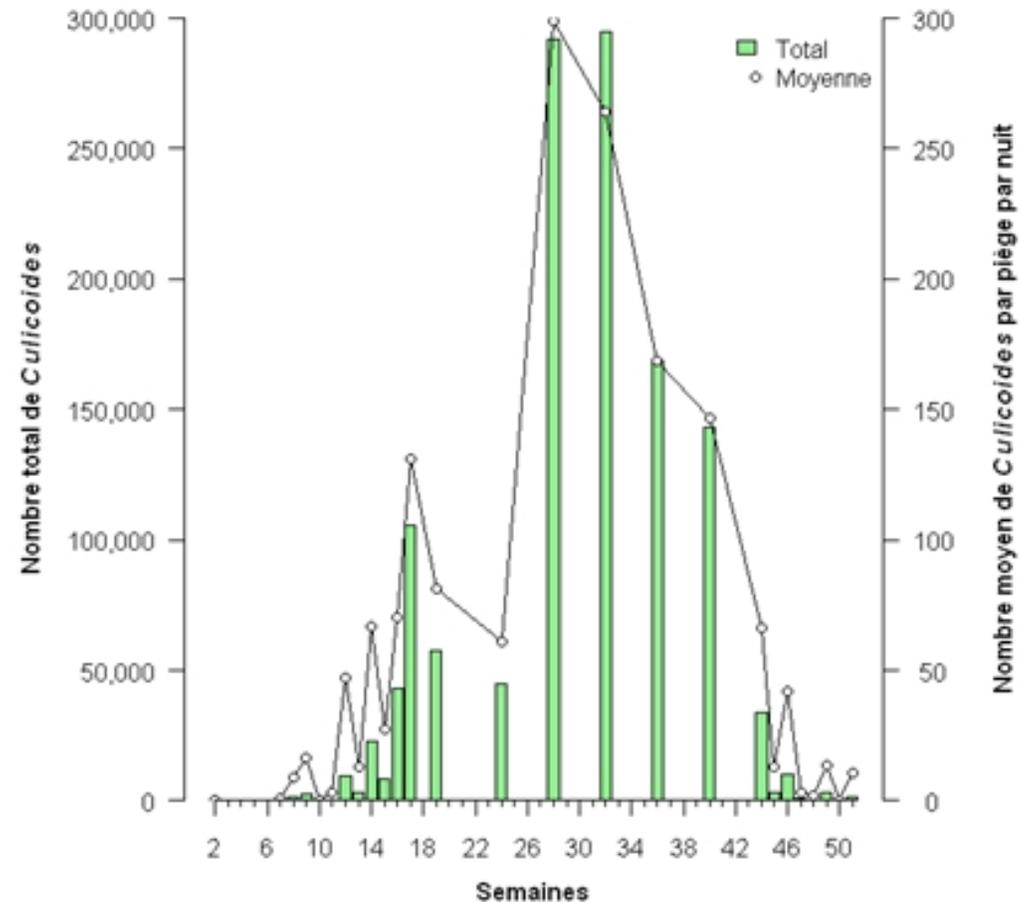
 - **Saisonnalité marquée** (un ou deux pics d'abondance par an)
 - **Passage de l'hiver** sous formes immatures (diapause larvaire)
 - Importance de la **phénologie** pour les mesures de surveillance entomologique

Dynamique des populations en zone tempérée (France)



- Diversité & Abondance en lien avec Climat, Environnement & Pratiques d'élevage

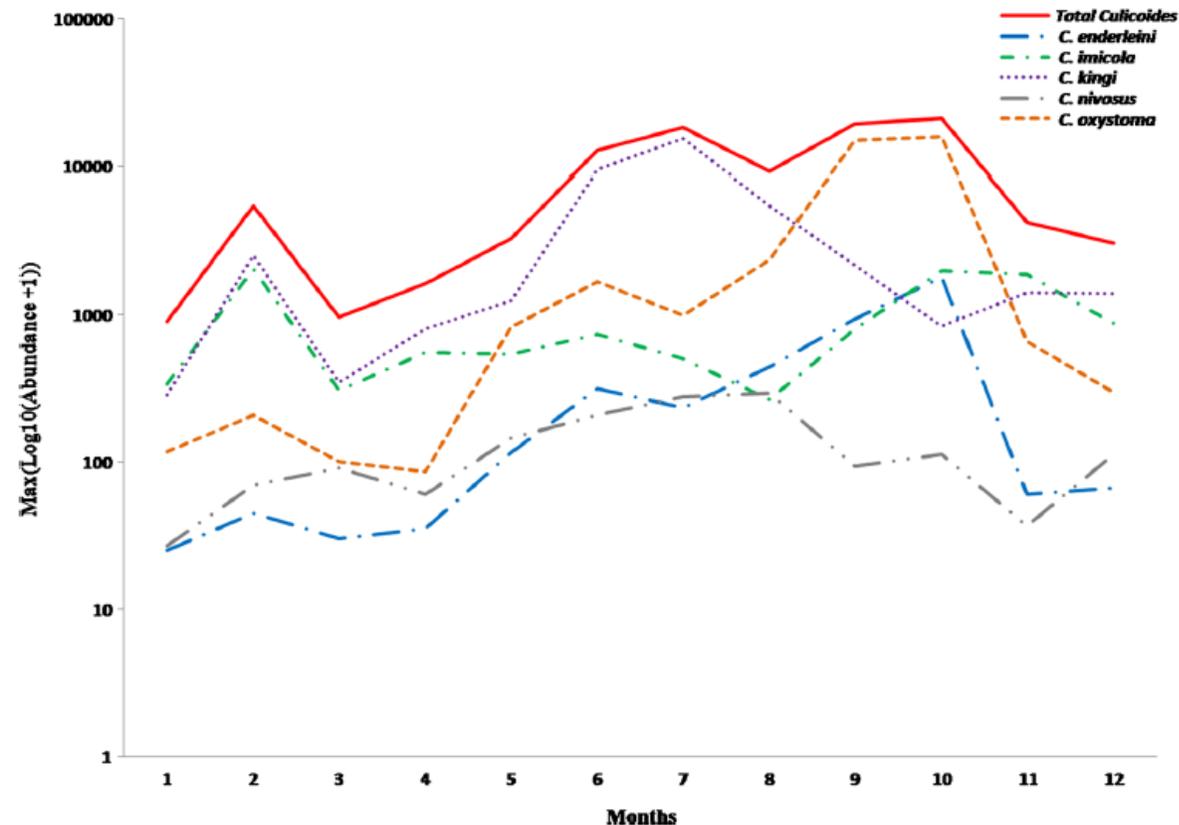
- Dynamique de population & Saisonnalité en lien avec le Climat



(Balenghien et al 2011)

Dynamique des populations en zone tropicale (Sénégal)

- Dynamique continue avec une variabilité forte entre sites en lien avec les conditions eco-climatiques locales
- Pic d'abondance en saison des pluies



(Diarra et al 2014)

Éléments importants à retenir

- La transmission des virus responsables des « bavites » est **complexe** car elle fait intervenir un hôte (bovin, cervidés, caprins), un vecteur (*Culicoides*) et des virus (EHDV, BTV)
- Tous les acteurs de ce cycle sont soumis à un environnement variable : **la dynamique des populations de vecteurs et la transmission des pathogènes sont fortement influencées par les conditions météorologiques et environnementales**
- Par rapport au modèle moustique, le modèle *Culicoides* a connu un intérêt récent (au début du XXème siècle notamment lié à l'émergence de la FCO en Europe)
 - Retard de connaissances scientifiques
 - Difficulté à travailler sur ces petits moucherons au laboratoire et sur le terrain
- **Finalité**: Optimiser les outils et stratégies de surveillance et de lutte les + efficaces
 - **Nécessité de méthodes standardisées & éprouvées** (efficacité, cout, faisabilité, durabilité)
 - **Recherche scientifique indispensable** : problématiques / modèles biologiques, acquisition de connaissances, pluridisciplinarité, approche intégrative, collaboration intersectorielle et réseautage/parténariat.

À la Saline, le 05 septembre 2018

Les *Culicoides* à La Réunion



EG
SA
2018

**1^{er} ÉTATS GÉNÉRAUX
DE LA SANTÉ ANIMALE :**
LUTTE INTÉGRÉE CONTRE LES
ARTHROPODES VECTEURS DE
MALADIES CHEZ LES BOVINS

Plan

Partie 1: les *Culicoides* et virus transmis

- Diversité des espèces
- Les virus transmis
- Contexte réunionnais et études en cours

Partie 2: dynamique temporelle des populations de *Culicoides*

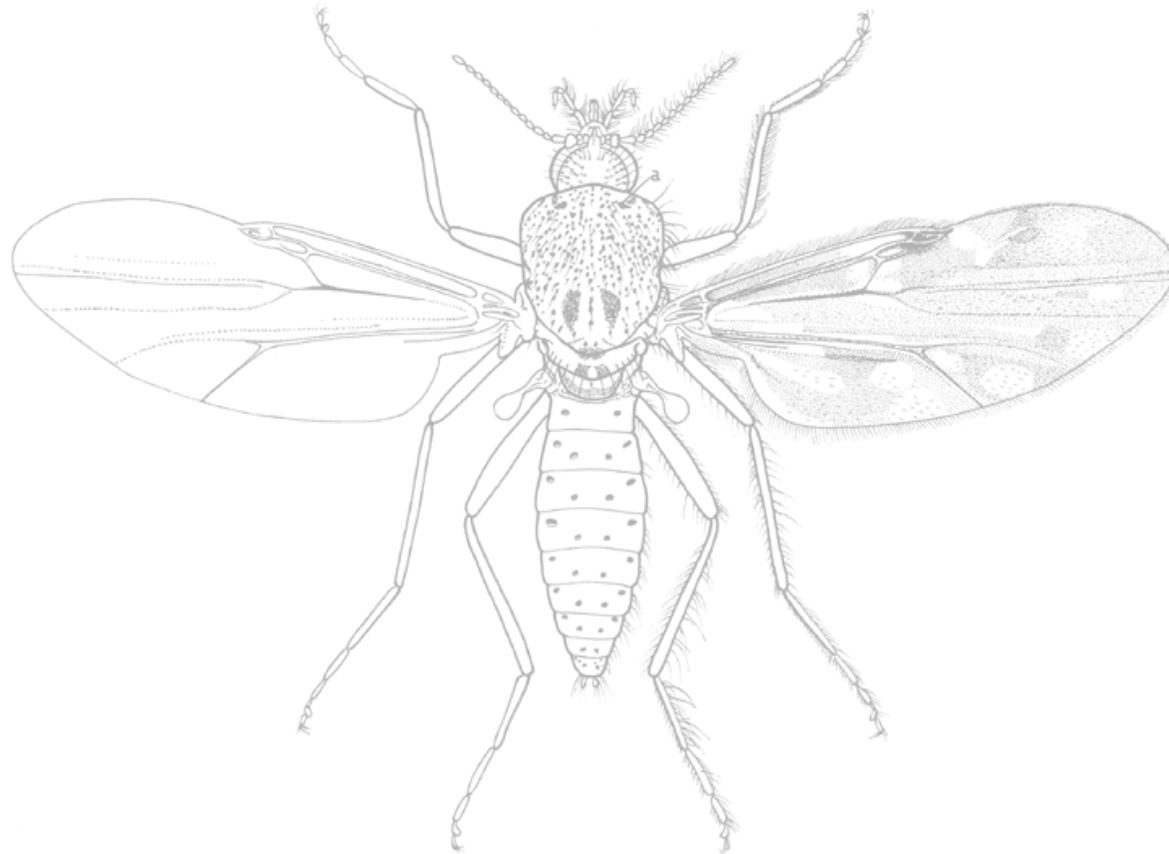
- Dynamique temporelle
- Les paramètres météorologiques et environnementaux qui gouvernent les populations de *Culicoides*
- Prédications des abondances

Partie 3: dynamique spatiale des populations de *Culicoides*

- Répartition spatiale

Bilan

Partie 1: Les *Culicoides* et virus transmis



Diversité des espèces

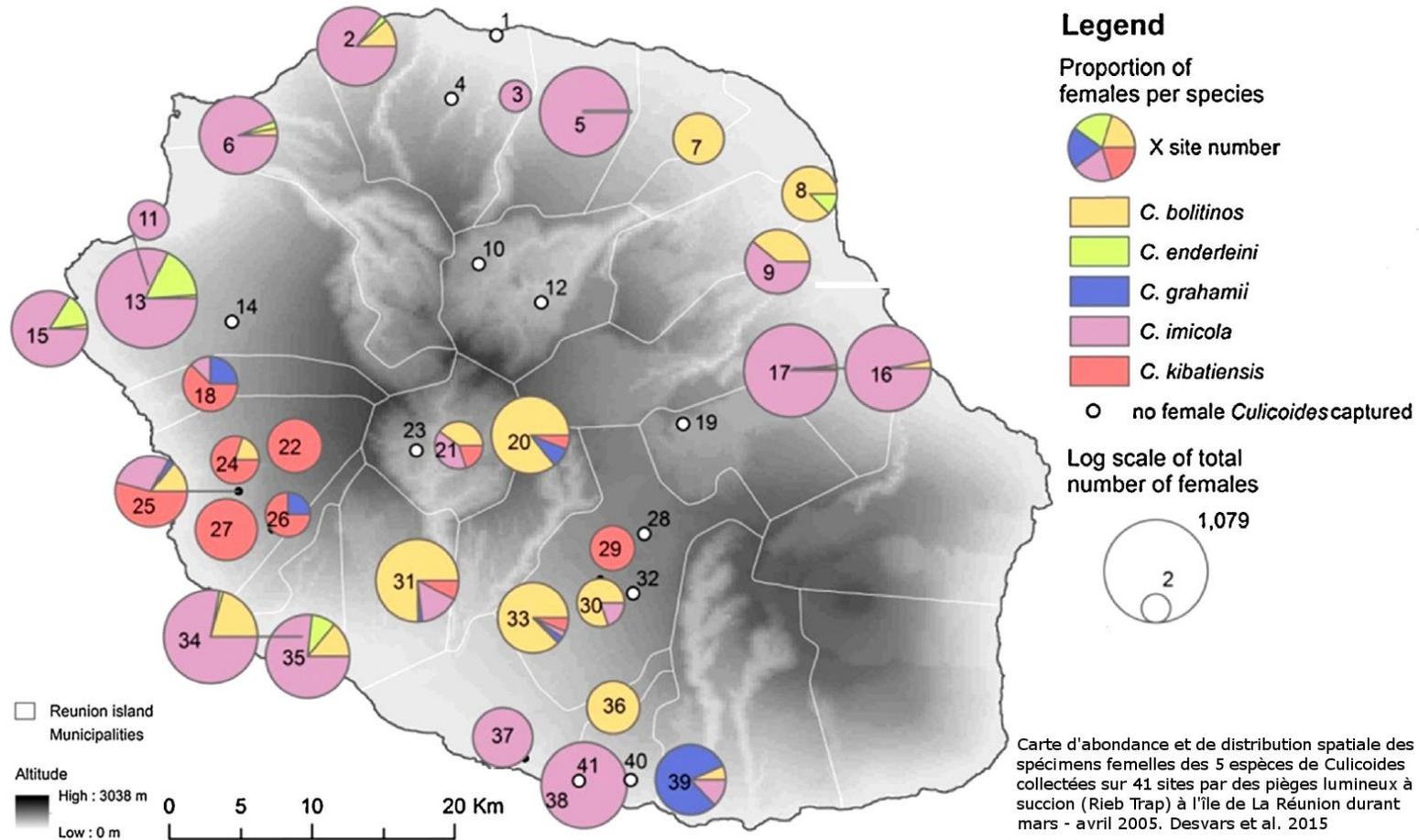
C. imicola en 1959 (Clastrier 1959)

C. grahamii en 1985 (Barré et al. 1985)

- *C. imicola* confirmé à nouveau

En 2005, un inventaire recense 5 espèces sur l'île

Diversité des espèces



41 sites prospectés

Mars-avril 2005

Pièges Rieb



Les virus transmis

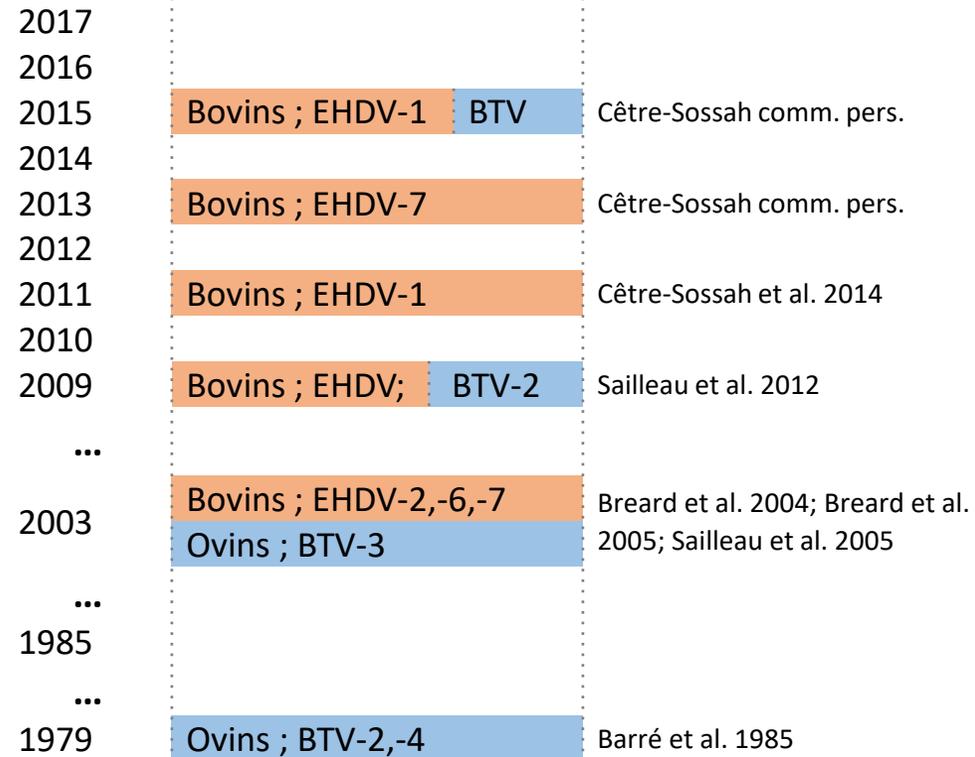
2 virus recensés:

- Le virus de la Fièvre Catarrhale Ovine (BTV)
- Le virus de la Fièvre Hémorragique des Cervidés (EHDV)

Signes cliniques similaires: « bavites »

Périodes d'absence de signes cliniques

Année



Cas cliniques de :



Année de début de foyers de FCO et EHDV à La Réunion

Les virus transmis

2 virus recensés:

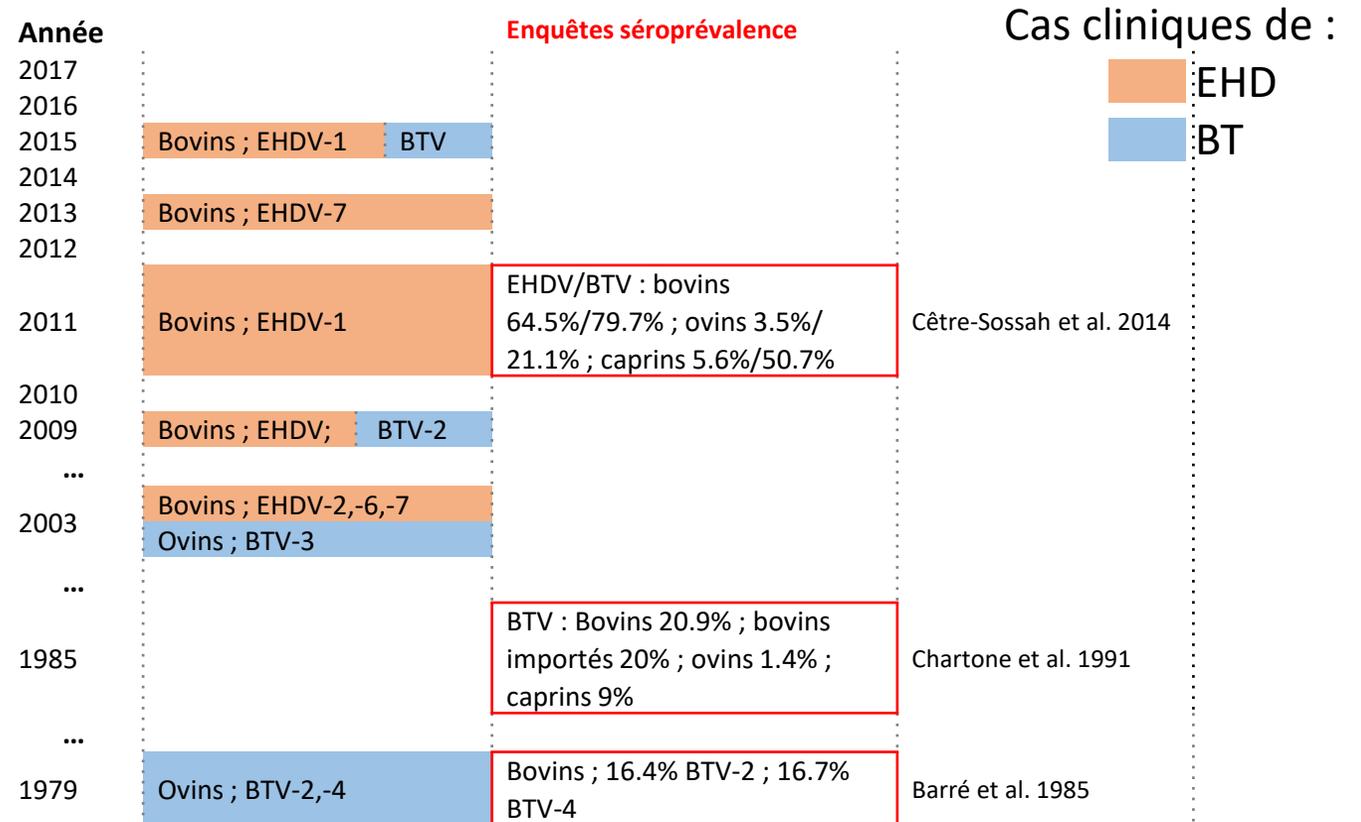
- Le virus de la Fièvre Catarrhale Ovine (BTV)
- Le virus de la Fièvre Hémorragique des Cervidés (EHDV)

Signes cliniques similaires: « bavites »

Périodes d'absence de signes cliniques

Circulation forte de ces virus

- Maintien local?
- Pas d'introduction de ruminants depuis 2008



Année de début de foyers de FCO et EHDV à La Réunion

Les virus transmis

2 virus recensés:

- Le virus de la Fièvre Catarrhale Ovine (BTV)
- Le virus de la Fièvre Hémorragique des Cervidés (EHDV)

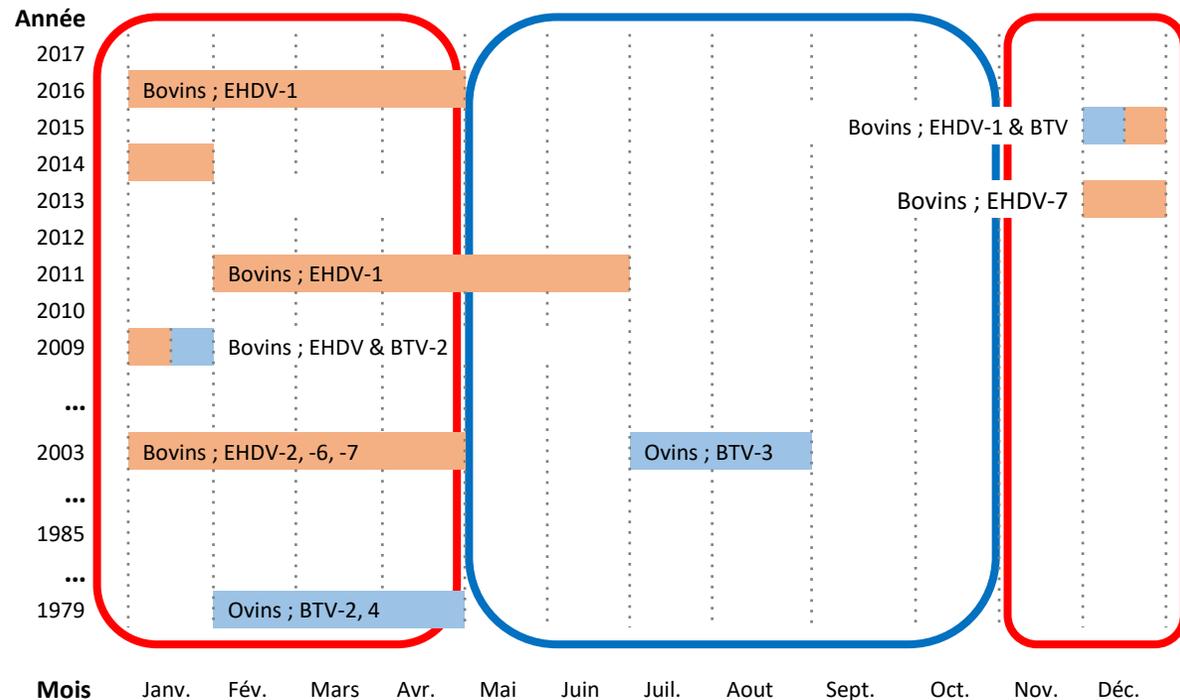
Signes cliniques similaires: « bavites »

Périodes d'absence de signes cliniques

Circulation forte de ces virus

- Maintien local?
- Pas d'introduction de ruminants depuis 2008

Saisonnalité des foyers

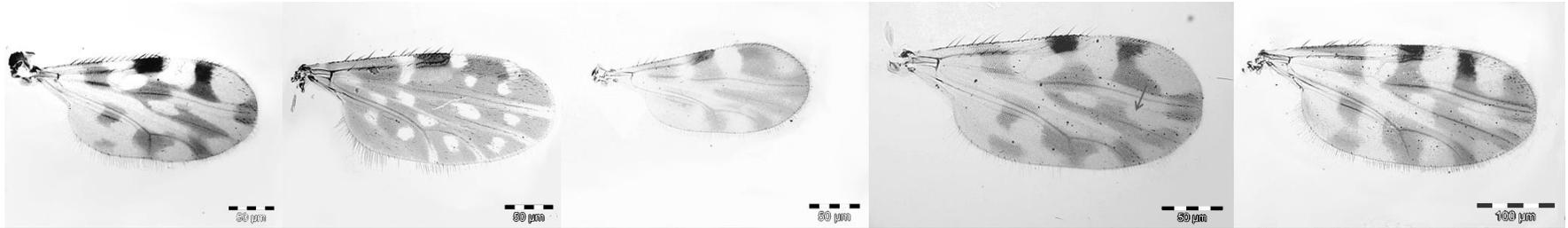


Périodes des cas cliniques de FCO et EHD à La Réunion

 Eté austral
 Hiver austral

Quelles sont les espèces vectrices?

5 espèces (Desvars 2005; Desvars 2015)



C. bolitinos

C. enderleini

C. grahamii

C. imicola

C. kibatiensis

Vecteur?

avéré

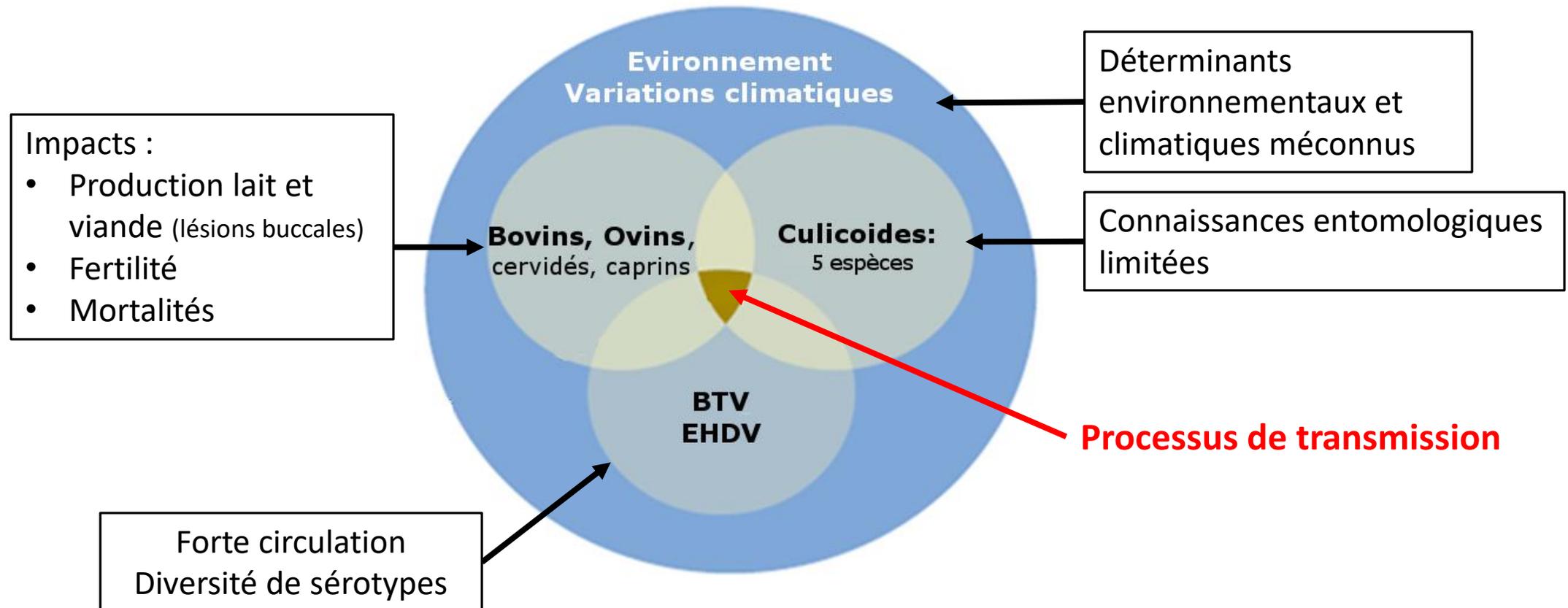
suspect

?

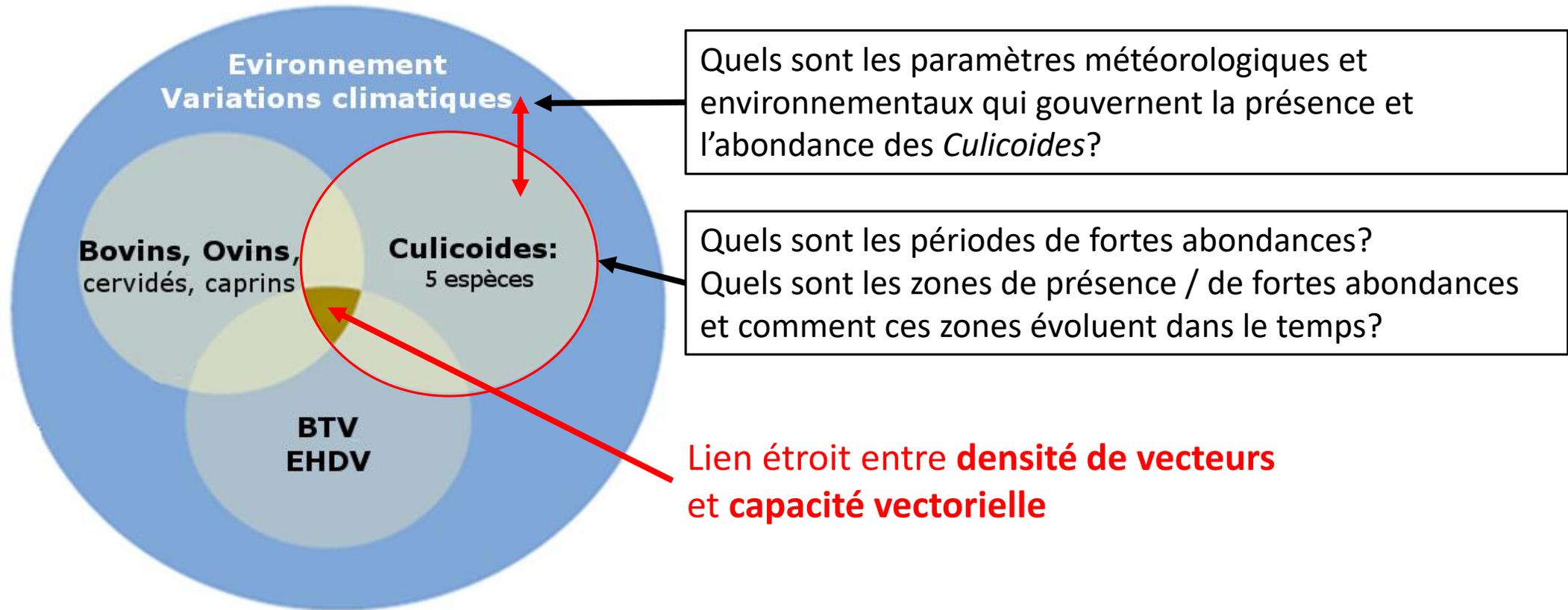
avéré

?

Contexte réunionnais

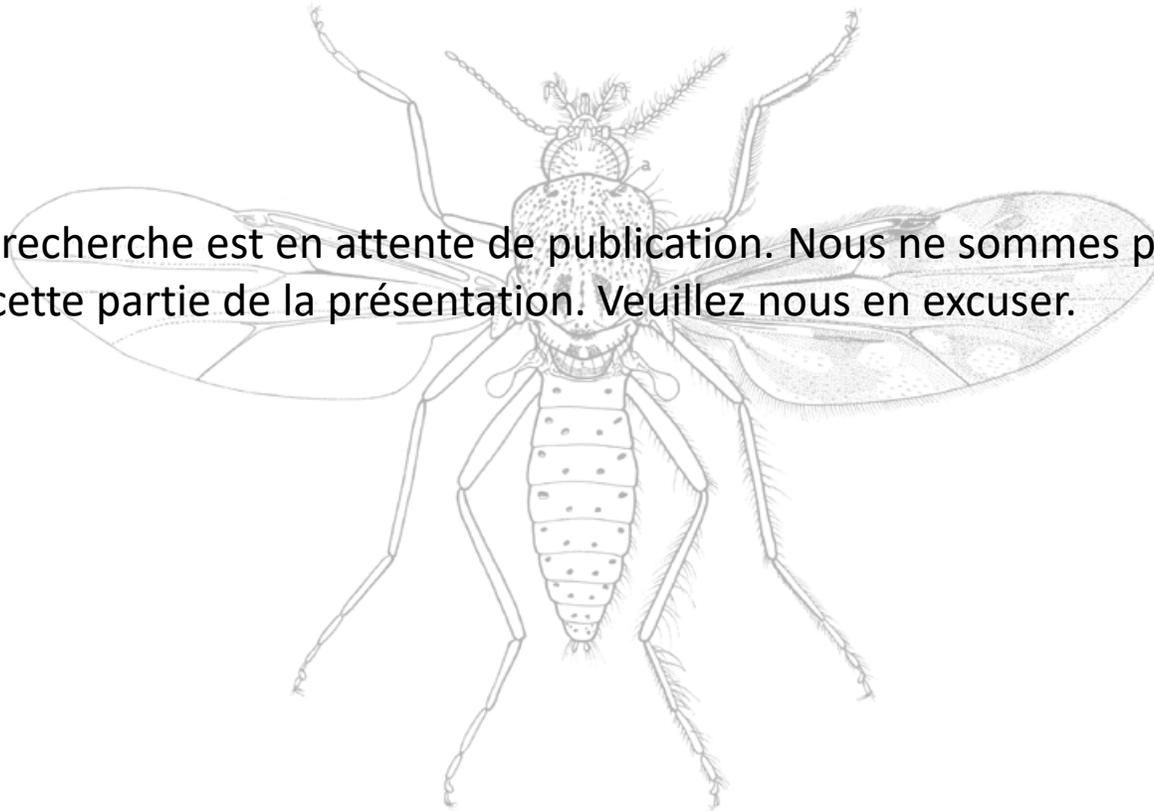


Études en cours



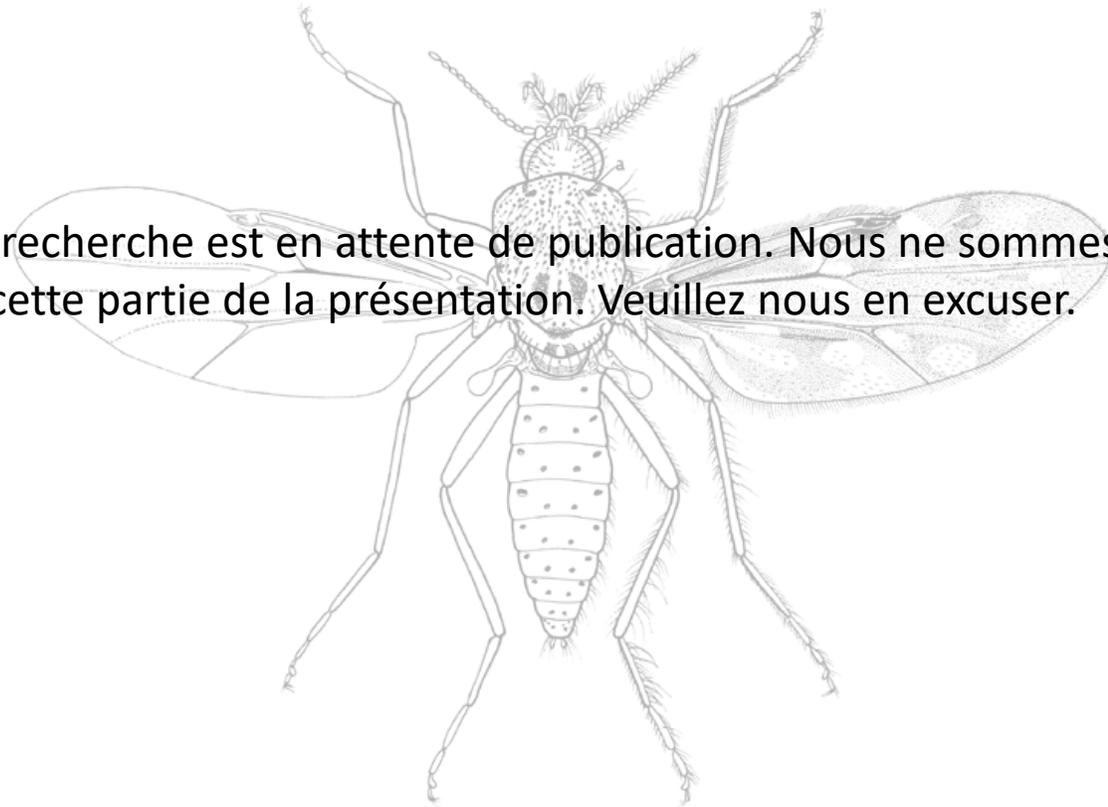
Partie 2: Dynamique temporelle

Ce travail de recherche est en attente de publication. Nous ne sommes pas en mesure de partager cette partie de la présentation. Veuillez nous en excuser.



Partie 3: Dynamique spatiale

Ce travail de recherche est en attente de publication. Nous ne sommes pas en mesure de partager cette partie de la présentation. Veuillez nous en excuser.



Bilan

Modélisation de la dynamique temporelle et spatiale:

- Outil de prévention du risque « bavites »
- Tableau de bord pour les mesures de contrôle

Encore des travaux à faire!

- Caractériser les gîtes larvaires
- Dynamique d'infection des *Culicoides* par les virus BTV et EHDV
- Ou encore, caractériser les réservoirs des « bavites »

Et enfin, quelles sont les mesures de contrôle?

Merci de votre attention



EG
SA
2018

**1^{er} ÉTATS GÉNÉRAUX
DE LA SANTÉ ANIMALE :**
LUTTE INTÉGRÉE CONTRE LES
ARTHROPODES VECTEURS DE
MALADIES CHEZ LES BOVINS

Quels sont les moyens de lutte contre les *Culicoides*?



Claire Garros, Entomologiste médical et vétérinaire

Cirad, UMR Animal, Santé, Territoires, Risques, Ecosystèmes (UMR ASTRE), Sainte Clotilde,

claire.garros@cirad.fr

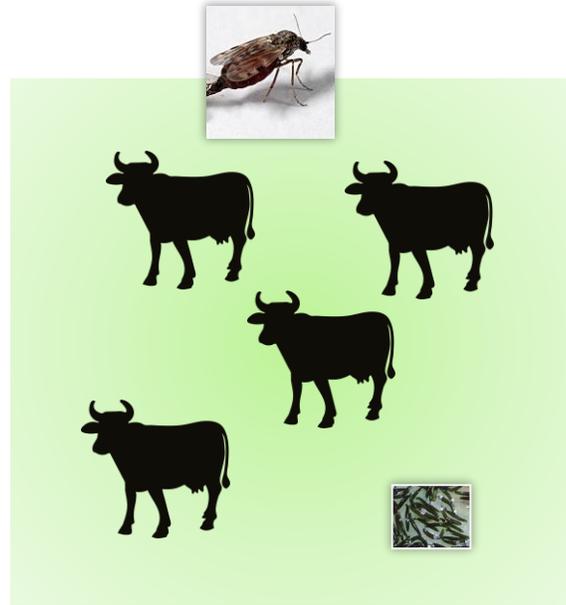
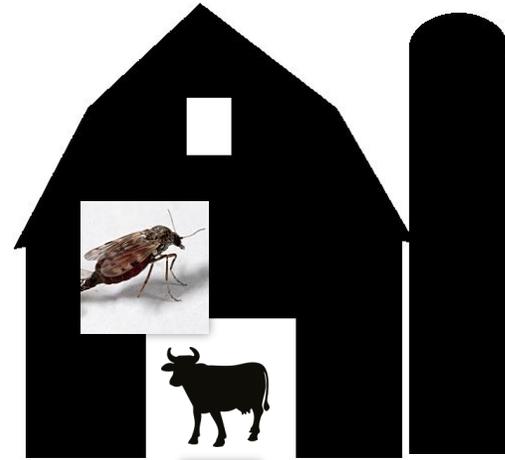
Yannick Grimaud, Technicien GDS et doctorant

GDS, Plaine des Cafres, yannick.grimaud@gds974.re

EGSA, La Saline 5-6 Septembre 2018

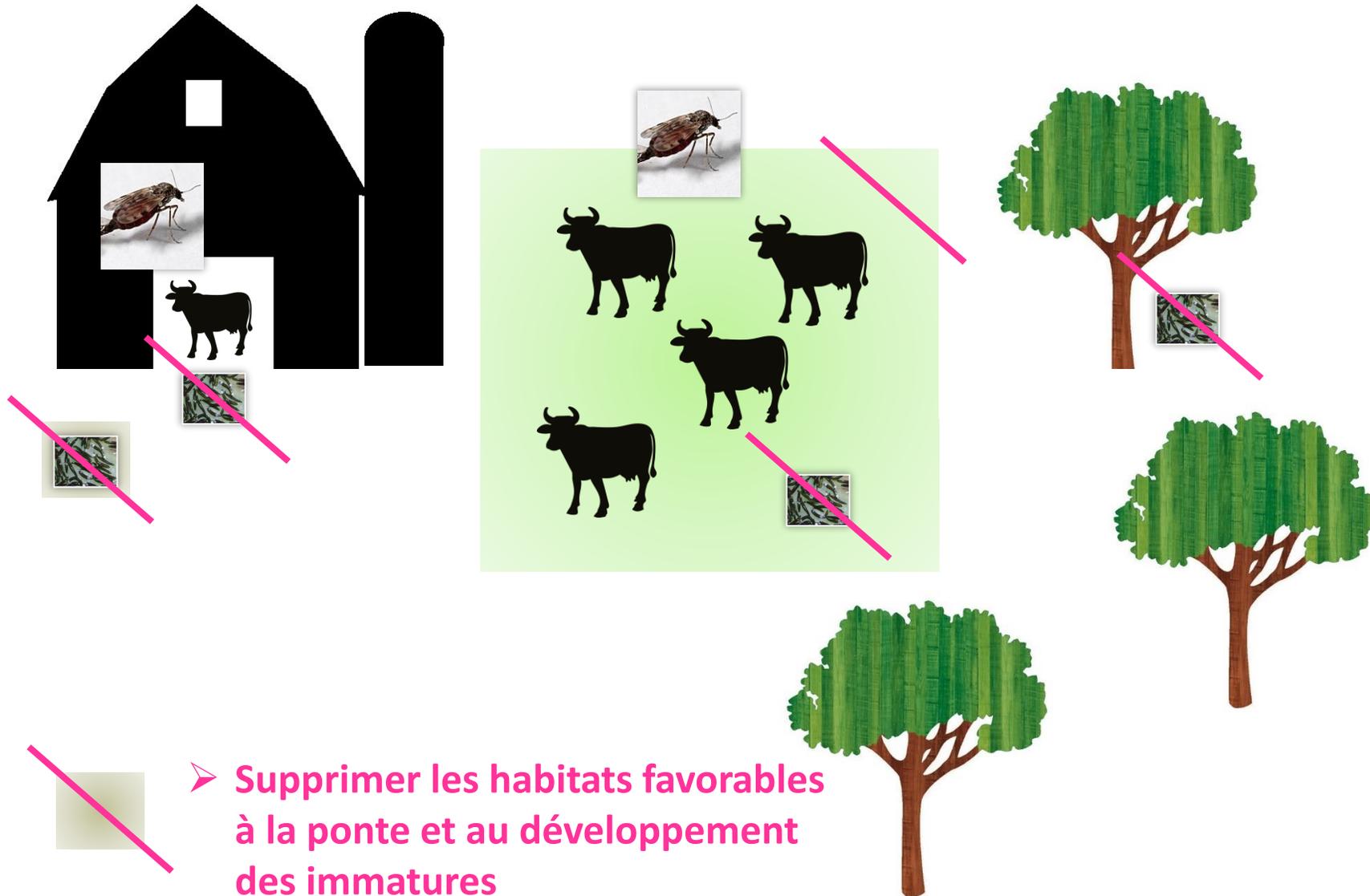


Les différents moyens de lutte anti-vectorielle



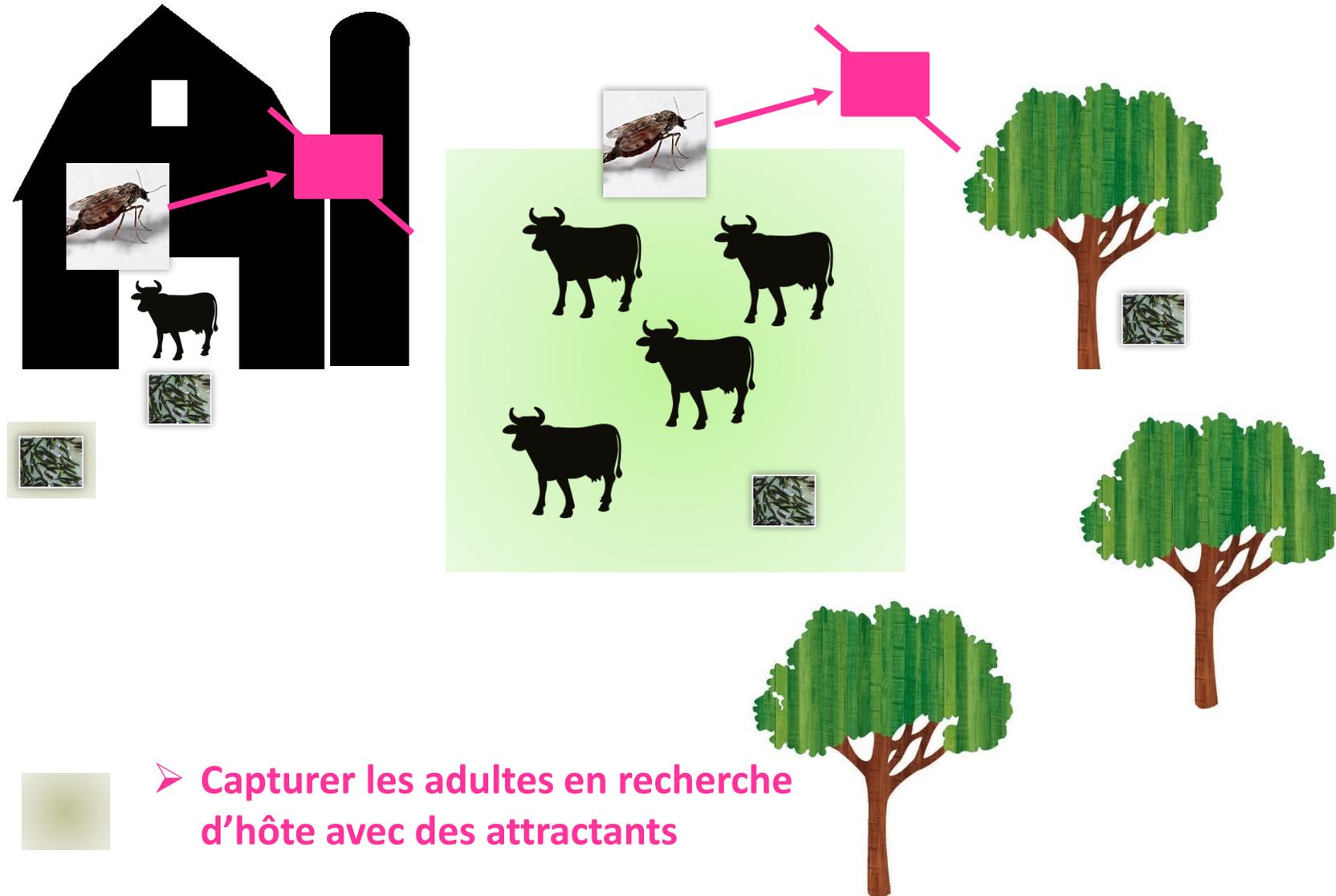
Les différents moyens de lutte anti-vectorielle

Lutte physique anti-larvaire



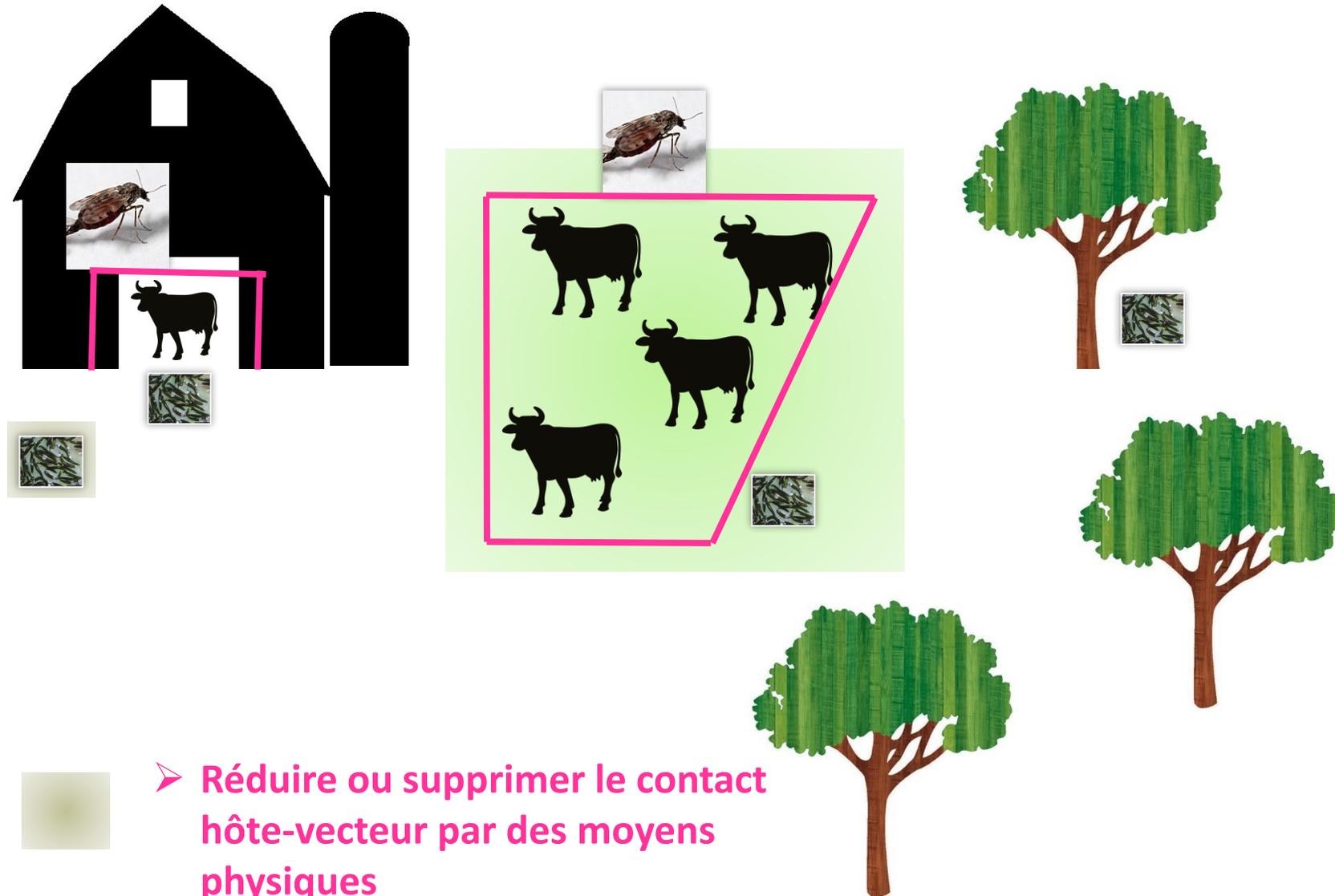
Les différents moyens de lutte anti-vectorielle

« Capture » anti-adulte



Les différents moyens de lutte anti-vectorielle

« Protection » anti-adulte



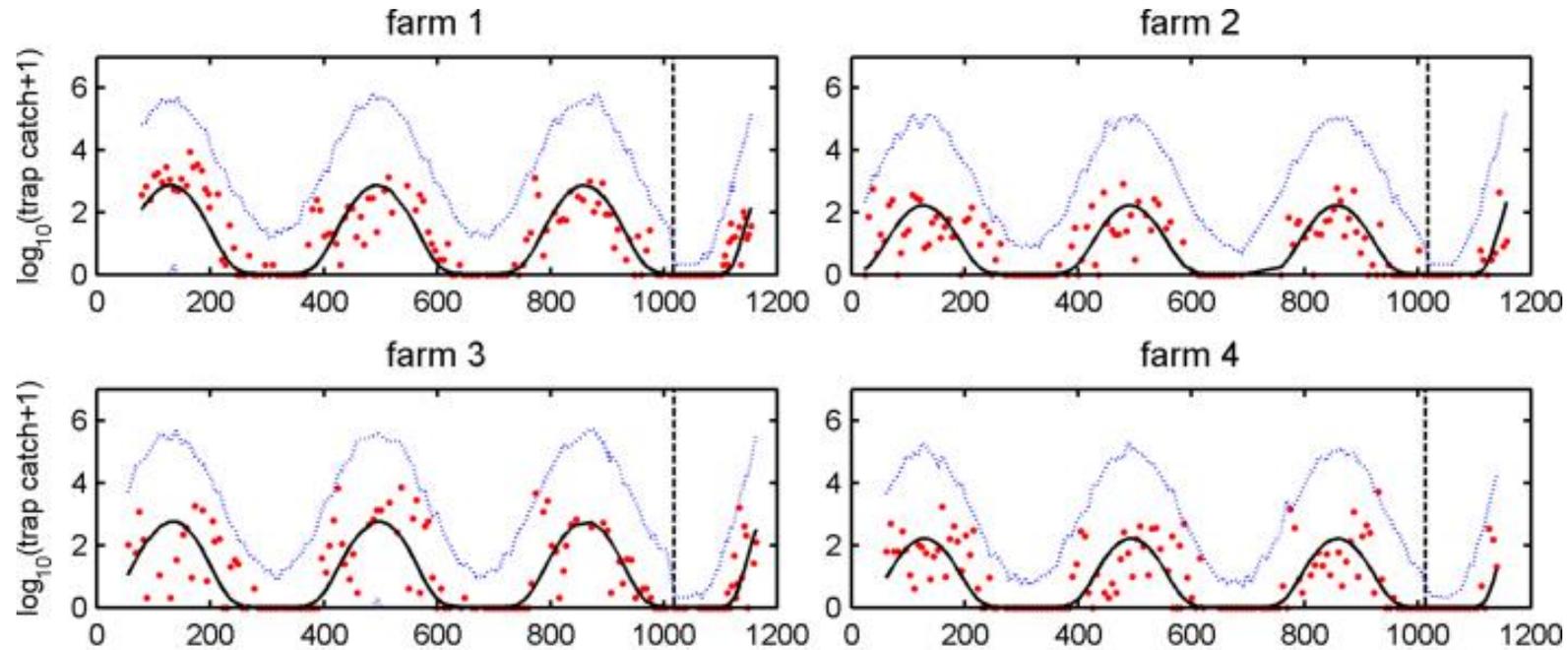
Lutte physique anti-larvaire : Peu d'impact (gîtes multiples, fortes abondances...)

- **Eliminer les gîtes potentiels où peuvent pondre les femelles et se développer les immatures pour une diminution à long terme des populations adultes**
- **Essai en Angleterre, 4 fermes avec les habitats larvaires suspectés les plus favorables complètement couverts**



Lutte physique anti-larvaire : Peu d'impact (gîtes multiples, fortes abondances)...

- Eliminer les gîtes potentiels où peuvent pondre les femelles et se développer les immatures pour une diminution à long terme des populations adultes



- **Aucun impact significatif de l'intervention (recouvrement des gîtes) sur le nombre d'adultes capturés !**

Lutte physique anti-larvaire : Peu d'impact (gîtes multiples, fortes abondances)...

- **Éliminer les gîtes potentiels où peuvent pondre les femelles et se développer les immatures pour une diminution à long terme des populations adultes**
- **Quelques essais réussis dans certains contextes particuliers**
- **Essai en Israël**, élevage intensif dans des régions arides qui crée un isolement et un nombre de gîtes larvaires limités à la zone d'élevage
 - **Gestion des effluents permettant de réduire à long terme les populations**
 - **Absence de zones favorables aux alentours évite la réintroduction d'individus**
- **Essai en Floride**, espèce avec une écologie larvaire très bien décrite et limitée (marais salants)
 - **Mise en eau des zones favorables pour baisser la salinité et réduire la productivité des habitats larvaires**
- **Contexte très particulier, difficilement transposable aux filières en Europe et en région Afrotropicale**

« Capture » anti-adulte : les stratégies *push-pull*

- **Attirer les femelles en recherche d'hôtes avec des attractants vers des systèmes de piégeages pour les capturer en nombre et réduire à long terme les populations adultes**
 - Piège avec des phéromones ou kairomones (CO₂, octenol), ou de la lumière, avec éventuellement une association avec un insecticide ou un système d'électrocution

- **Résultats contradictoires en fonction des espèces et des essais**
 - Utilisation de Mosquito Magnet[®] + CO₂ + octenol en Floride
 - **Réduction du nombre d'adultes capturés entre 0 et 70%**

 - **Peu d'essais sur le terrain pour protéger les animaux d'élevage**
 - **Utilisation pour la protection des populations humaines en Ecosse sur des zones d'activités en extérieur (golf, tourisme): limitation de la nuisance**

« Protection » anti-adulte : difficilement applicable dans les systèmes d'élevage intensif

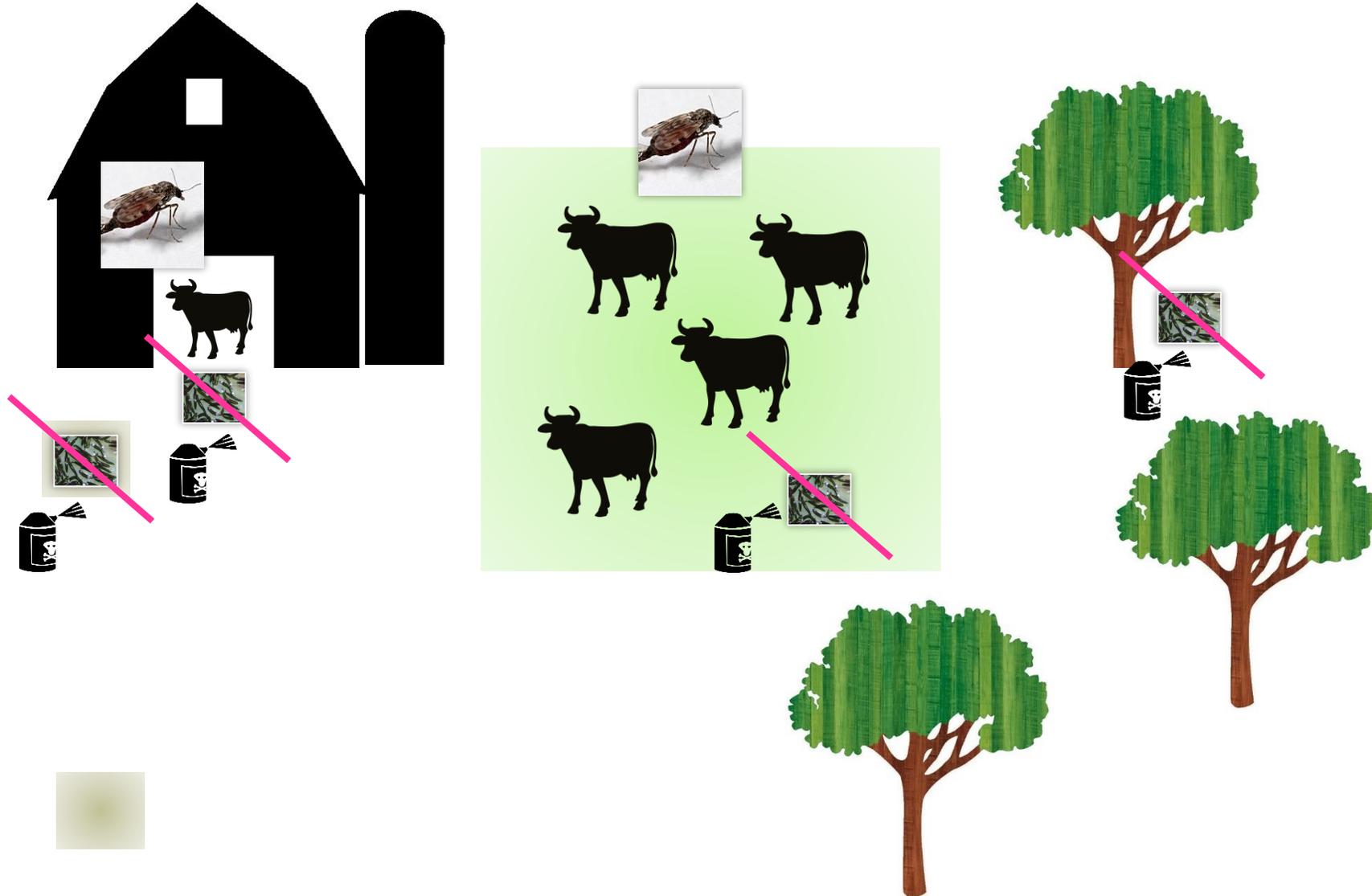
- **Supprimer le contact hôte-vecteur par des moyens physiques ou mécaniques pour réduire le taux de piqûre et la transmission de pathogènes**
 - Moustiquaires sur les ouvertures des bâtiments éventuellement en association avec un insecticide (moustiquaire imprégnée), confinement des animaux
- **Applicable pour les chevaux qui sont dans des boxes la nuit, possible avec des vecteurs strictement exophiles, exemple en Afrique du Sud (« indoor stabling » des chevaux en cas d'épidémies de Peste Equine)**
- **Essai en Angleterre : diminution par 4 des abondances dans les étables vs extérieur**

LIMITES

- **Comportement endophagie/exophagie** variables selon les espèces et les saisons
- Moustiquaires? **petite taille des *Culicoides*** et **ventilation** des bâtiments
- Difficile d'appliquer ces stratégies à large échelle sur une exploitation intensive
- Possible pour des animaux de valeur (reproducteurs, chevaux de courses)

Les différents moyens de lutte anti-vectorielle

Lutte chimique anti-larvaire



La lutte chimique anti-larvaire : manque de connaissances sur l'écologie larvaire des espèces cibles

- Réduction du nombre d'adultes émergents (femelles pouvant piquer)
- Essais réalisés au laboratoire sur des espèces nord-américaines
 - Sensibilité des larves aux molécules insecticides

Table 3. Susceptibility of *Culicoides* larvae to pyrethroid and organophosphate insecticides. Larvae were exposed to insecticide-treated water for 24h. Susceptibility is expressed as the LC₉₅ unless indicated otherwise.

		Chlorpyrifos	Temefos	Fenthion
<i>C. variipennis (sonorensis)</i>	Filtered water	0.10*	0.072*	0.19*
	Deionized water (ex-laboratory)	0.014†	0.547†	0.08331†
	Deionized water (ex-field)	0.011†	0.500†	0.03776†
<i>C. furens/C. mississippiensis</i>	Filtered estuarine water	0.0013‡	0.0082‡ (LC ₉₀)	0.0276‡ (LC ₉₀)
	Filtered estuarine water§	0.0103‡ (LC ₉₀)	0.0338‡ (LC ₉₀)	0.0410‡ (LC ₉₀)

*Apperson (1975). †Holbrook, (1982). ‡Kline *et al.* (1985b). §Includes estuarine substrate.

La lutte chimique anti-larvaire : manque de connaissances sur l'écologie larvaire des espèces cibles

- Réduction du nombre d'adultes émergents (femelles pouvant piquer)
- Essais réalisés sur le terrain sur des espèces nord- américaines
 - Sensibilité des larves aux formulations insecticides

Table 4. Effects of pyrethroid and organophosphate insecticides on *Culicoides* larvae in the field.

Insecticide	Species	Application	Dosage	Mortality
Chlorpyrifos	<i>C. melleus</i>	Granular	178 g/ha	100%*
	<i>C. variipennis</i>	Granular	0.05–0.2 p.p.m.	100% (0.2 p.p.m.)†
Temefos	<i>C. melleus</i>	Granular	178 g/ha	86.7%*
	<i>C. variipennis (sonorensis)</i>	Granular	0.5–2.0 p.p.m.	> 98%†
Pyrethrins	<i>C. variipennis (sonorensis)</i>	Spray, to pond margins	0.131 p.p.m.	> 99%‡
	<i>C. variipennis (sonorensis)</i>	Spray, to lake margins	182–1838 g/ha	> 94%‡
	<i>C. variipennis (sonorensis)</i>	Spray, to lake margins	701 g/ha	97%‡

*Wall & Marganian (1971). †Holbrook & Agun (1984). ‡Woodward *et al.* (1985).

La lutte chimique anti-larvaire : manque de connaissances sur l'écologie larvaire des espèces cibles

- Réduction du nombre d'adultes émergents (femelles pouvant piquer)

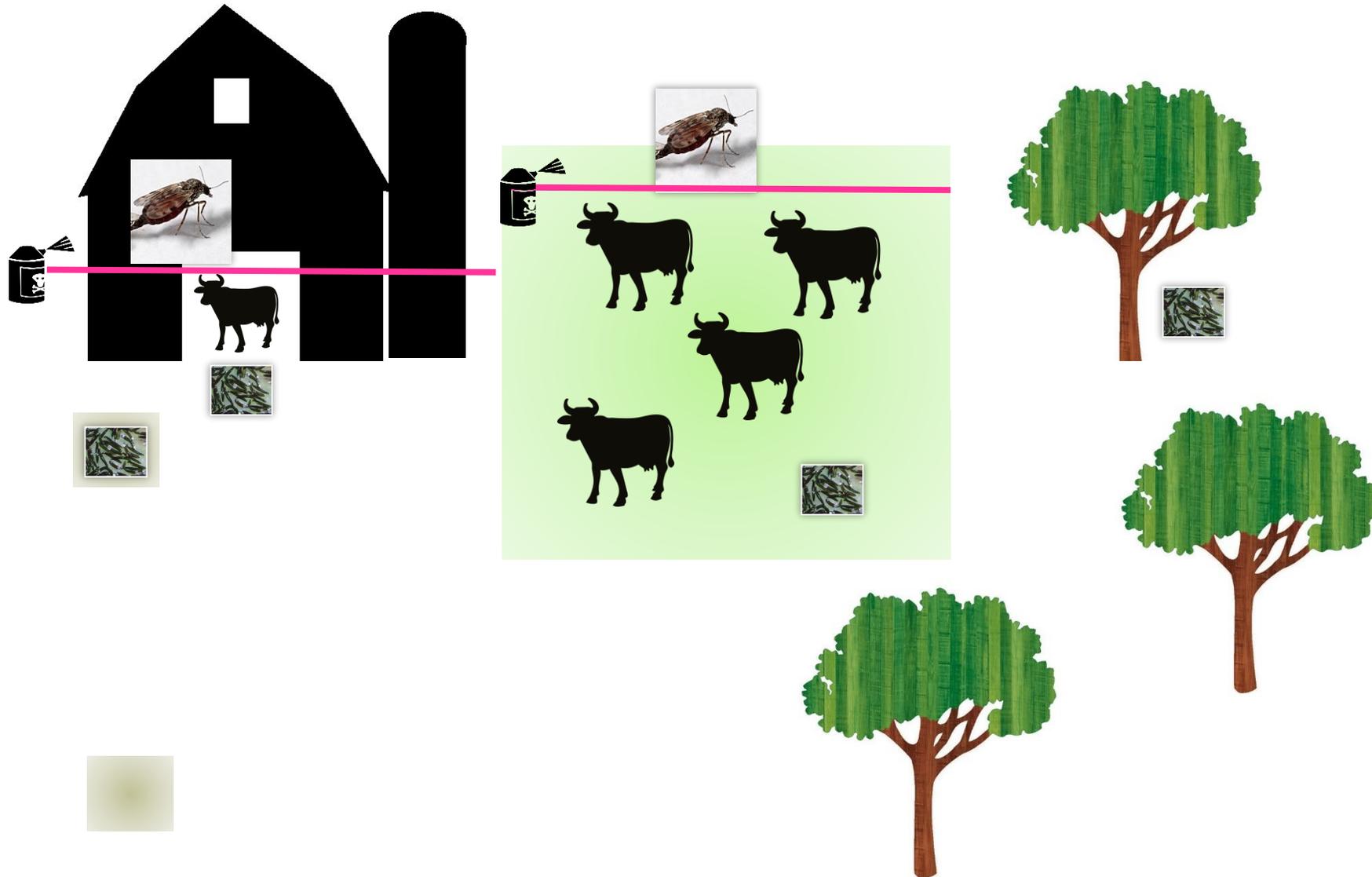
LIMITES

- Aucune données de sensibilité pour les espèces européennes ou afro-tropicales
- **Considérations environnementales pour des traitements en continu**
- Traitements inapplicables dans le contexte européen ou tropical car les habitats larvaires sont inconnus et certainement nombreux, variés et distribués sur de larges zones (diversité et multiplicité des gites)



Les différents moyens de lutte anti-vectorielle

Lutte chimique anti-adulte



La lutte chimique anti-adulte aucune efficacité prouvée...

- Réduction du nombre de femelles en recherche d'hôtes et du contact hôte-vecteur
 - Pulvérisations d'insecticides dans l'environnement,
dans les bâtiments,
dans les véhicules de transports
 - Résultats très variables en fonction des espèces et des essais

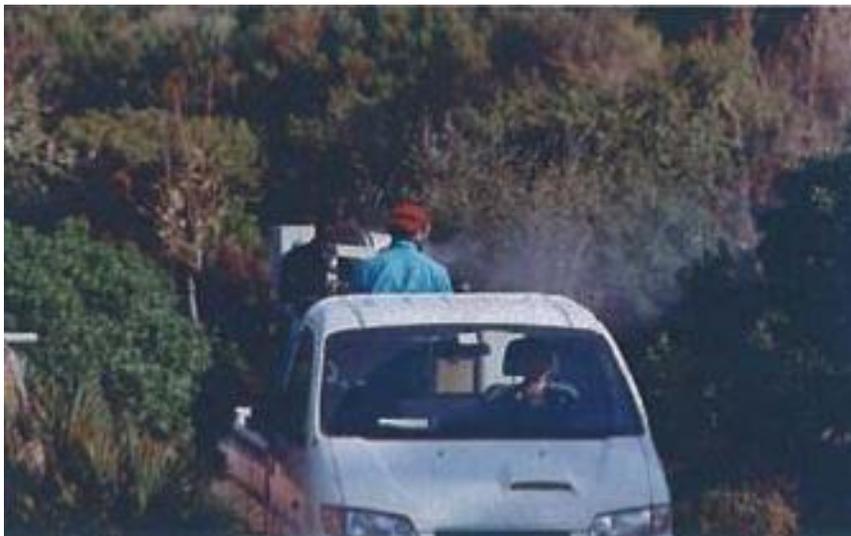
Table 2. Effects of selected pyrethroid and organophosphate insecticides upon adult *Culicoides* midges in field trials.

Insecticide	Species	Application method (applied at ground level unless stated)	Dose	Mortality (terrain)
Bifenthrin	<i>C. subimmaculatus</i> <i>C. ornatus</i>	ULV*	0.1%	> 65% reduction in numbers caught for 6 weeks (urban)
Malathion	<i>C. furens</i>	ULV†	100.6 g/ha	90% control up to ~ 40 m from application area (open) 40% control up to ~ 40 m from application area (vegetated)
Resmethrin	<i>C. furens</i>	ULV†	15.6 g/ha	90% control up to ~ 25 m from application area (open) 40% control up to ~ 94 m from application area (vegetated)
Naled	<i>C. furens</i>	ULV†	27.6 g/ha	90% control up to ~ 105 m from application area (open) 40% control up to ~ 177 m from application area (vegetated)
		ULV (applied from aircraft)‡	36.5 g/ha	24% reduction in numbers caught at light (open)
			73 g/ha	> 99% reduction in numbers caught at light for 3 days (open)
		Thermal fog§	1% at 19–23 L/h	90% control up to ~ 20 m from application area (open)
		ULV¶	9.9 g/ha	70% up to 18 m from application area (open)

*Standfast *et al.* (2003). †Linley & Jordan (1992). ‡Haile *et al.* (1984). §Linley *et al.* (1987). ¶Linley *et al.* (1988). ULV, ultra low volume.

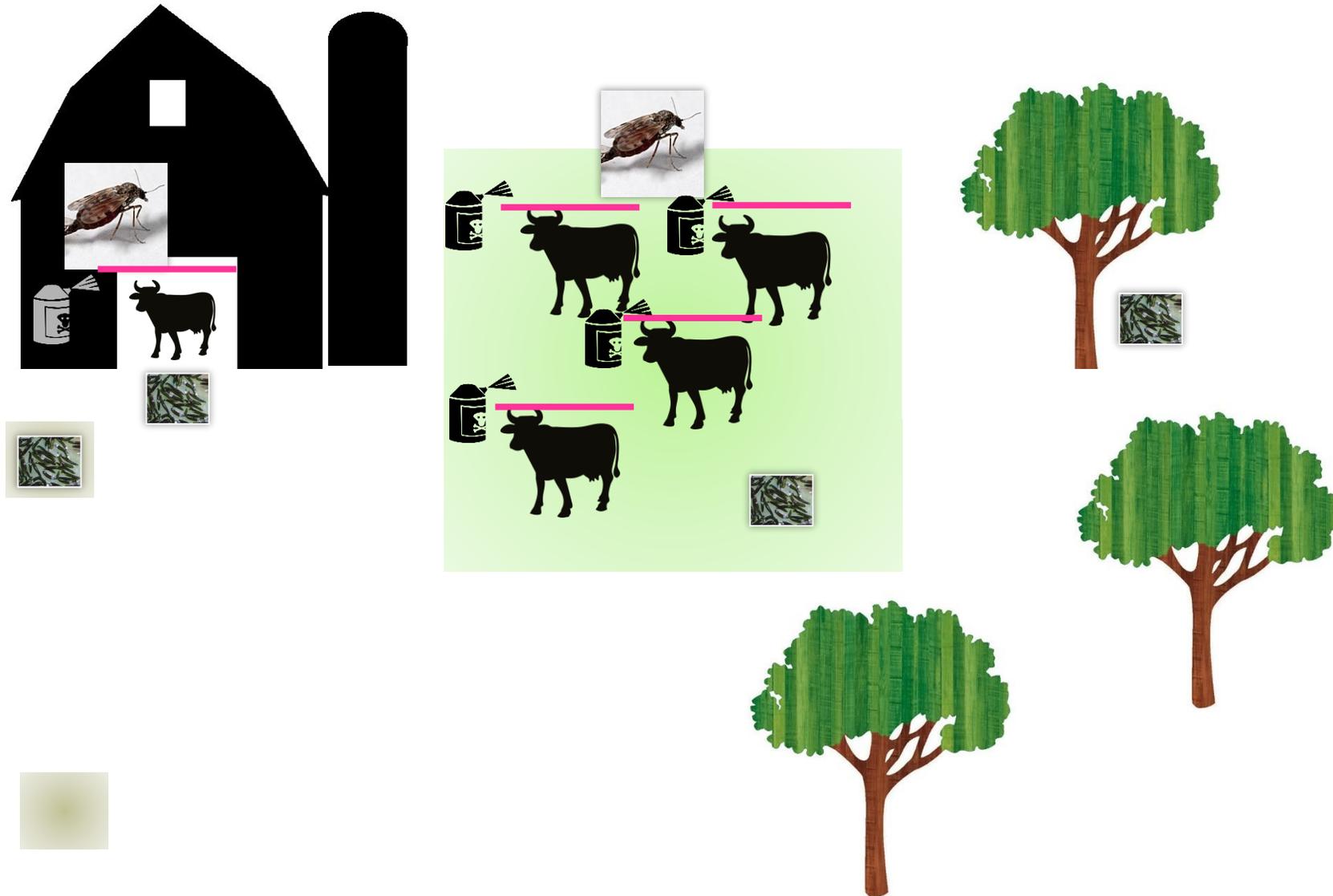
La lutte chimique anti-adulte aucune efficacité prouvée...

- **Réduction du nombre de femelles en recherche d'hôtes et du contact hôte-vecteur**
Pulvérisations d'insecticides dans l'environnement,
dans les bâtiments,
dans les véhicules de transports
- **Essai en Sardaigne, traitement par fumigation de 1 hectare avec cyperméthrine micro-encapsulée, 2 fois/15 jours**
- Suivi entomologique des abondances sur un site traité et un site témoin
- **Aucune réduction des abondances suite au traitement après quelques jours**
- **Considérations environnementales**



Les différents moyens de lutte anti-vectorielle

Protection chimique anti-adulte



Les différents moyens de lutte anti-vectorielle

Protection chimique anti-adulte

- **Quelle démarche opérationnelle pour tester des insecticides ?** Corpus scientifique, technique et méthodologique (validé par l'OMS) emprunté aux moustiques et notamment à la lutte contre le paludisme
- **Etape 1 :** Evaluation de la sensibilité des espèces aux substances actives insecticides en conditions contrôlées (laboratoire)
 - Détermination des concentrations de substance provoquant la mort de 50% et de 90% des individus exposés



- **Etape 2 :** Evaluation de l'efficacité de la formulation insecticide en conditions contrôlées (laboratoire) et semi-contrôlées (terrain à petite échelle)
 - Détermination de l'effet sur la mortalité ou l'effet anti-gorgement
- **Etape 3 :** Evaluation en semi-contrôlées et à grande échelle de l'efficacité des traitements insecticides sur le niveau de transmission du pathogène

Les insecticides autorisés en médecine vétérinaire en Europe pour le traitement des animaux d'élevage contre les ectoparasites

	Substance active	Application	Espèces cibles	Noms commerciaux
pyréthrinoides	Deltaméthrine	Pour-on, bain, pulvérisation	Bovins, ovins	Butox [®]
	Alpha-cyperméthrine	Pour-on, bain	Bovins, ovins	Ectotine [®] , Renegade [®] , Dysect [®]
	Perméthrine	Pour-on, boucle auriculaire	Bovins, ovins, chevaux	Flypor [®] , Tectonik [®]
organophosphorés	Chlorpyrifos-methyl	Pour-on	Bovins	Vectorclor [®] , Cyperchlor [®]
	Phoxim	Pour-on, bain, pulvérisation	Bovins, ovins, caprins, chevaux	Sebacil [®] 50%
	Diazinon	Pour-on, bain	Ovins	Dimpygal [®]

- Aucune autorisation de mise sur le marché faisant état d'un usage spécifique contre les *Culicoides*...

La Protection chimique individuelle anti-adulte : beaucoup d'efforts en recherche pour peu de résultats

- Etape 1 : Etude au laboratoire de la sensibilité aux molécules insecticides
 - Les *Culicoides* sont intrinsèquement sensibles aux molécules insecticides notamment aux pyréthrinoides
 - Sensibilités différentes en fonction des espèces et des populations
 - Pas de « signal » de résistance aux molécules insecticides

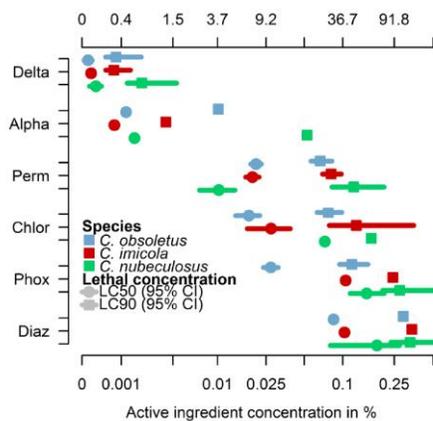


Figure 1. Lethal concentrations LC₅₀, LC₉₀ and 95% confidence intervals for *C. obsoletus*, *C. imicola* and *C. nubeculosus* exposed to six active ingredients: Delta: deltamethrin; Alpha: alpha-cypermethrin; Perm: permethrin; Chlor: Chlorpyrifos-methyl; Phox: phoxim and Diaz: diazinon. Lethal concentrations were calculated with Probit ver. 1.63, based on the mortality recorded at 24 h after 1h exposure to

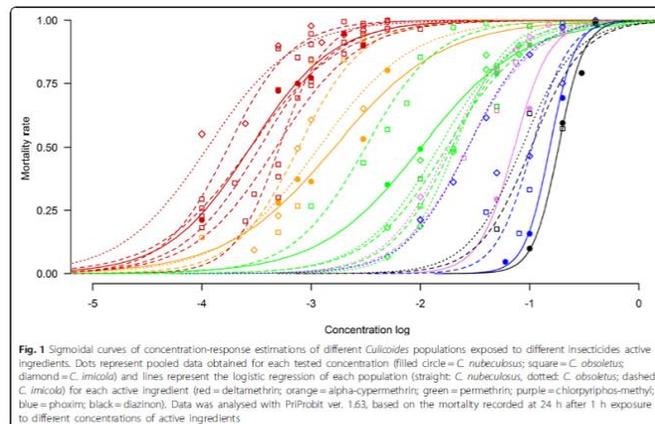


Fig. 1 Sigmoidal curves of concentration-response estimations of different *Culicoides* populations: exposed to different insecticides active ingredients. Dots represent pooled data obtained for each tested concentration (filled circle = *C. nubeculosus*; square = *C. obsoletus*; diamond = *C. imicola*) and lines represent the logistic regression of each population (straight: *C. nubeculosus*; dotted: *C. obsoletus*; dashed: *C. imicola*) for each active ingredient (red = deltamethrin; orange = alpha-cypermethrin; green = permethrin; purple = chlorpyrifos-methyl; blue = phoxim; black = diazinon). Data was analysed with Probit ver. 1.63, based on the mortality recorded at 24 h after 1 h exposure to different concentrations of active ingredients

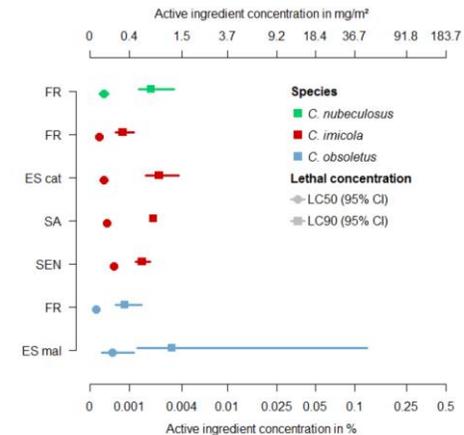


Figure 2 Lethal concentrations LC₅₀, LC₉₀ and 95% confidence intervals for different populations of *Culicoides* exposed to deltamethrin. FR: France, ES cat: Catalonia, Spain, SA: South Africa, SEN: Senegal and ES mal: Mallorca Island, Spain. Lethal concentrations were calculated with Probit ver. 1.63, based on the mortality recorded at 24 h after 1h exposure to different concentrations.

La Protection chimique individuelle anti-adulte : beaucoup d'efforts en recherche pour peu de résultats

- Etape 2 : Etude de l'efficacité des formulations en conditions contrôlées (laboratoire)

Essai sur des animaux de laboratoire (souris)

➤ Mesure l'effet de la formulation sur la mortalité, de l'effet anti-gorgement et la rémanence de la formulation



Commercialized product	Active ingredient	Applied theoretical concentration	Mortality (%) after insecticide application (Range)					Estimated persistence
			Day 1	Day 5	Day 8	Day 12	Day 15	
Butox® 7.5	Deltamethrin	38.81 mg/m ²	79.9 (77.4-82.3)	52.2 (50.0-54.5)	27.1 (20.0-34.2)	18.6 (15.1-22.1)	5.9 (5.8-6.0)	13 days
Ectotrine®	Cypermethrin	258.73 mg/m ²	85.9 (79.2-92.7)	66.2 (62.5-70.0)	52.8 (45.1-65.0)	52*	32.5 (25.0-40.0)	18 days
Vectoclor®	Chlorpyrifos-methyl	362.22 mg/m ²	79.0 (78.1-79.6)	59.7*	14.6 (10.8-18.5)	3.8*	3.5*	10 days
	Cypermethrin	258.73 mg/m ²						
Sebacil® 50%	Phoxim	388.09 mg/m ²	91.1 (87.0-96.4)	32.1*	10.75 (7.2-16.0)	3.8*	3.6*	8 days

Minimal and maximal observed mortality in brackets. *only one replicate was kept for analysis

Rémanence vendue pour les mouches

8-10 semaines

7-8 semaines

inconnu

2-8 semaines

La Protection chimique individuelle anti-adulte : beaucoup d'efforts en recherche pour peu de résultats

- Etape 2 : Etude de l'efficacité des formulations en conditions semi-contrôlées (terrain)

- Essai sur des animaux d'élevage *in situ*, conditions d'utilisation identique à celles sur le terrain

- Mesure l'effet d'un *pour-on* commercial de deltaméthrine (Butox® 7,5) sur la mortalité immédiate et la persistance d'efficacité (rémanence)

- Maximum de mortalité à 4 jours (max à 40-45%)

- Disparition de l'effet protecteur après 10 jours

- Problème de diffusion de la formulation sur l'animal et de rémanence...



Crédit photo : CIIRPO

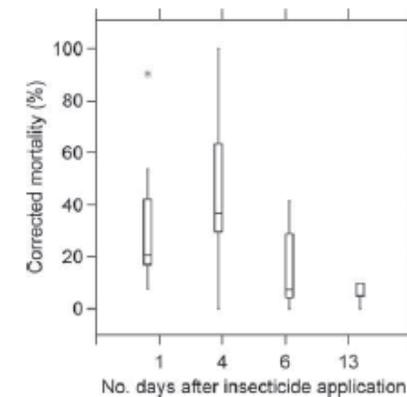
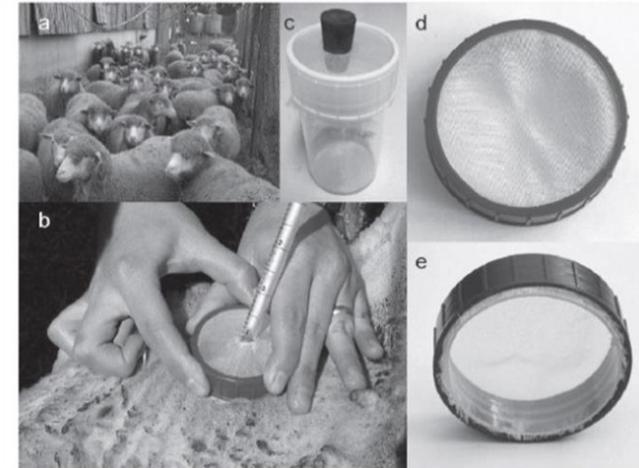


Fig. 3. Boxplot of the 24 h postexposure corrected mortality of *C. nubeculosus* (54 contacts, $n = 816$) after 1, 4, 6, and 3 d after the application of deltamethrin pour-on formulation (Butox 7.5 pour-on).

La Protection chimique individuelle anti-adulte : beaucoup d'efforts en recherche pour peu de résultats

- Etape 3 : Evaluation à grande échelle en conditions semi-contrôlées de l'effet des traitements insecticides sur la transmission du pathogène
- Deux études (USA, Australie) pour tester différentes formulations à base de pyréthrinoïdes (et d'organophosphorés) sur la transmission du virus de la FCO
- Etude 1 : traitement pour-on sur bovins toutes les deux semaines (250ml/animal, perméthrine, Atroban 11%[©]) et suivi de la séroconversion des bovins
 - **Traités : 59/106 (56%) vs. Témoins : 56/117 (48%)**
 - **Aucun effet des traitements sur le niveau de transmission**
- Etude 2 : Traitement hebdomadaire de bovins avec différentes formulations et suivi de la séroconversion des bovins
 - **Témoins : 9/20 (45 %)**
 - **Deltaméthrine (pour-on), 3/20 (15%)**
 - **Fluméthrine (pour-on), 7/19 (37%)**
 - **Fenvalérate (pulvérisation), 8/20 (40%)**
 - **Diazinon (boucle auriculaire), 6/20 (30%)**

Autres?

Perspectives...

- **Lutte biologique** avec des prédateurs, des organismes entomopathogènes : peu d'essais (absence d'évidences) et peu d'applicabilité
- **Lutte génétique** (insecte stérile, endobactérie stérilisante, transfert de gènes) : bien loin de maîtriser les étapes nécessaires à la mise en place de programmes de recherche réalistes
- **Besoin de développements et d'essais supplémentaires ?** peintures imprégnées, bâches imprégnées, tests de systèmes de *push-pull*
- **Efforts pour une lutte intégrée? En fonction des contextes épidémiologiques (vaccination ou pas, zones réglementaires ou pas, épizooties ou circulation à bas bruit) et de la surveillance entomologique (espèce, abondance et dynamique)**



Merci pour votre attention !

