

RADIANT

Réponse Adaptative Des Insectes à l'ANThropisation

2017-2019

Porteurs :

Carmen Bessa-Gomes ESE

M. Harry UMR EGCE

CONTEXTE



Milieu continental: Plateau de Saclay



Milieu tropical : Amazonie

Problématique : Adaptation des insectes aux changements environnementaux

Modèle : insectes

⇒ réponses écologiques et évolutives rapides face aux changements anthropiques

⇒ Insectes utiles (pollinisateurs) /nuisibles (vecteurs de maladies)

PARTICIPANTS

Statutaires	Etudiants
<p>Carmen Bessa-Gomes (ESE) Emmanuelle Baudry (ESE) Antoine Branca (ESE) Jonathan Filée (EGCE) Myriam Harry (EGCE) Virginie Heraudet (ESE) Judith Legrand (GDE-Le Moulon) Frédéric Marion-Poll (EGCE) Florence Mougel (EGCE)</p> <p>Collaborateurs au Brésil : Carlos Almeida (Univ Campinas) Joa Aristeu da Rosa (Univ Sao Paulo)</p>	<p>Kenny Agesilas-Lequeux, M2 2017 (EGCE) Marie Merle, M2 2019 , PhD oct 2019 (EGCE) Palmyre Pasteau, M1 2019 (ESE) Elise Verrier, PhD oct 2018 (ESE) Estelle Renaud, M2 2018, PhD sept 2018 (ESE) Anaïs Richard, L2, 2017 (EGCE)</p>

OBJECTIFS

Documenter la réponse adaptative :

Diversité écologique des pollinisateurs (généralistes/spécialistes) et l'impact du changement de l'usage des sols sur le comportement de butinage

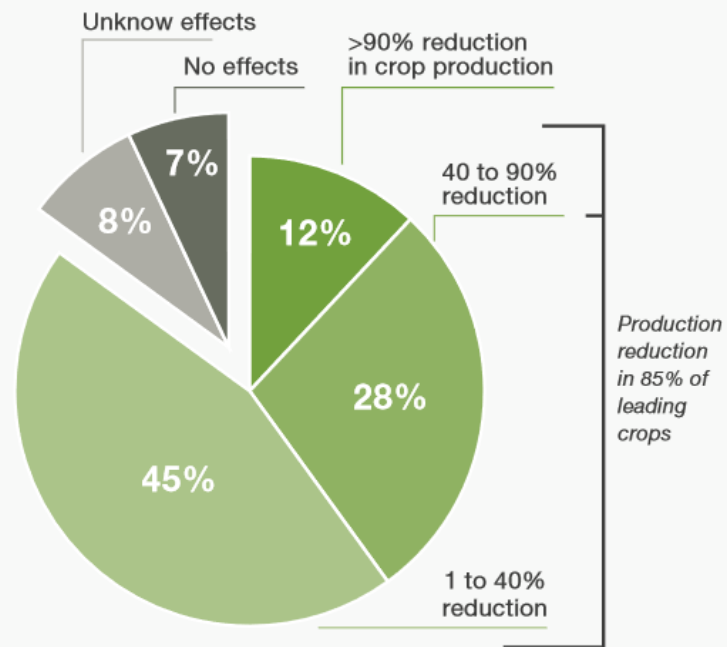
Diversité des gènes chimiosensoriels chez des insectes vecteurs en fonction de l'habitat (sylvatique/domiciliaire)

- Déclin des insectes pollinisateurs
- ~90% des Angiospermes dépendent, au moins partiellement, des pollinisateurs pour se reproduire
- Nombreuses cultures pour la consommation humaine dépendent de la pollinisation par les insectes

=> Réduction de la production agricole

FIGURE SPM.2

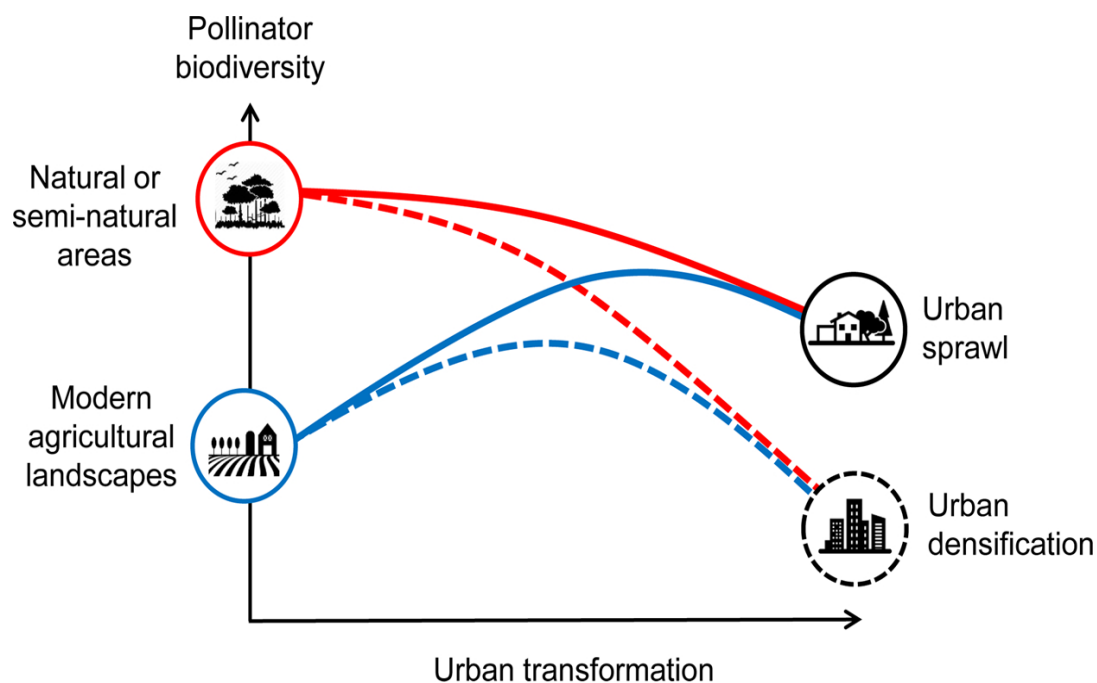
Percentage dependence on animal-mediated pollination of leading global crops that are directly consumed by humans and traded on the global market.¹⁰



Rapport de l'IPBES (International Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services)

➤ Essor du péri-urbain : les zones rurales se transforment en péri-urbain

=> **Quel impact sur les communautés de pollinisateurs ?**



L'agencement du paysage pourrait influencer la diversité des pollinisateurs et réduire les effets négatifs de l'anthropisation

- Suivi biodiversité
 - *Diversité des pollinisateurs*
 - *Diversité floristique*
 - *Efficacité du service écosystémique de pollinisation*

- Diversité fonctionnelle
 - *Caractérisation des traits fonctionnels à partir de la littérature*

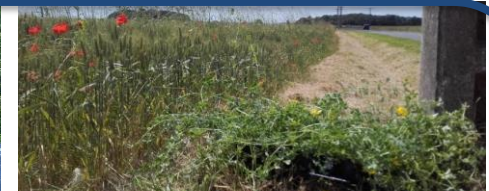
- Modélisation du processus de butinage
 - *Modèle Multi-Agent : analyse des stratégies de butinage*



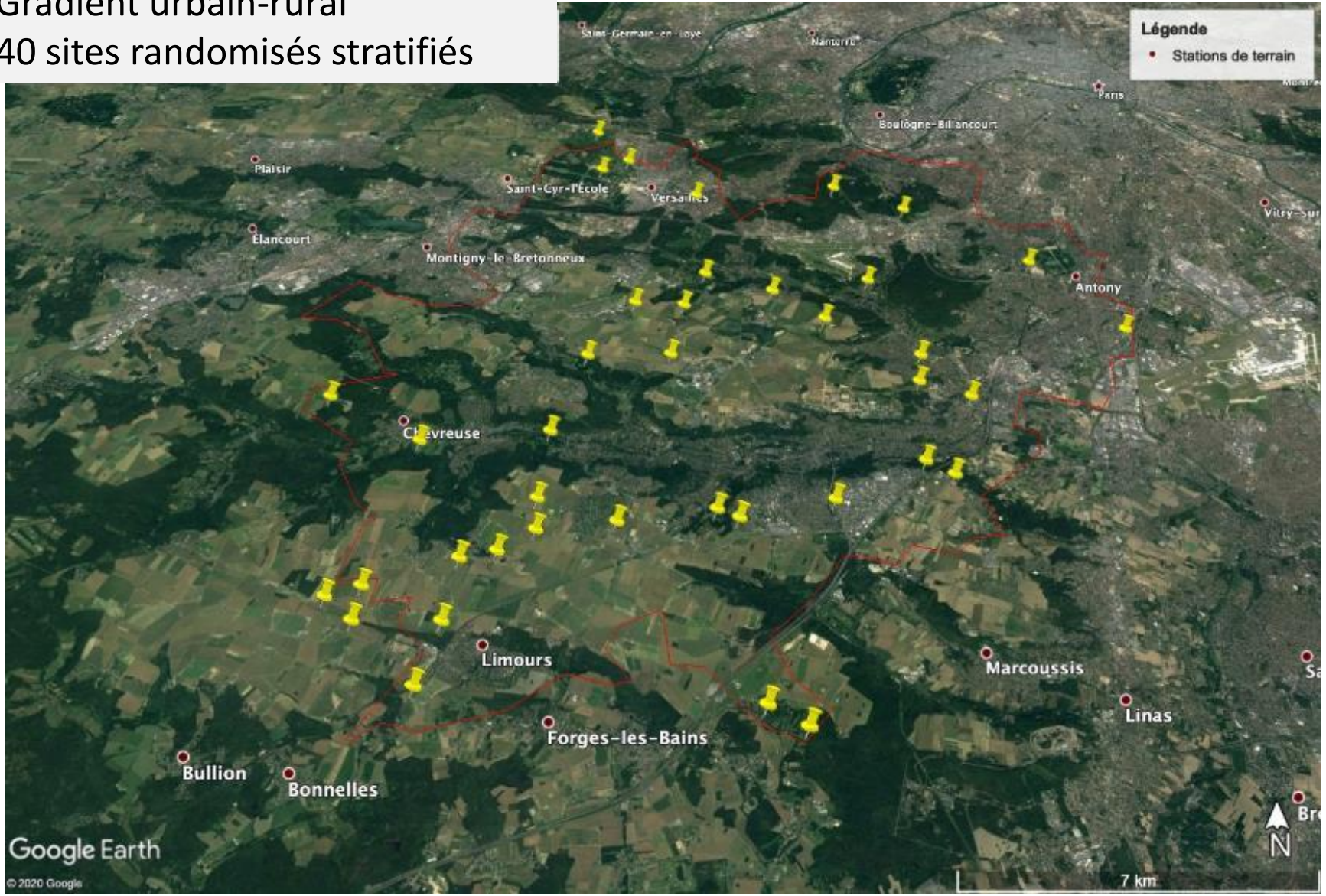
- **Suivi biodiversité**
 - *Diversité des pollinisateurs*
 - *Diversité floristique*
 - *Efficacité du service écosystémique de pollinisation*

- **Diversité fonctionnelle**
 - *Caractérisation des traits fonctionnels à partir de la littérature*

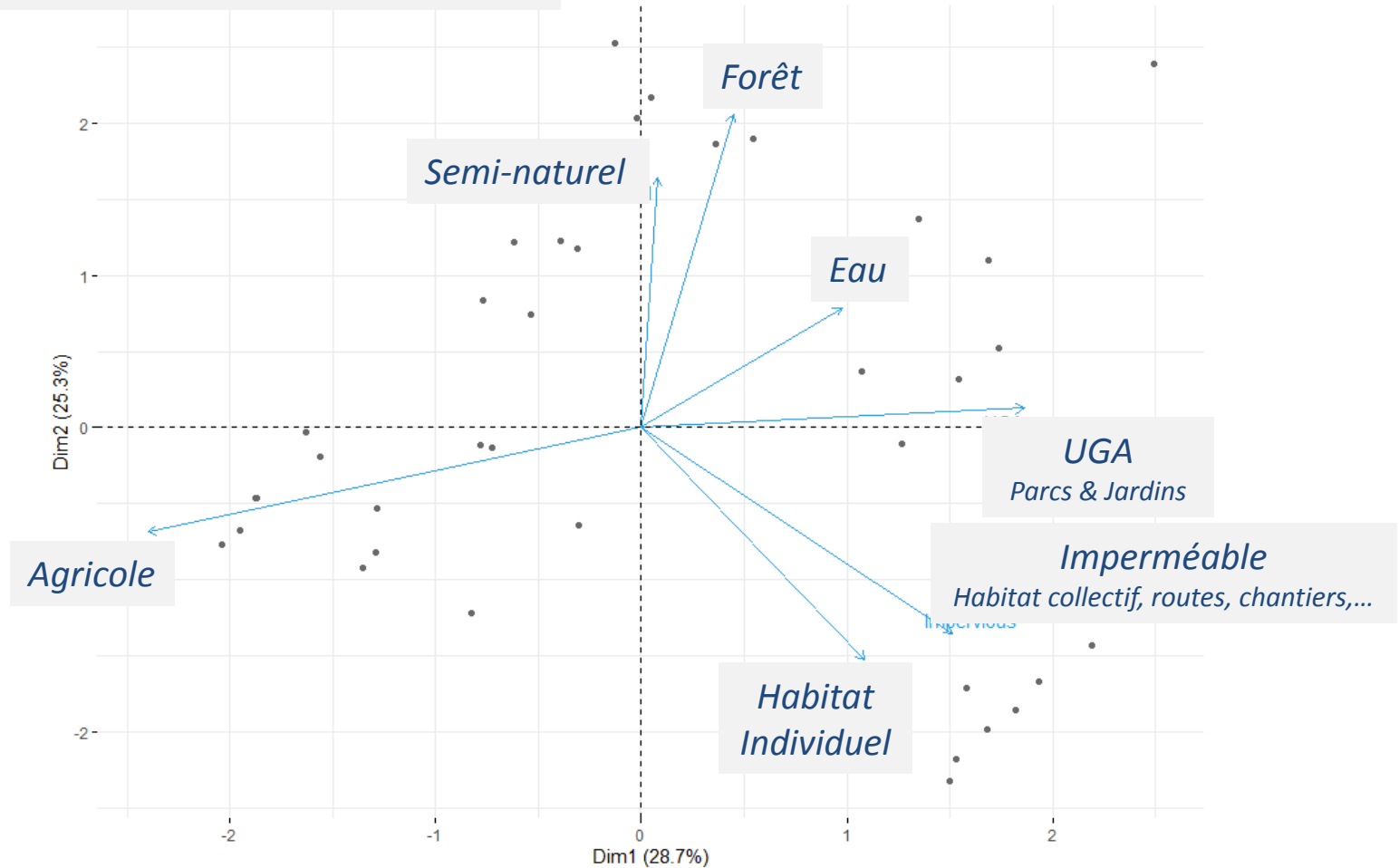
- **Modélisation du processus de butinage**
 - *Modèle Multi-Agent : analyse des stratégies de butinage*



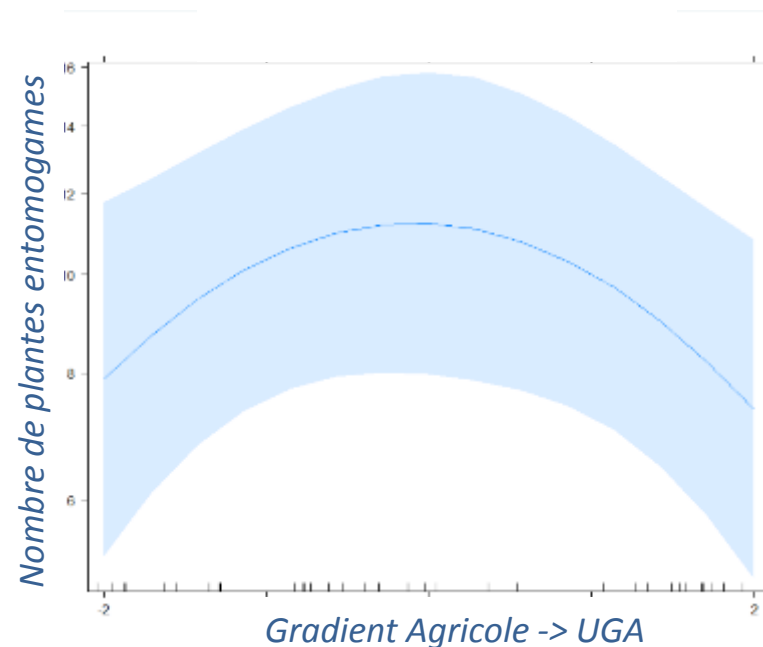
Gradient urbain-rural 40 sites randomisés stratifiés



Gradient urbain-rural 40 sites randomisés stratifiés

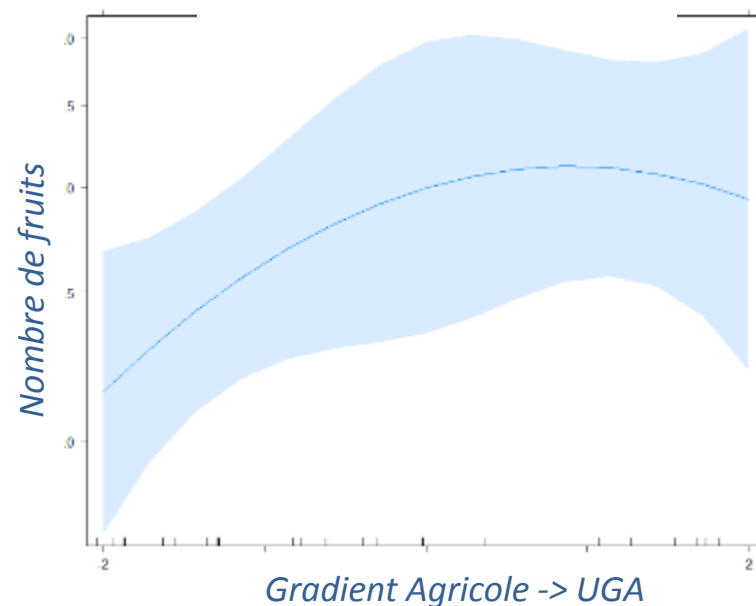


<i>Predictors</i>	Nombre_de_plantes_entomogames		
	<i>Incidence Rate Ratios</i>	<i>CI</i>	<i>p</i>
(Intercept)	22.92	11.10 – 47.33	<0.001
Dim.1	0.98	0.90 – 1.08	0.712
Dim.2	0.90	0.81 – 1.01	0.065
Dim.1^2	0.91	0.83 – 0.99	0.037
Date	1.00	0.99 – 1.00	0.032
Random Effects			
σ^2	0.10		
τ_{00} Station	0.13		
τ_{00} Année	0.04		
ICC	0.62		
$N_{Station}$	38		
$N_{Année}$	2		
Observations	151		
Marginal R^2 / Conditional R^2	0.110 / 0.662		

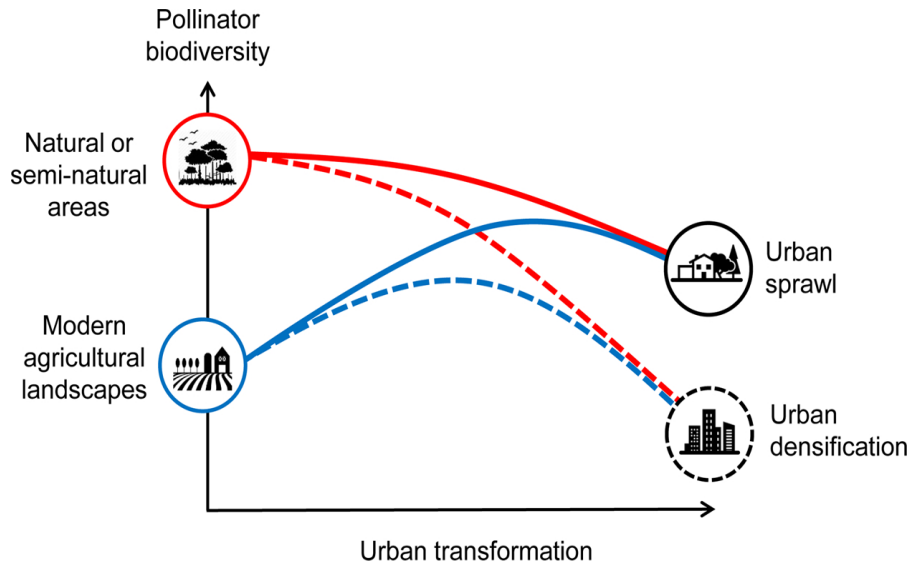


Les zones péri-urbaines, à l'interface entre agricole et urbain, peuvent soutenir une activité de pollinisation importante

<i>Predictors</i>	NbreFruits		
	<i>Incidence Rate Ratios</i>	<i>CI</i>	<i>p</i>
Count Model			
(Intercept)	1.95	1.35 – 2.82	<0.001
Dim.1	1.14	1.01 – 1.29	0.035
Dim.2	0.90	0.72 – 1.14	0.379
Dim.1^2	0.93	0.79 – 1.09	0.373
Zero-Inflated Model			
(Intercept)	0.36	0.30 – 0.42	<0.001
Random Effects			
σ^2	0.66		
τ_{00} Pot:Station_ID	0.12		
τ_{00} Station_ID	0.15		
ICC	0.29		
N_{Pot}	168		
$N_{Station_ID}$	25		
Observations	1750		
Marginal R ² / Conditional R ²	0.043 / 0.324		



Les zones péri-urbaines, à l'interface entre agricole et urbain, peuvent soutenir une activité de pollinisation importante



L'agencement du paysage réduit les effets négatifs de l'anthropisation sur le service écosystémique de pollinisation.

Quels sont les conséquences sur les réseaux d'interaction?

Quels conséquences sur le comportement de butinage?

Wenzel, A., et al. (2020). *Biological Conservation* 241.

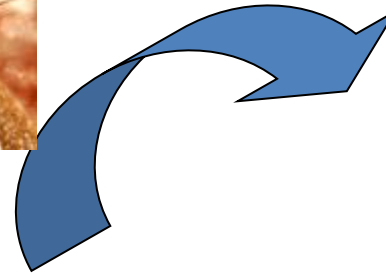
Processus de domiciliation



*Trypanosoma
cruzi*



Rhodnius prolixus



Environnement 2
Espèces domiciliaries

- 140 espèces (Triatominae)
- 20-30 espèces d'importance épidémiologique
- 10 millions de personnes infectées en Amérique Latine
- Pas de traitement, ni vaccin, ni chimioprophylaxie

=> Lutte contre les vecteurs



Environnement 1
Espèces sylvatiques

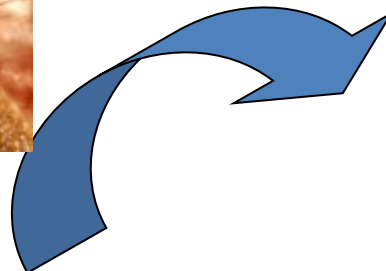
Processus de domiciliation



*Trypanosoma
cruzi*



Rhodnius prolixus



Environnement 2
Espèces domiciliaries

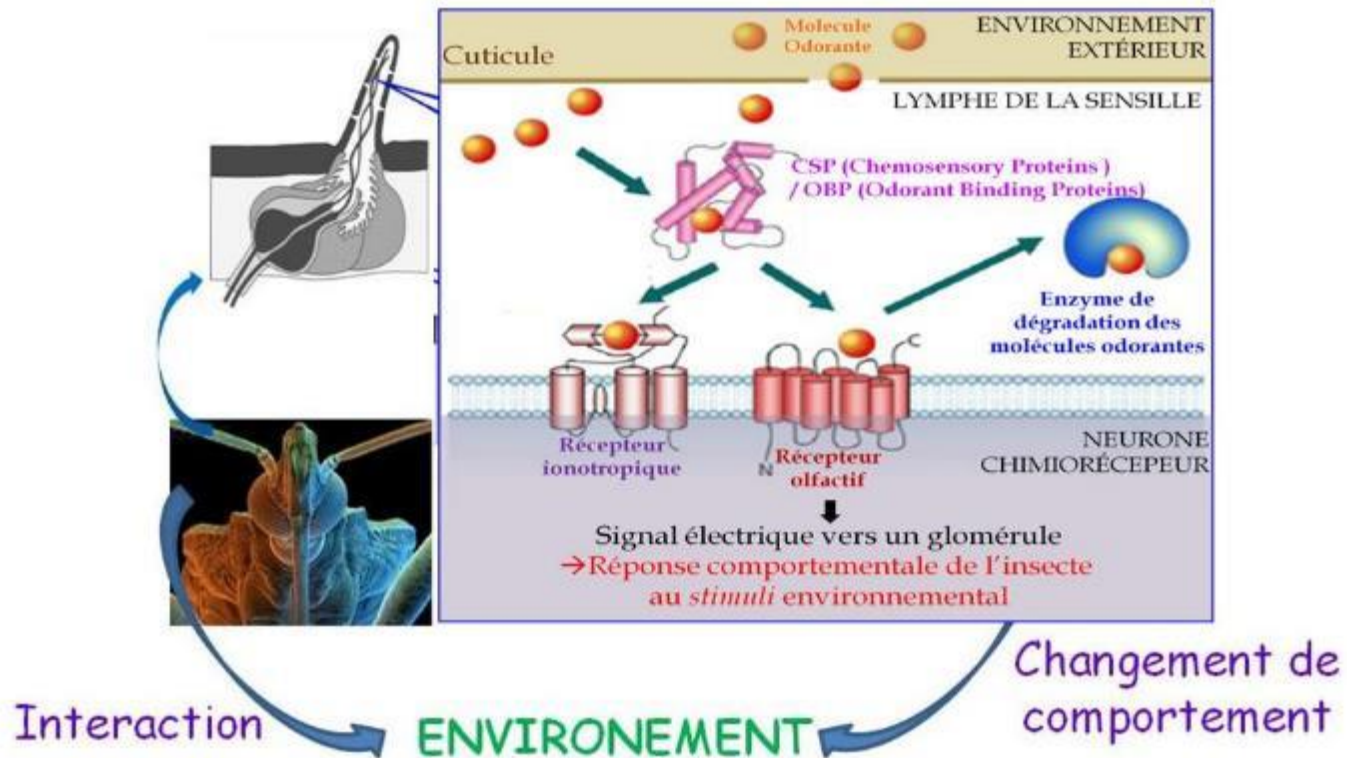
- 140 espèces (Triatominae)
- 20-30 espèces d'importance épidémiologique
- 10 millions de personnes infectées en Amérique Latine
- Pas de traitement, ni vaccin, ni chimioprophylaxie

=> Lutte contre les vecteurs



Environnement 1
Espèces sylvatiques

La capacité à s'adapter à un nouvel l'habitat pourrait être liée à l'évolution du répertoire de gènes chimiosensoriels, importants pour la détection de différents stimuli odorants

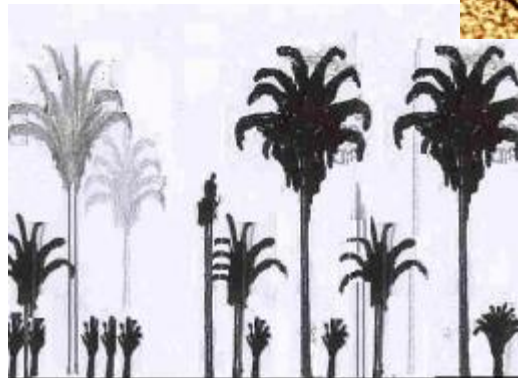


- ✓ Spécificité molécule odorante ou sapide et récepteur
- ✓ Familles multigéniques à évolution rapide

Hypothèse de travail :

La domiciliation de certaines espèces (changement d'habitat et de gamme d'hôtes) s'accompagne

- d'un changement dans le répertoire des gènes chimiosensoriels (perte/duplication)
- d'une sélection positive sur le(s) gène(s) augmentant la fitness des individus/ les gènes sont essentiels à l'alimentation quel que soit l'habitat pas de sélection différentielle selon l'habitat (sélection purificatrice)



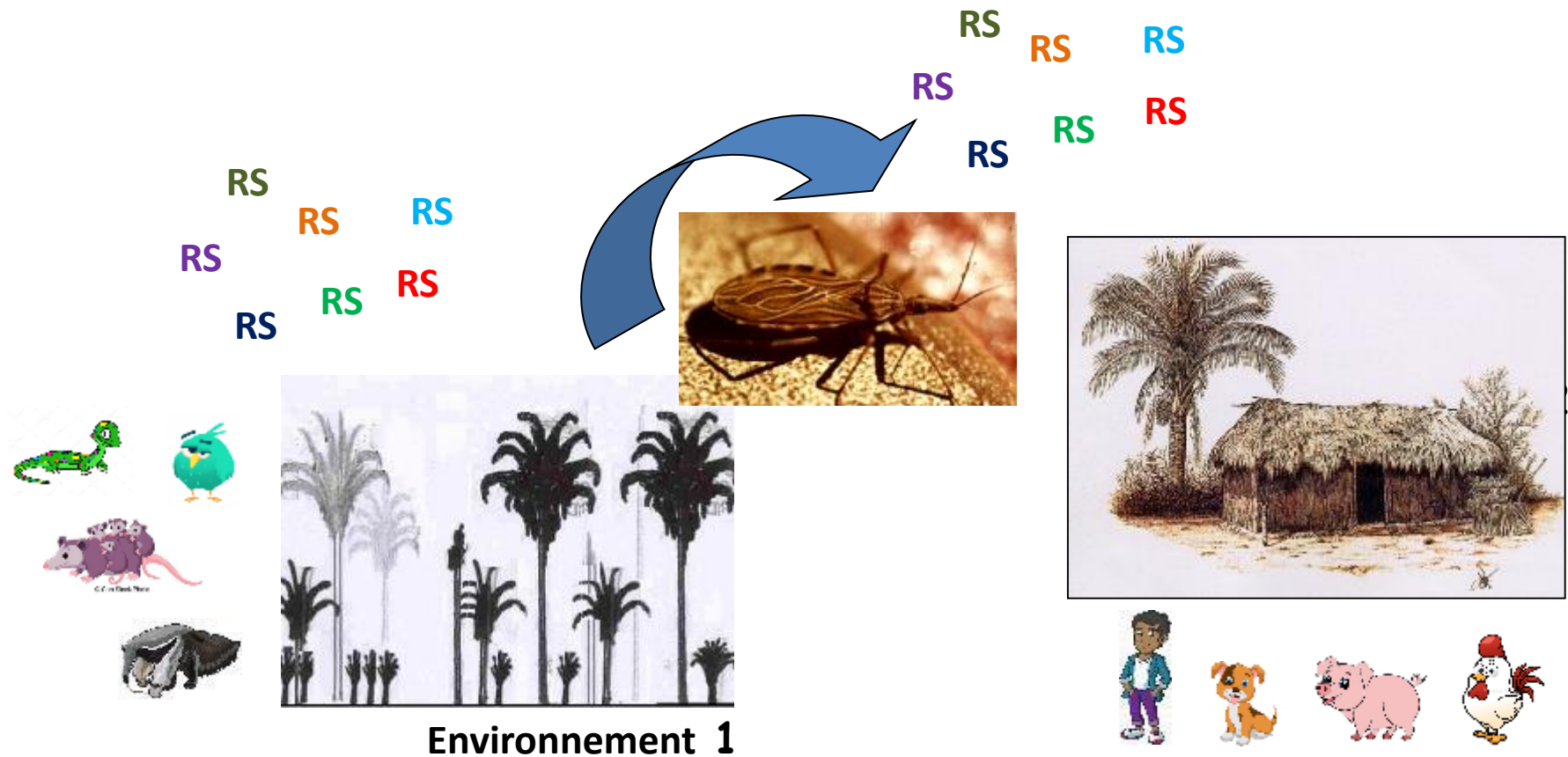
Environnement 1



Hypothèse de travail :

La domiciliation de certaines espèces (changement d'habitat et de gamme d'hôtes) s'accompagne

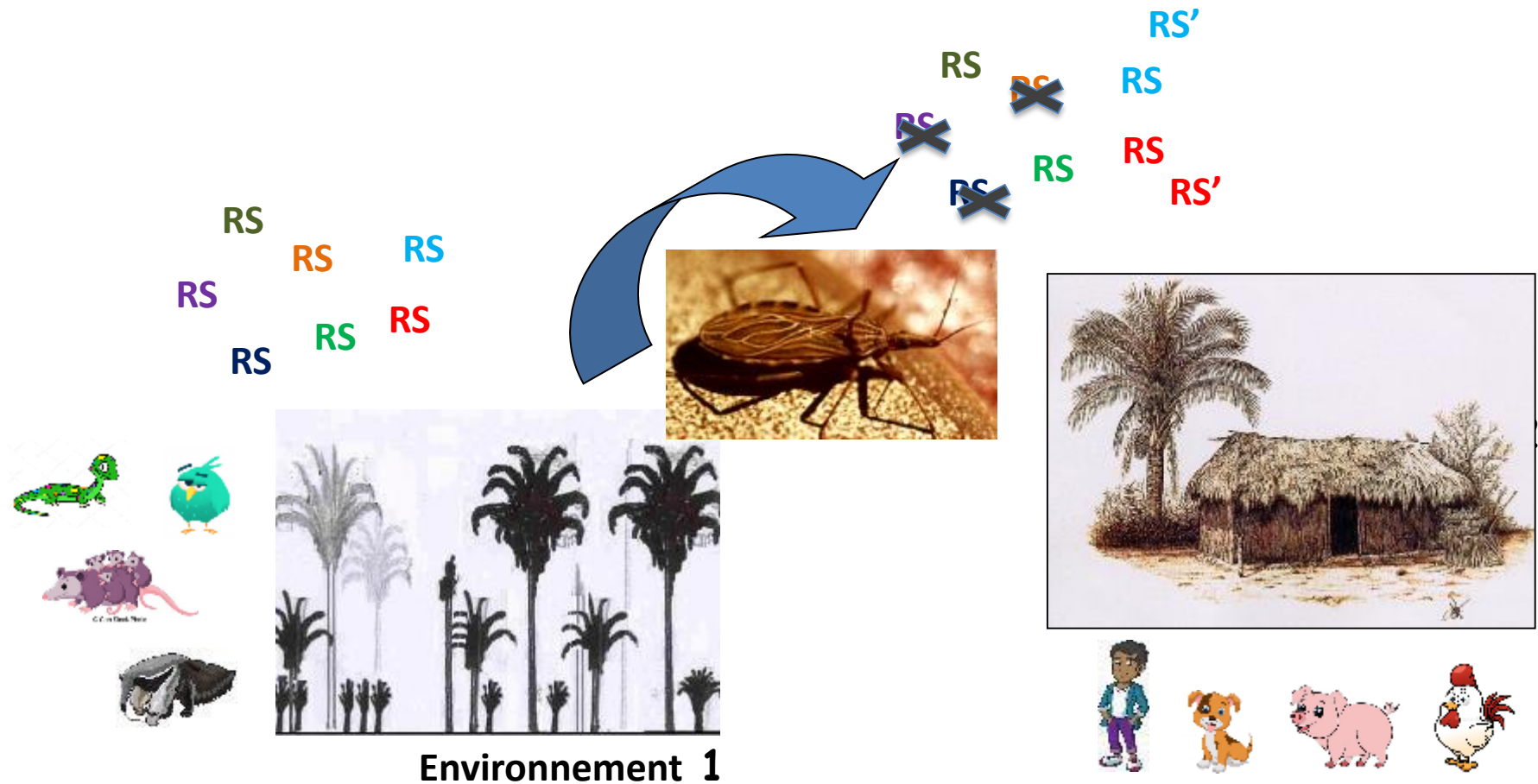
- d'un changement dans le répertoire des gènes chimiosensoriels (perte/duplication)
- d'une sélection positive sur le(s) gène(s) augmentant la fitness des individus/ les gènes sont essentiels à l'alimentation quel que soit l'habitat pas de sélection différentielle selon l'habitat (sélection purificatrice)



Hypothèse de travail :

La domiciliation de certaines espèces (changement d'habitat et de gamme d'hôtes) s'accompagne

- d'un changement dans le répertoire des gènes chimiosensoriels (perte/duplication)
- d'une sélection positive sur le(s) gène(s) augmentant la fitness des individus/ les gènes sont essentiels à l'alimentation quel que soit l'habitat pas de sélection différentielle selon l'habitat (sélection purificatrice)



Environnement 1

Matériel : 9 espèces

Données génomiques : Illumina + PacBio (longs fragments)

Données transcriptomiques : Illumina

ESPECES DOMICILIAIRES



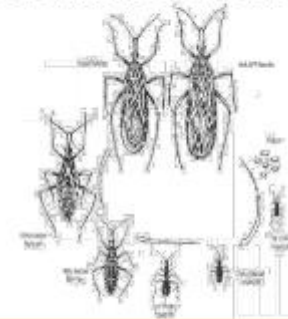
R. nasutus

R. neglectus

R. pallescens

R. prolixus

Capables de faire leur cycle de vie dans les habitations



ESPECES SYLVATIQUES



R. brethesi

R. colombiensis

R. pictipes

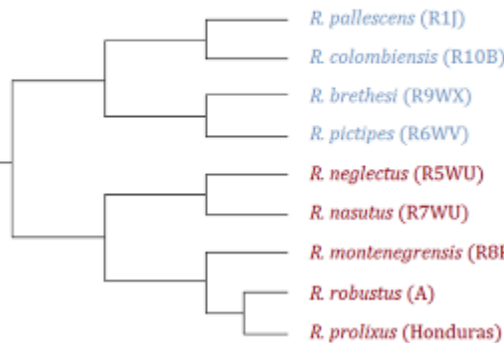
R. montegrenensis

R. robustus

Incapables de faire leur cycle de vie dans les habitations



Duplication/perte



	IR			GR			OR		
	D	P	Total	D	P	Total	D	P	Total
<i>R. pallescens</i> (R1I) ●	0	0	33	0	0	28	0	5	70
<i>R. colombiensis</i> (R10B) ●	0	0	33	1	1	28	0	5	70
<i>R. brethesi</i> (R9WX) ●	0	0	33	0	1	27	1	2	74
<i>R. pictipes</i> (R6WV) ●	0	0	33	0	0	28	1	4	72
<i>R. neglectus</i> (R5WU) ●	2	0	35	0	0	28	7	0	82
<i>R. nasutus</i> (R7WU) ●	1	0	34	4	0	32	0	3	72
<i>R. montenegrensis</i> (R8F) ●	1	0	34	1	0	29	7	0	82
<i>R. robustus</i> (A) ●	1	0	34	0	1	27	1	0	76
<i>R. prolixus</i> (Honduras) ●	2	0	35	2	0	30	8	0	83

Résultats

D : Duplications

P : Pertes

● espèces sylvatiques

● espèces domiciliaires

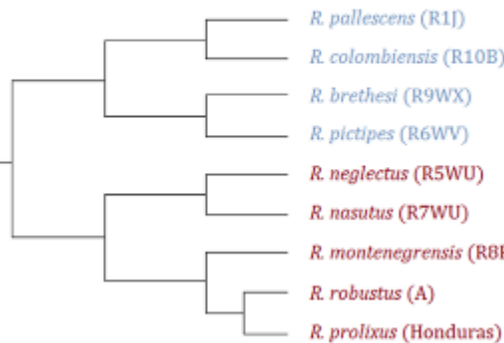
IR récepteurs ionotropiques

GR : récepteurs gustatifs

OR : récepteurs olfactifs

- Evènements de duplications et pertes (ex : récepteurs olfactifs, OR)
- Lien entre duplications/pertes et relations phylogénétiques (récepteurs ionotropiques : IRs, et récepteurs olfactifs : ORs)

Duplication/perte



	IR			GR			OR		
	D	P	Total	D	P	Total	D	P	Total
<i>R. pallescens</i> (R1I) ●	0	0	33	0	0	28	0	5	70
<i>R. colombiensis</i> (R10B) ●	0	0	33	1	1	28	0	5	70
<i>R. brethesi</i> (R9WX) ●	0	0	33	0	1	27	1	2	74
<i>R. pictipes</i> (R6WV) ●	0	0	33	0	0	28	1	4	72
<i>R. neglectus</i> (R5WU) ●	2	0	35	0	0	28	7	0	82
<i>R. nasutus</i> (R7WU) ●	1	0	34	4	0	32	0	3	72
<i>R. montenegrensis</i> (R8F) ●	1	0	34	1	0	29	7	0	82
<i>R. robustus</i> (A) ●	1	0	34	0	1	27	1	0	76
<i>R. prolixus</i> (Honduras) ●	2	0	35	2	0	30	8	0	83

Résultats

D : Duplications

P : Pertes

● espèces sylvatiques

● espèces domiciliaires

IR récepteurs ionotropiques

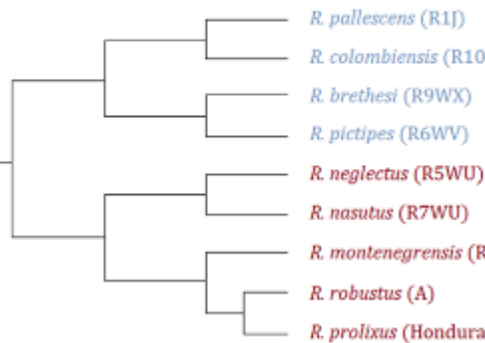
GR : récepteurs gustatifs

OR : récepteurs olfactifs

- Evènements de duplications et pertes (ex : récepteurs olfactifs, OR)
- Lien entre duplications/pertes et relations phylogénétiques (récepteurs ionotropiques : IRs, et récepteurs olfactifs : ORs)

Pas de lien global apparent entre le nombre de copies et l'habitat, mais variabilité spécifique, nécessité d'une approche gène par gène

Duplication/perte



	IR			GR			OR		
	D	P	Total	D	P	Total	D	P	Total
<i>R. pallescens</i> (R1I) ●	0	0	33	0	0	28	0	5	70
<i>R. colombiensis</i> (R10B) ●	0	0	33	1	1	28	0	5	70
<i>R. brethesi</i> (R9WX) ●	0	0	33	0	1	27	1	2	74
<i>R. pictipes</i> (R6WV) ●	0	0	33	0	0	28	1	4	72
<i>R. neglectus</i> (R5WU) ●	2	0	35	0	0	28	7	0	82
<i>R. nasutus</i> (R7WU) ●	1	0	34	4	0	32	0	3	72
<i>R. montenegrensis</i> (R8F) ●	1	0	34	1	0	29	7	0	82
<i>R. robustus</i> (A) ●	1	0	34	0	1	27	1	0	76
<i>R. prolixus</i> (Honduras) ●	2	0	35	2	0	30	8	0	83

Résultats

D : Duplications

P : Pertes

● espèces sylvatiques

● espèces domiciliaires

IR récepteurs ionotropiques

GR : récepteurs gustatifs

OR : récepteurs olfactifs

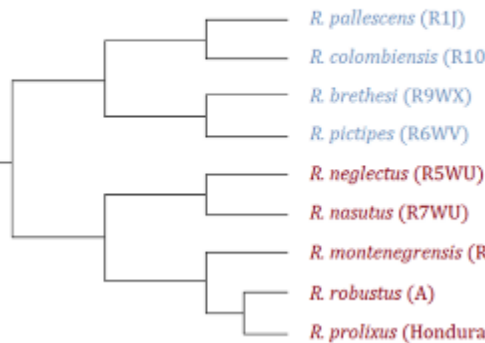
- Evènements de duplications et pertes (ex : récepteurs olfactifs, OR)
- Lien entre duplications/pertes et relations phylogénétiques (récepteurs ionotropiques : IRs, et récepteurs olfactifs : ORs)

Pas de lien global apparent entre le nombre de copies et l'habitat, mais variabilité spécifique, nécessité d'une approche gène par gène

Traces de sélection

- ✓ 5 GR/28 présentant des trace de sélection positives pour les espèces domiciliaires/sylvatiques (GR15, GR16, GR20, GR27, GR28)
- ✓ 2 présentant « une relaxation de la pression de sélection » (GRo2, GRo8)

Duplication/perte



	IR			GR			OR		
	D	P	Total	D	P	Total	D	P	Total
<i>R. pallescens</i> (R1I) ●	0	0	33	0	0	28	0	5	70
<i>R. colombiensis</i> (R10B) ●	0	0	33	1	1	28	0	5	70
<i>R. brethesi</i> (R9WX) ●	0	0	33	0	1	27	1	2	74
<i>R. pictipes</i> (R6WV) ●	0	0	33	0	0	28	1	4	72
<i>R. neglectus</i> (R5WU) ●	2	0	35	0	0	28	7	0	82
<i>R. nasutus</i> (R7WU) ●	1	0	34	4	0	32	0	3	72
<i>R. montenegrensis</i> (R8F) ●	1	0	34	1	0	29	7	0	82
<i>R. robustus</i> (A) ●	1	0	34	0	1	27	1	0	76
<i>R. prolixus</i> (Honduras) ●	2	0	35	2	0	30	8	0	83

Résultats

D : Duplications

P : Pertes

● espèces sylvatiques

● espèces domiciliaires

IR récepteurs ionotropiques

GR : récepteurs gustatifs

OR : récepteurs olfactifs

- Evènements de duplications et pertes (ex : récepteurs olfactifs, OR)
- Lien entre duplications/pertes et relations phylogénétiques (récepteurs ionotropiques : IRs, et récepteurs olfactifs : ORs)

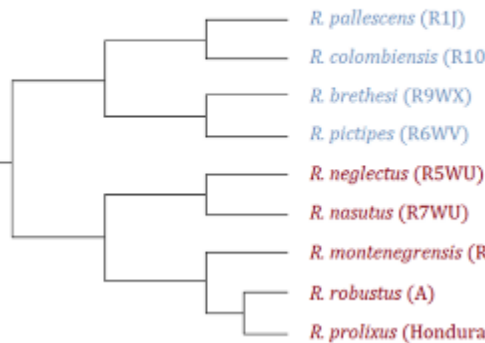
Pas de lien global apparent entre le nombre de copies et l'habitat, mais variabilité spécifique, nécessité d'une approche gène par gène

Traces de sélection

- ✓ 5 GR/28 présentant des trace de sélection positives pour les espèces domiciliaires/sylvatiques (GR15, GR16, GR20, GR27, GR28)
- ✓ 2 présentant « une relaxation de la pression de sélection » (GRo2, GRo8)

Récepteurs candidats à des tests fonctionnels

Duplication/perte



	IR			GR			OR		
	D	P	Total	D	P	Total	D	P	Total
<i>R. pallescens</i> (R1I) ●	0	0	33	0	0	28	0	5	70
<i>R. colombiensis</i> (R10B) ●	0	0	33	1	1	28	0	5	70
<i>R. brethesi</i> (R9WX) ●	0	0	33	0	1	27	1	2	74
<i>R. pictipes</i> (R6WV) ●	0	0	33	0	0	28	1	4	72
<i>R. neglectus</i> (R5WU) ●	2	0	35	0	0	28	7	0	82
<i>R. nasutus</i> (R7WU) ●	1	0	34	4	0	32	0	3	72
<i>R. montenegrensis</i> (R8F) ●	1	0	34	1	0	29	7	0	82
<i>R. robustus</i> (A) ●	1	0	34	0	1	27	1	0	76
<i>R. prolixus</i> (Honduras) ●	2	0	35	2	0	30	8	0	83

Résultats

D : Duplications

P : Pertes

● espèces sylvatiques

● espèces domiciliaires

IR récepteurs ionotropiques

GR : récepteurs gustatifs

OR : récepteurs olfactifs

- Evènements de duplications et pertes (ex : récepteurs olfactifs, OR)
- Lien entre duplications/pertes et relations phylogénétiques (récepteurs ionotropiques : IRs, et récepteurs olfactifs : ORs)

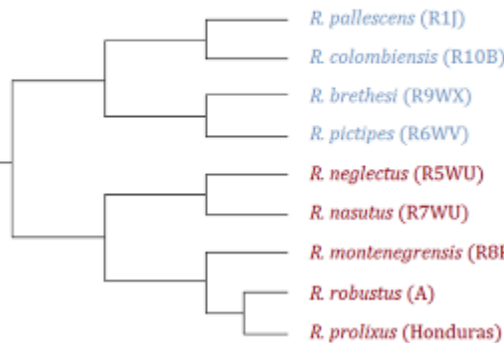
Pas de lien global apparent entre le nombre de copies et l'habitat, mais variabilité spécifique, nécessité d'une approche gène par gène

Traces de sélection

- ✓ 5 GR/28 présentant des trace de sélection positives pour les espèces domiciliaires/sylvatiques (GR15, GR16, GR20, GR27, GR28)
- ✓ 2 présentant « une relaxation de la pression de sélection » (GRo2, GRo8)

Récepteurs candidats à des tests fonctionnels

Duplication/perte



	IR			GR			OR		
	D	P	Total	D	P	Total	D	P	Total
<i>R. pallescens</i> (R1I) ●	0	0	33	0	0	28	0	5	70
<i>R. colombiensis</i> (R10B) ●	0	0	33	1	1	28	0	5	70
<i>R. brethesi</i> (R9WX) ●	0	0	33	0	1	27	1	2	74
<i>R. pictipes</i> (R6WV) ●	0	0	33	0	0	28	1	4	72
<i>R. neglectus</i> (R5WU) ●	2	0	35	0	0	28	7	0	82
<i>R. nasutus</i> (R7WU) ●	1	0	34	4	0	32	0	3	72
<i>R. montenegrensis</i> (R8F) ●	1	0	34	1	0	29	7	0	82
<i>R. robustus</i> (A) ●	1	0	34	0	1	27	1	0	76
<i>R. prolixus</i> (Honduras) ●	2	0	35	2	0	30	8	0	83

Résultats

D : Duplications
P : Pertes
● espèces sylvatiques
● espèces domiciliaires

IR récepteurs ionotropiques
GR : récepteurs gustatifs
OR : récepteurs olfactifs

- Evènements de duplications et pertes (ex : récepteurs olfactifs, OR)
- Lien entre duplications/pertes et relations phylogénétiques (récepteurs ionotropiques : IRs, et récepteurs olfactifs : ORs)

Pas de lien global apparent entre le nombre de copies et l'habitat, mais variabilité spécifique, nécessité d'une approche gène par gène

Traces de sélection

- ✓ 5 GR/28 présentant des trace de sélection positives pour les espèces domiciliaires/sylvatiques (GR15, GR16, GR20, GR27, GR28)
- ✓ 2 présentant « une relaxation de la pression de sélection » (GRo2, GRo8)

Récepteurs candidats à des tests fonctionnels

Gènes chimiosensoriels impliqués dans la réponse adaptative des insectes

Projet montrant que les insectes constituent de bons modèles pour appréhender les réponses adaptatives aux pressions anthropiques

- pollinisateurs
- Vecteurs : mise en évidence de traces de sélection sur les gènes chimiosensoriels avec en perspective la caractérisation fonctionnelle de ces récepteurs et la mise en place de stratégies alternatives de lutte antivectorielle

Projet risqué mais original, notamment du fait que les espèces étudiées ne sont pas des espèces modèles.

Projet ayant débouché sur le recrutement de 3 PhD

Projet ayant permis une nouvelle collaboration entre EGCE et ESE