

# Détection et classification d'animaux sur des séquences d'images.

Paul Tresson

Philippe Tixier, William Puech et Dominique Carval

le 22 mars 2022 CBGP



# Modèle d'étude : Le charançon du bananier



# Modèle d'étude : Le charançon du bananier



# Modèle d'étude : Le charançon du bananier



- ▶ Lutte chimique n'est presque plus pratiquée en France
- ▶ Pièges à phéromones
- ▶ Jachères
- ▶ Rotations



---

Gold et al., 2001 J. Integr. Pest Manag., Duyck et al., 2012 Bull. Entomol. Res.

# Contrôle biologique du charançon

- ▶ Import d'ennemis infructueux (e.g. *Plaesius javanus*)
- ▶ Pas de parasites ou parasitoïdes spécifiques
- ▶ Prédateurs généralistes:

---

Gold et al., 2001 J. Integr. Pest Manag., Tresson et al., 2021 J. App. Entomol.

# Contrôle biologique du charançon

- ▶ Import d'ennemis infructueux (e.g. *Plaesius javanus*)
- ▶ Pas de parasites ou parasitoïdes spécifiques
- ▶ Prédateurs généralistes:
  - Fourmis

---

Gold et al., 2001 J. Integr. Pest Manag., Tresson et al., 2021 J. App. Entomol.

# Contrôle biologique du charançon

- ▶ Import d'ennemis infructueux (e.g. *Plaesius javanus*)
- ▶ Pas de parasites ou parasitoïdes spécifiques
- ▶ Prédateurs généralistes:
  - Fourmis
  - Dermaptères

---

Gold et al., 2001 J. Integr. Pest Manag., Tresson et al., 2021 J. App. Entomol.



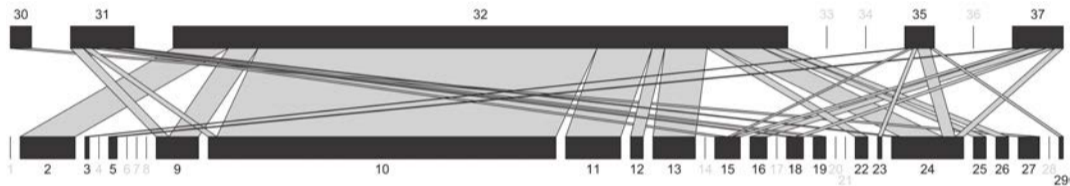
# Contrôle biologique du charançon

- ▶ Import d'ennemis infructueux (e.g. *Plaesius javanus*)
- ▶ Pas de parasites ou parasitoïdes spécifiques
- ▶ Prédateurs généralistes:
  - Fourmis
  - Dermaptères
  - Araignées

---

Gold et al., 2001 J. Integr. Pest Manag., Tresson et al., 2021 J. App. Entomol.

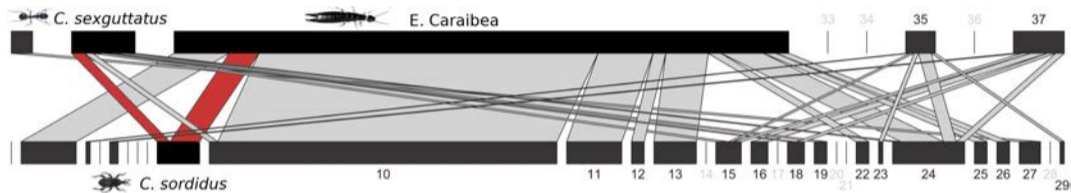
# Questions en suspens



Mollot et al., 2014 Plos ONE

Modèle d'étude : Le charançon du bananier

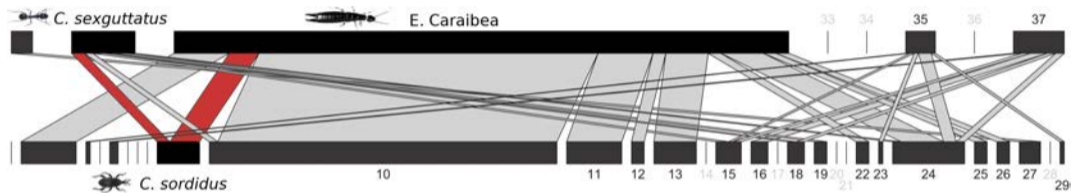
# Questions en suspens



Mollot et al., 2014 Plos ONE

Modèle d'étude : Le charançon du bananier

# Questions en suspens

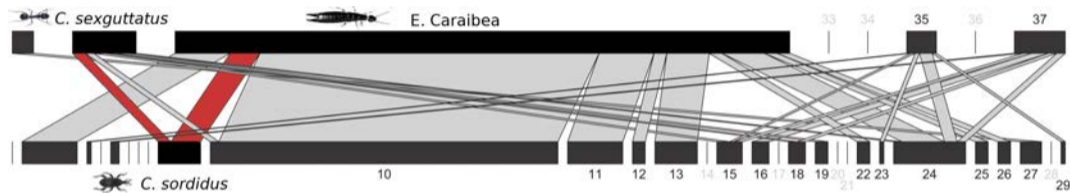


**Stade cible ?**

Mollot et al., 2014 Plos ONE

Modèle d'étude : Le charançon du bananier

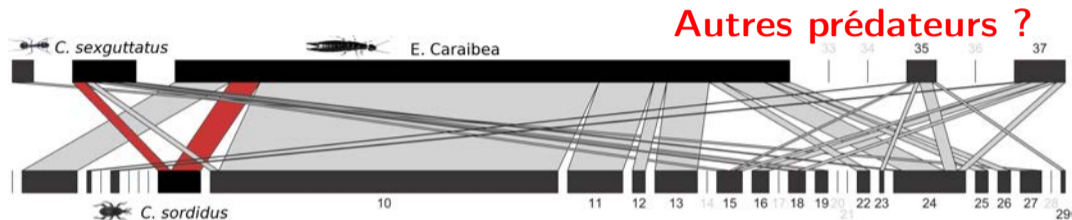
# Questions en suspens



Stade cible ?

Nécrophagie ?

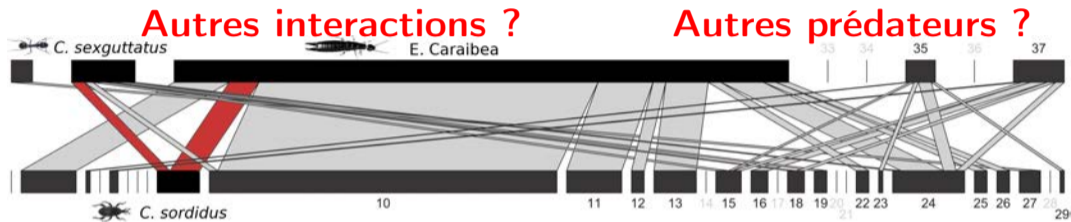
# Questions en suspens



Stade cible ?

Nécrophagie ?

# Questions en suspens



**Stade cible ?**

**Nécrophagie ?**

Besoin d'une information contextualisée



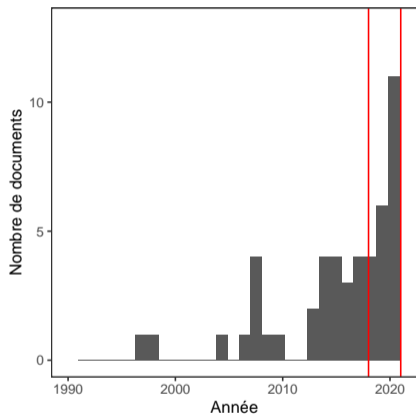
Besoin d'une information contextualisée

Je ne crois que ce que je vois

# Pièges photos



# Analyse automatique



"computer" AND "vision" AND  
"ecology"

- ▶ Satellite, microscopie, pièges photos
- ▶ Principalement de l'identification (ex: PlantNet)

Quelles méthodes d'analyse d'images  
sont pertinentes en écologie ?

Comment utiliser les images  
pour analyser les interactions écologiques ?

Introduction

Soustraction de fond (analyse manuelle)

Réseaux de neurones (analyse automatique)

Discussion



# Description des parcelles



# Dispositif



# Dispositif





# Dispositif



- ▶ 5 parcelles

# Proies sentinelles

- ▶ 5 parcelles
- ▶ 5 points de mesures de proies sentinelles par parcelle

# Proies sentinelles

- ▶ 5 parcelles
- ▶ 5 points de mesures de proies sentinelles par parcelle
- ▶ 5 répétitions dans le temps

- ▶ 5 parcelles
- ▶ 5 points de mesures de proies sentinelles par parcelle
- ▶ 5 répétitions dans le temps
- ▶ Timelapse 24 h avec une image toutes les 30 s

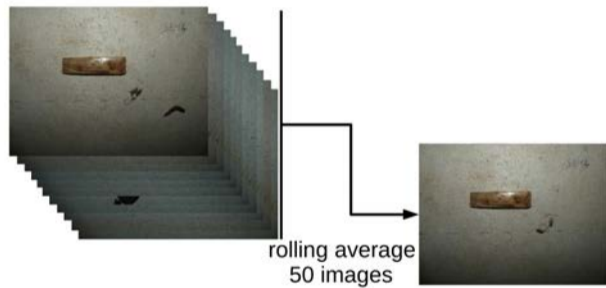
- ▶ 5 parcelles
- ▶ 5 points de mesures de proies sentinelles par parcelle
- ▶ 5 répétitions dans le temps
- ▶ Timelapse 24 h avec une image toutes les 30 s
- ▶ 125 jours d'observation

- ▶ 5 parcelles
- ▶ 5 points de mesures de proies sentinelles par parcelle
- ▶ 5 répétitions dans le temps
- ▶ Timelapse 24 h avec une image toutes les 30 s
- ▶ 125 jours d'observation
- ▶ 300 000 images pour 3000 h d'observation

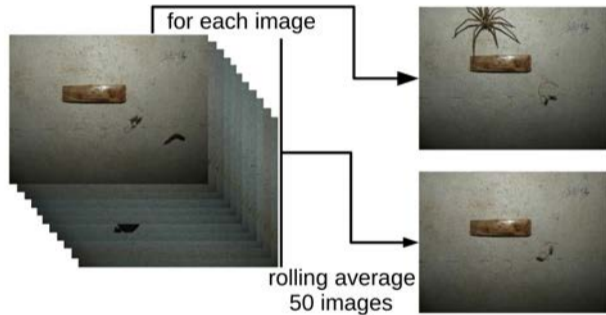




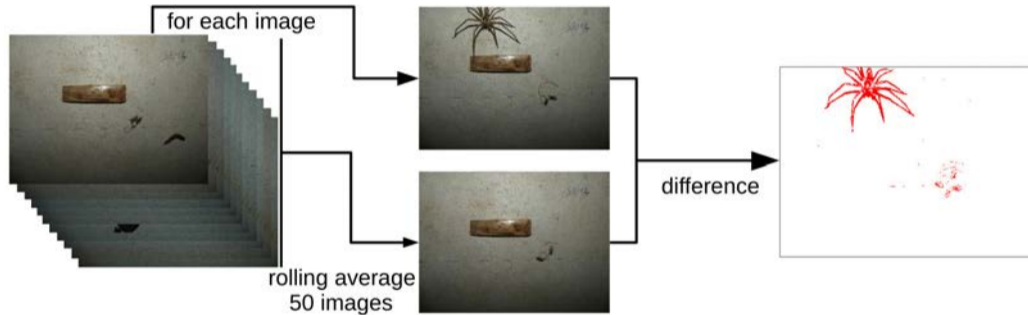
# Analyse d'images



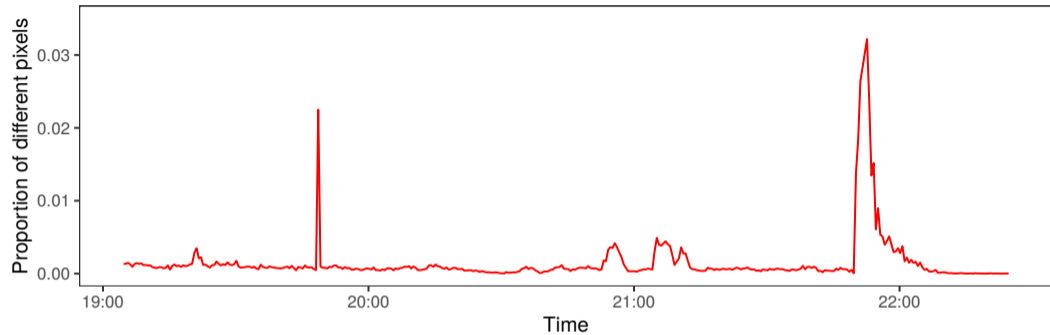
# Analyse d'images



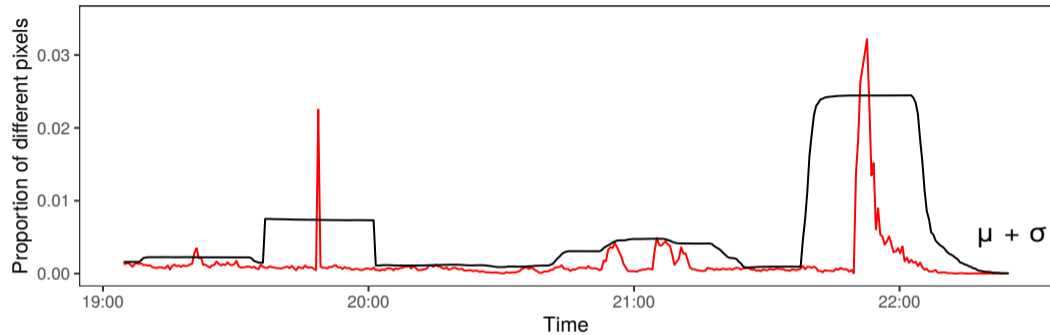
# Analyse d'images



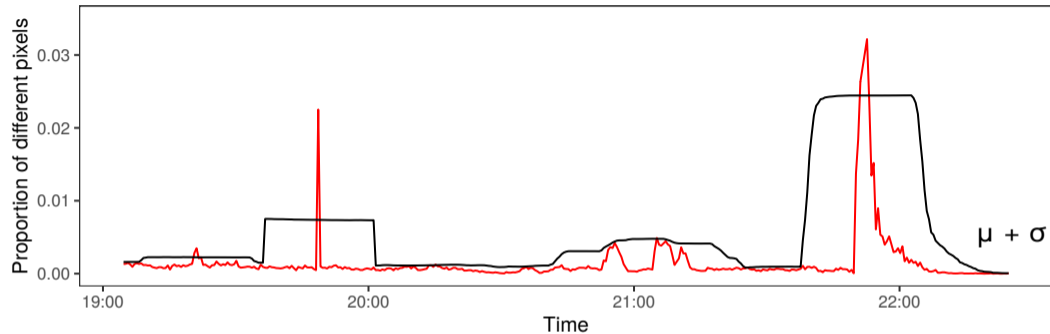
# Analyse d'images



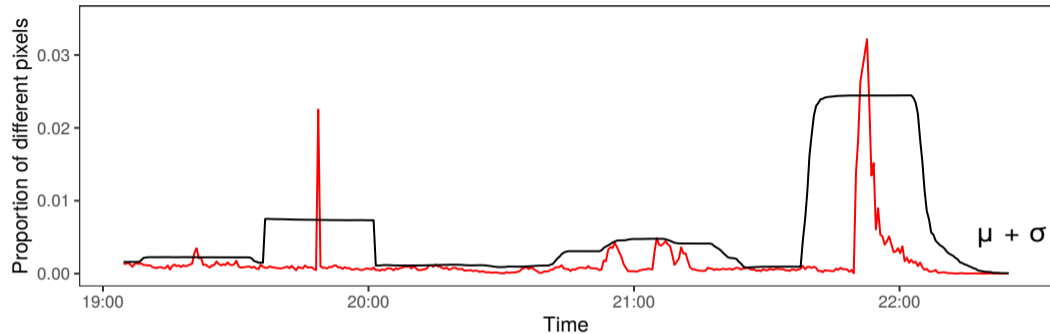
# Analyse d'images



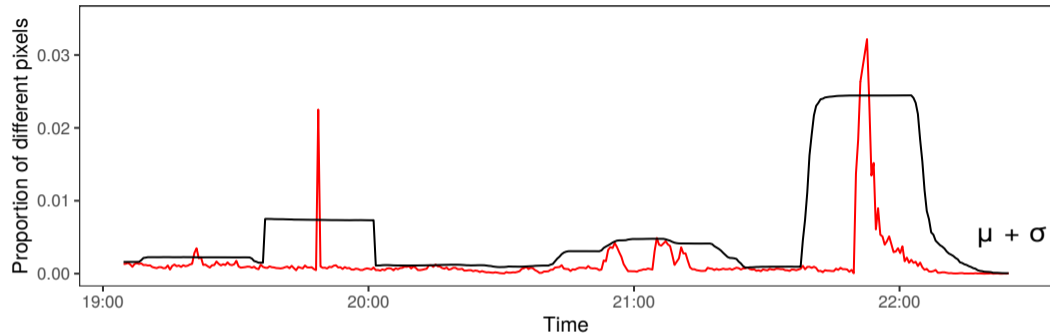
# Analyse d'images



# Analyse d'images



# Analyse d'images





# Analyse de la prédation

## Adultes

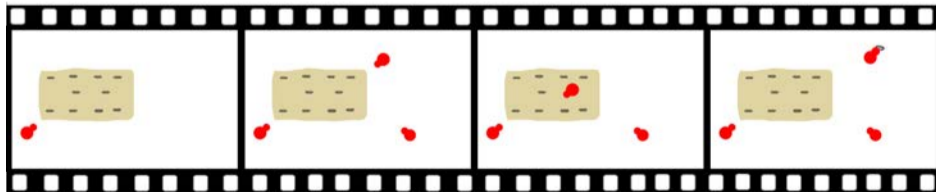


# Analyse de la prédation

Adultes



Œufs



- ▶ 10% des images sélectionnées
- ▶ 10 heures d'analyse
- ▶ Au moins 1800 individus appartenant à 68 espèces différentes
- ▶ 82/250 charançons prédatés
- ▶ 734/1250 œufs prédatés

Les prédateurs des charançons adultes sont...

**Les prédateurs des charançons adultes sont...  
des vertébrés !**



*Mus musculus*

# Prédation des adultes



*Calotes versicolor*



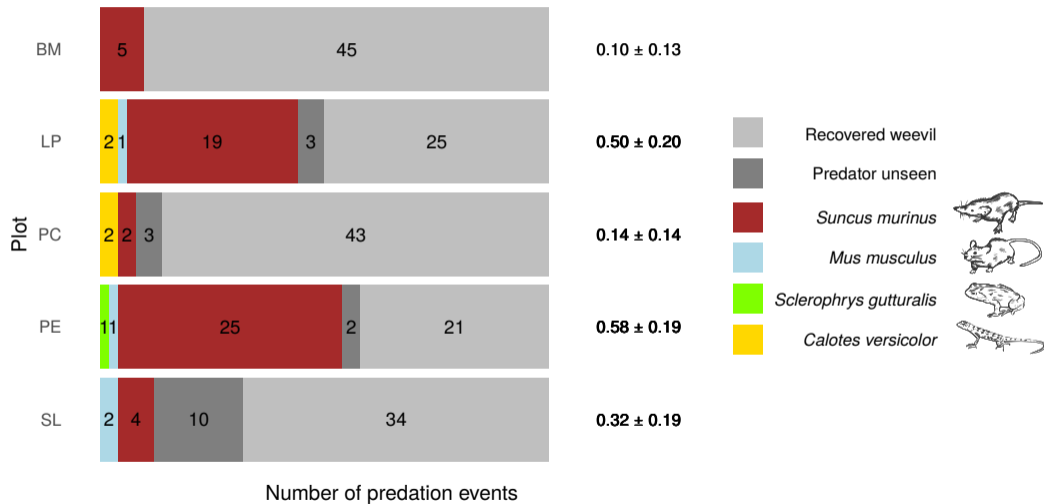
*Suncus murinus*



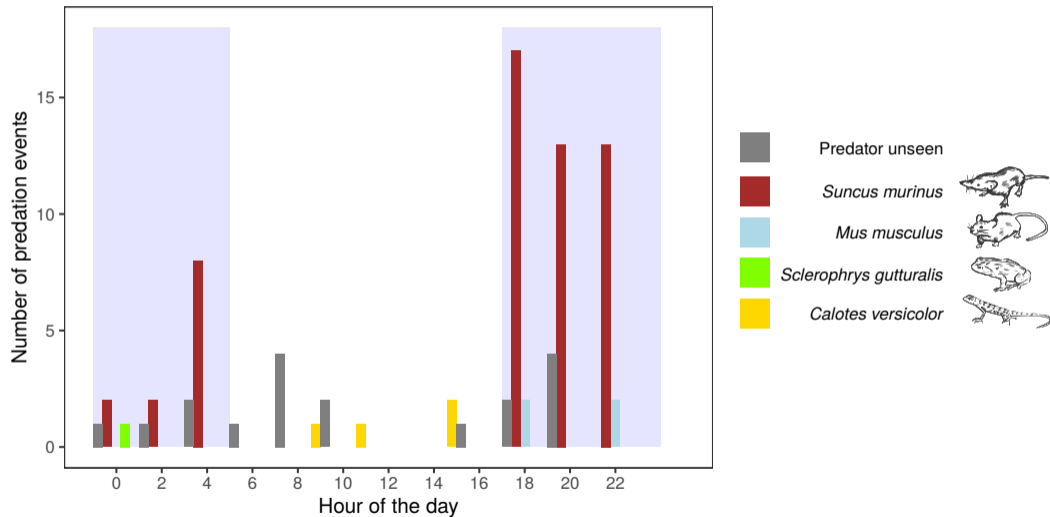


*Sclerophrys gutturalis*

# Prédation des adultes



# Prédation des adultes



- ▶ Pas d'invertébrés
- ▶ Vertébrés mentionnés uniquement de manière anecdotique
- ▶ Pas de quantification
- ▶ Crapauds suspectés (Vinatier, com. pers.)

# Prédation des oeufs

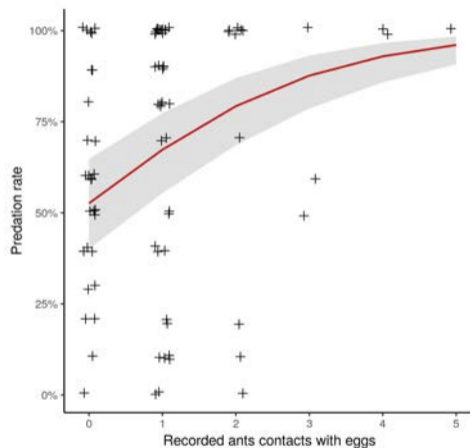


Bande blanche = 1 cm

# Prédation des oeufs



Bande blanche = 1 cm

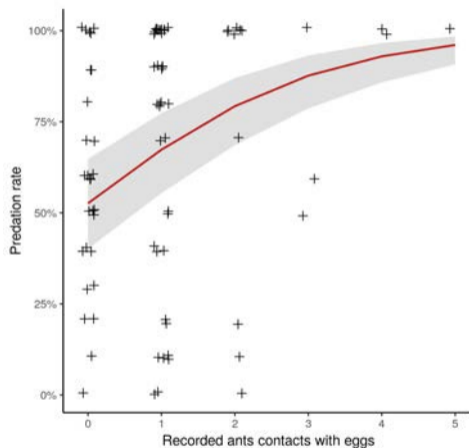


$p$ -value < 0.001 (GLMM parcelle en facteur aléatoire)

# Prédation des oeufs



Bande blanche = 1 cm



$p$ -value < 0.001 (GLMM parcelle en facteur aléatoire)

# Prédation des oeufs



Bande blanche = 1 cm



Bande blanche = 1 cm



- ▶ Confirmation du rôle des fourmis et dermaptères
- ▶ Identification de stades cibles
- ▶ Nécrophagie
- ▶ Blattes et gastéropodes ignorés par biais d'échantillonnage ?

Introduction

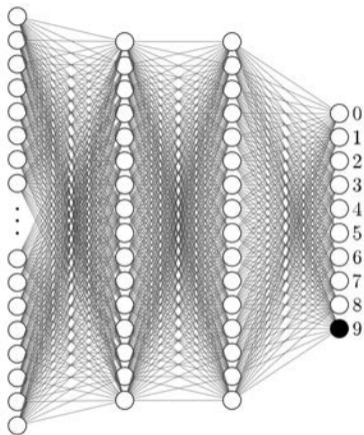
Soustraction de fond (analyse manuelle)

Réseaux de neurones (analyse automatique)

Discussion

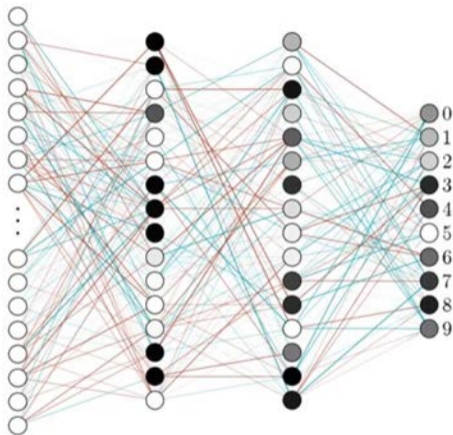


# Structure d'un réseau de neurones

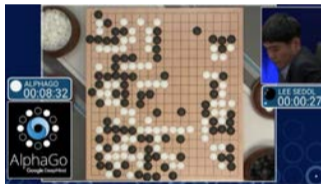


Sanderson, 2017

# Apprentissage d'un réseau de neurones



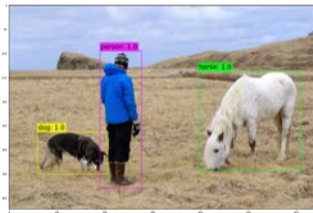
Sanderson, 2017



Jouer au go

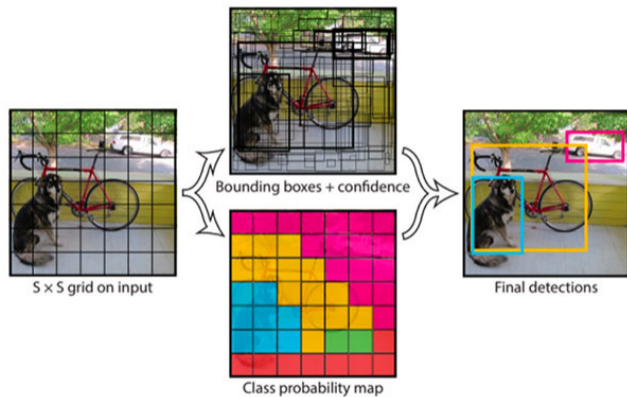


Générer des images



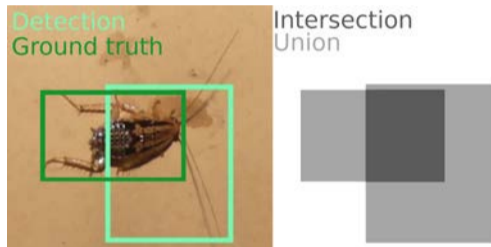
Détecter des objets...

# Détection d'objets avec YOLO



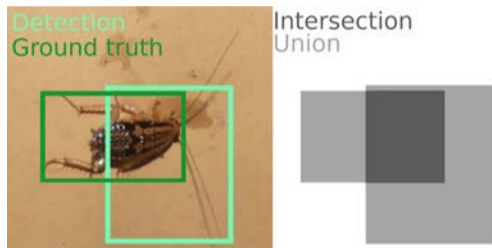
Redmon et al., 2015 CVPR

# Évaluer la qualité de détections



▶ *Intersection over Union*

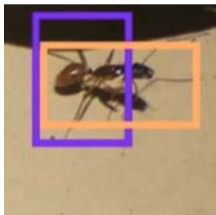
# Évaluer la qualité de détections



- ▶ *Intersection over Union*
- ▶ True Positive (TP) si :
  - Classe correcte
  - $IoU > \text{seuil}$



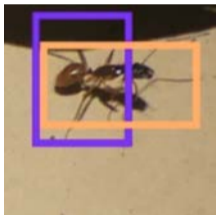
False Positive (FP)



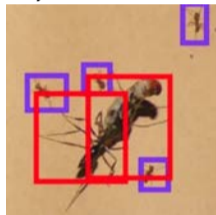
mauvaise classe

# Évaluer la qualité des détections

## False Positive (FP)



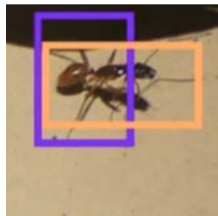
mauvaise classe



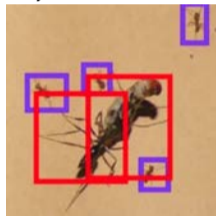
doublon

# Évaluer la qualité des détections

## False Positive (FP)



mauvaise classe



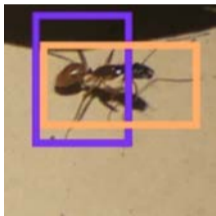
doublon



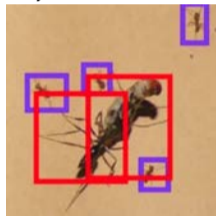
fond

# Évaluer la qualité des détections

## False Positive (FP)



mauvaise classe



doublon



fond

## False Negative (FN)



non détecté

# Évaluer la qualité de détections

$$\text{precision} = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$\text{recall} = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$\mathbf{F1} = 2 \times \frac{\textit{precision} \times \textit{recall}}{\textit{precision} + \textit{recall}}$$

**Average Precision (AP):**

Aire sous la courbe precision - recall

Pour chaque classe

**mean Average Precision (mAP) :**

Moyenne des AP

- ▶ Parcelles au Costa-Rica
- ▶ Images toutes les 30 s
- ▶ 3 nuits
- ▶ Œufs, larves et adultes (vivants et morts)

# Caractéristiques du jeu de données

- ▶ Images originales de  $3000 \times 4000$  *pixels*
- ▶ 189 images labellisées
- ▶ 4087 animaux observables
- ▶ 23 classes présentes
- ▶ 95 images d'entraînement, 94 de test

# Exemples d'images





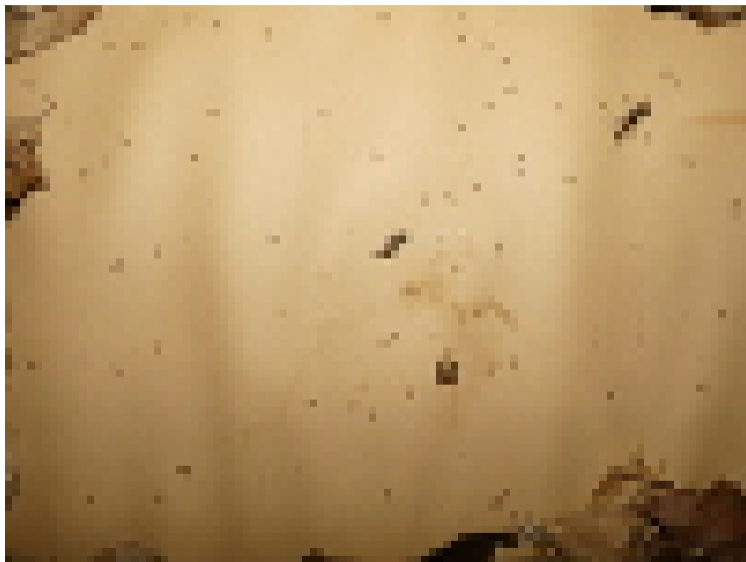
# Exemples d'images



# Exemples d'images



# Pré-traitement



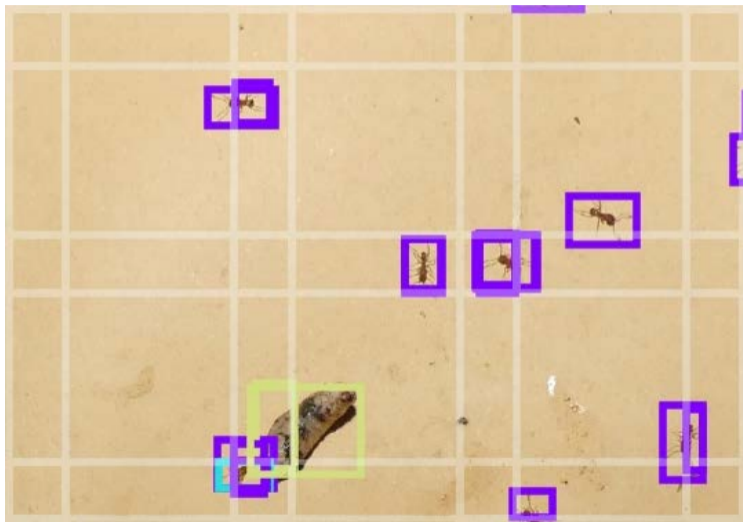
# Pré-traitement



# Post-traitement



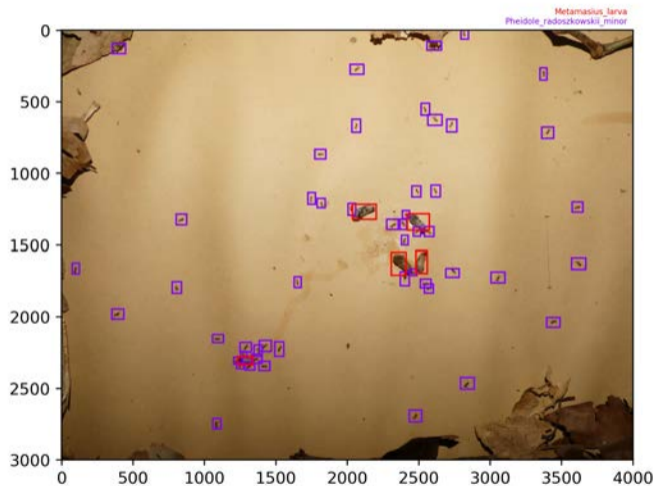
# Post-traitement



# Post-traitement



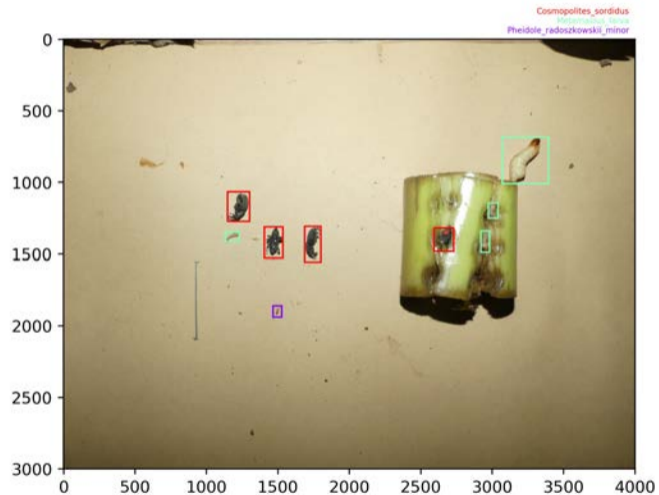
# Résultats



Precision	Recall	F1-score
0.86	0.88	0.87

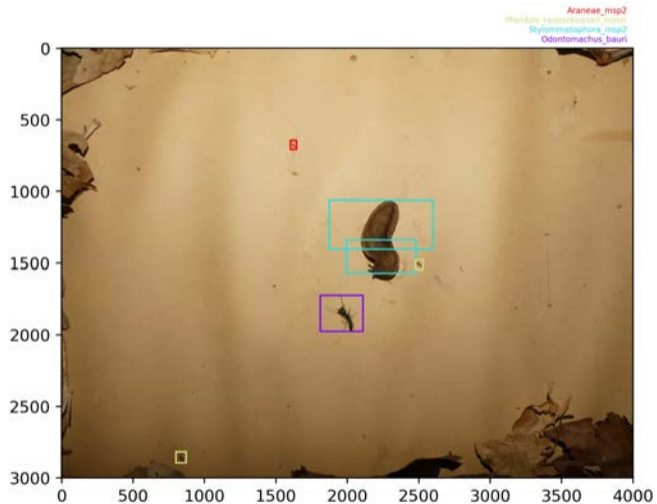


# Résultats



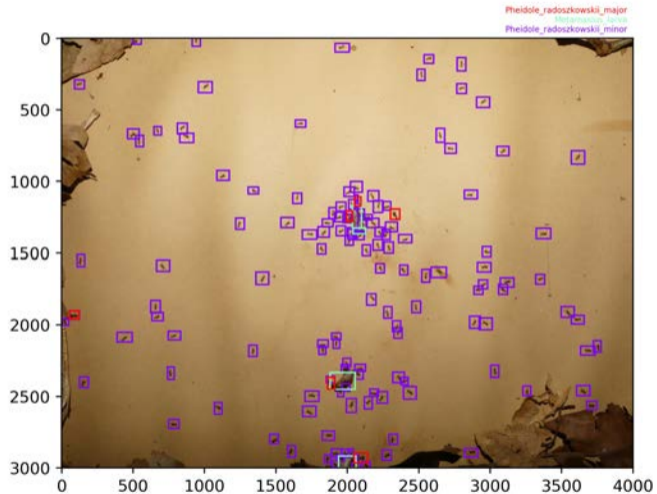
Precision	Recall	F1-score
0.86	0.88	0.87

# Résultats



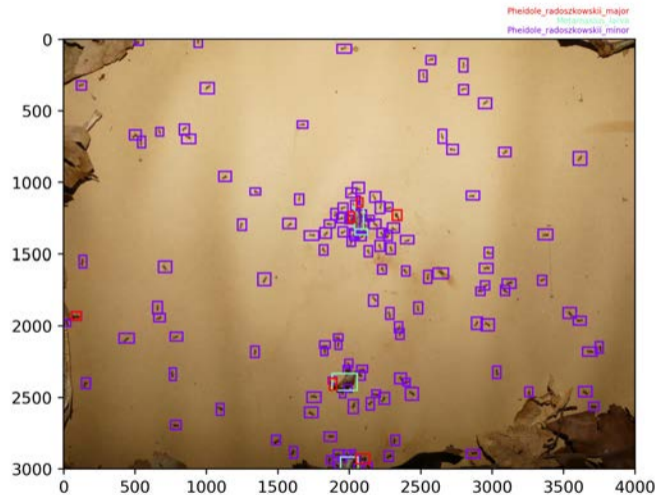
Precision	Recall	F1-score
0.86	0.88	0.87

# Résultats

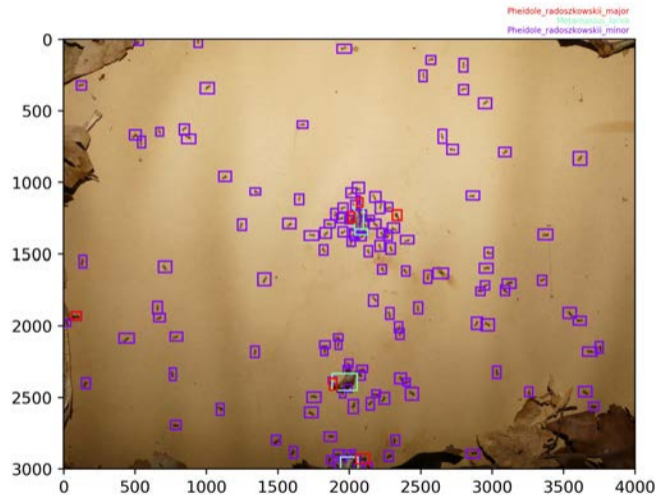


Precision	Recall	F1-score
0.86	0.88	0.87

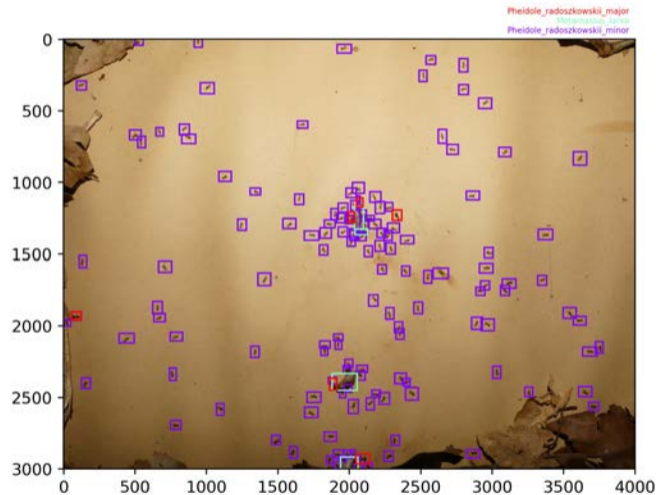
# Résultats



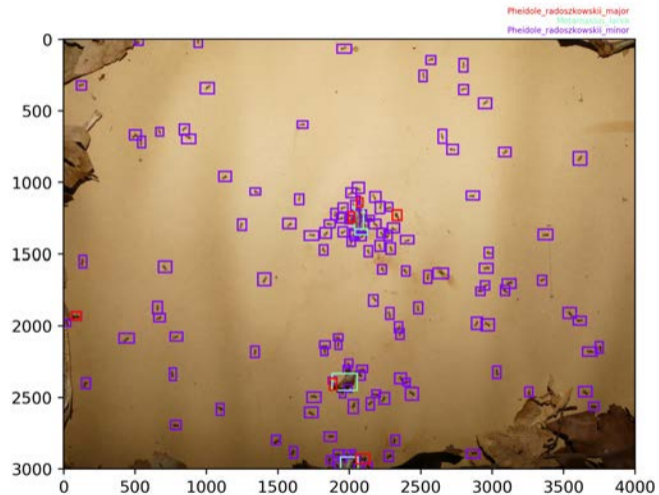
# Résultats



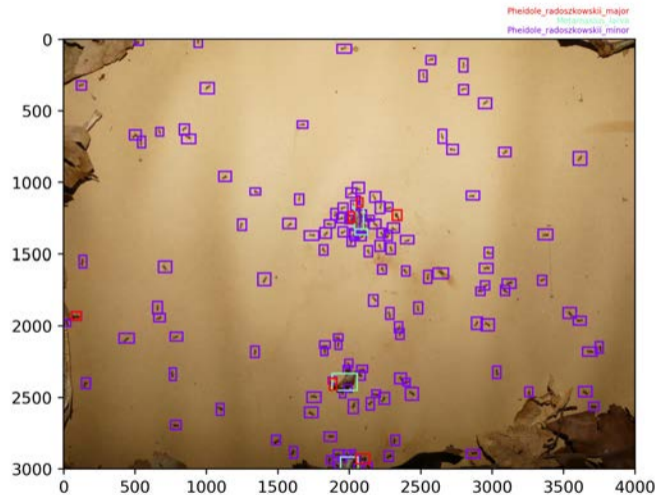
# Résultats



# Résultats

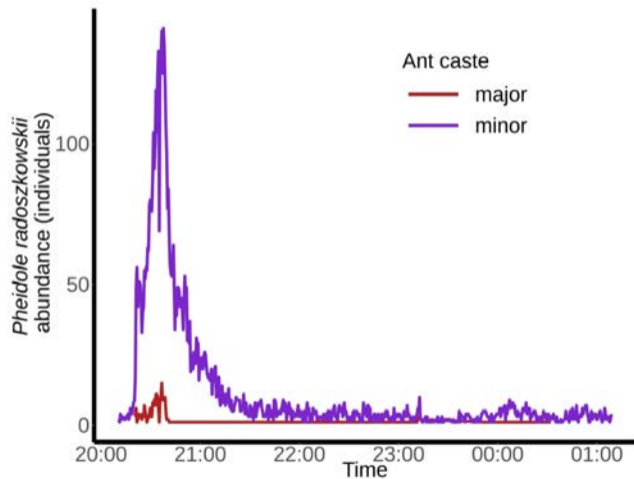


# Résultats

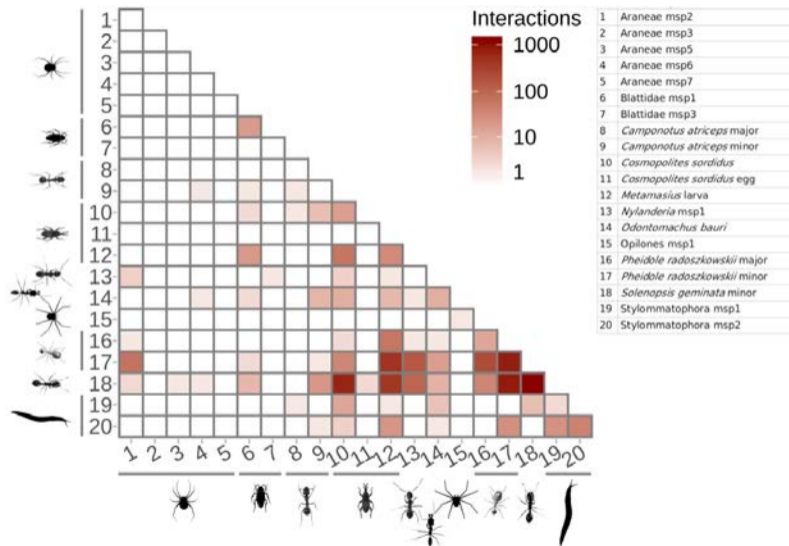




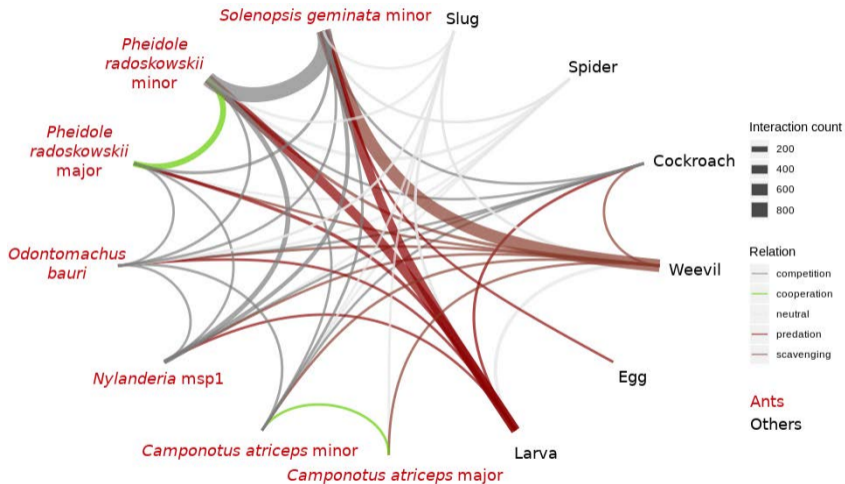
# Résultats : Abondance



# Résultats : Interactions



# Résultats : Interactions



Super-classes	Classes	train	test	$AP(\pm\sigma)$
Ant	10	1467	1395	$0.84 \pm 0.29$
Cockroach	3	35	31	$0.18 \pm 0.15$
Egg	1	89	85	$0.85 \pm 0.00$
Larva	1	296	294	$0.94 \pm 0.00$
Slug	2	16	14	$0.63 \pm 0.55$
Spider	6	18	14	$0.64 \pm 0.50$
Weevil	1	173	167	$0.90 \pm 0.00$

Super-classes	Classes	train	test	$AP(\pm\sigma)$
<b>Ant</b>	<b>10</b>	<b>1467</b>	<b>1395</b>	$0.84 \pm 0.29$
Cockroach	3	35	31	$0.18 \pm 0.15$
Egg	1	89	85	$0.85 \pm 0.00$
Larva	1	296	294	$0.94 \pm 0.00$
Slug	2	16	14	$0.63 \pm 0.55$
Spider	6	18	14	$0.64 \pm 0.50$
Weevil	1	173	167	$0.90 \pm 0.00$

Super-classes	Classes	train	test	$AP(\pm\sigma)$
Ant	10	1467	1395	$0.84 \pm 0.29$
<b>Cockroach</b>	<b>3</b>	<b>35</b>	<b>31</b>	$0.18 \pm 0.15$
Egg	1	89	85	$0.85 \pm 0.00$
Larva	1	296	294	$0.94 \pm 0.00$
Slug	2	16	14	$0.63 \pm 0.55$
Spider	6	18	14	$0.64 \pm 0.50$
Weevil	1	173	167	$0.90 \pm 0.00$

Comment améliorer la robustesse de la méthode ?

**Comment améliorer la robustesse de la méthode ?  
Classification hiérarchique**



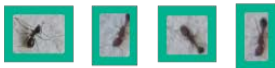


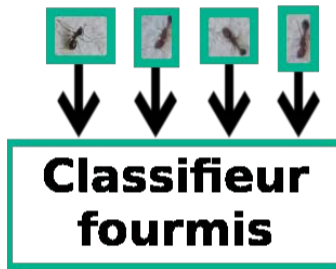
# Méthode

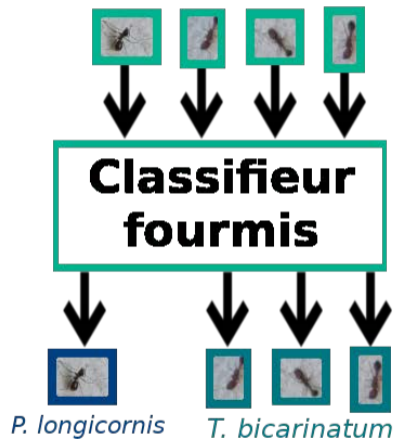


# Méthode

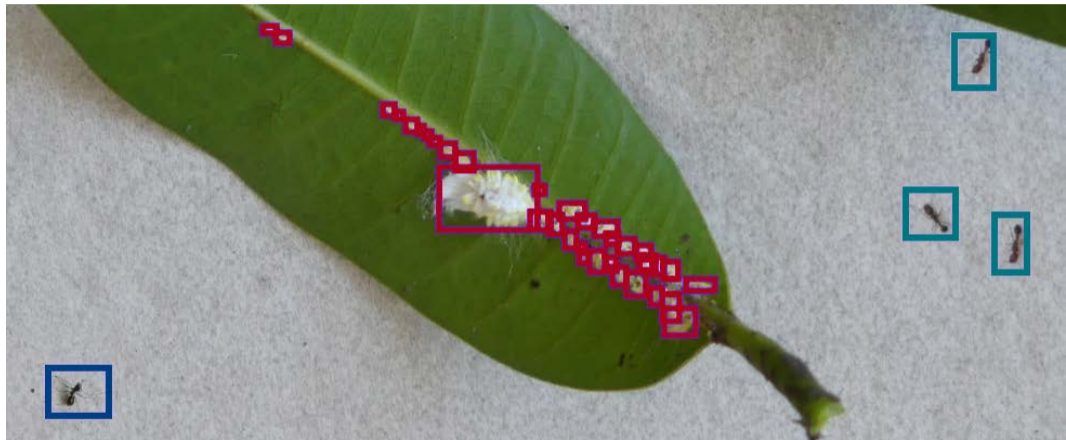








# Méthode



# Résultats



Non hiérarchique



# Résultats

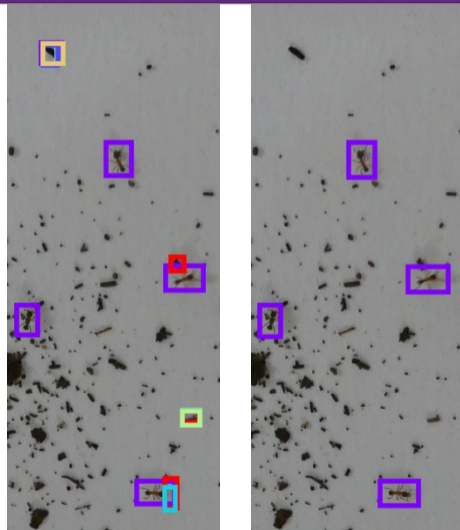


Non hiérarchique



Hiérarchique

# Résultats



Non hiérarchique

Hiérarchique

Métrique	Non hiérar.	Hiérarchique	Gain
Precision	0.45	<b>0.75</b>	0.30
Recall	<b>0.92</b>	0.90	-0.02
F1-score	0.60	<b>0.81</b>	0.21
mAP	0.47	<b>0.74</b>	0.27

Introduction

Soustraction de fond (analyse manuelle)

Réseaux de neurones (analyse automatique)

Discussion



## Soustraction de fond

(Analyse manuelle)

## Réseaux de neurones

(Analyse automatique)

## Soustraction de fond

Expérience *in situ*



## Réseaux de neurones

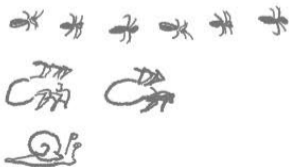
Conditions contrôlées



## Soustraction de fond

Expérience *in situ*

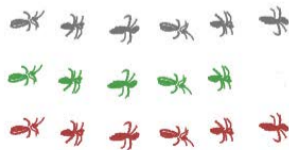
Forte variabilité



## Réseaux de neurones

Conditions contrôlées

Faible variabilité



## Soustraction de fond

Expérience *in situ*

Forte variabilité

Information abstraite

## Réseaux de neurones

Conditions contrôlées

Faible variabilité

Information simple

### Prédation ?



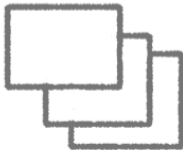
## Soustraction de fond

Expérience *in situ*

Forte variabilité

Information abstraite

**Données peu nombreuses**



## Réseaux de neurones

Conditions contrôlées

Faible variabilité

Information simple

**Données nombreuses**





## Soustraction de fond

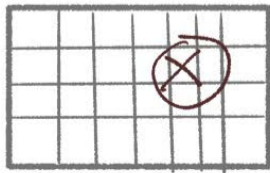
Expérience *in situ*

Forte variabilité

Information abstraite

Données peu nombreuses

**Expérience ponctuelle**



## Réseaux de neurones

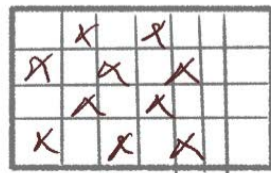
Conditions contrôlées

Faible variabilité

Information simple

Données nombreuses

**Expérience répétée**



Proies sentinelles et images      Barcoding ADN

## Proies sentinelles et images

Toute l'information visible



## Barcoding ADN

Aussi consommation cachée



## Proies sentinelles et images

Toute l'information visible  
Information prédation



## Barcoding ADN

Aussi consommation cachée  
Information régime alimentaire



## Proies sentinelles et images

Toute l'information visible  
Information prédation  
Biais expérimentaux



## Barcoding ADN

Aussi consommation cachée  
Information régime alimentaire  
Biais échantillonnage



## Proies sentinelles et images

Toute l'information visible

Information prédation

Biais expérimentaux

Mise en place simple



## Barcoding ADN

Aussi consommation cachée

Information régime alimentaire

Biais échantillonnage

Protocole complexe



## Proies sentinelles et images

Toute l'information visible

Information prédation

Biais expérimentaux

Mise en place simple

## Barcoding ADN

Aussi consommation cachée

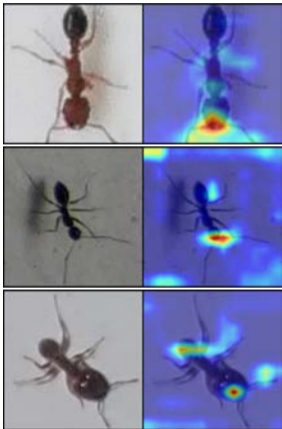
Information régime alimentaire

Biais échantillonnage

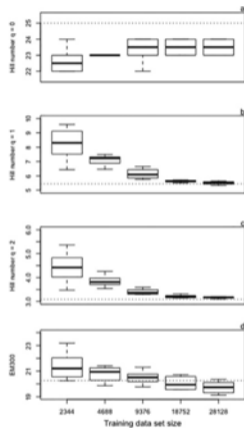
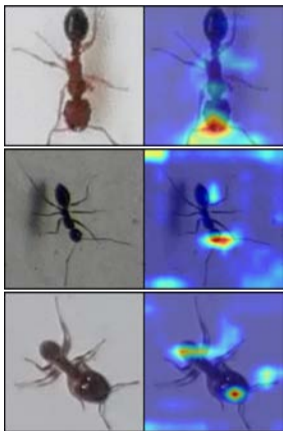
Protocole complexe

**Complémentarité des méthodes**

# Perspectives

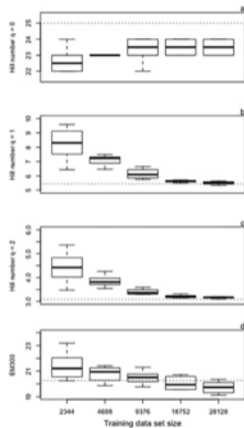
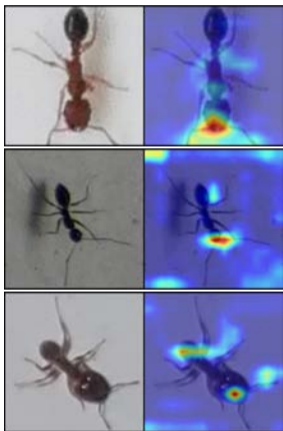




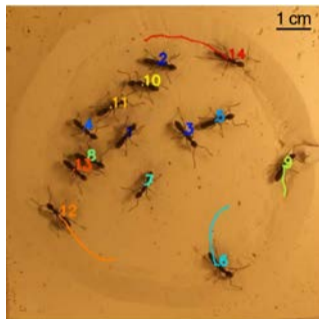


Durden et al., 2021 Progress  
in Oceanography

# Perspectives



Durden et al., 2021 Progress  
in Oceanography



Romero-Ferrero et al., 2019  
Nature Methods

Merci de  
votre attention

