

Mobiliser les processus écologiques pour contrôler les insectes ravageurs : application de la stratégie *push-pull* en production de brassicacées légumières



Anne Marie Cortesero, Fabrice Lamy, Anne Le Ralec et Vincent Faloya

UMR IGEPP (Institut de Génétique Environnement et Protection des Plantes)

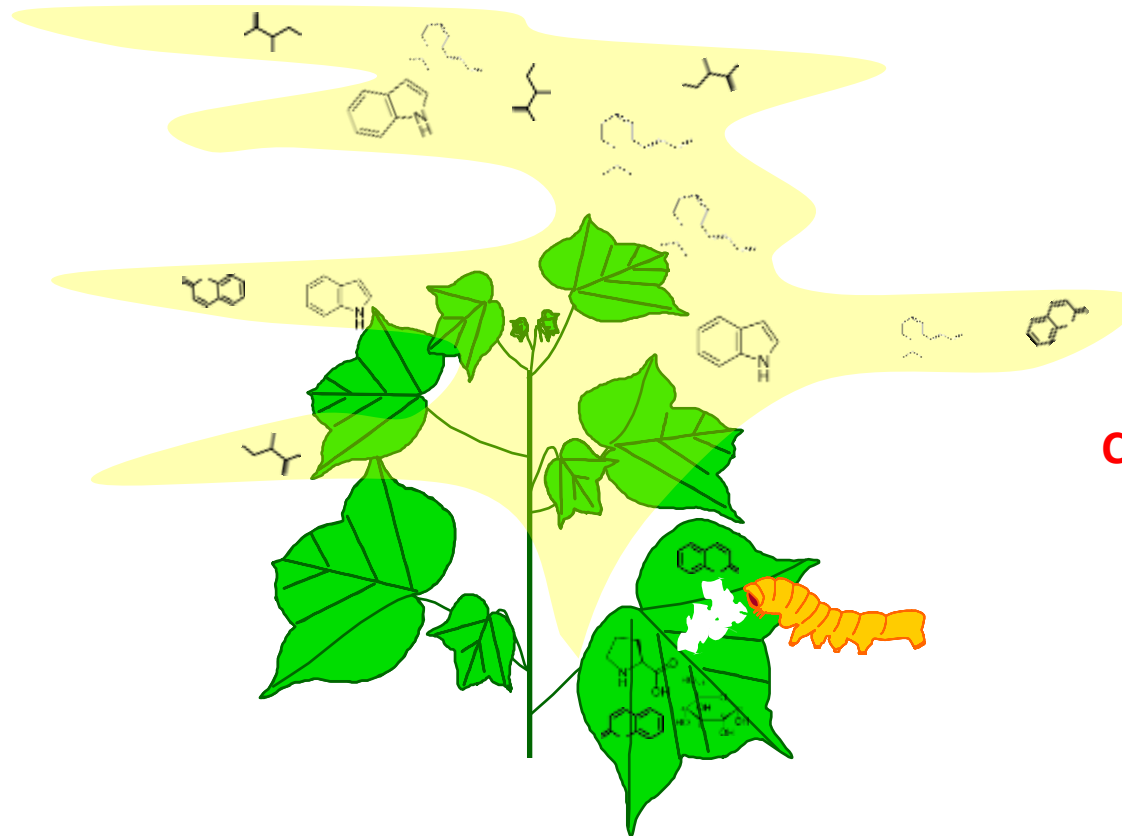


Contexte écologique et applications

$$\text{Dommages} = R(\text{colonisation} + \text{consommation})$$



COLONISATION

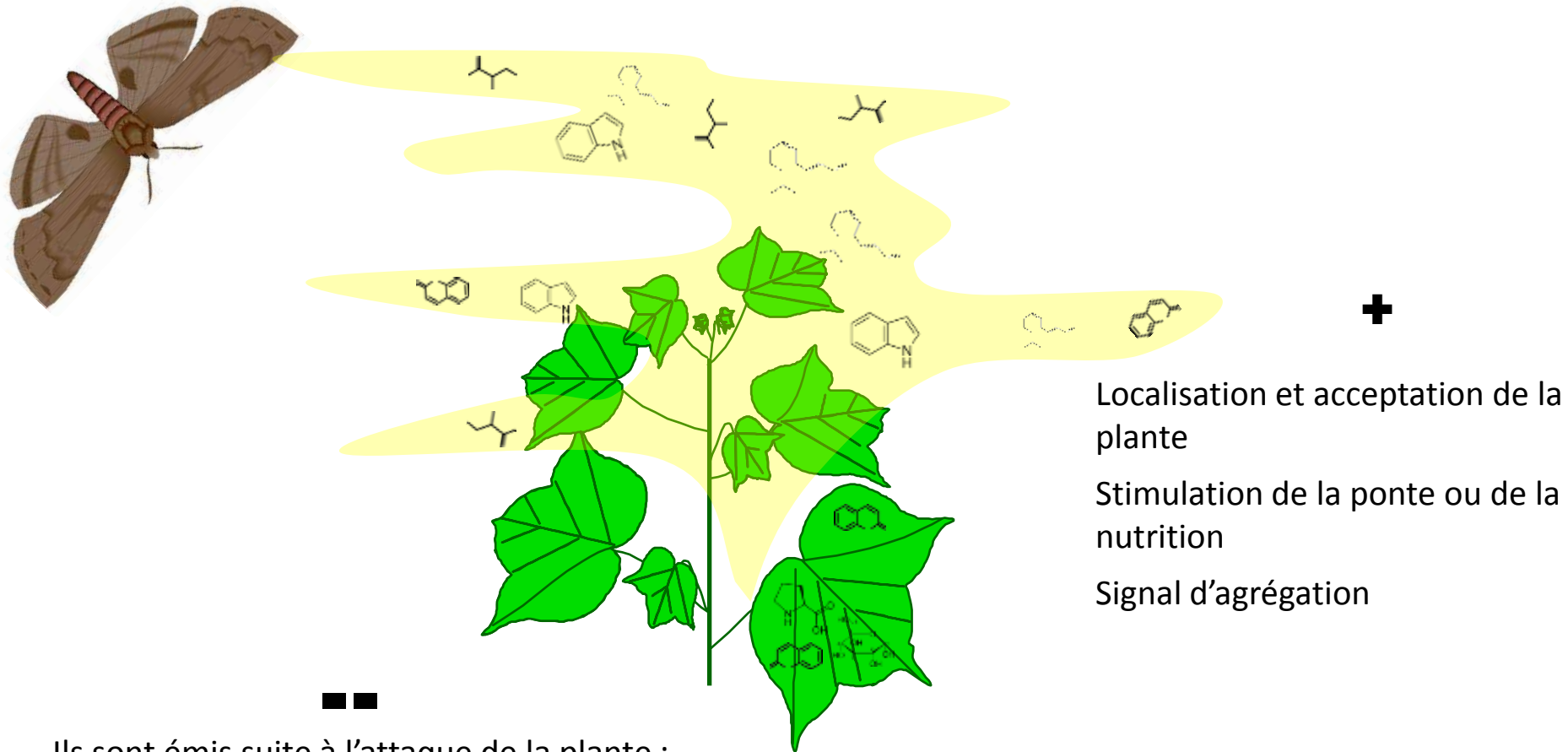


CONSOMMATION

Ces processus constituent des leviers mobilisables pour contrôler les ravageurs

Contexte écologique et applications

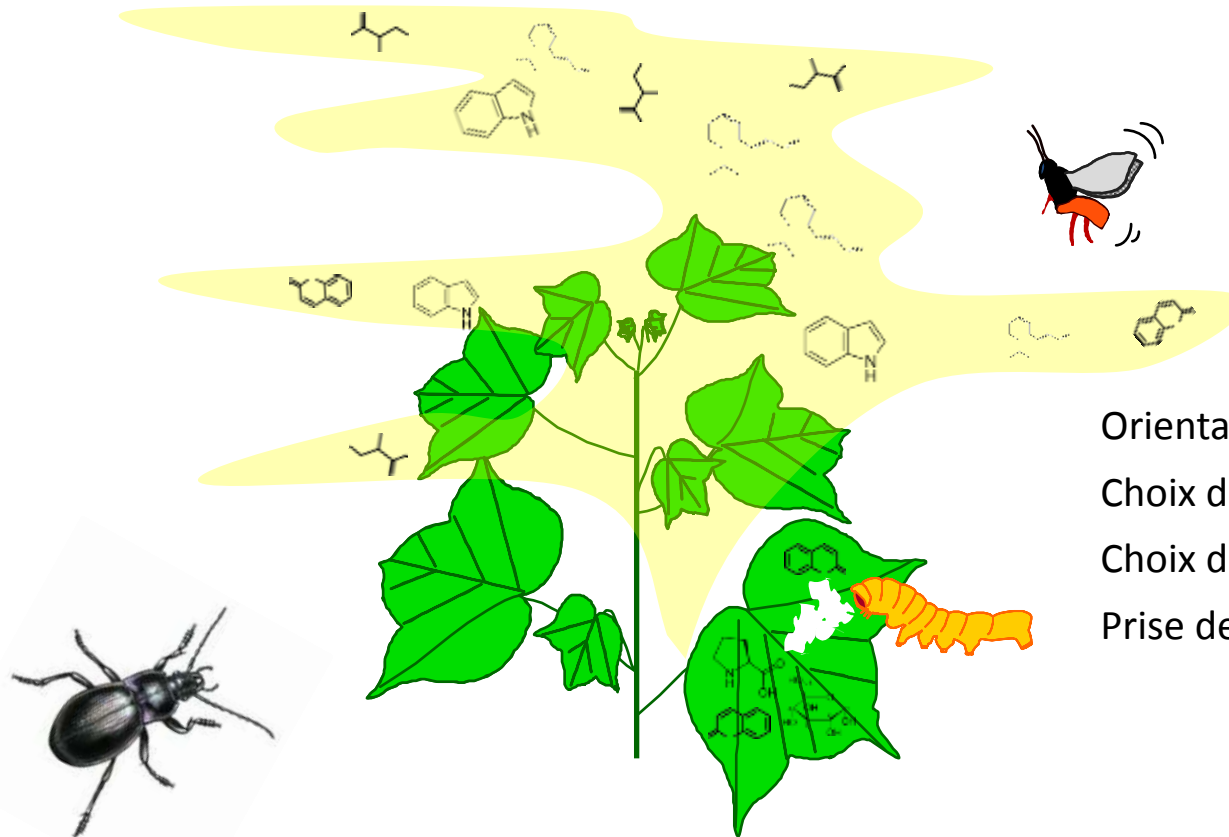
Les médiateurs chimiques jouent un rôle fondamental dans le processus de colonisation des plantes



■ ■
Ils sont émis suite à l'attaque de la plante :
signalent des sites de mauvaise qualité pour la ponte ou la nutrition (compétition, risque)
=> repoussent les phytophages

Contexte écologique et applications

Ils jouent également un rôle très important dans le choix et l'utilisation des ressources par les ennemis naturels



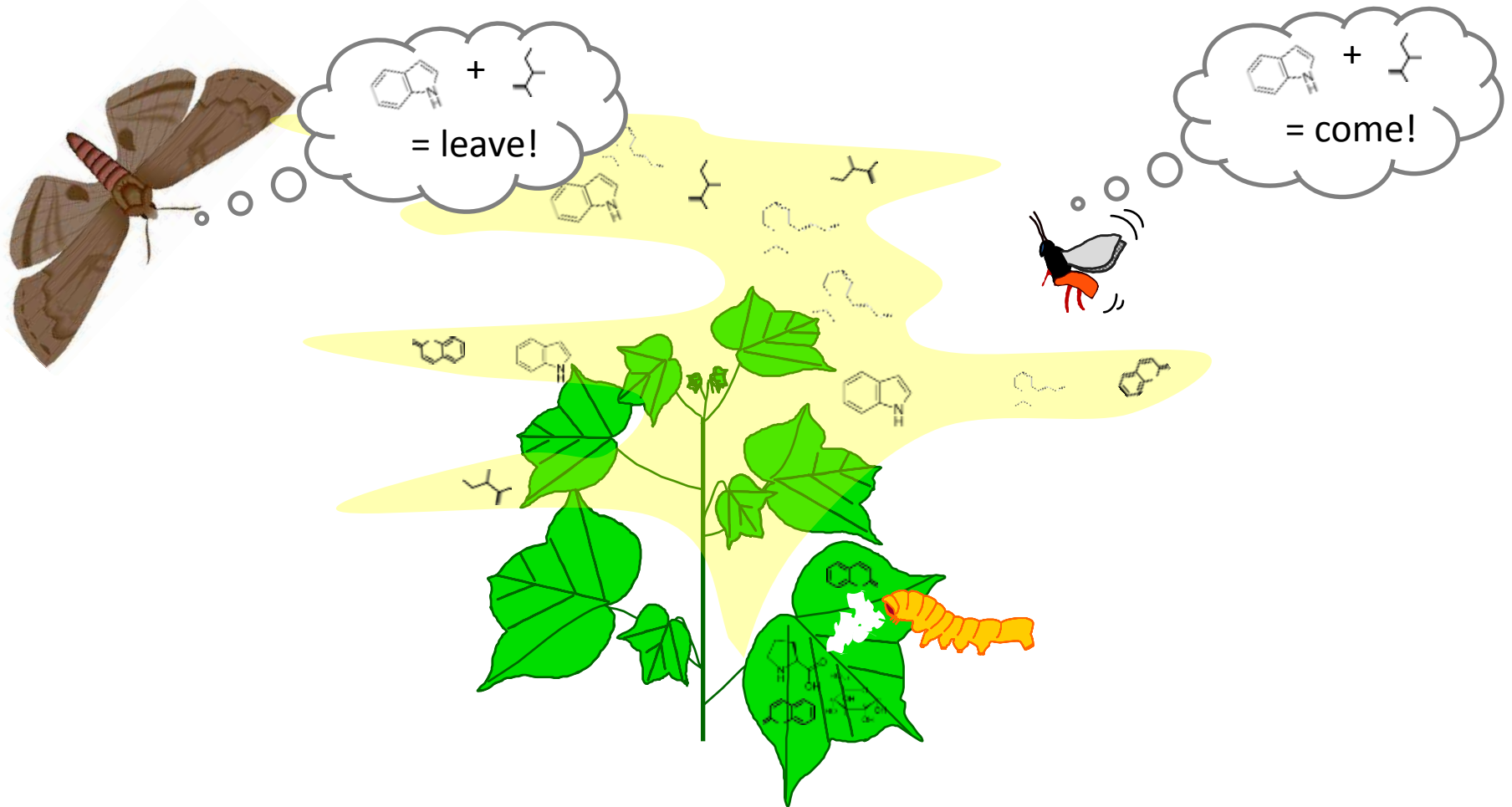
Orientation

Choix du site de ponte

Choix du site de nutrition

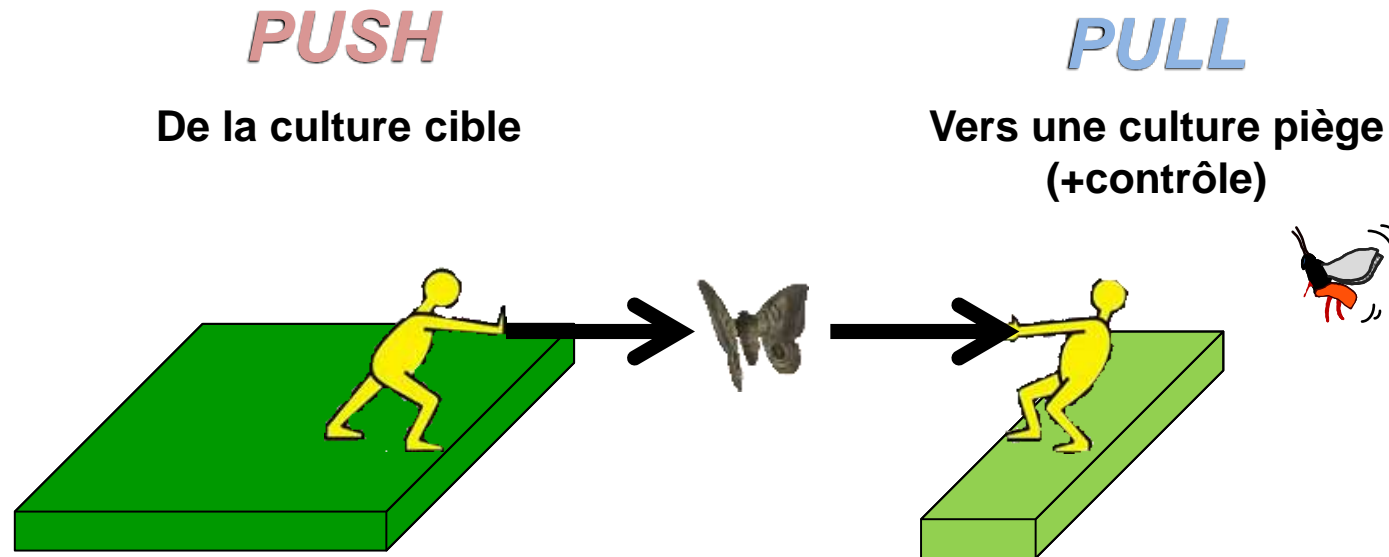
Prise de décision

Contexte écologique et applications



Comprendre cette communication chimique entre les plantes et les insectes peut permettre de mieux gérer les ravageurs des cultures

Contexte écologique et applications



Cette communication chimique peut être détournée dans des stratégies de manipulation comportementale des insectes ravageurs appelées *push-pull*

Contexte : un exemple de *push-pull* réussi



Chilo partellus



Eldana saccharina



Busseola fusca



Sesamia calamistis



Culture de maïs

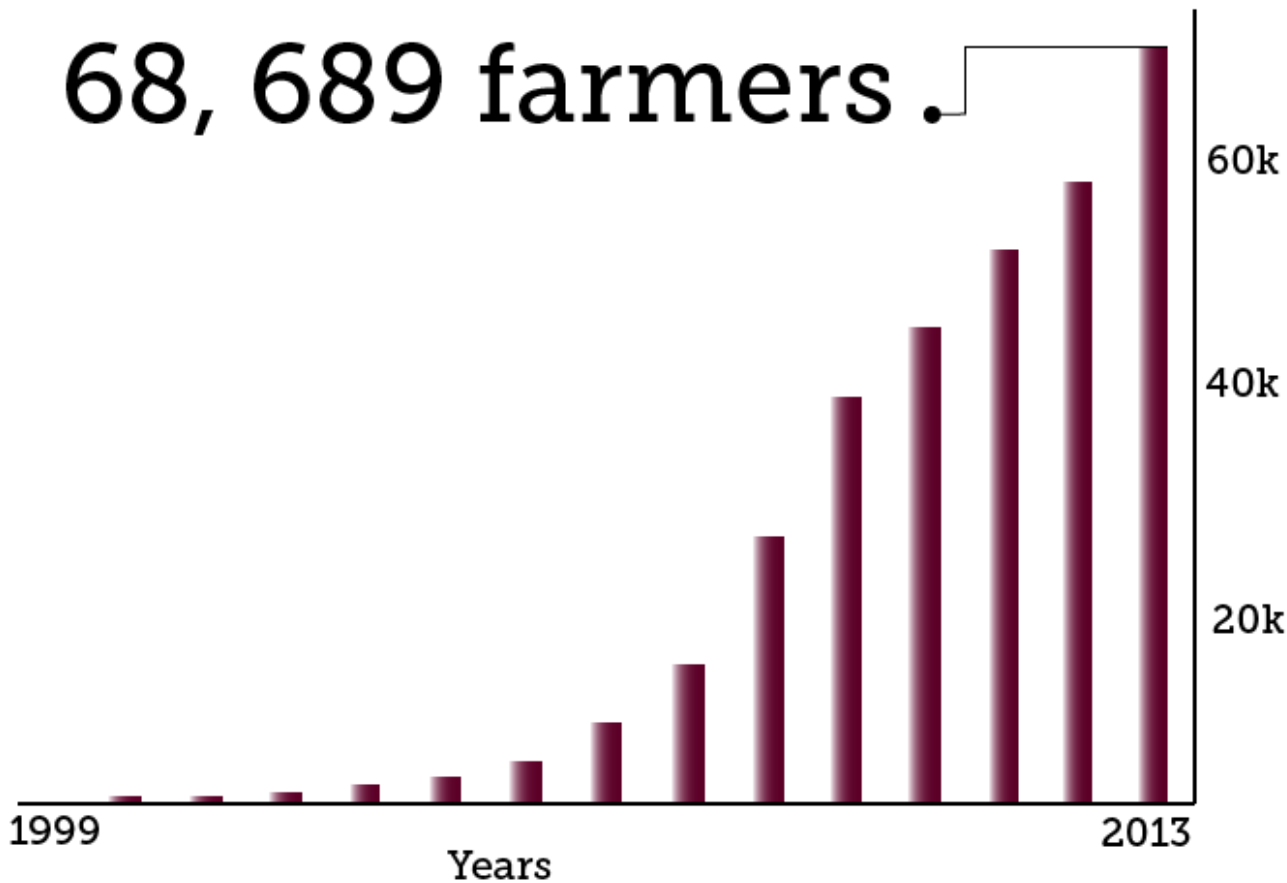


Zea mays

<http://www.rothamsted.ac.uk/science-stories/push-pull-africa>

Contexte : un exemple de *push-pull* réussi

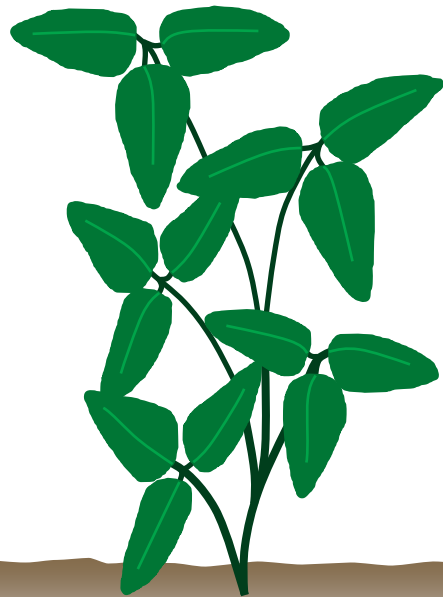
68, 689 farmers .



Culture de maïs

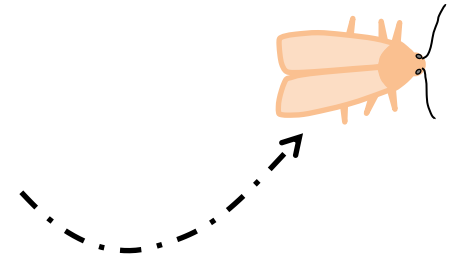
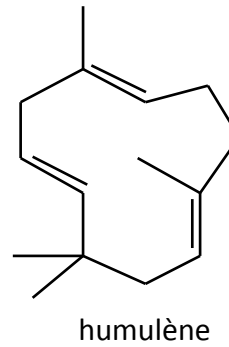
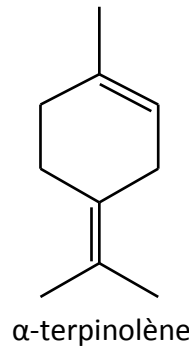
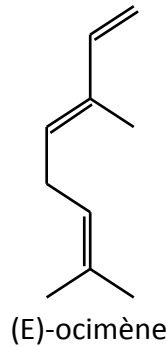


Contexte : la composante *push*



Desmodium uncinatum
placé entre les rangs de maïs

Emission de Composés Volatils répulsifs

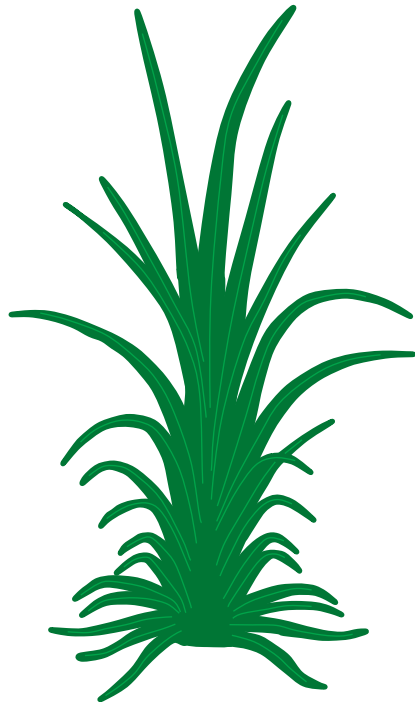
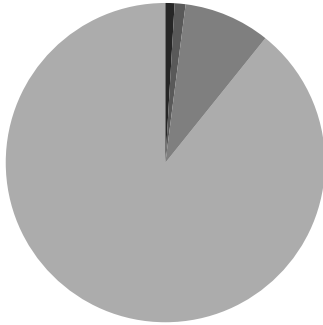


Répulsion des
ravageurs de la
culture de maïs



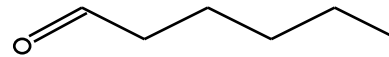
Contexte : la composante *pull*

Proportions relatives des principaux composés

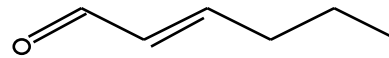


Pennisetum purpureum
(herbe à éléphants)
placé en périphérie

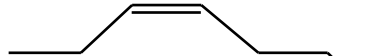
Emission de Composés Volatils attractifs



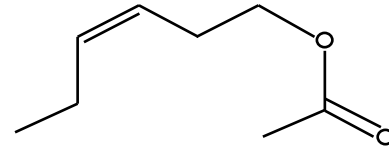
hexanal



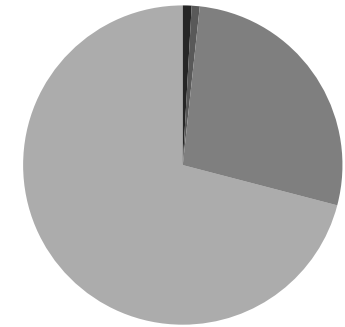
(E)-2-hexéнал



(Z)-3-hexéanol



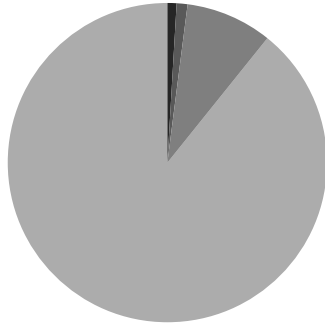
(Z)-3-acétate d'hexényl



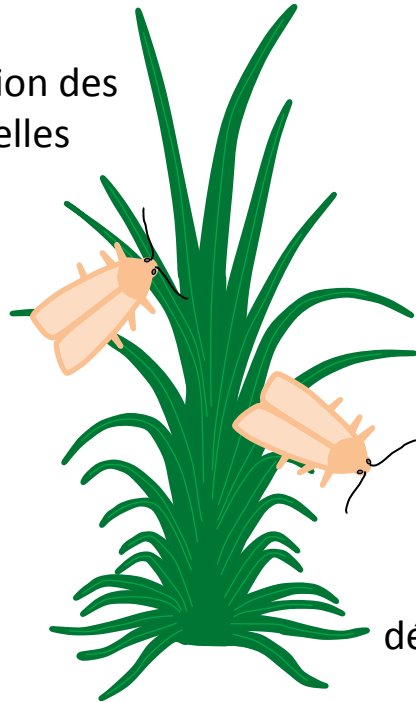
Zea mays

Contexte : La composante *pull*

Proportions relatives des principaux COVs



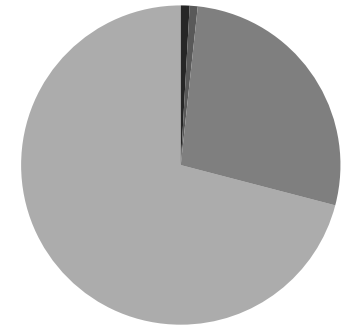
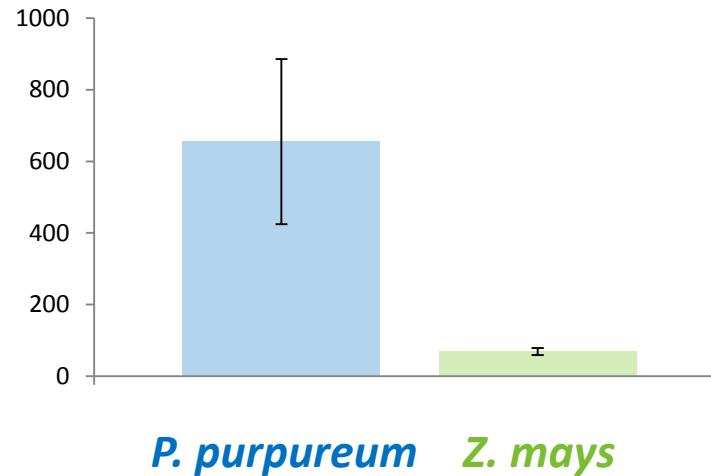
Attraction des femelles



Pennisetum purpureum
(herbe à éléphants)

Non développement des larves

Production totale (\pm E.S.) de composés émis (ng/g/h)

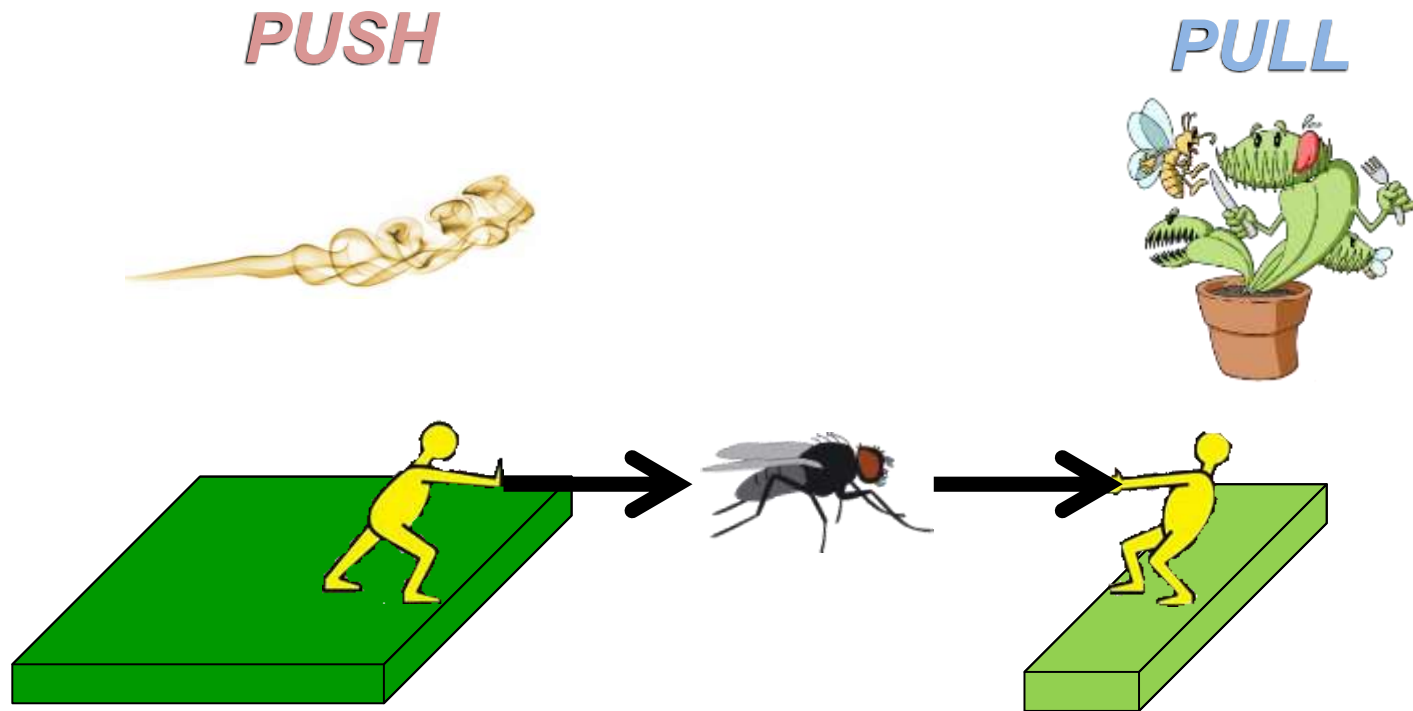


Zea mays

Contexte



Objectif



- ☞ Tester la faisabilité d'une stratégie de type *push-pull* combinant émission de composés volatils et plantes pièges contre la mouche du chou

La mouche du chou, *Delia radicum*



Les femelles pondent au collet des plantes



Les larves creusent des galeries dans les racines et s'y développent



La nymphose a lieu dans le sol

La mouche du chou, *Delia radicum*



Exemples de dégâts provoqués par le ravageur

La mouche du chou, *Delia radicum*



Domages possibles en l'absence de traitement

La mouche du chou, *Delia radicum*



Trybliographa rapae
(Hyménoptère parasitoïde)



Carabes prédateurs



Aleochara bilineata

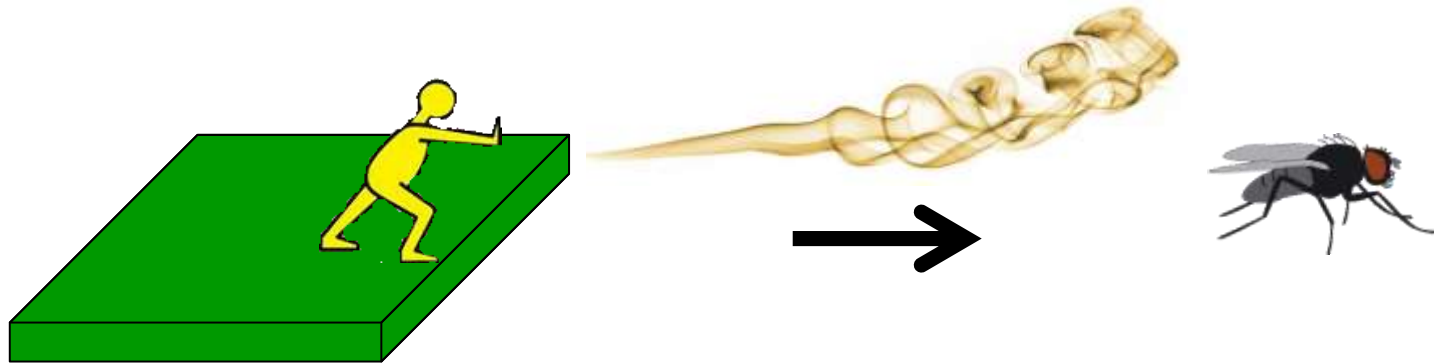
A. bipustulata

(Staphylins parasitoïdes & prédateurs)

**Un cortège d'ennemis naturels important
mais un contrôle souvent insuffisant**

Repousser le ravageur (*recherche d'une composante push*)

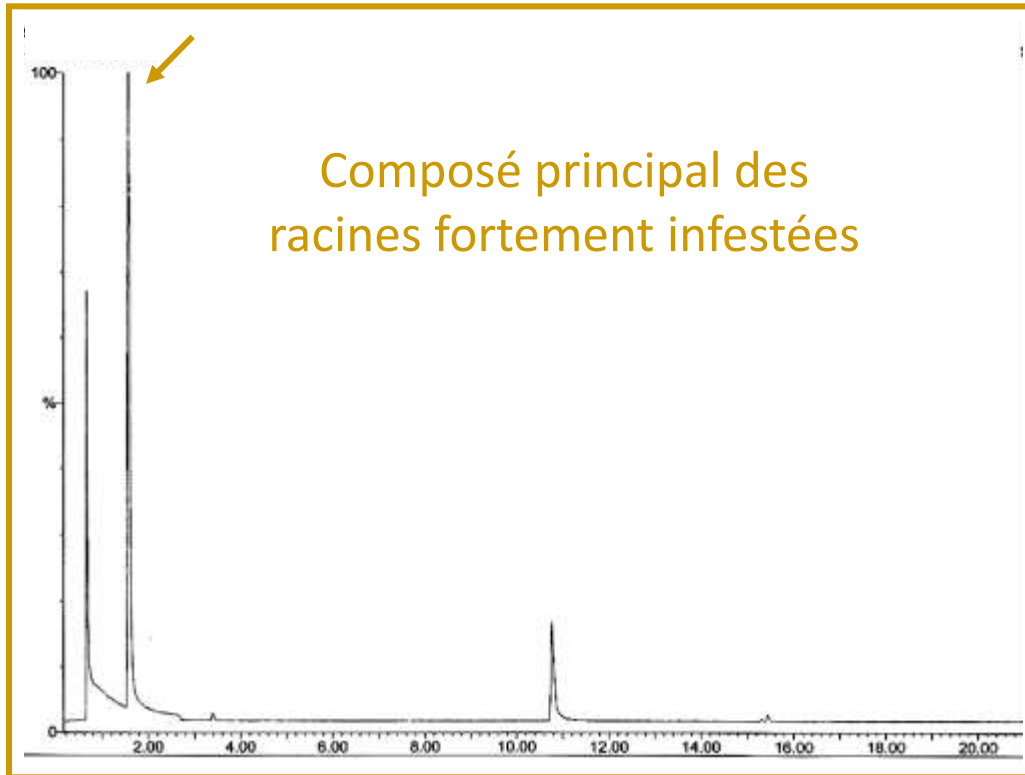
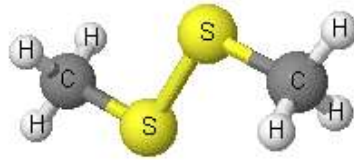
PUSH



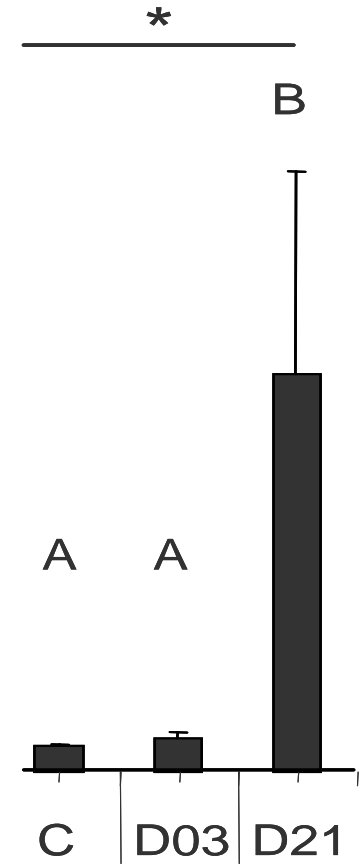
**Peut-on manipuler le comportement de la mouche du chou avec des odeurs ?
(Ponte + infestation)**

Le DMDS comme composante *push* ?

DMDS : disulfure de diméthyle



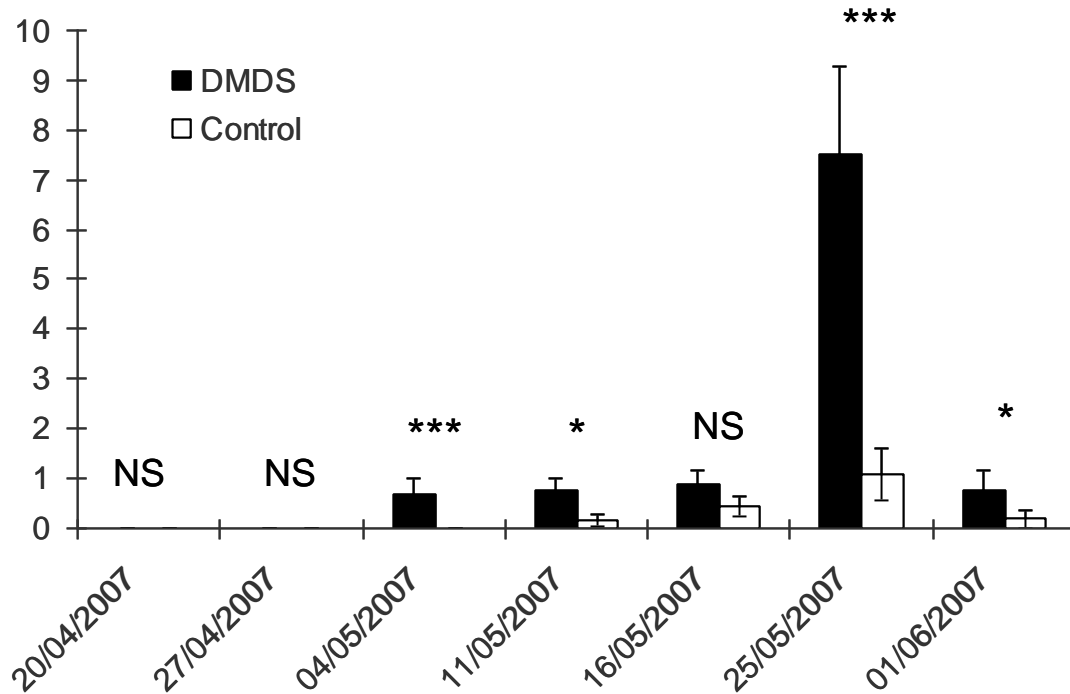
Augmentation de l'émission avec la durée de l'infestation



Nombre d'individus capturés (parcelles expérimentales)

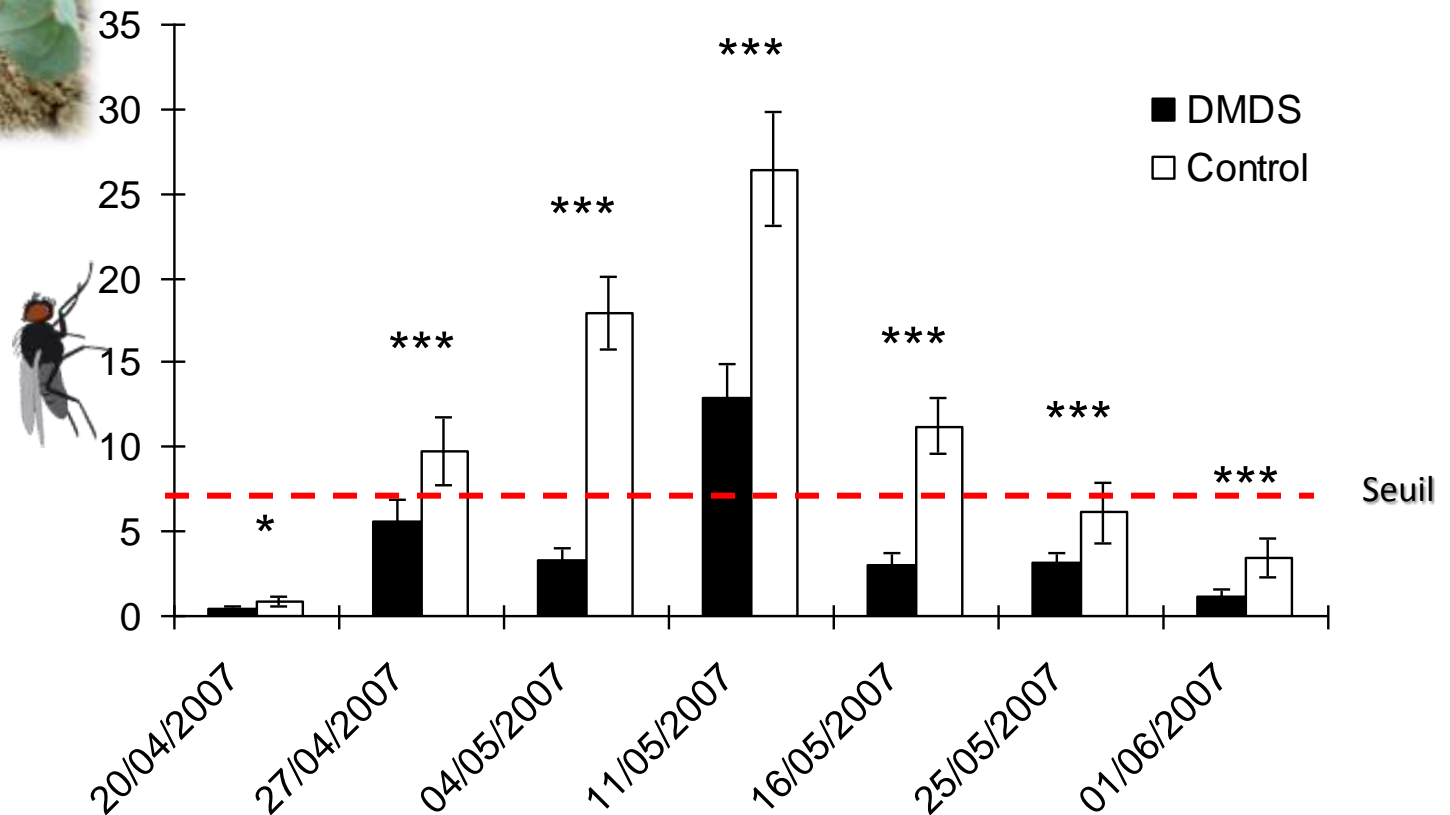


Pièges Barber



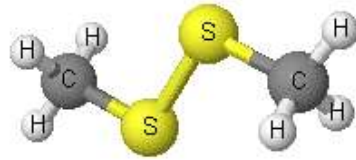
- ✓ Le DMDS : un composé attractif pour les coléoptères auxiliaires (action maintenue pdt plusieurs semaines)

Nombre d'œufs de *Delia* pondus



✓ Le DMDS : un composé qui diminue fortement la ponte de la mouche du chou (< seuil critique)

Le DMDS comme composante *push* ?



Le DMDS permet-il de réduire la ponte et l'infestation des plantes dans une stratégie de type *push-pull* ?

↳ **Thèse de Fabrice Lamy**

Méthodologie générale

Culture cible (brocoli)



Diffuseur de composés

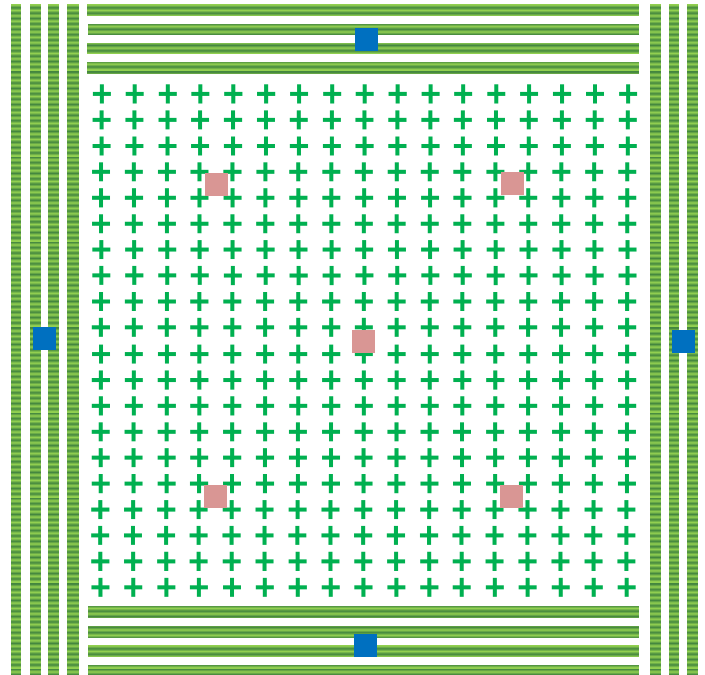
push



Bandes ou ceinture de
plante piège



+/- Diffuseur de
composés *pull*



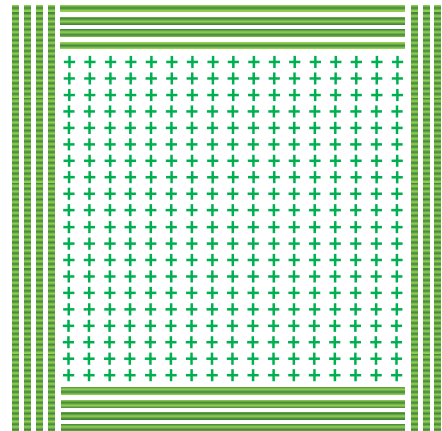
Méthodologie générale

Ponte

Feutrines



Infestation
(comptage et détermination
des pupes)



Prédateurs

Pièges Barber

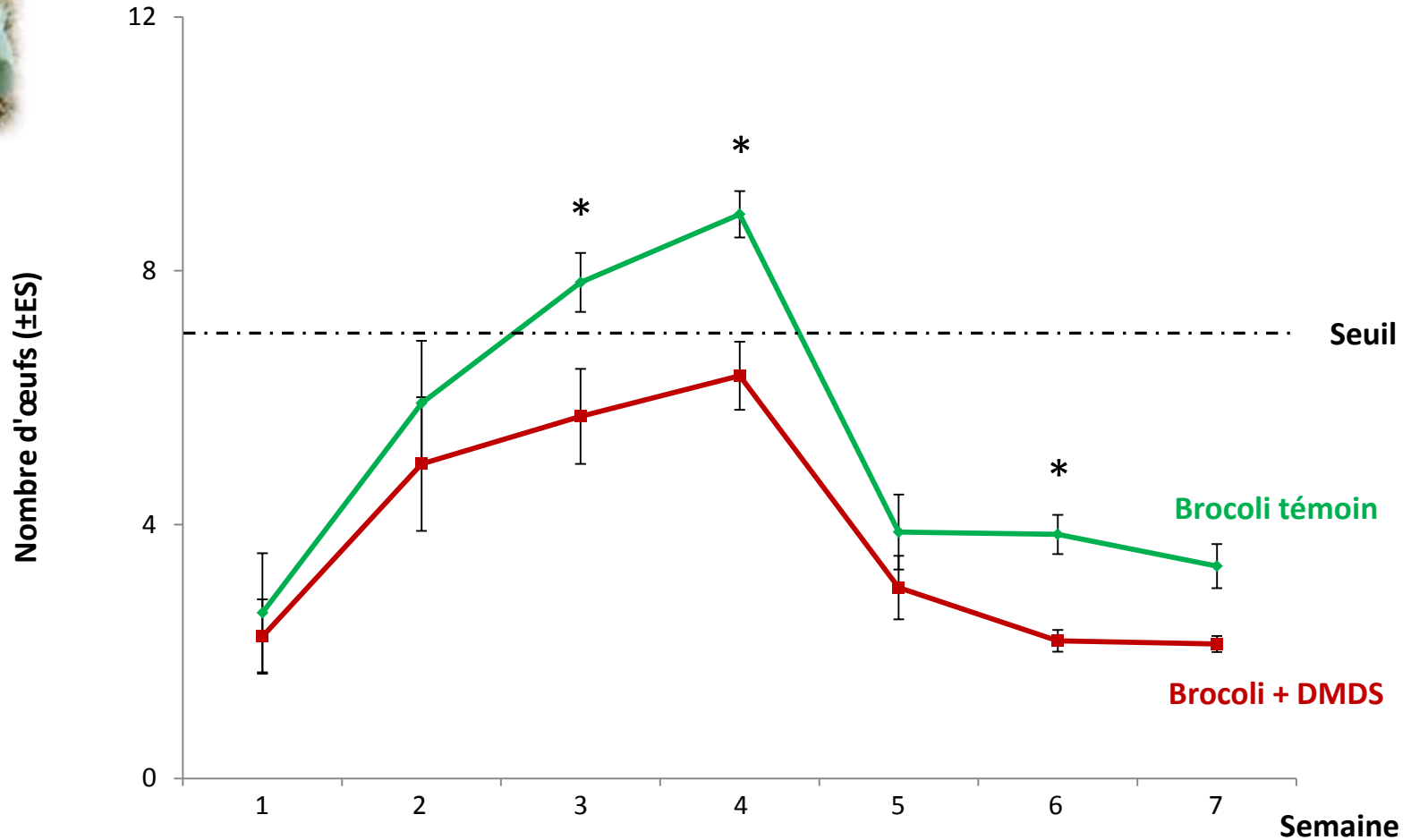


Parasitisme





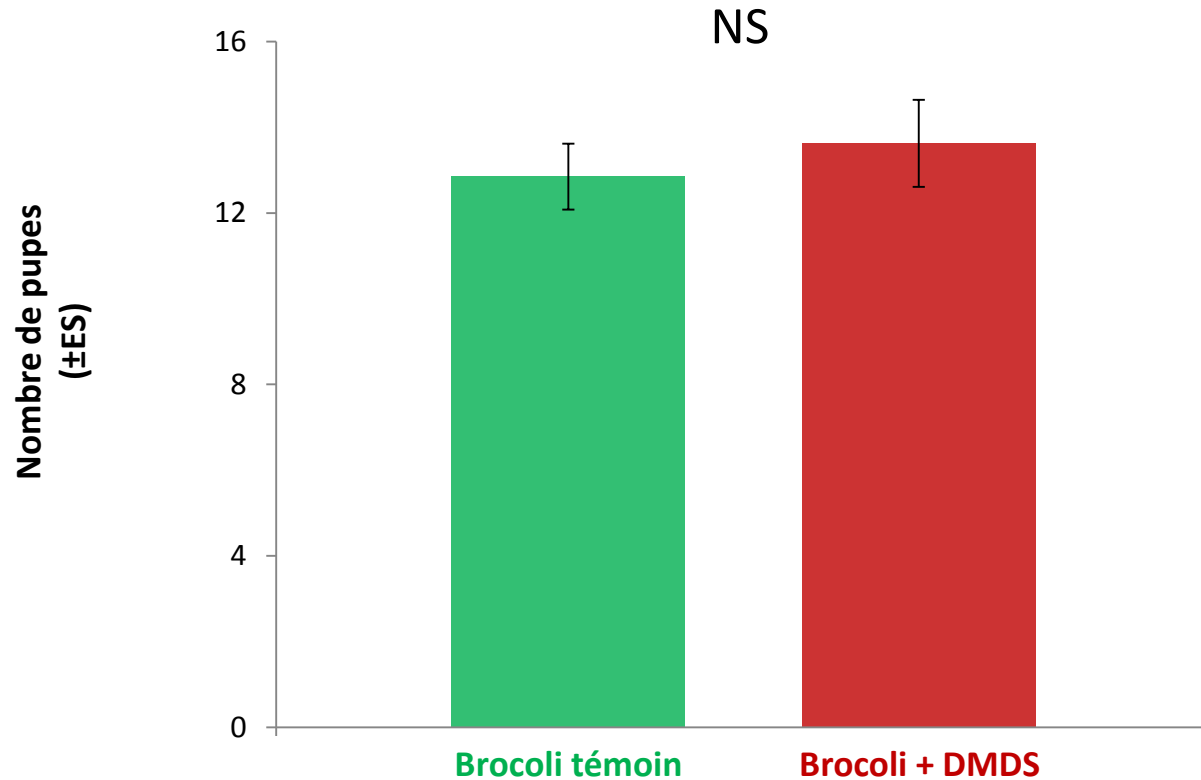
Nombre moyen d'œufs par plant



✓ Confirmation de l'effet du DMDS sur la ponte de la mouche du chou



Nombre moyen de pupes par plant



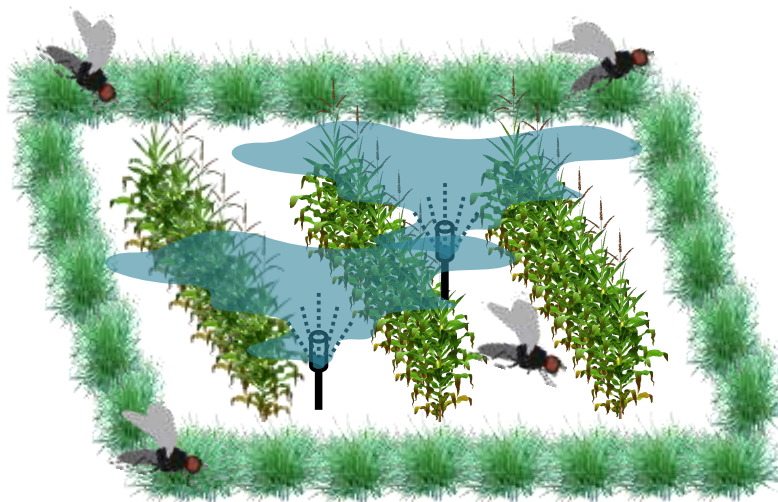
✓ La diffusion de DMDS ne réduit pas l'infestation finale des plantes

Recherche de nouveaux composés comme composante *push*

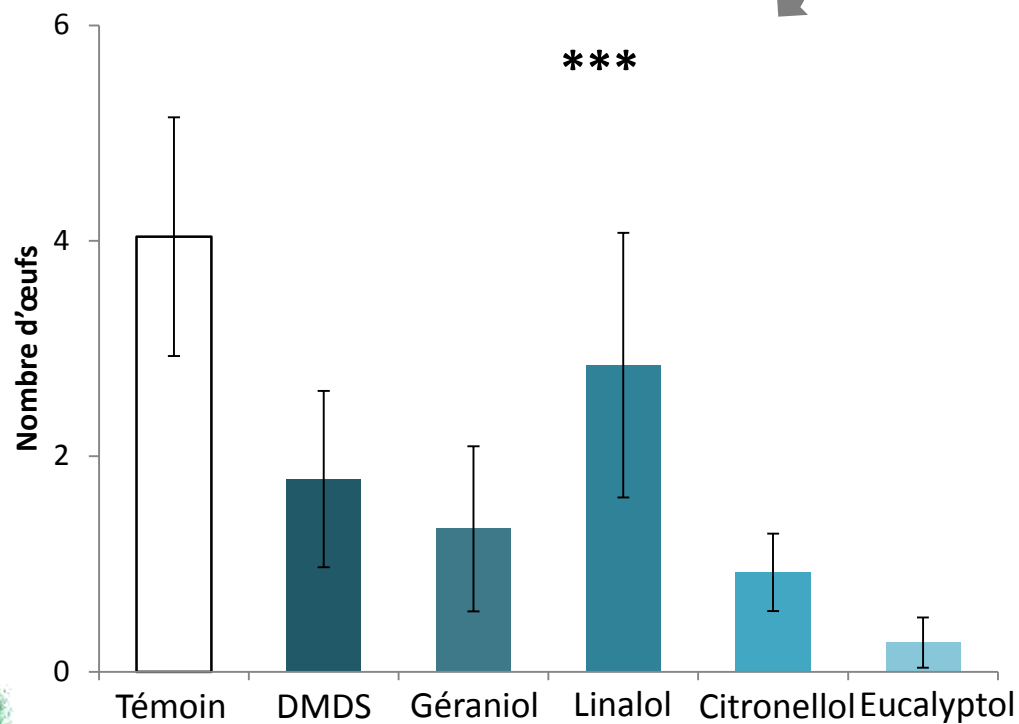
Bibliographie



Tests au laboratoire

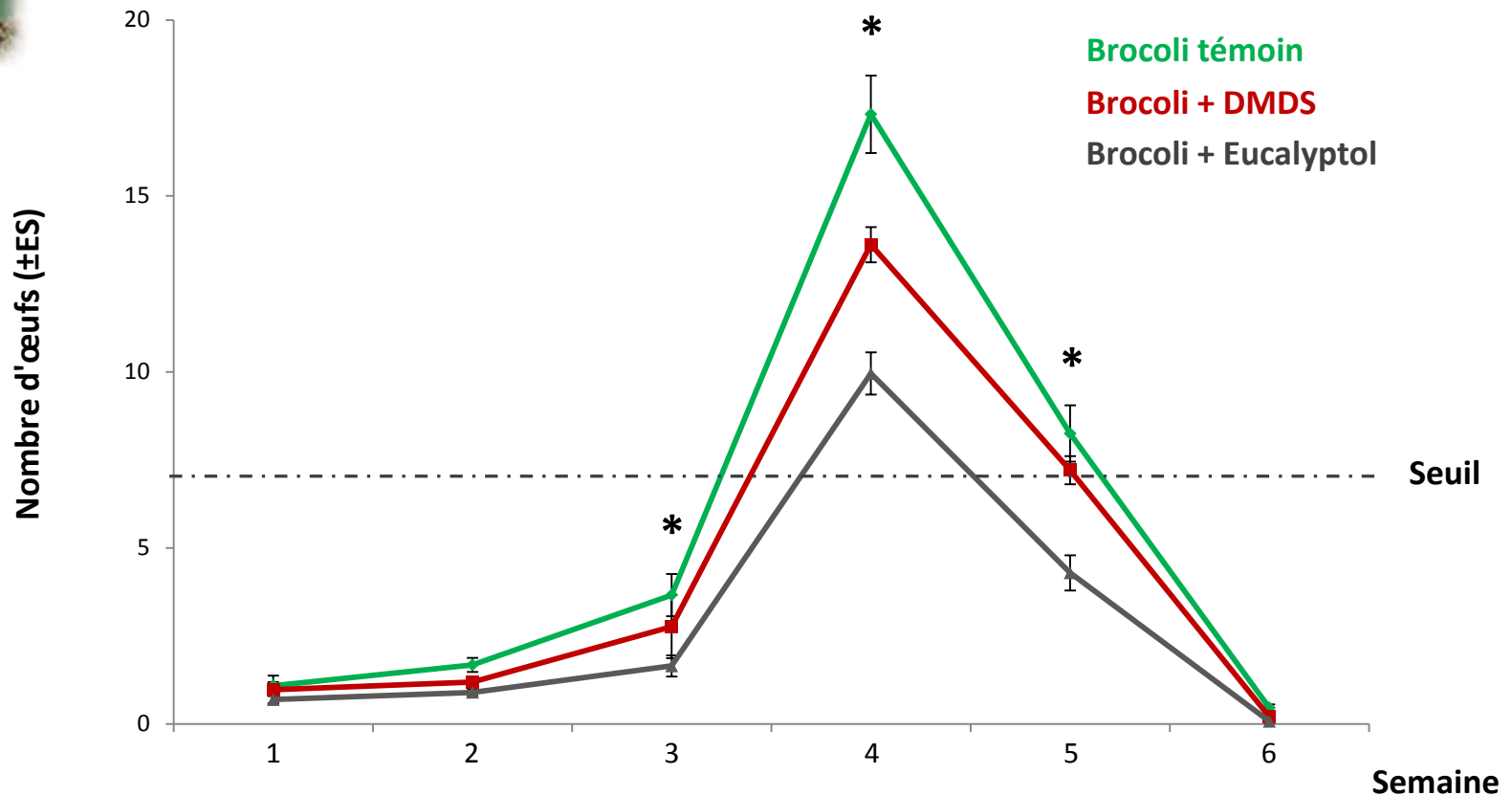


Tests sur le terrain en situation de *push-pull*





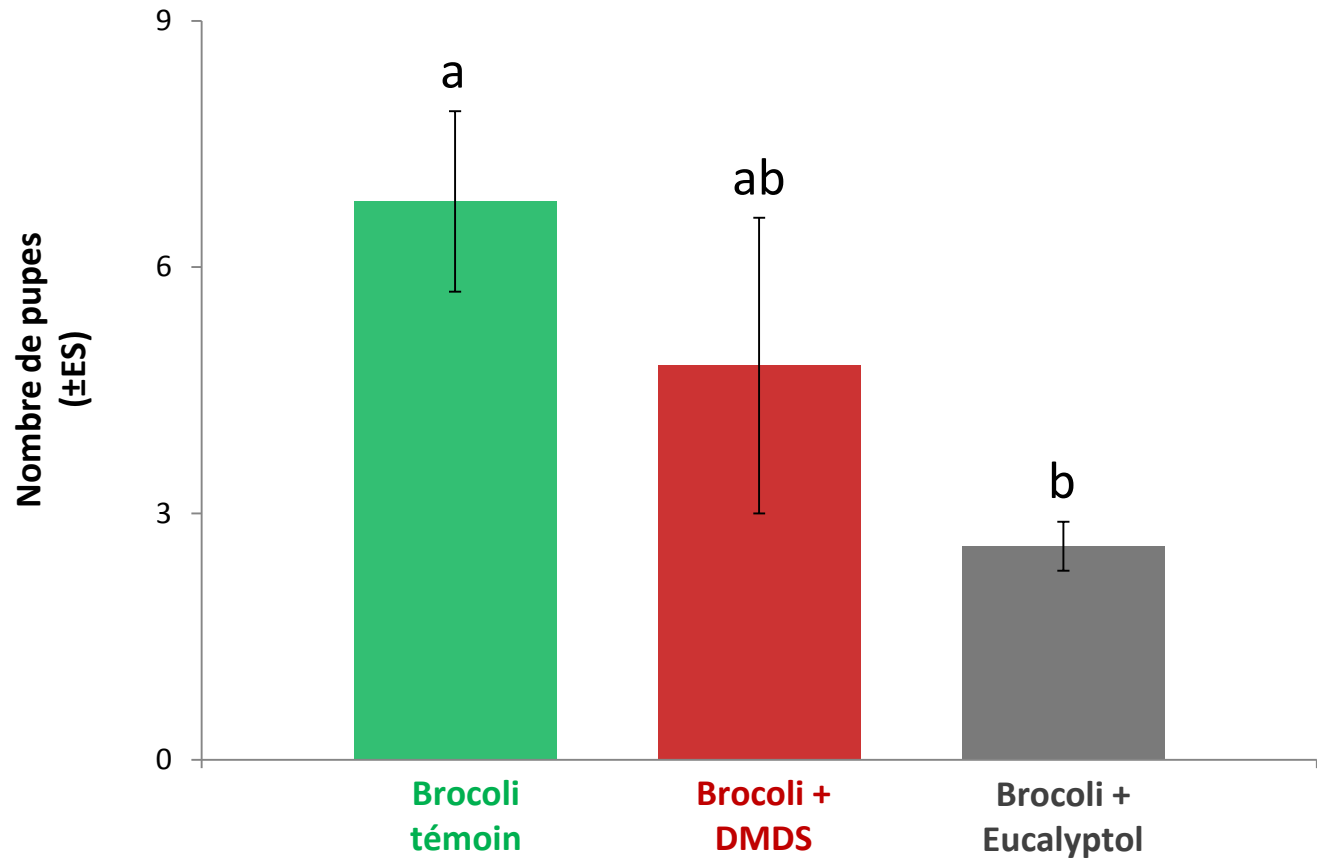
Nombre moyen d'œufs par plant



✓ L'eucalyptol : un nouveau composé prometteur (>DMDS)

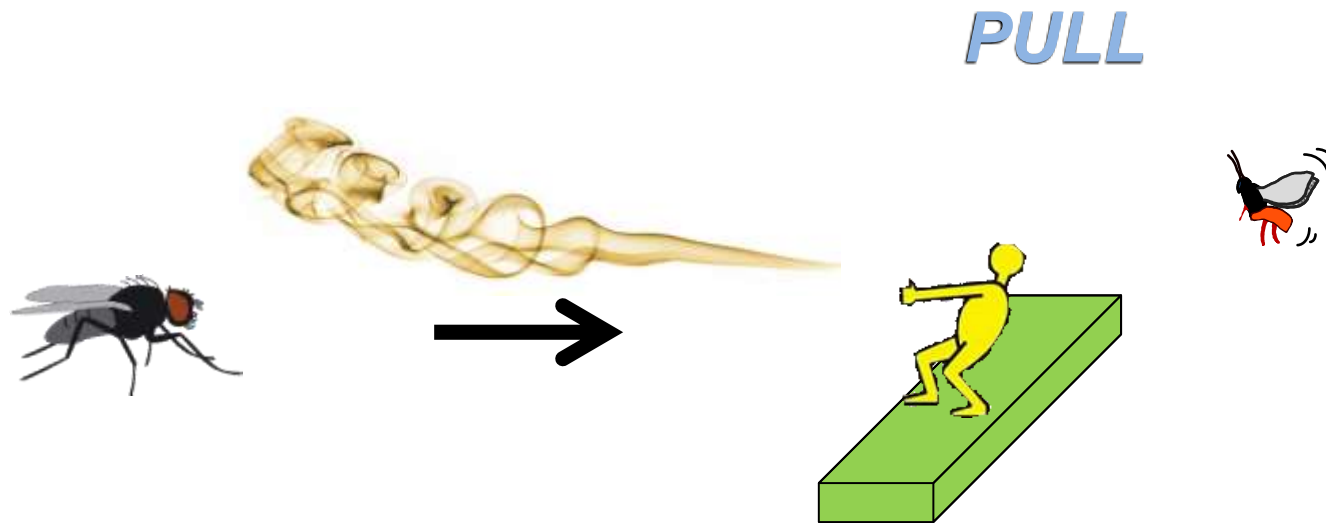


Nombre moyen de pupes par plant



✓ La diffusion d'eucalyptol permet de diminuer l'infestation finale

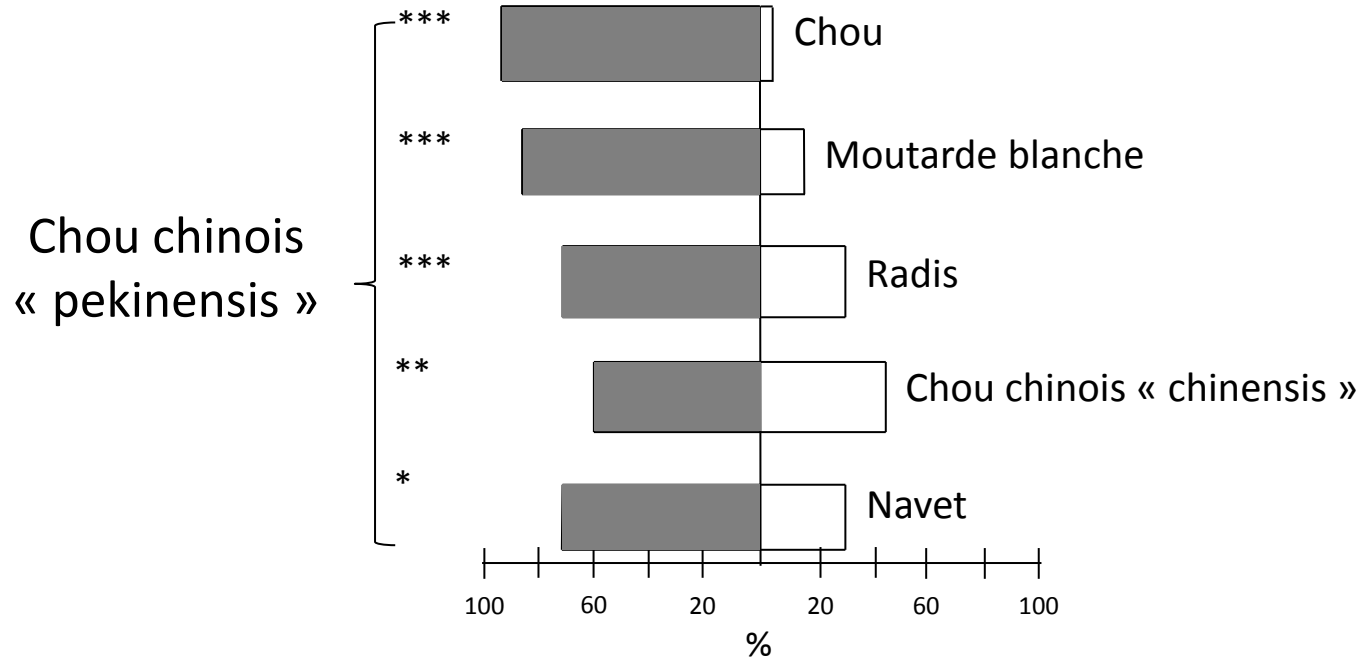
Attirer le ravageur (*recherche d'une composante pull*)



Peut-on attirer la mouche du chou vers une culture piège (et la contrôler) ?

Bibliographie

**Proportion de femelles attirées
(olfactomètre en Y)**



✓ **Le chou chinois : une plante très attractive par rapport à d'autres brassicacées**

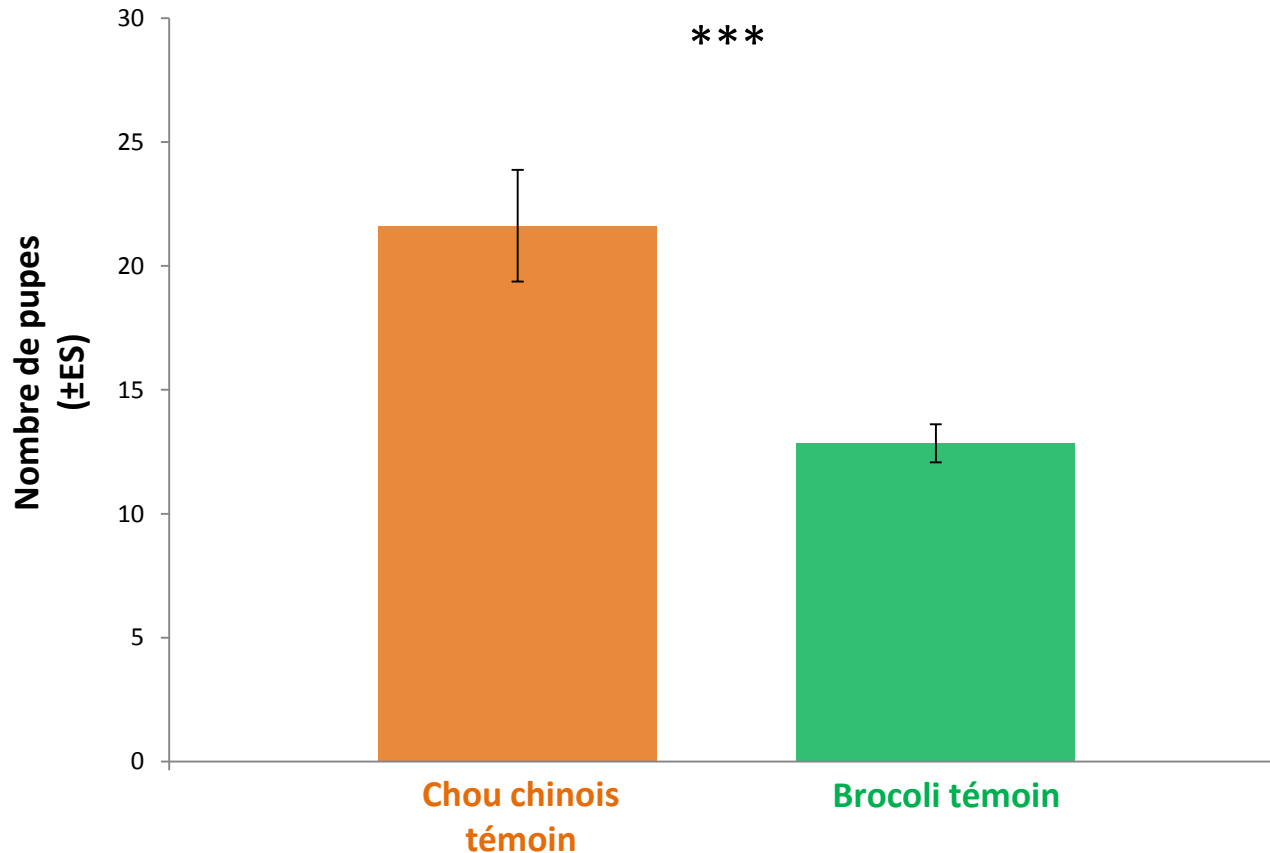
Le chou chinois comme composante *pull* ?

Tests en parcelles expérimentales





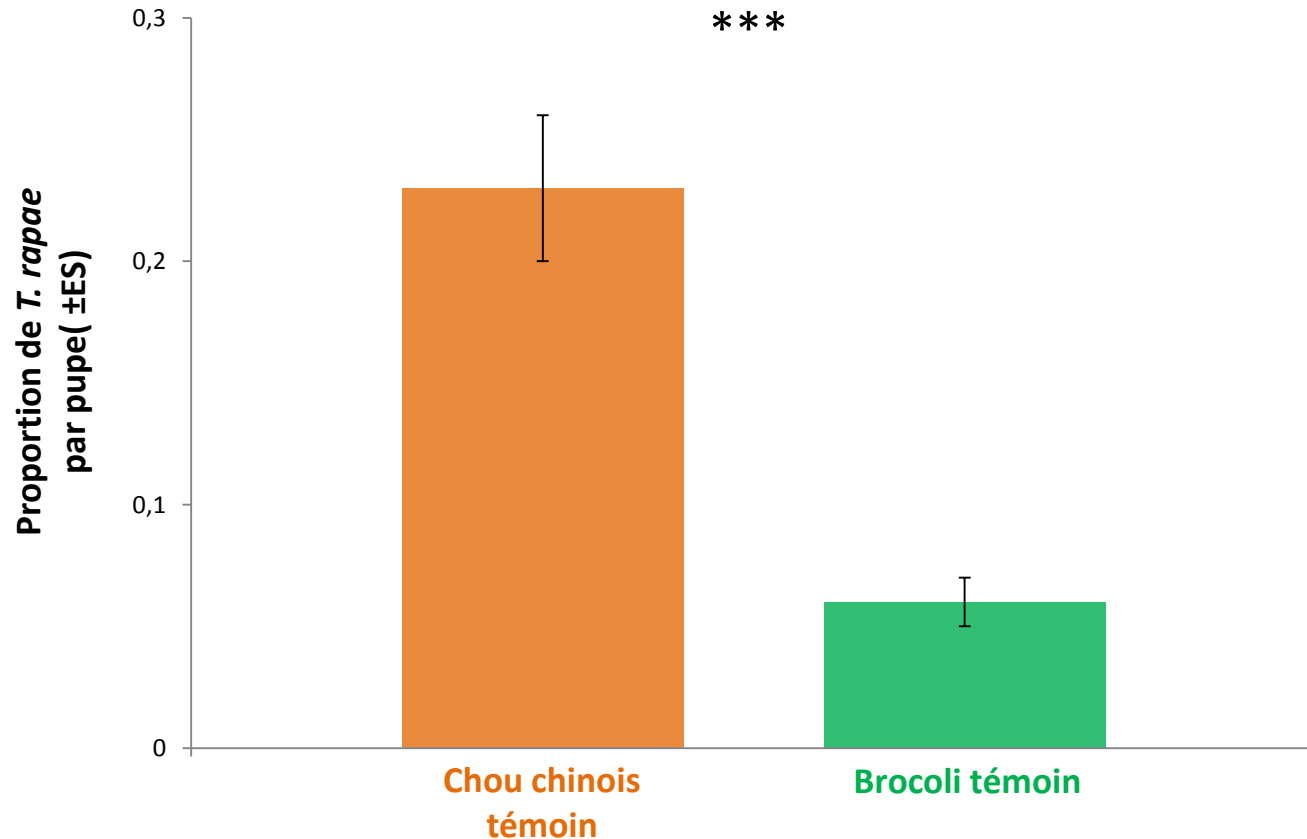
Nombre moyen de pupes par plant



✓ L'infestation du chou chinois est plus importante que celle du brocoli et il pourrait capter une partie de la pression de phytophagie



Taux de parasitisme par *T. rapae*

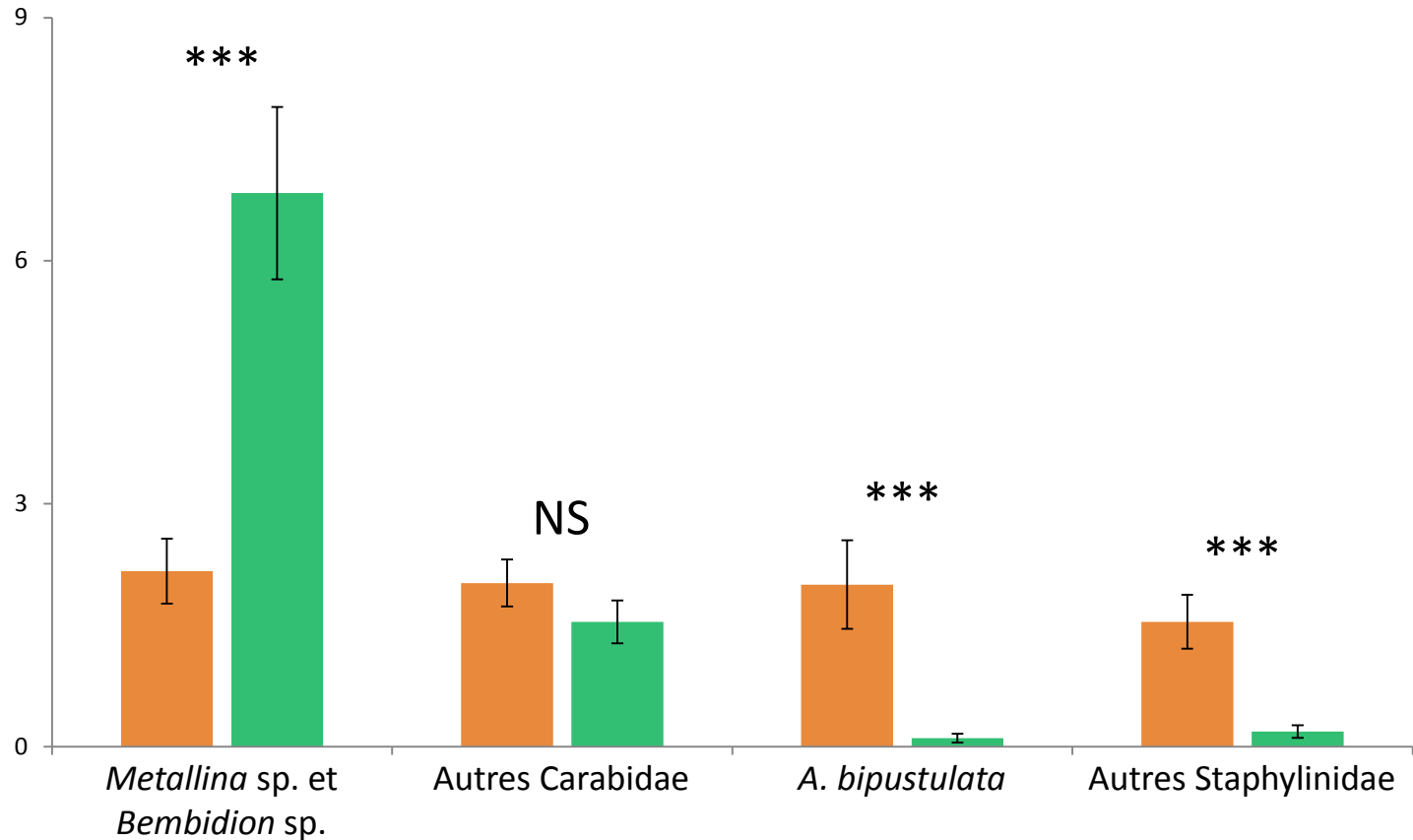


- ✓ Le taux de parasitisme est plus important dans le chou chinois que dans le brocoli, il pourrait permettre de renforcer le contrôle de la mouche du chou



Communautés d'ennemis naturels

Nombre d'ennemis naturels (\pm ES) par piège Barber

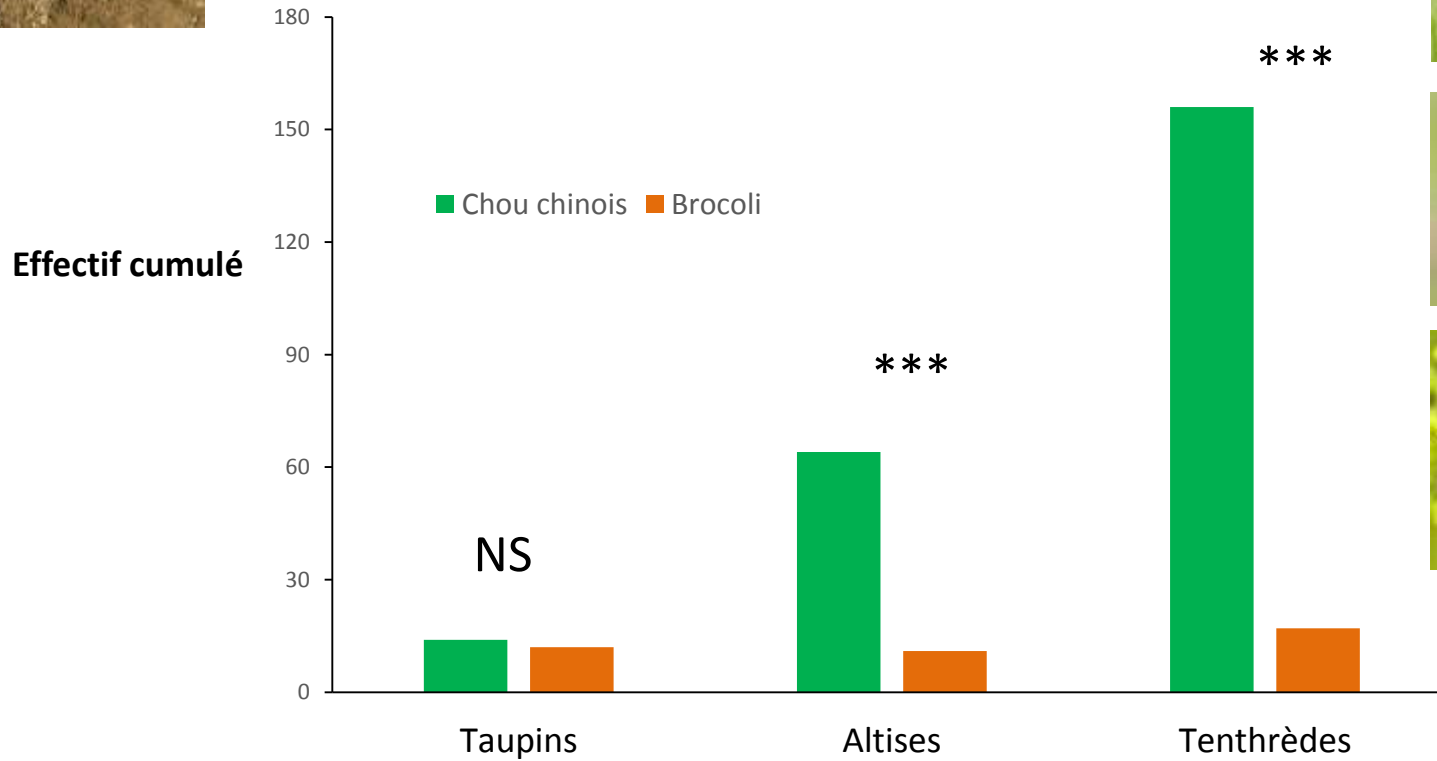


✓ Le chou chinois et le brocoli permettent d'héberger des communautés d'auxiliaires différentes

Le chou chinois comme composante *pull* ?



Autres ravageurs

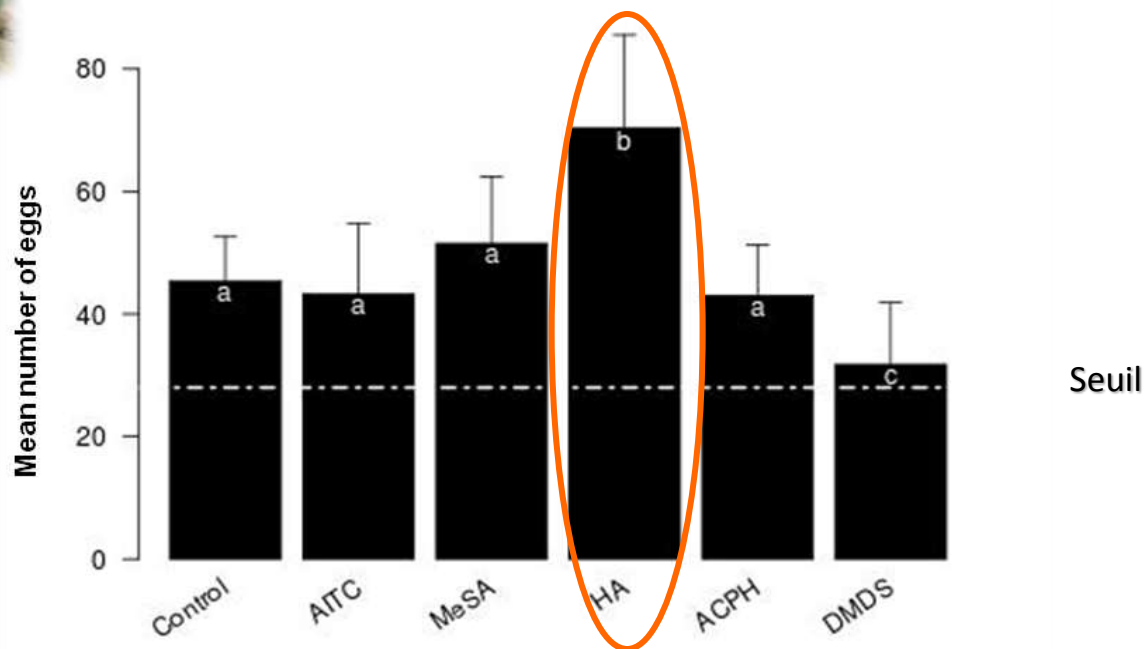


✓ Le chou chinois pourrait piéger d'autres ravageurs

Renforcer la composante *pull* avec des odeurs ?



Nombre moyen d'œufs par plant

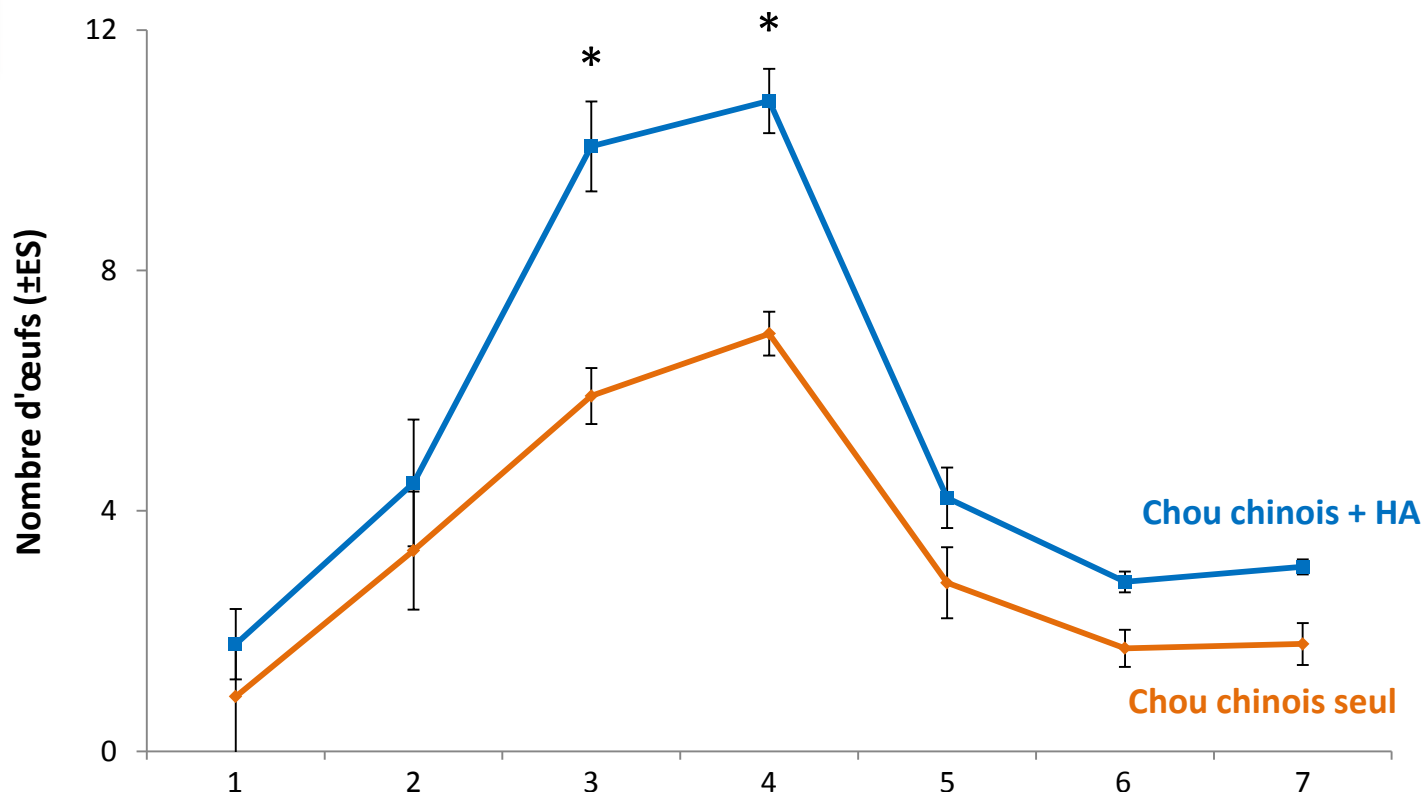


✓ Le Z-3 hexényl acétate (HA) : un composé qui stimule la ponte de la mouche du chou

Renforcer la composante *pull* avec des odeurs ?



Nombre moyen d'œufs par plant

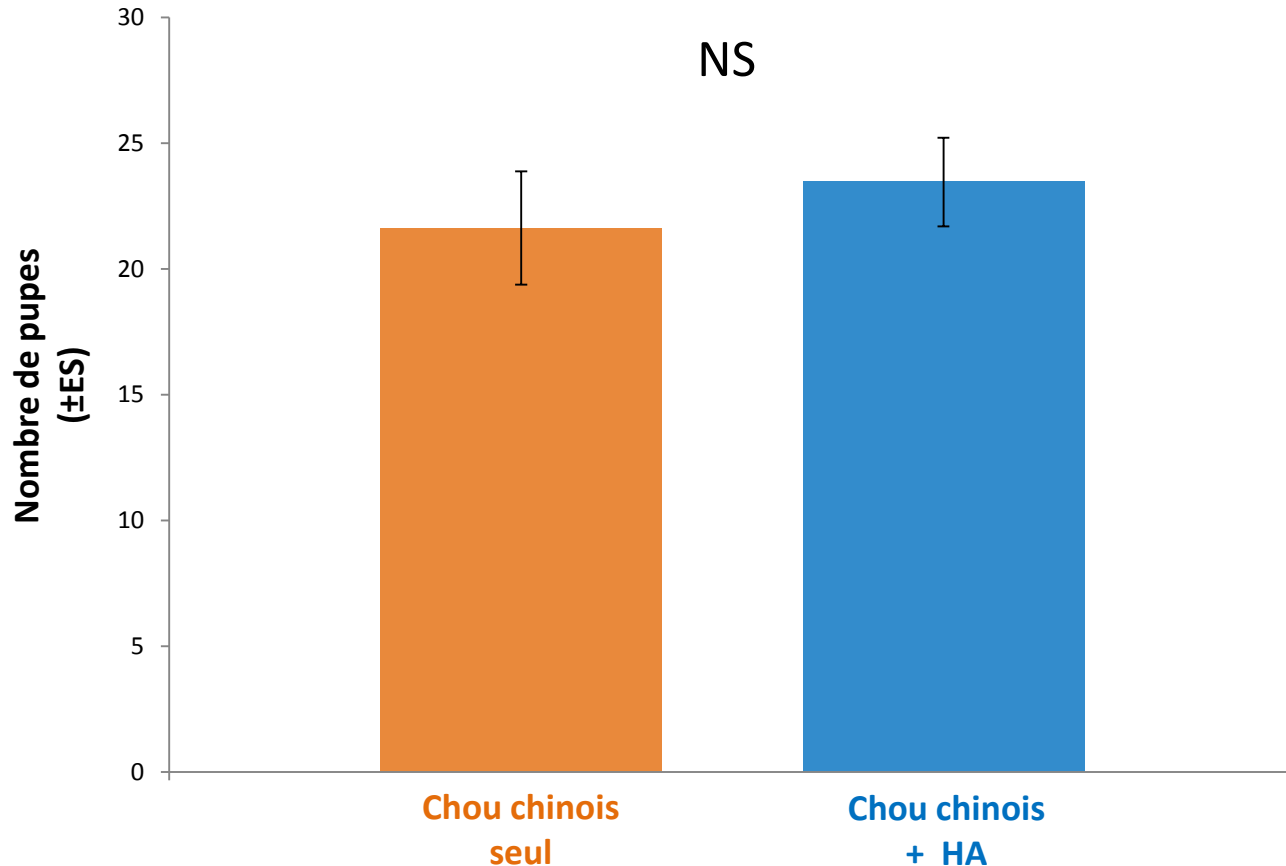


✓ Le HA permet d'augmenter la ponte du phytophage sur la plante piège

Renforcer la composante *pull* avec des odeurs ?



Nombre moyen de pupes par plant

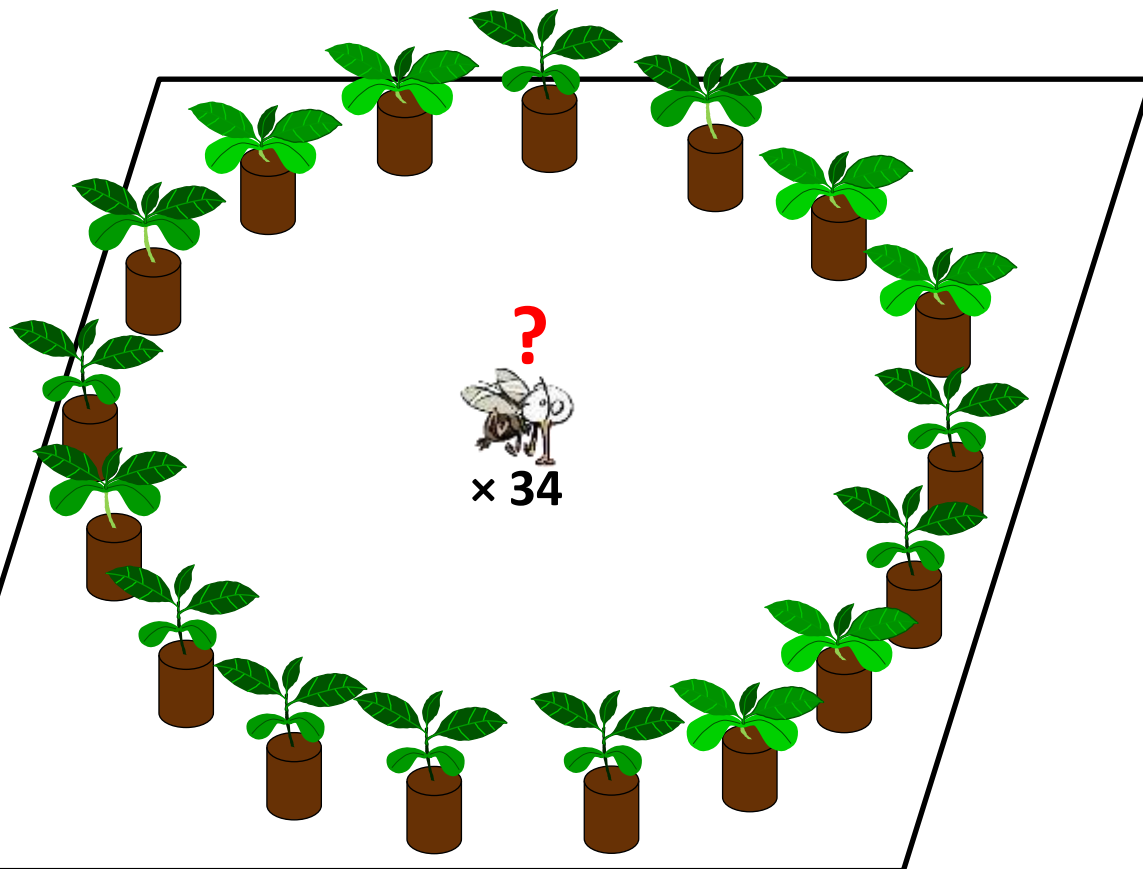


- ✓ Le HA n'augmente pas l'infestation finale de la plante piège (action des ennemis naturels? Induction des défenses?)

Renforcer la composante *pull* avec des variétés plus attractives ?

Tests au laboratoire

Préférence d'hôte



n=80

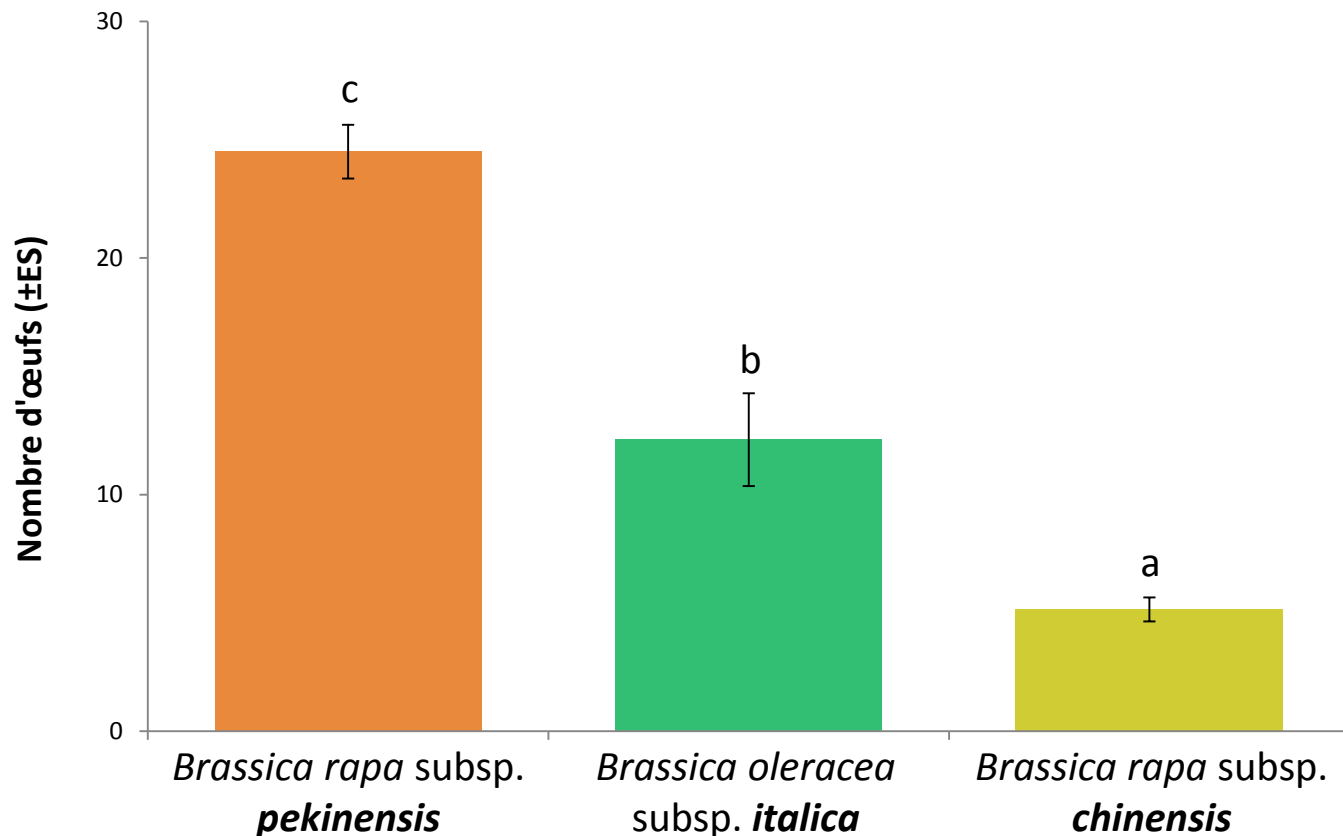
Dispositif de choix multiple

9 × Chou chinois subsp. *pekinensis*

7 × Chou chinois subsp. *chinensis*

1 × Brocoli var. Marathon

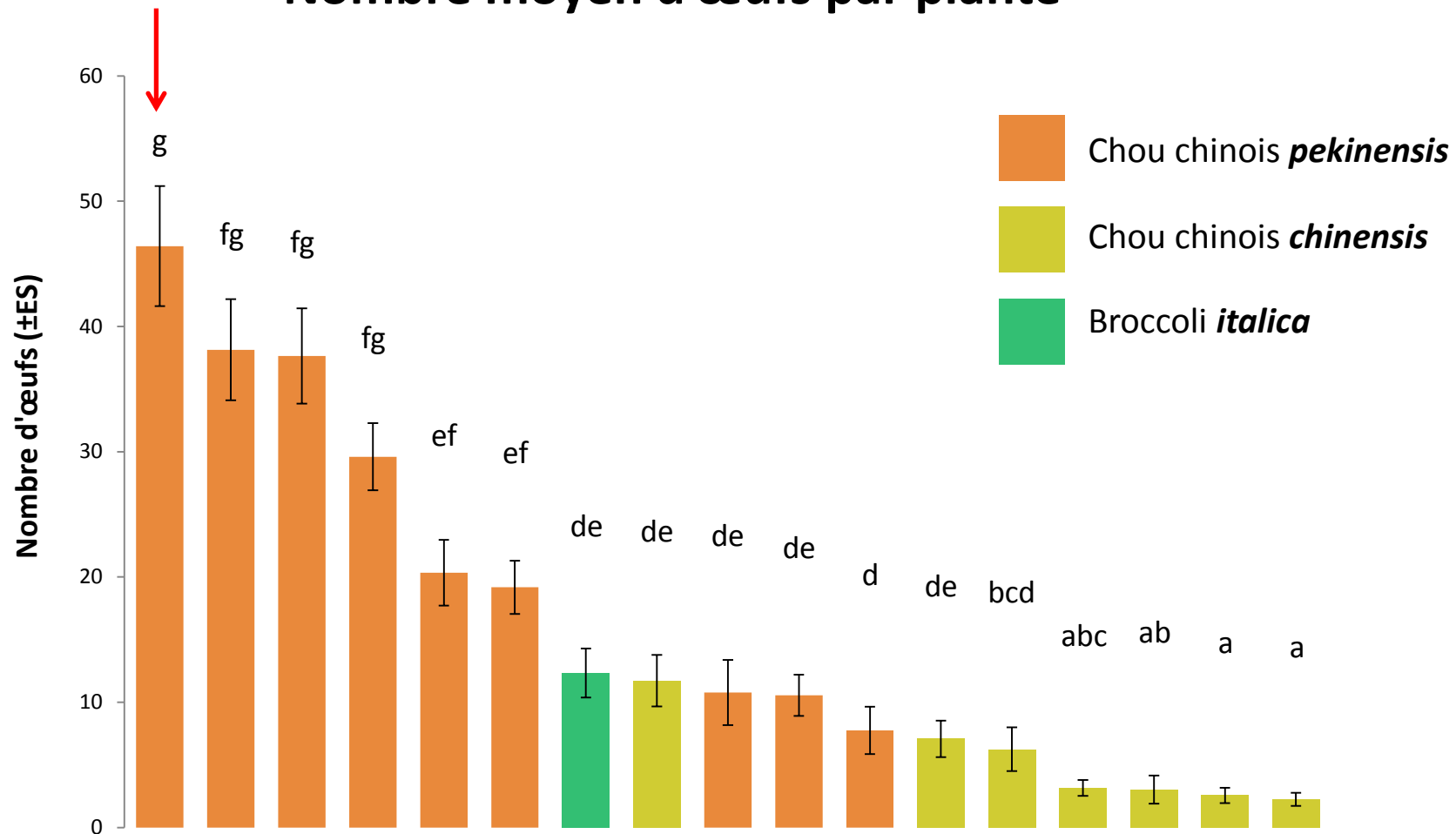
Nombre moyen d'œufs par plante



✓ La sous espèce de chou chinois *pekinensis* stimule plus fortement la ponte

Renforcer la composante *pull* avec des variétés plus attractives ?

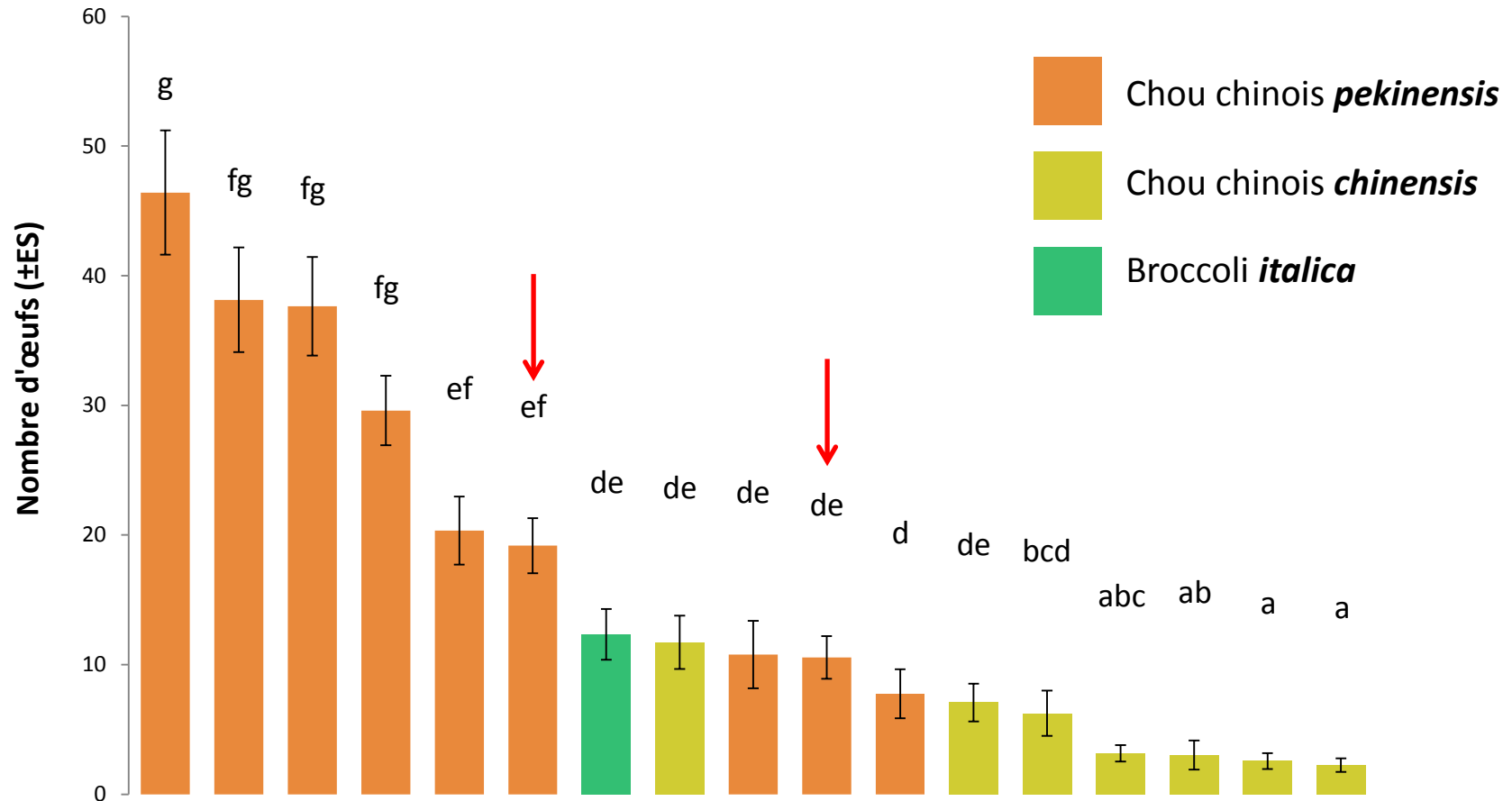
Nombre moyen d'œufs par plante



✓ Certaines variétés de CC *pekinensis* sont largement préférées pour la ponte

Renforcer la composante *pull* avec des variétés plus attractives ?

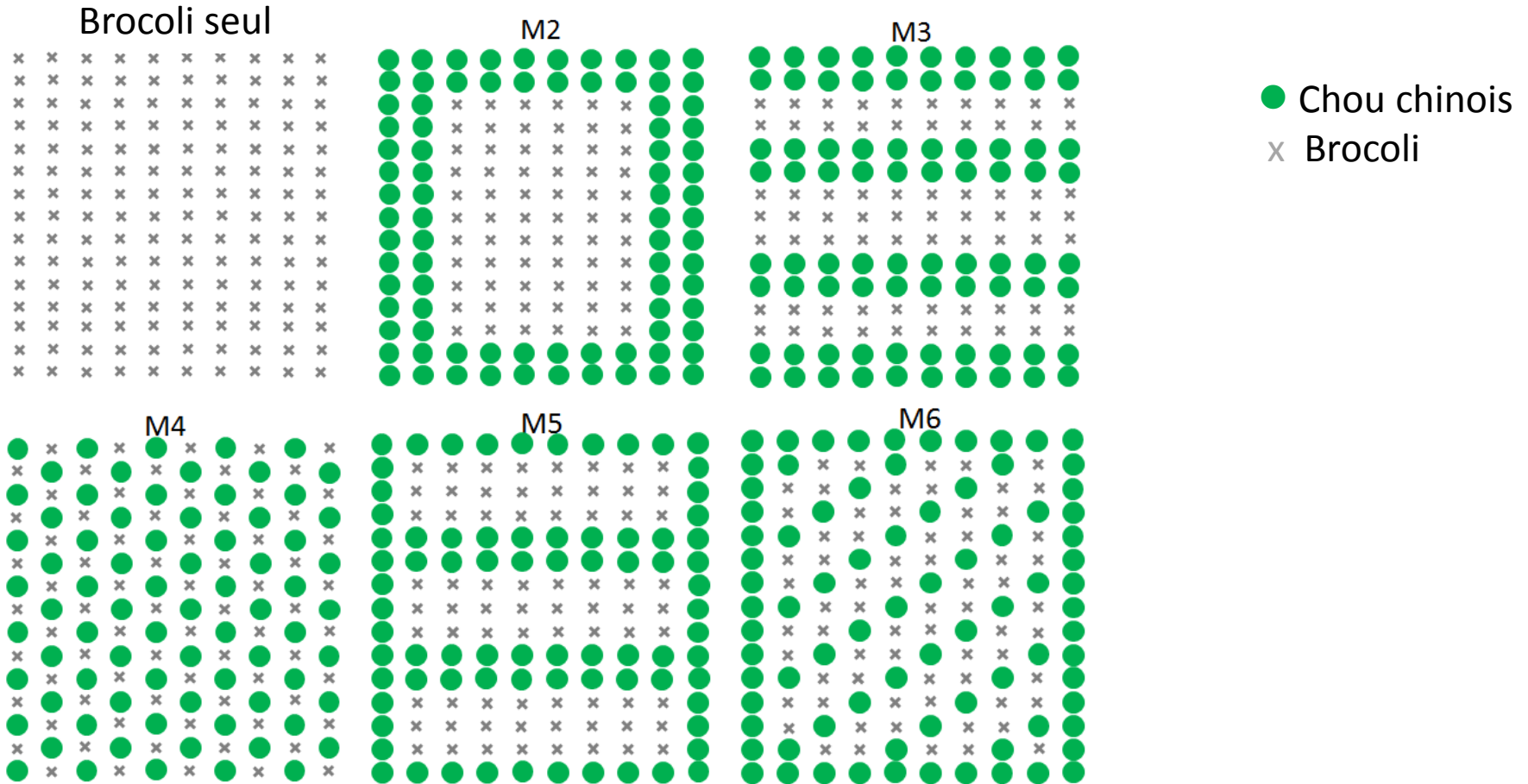
Nombre moyen d'œufs par plante



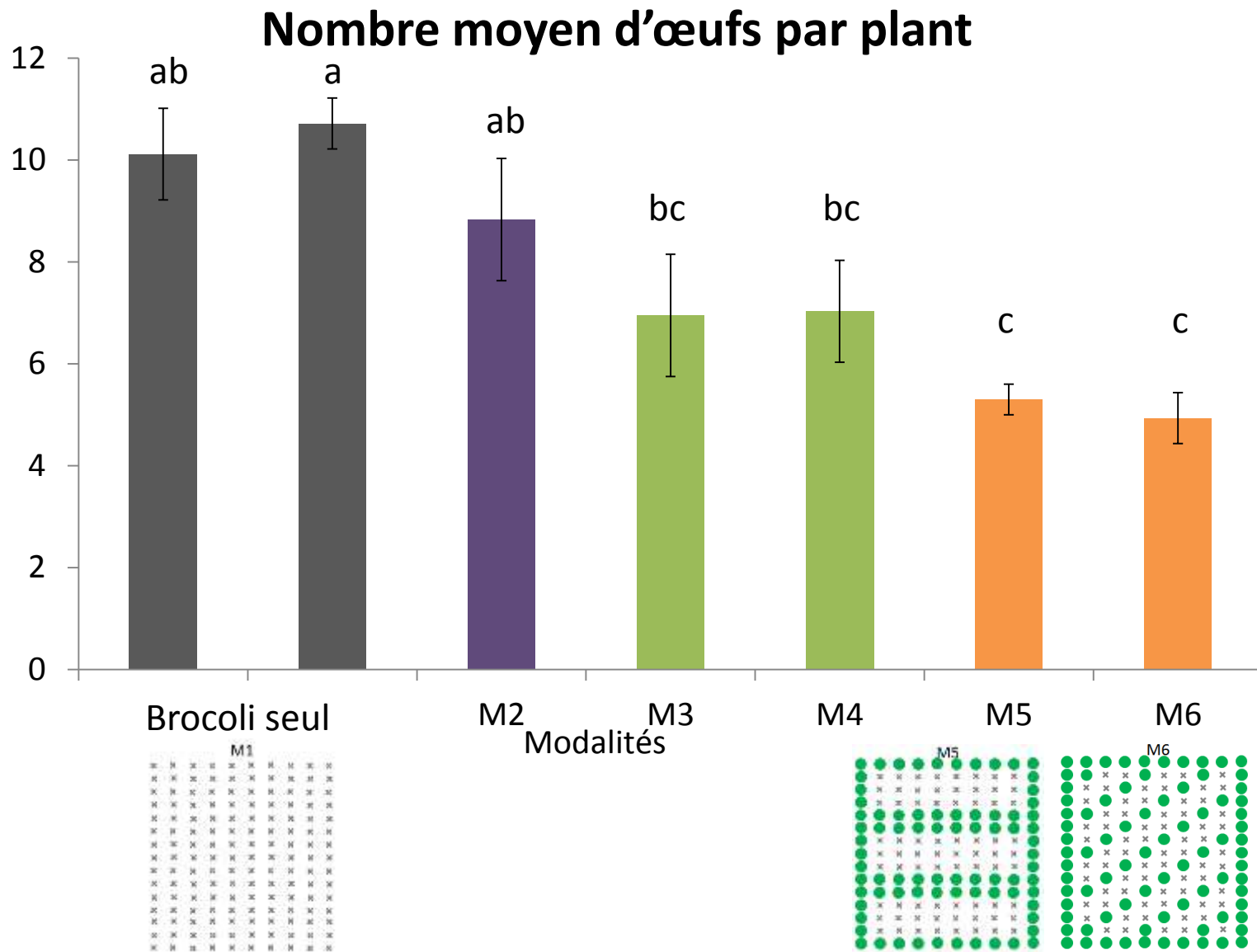
✓ Les variétés utilisées dans nos expériences de terrain ne sont pas les plus stimulantes (des marges de progression?)

Renforcer la composante *pull* en jouant sur l'implantation de la plante piège ?

Tests en parcelles expérimentales



Renforcer la composante *pull* en jouant sur l'implantation de la plante piège ?



LMM, least-squares means, $P < 0,05$

Wetzel et al. 2017 (stage M1 – Terre d'essais)

En conclusion

Une stratégie de type *push-pull* combinant émission de composés volatils et plantes pièges semble envisageable contre la mouche du chou

- ✓ Eucalyptol : diminue la ponte et l'infestation
- ✓ Chou chinois : capte une part de la pression en phytophagie
- ✓ Hexényl acétate : contribue à l'effet plante piège
- ✓ Plusieurs pistes d'amélioration identifiées

Perspectives (recherche)

Maitriser la diffusion des composés et la disposition spatiale des diffuseurs

Déterminer la disposition spatiale optimale de la culture piège et les interactions avec la composante *push*

Tester cette stratégie *push-pull* à plus grande échelle

Evaluer le « risque *pull* » sur la culture cible

Evaluer l'impact de cette manipulation comportementale sur la production

Combiner cette stratégies avec d'autres leviers (contrôle biologique, résistance,...)

Perspectives (appliquées) contraintes technico-économiques et environnementales

Maitriser la « co-culture » brocoli/chou chinois

Déterminer une disposition réaliste (et efficace) de la culture piège

**Faire du chou chinois une « vraie » plante piège
et pas un réservoir à mouches (près de 10 fois plus de pupes)**

Passer à une échelle système de production voire un bassin de production

Anticiper les problèmes d'homologation

Evaluer cette stratégie en intégrant différents critères

...?