

La communication chez les plantes : mythe ou réalité ?



*Sensibilité aux signaux chimiques de l'environnement
et communication chez les plantes*

Catherine LENNE

Enseignante-chercheuse

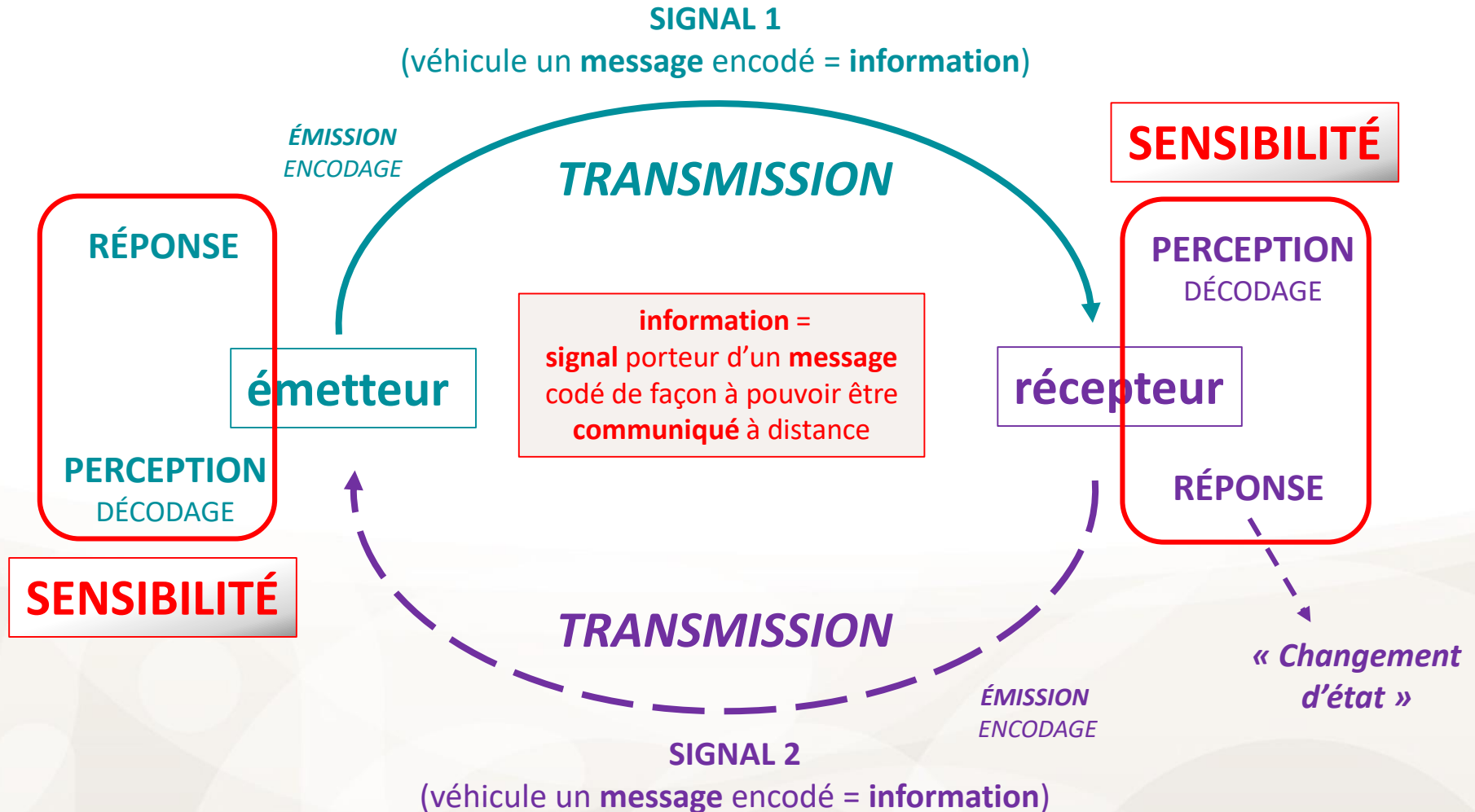
Laboratoire PIAF

Maison pour la science en Auvergne

Université Clermont Auvergne



Les notions de sensibilité et de communication en Biologie

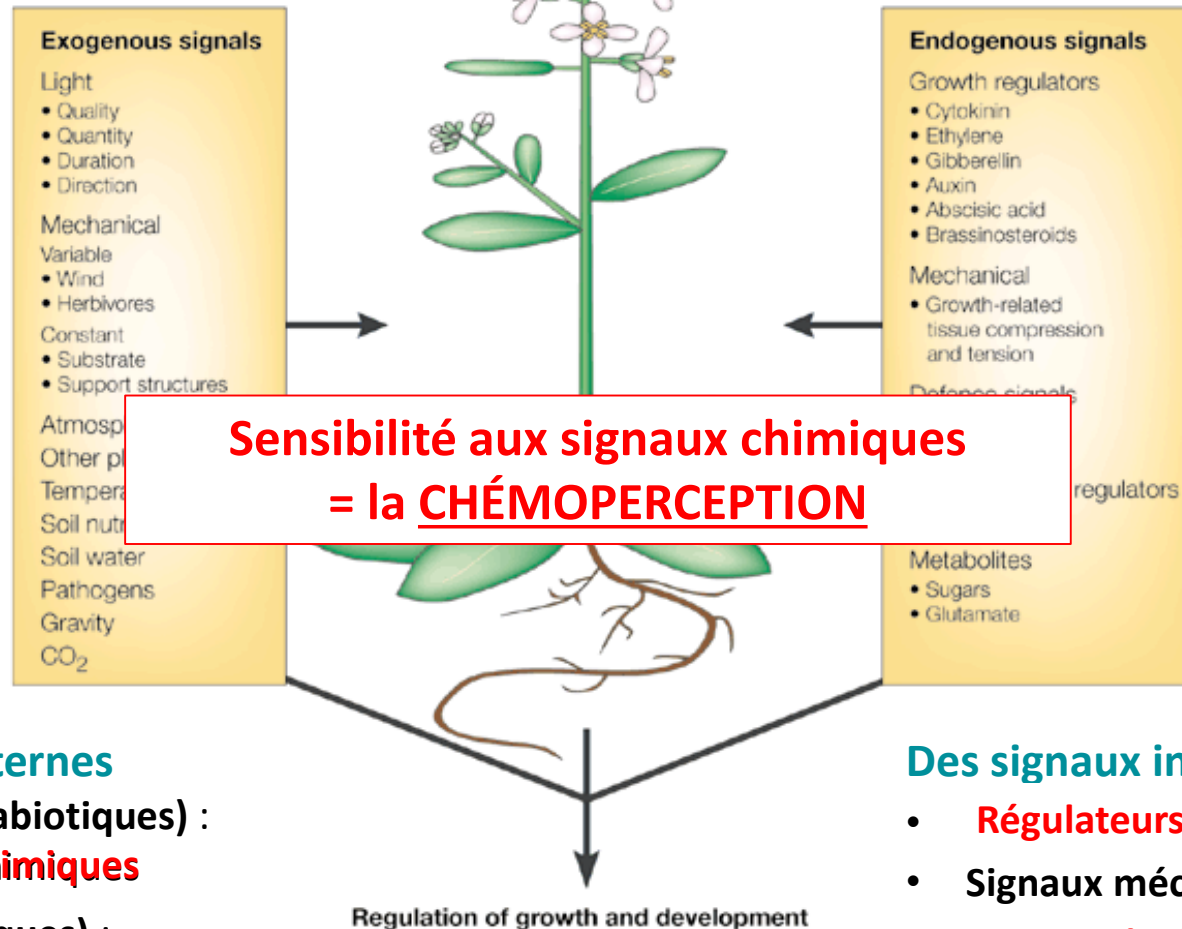


- Échange d'information (signal porteur d'un message codé) entre un émetteur et un récepteur
- Transmission
- Nécessaire sensibilité (capacité à percevoir, à décoder, à répondre de manière adaptée)

Sensibilité : nature des signaux perçus par les plantes

~ 700 capteurs sensoriels répertoriés chez les plantes

Gilroy & Trewavas, 2001.
Nature Reviews Molecular Cell Biology



Des signaux externes

- **Non vivants** (abiotiques) : physiques / **chimiques**
- **Vivants** (biotiques) : pathogènes, agresseurs, alliés

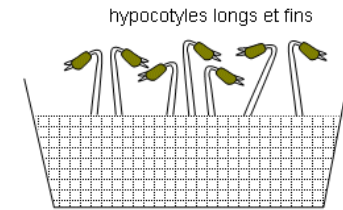
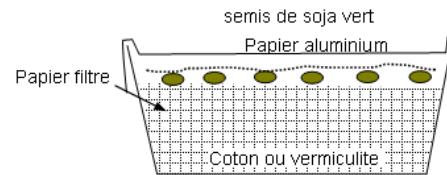
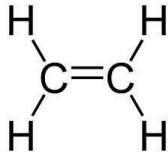
Des signaux internes

- **Régulateurs de croissance**
- **Signaux mécaniques**
- **Signaux de défense**
- **Divers métabolites**

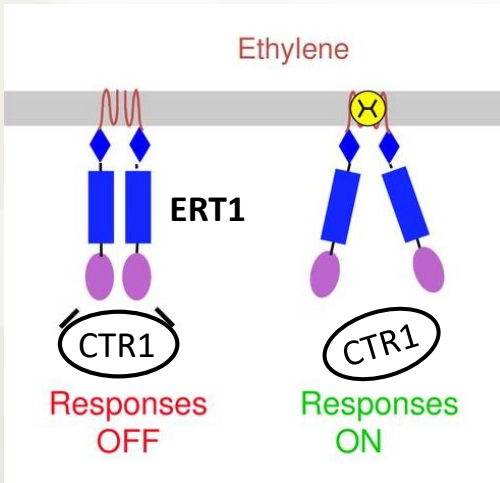
Sensibilité aux signaux chimiques de l'environnement : la CHÉMOPERCEPTION

Effet de l'éthylène sur la croissance (d'après Roger Prat)

Ex de la *perception de l'éthylène*
une hormone gazeuse volatile



Interaction « *substrat / récepteur* »
= « *clé/serrure* »



Sensibilité aux signaux chimiques de l'environnement : la CHÉMOPERCEPTION

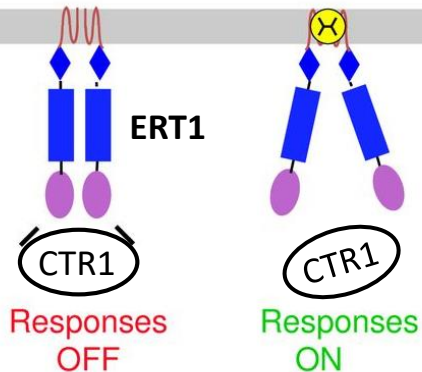
S'apparente à « l'odorat » !

**Reconnaissance molécule
odorante / récepteur**

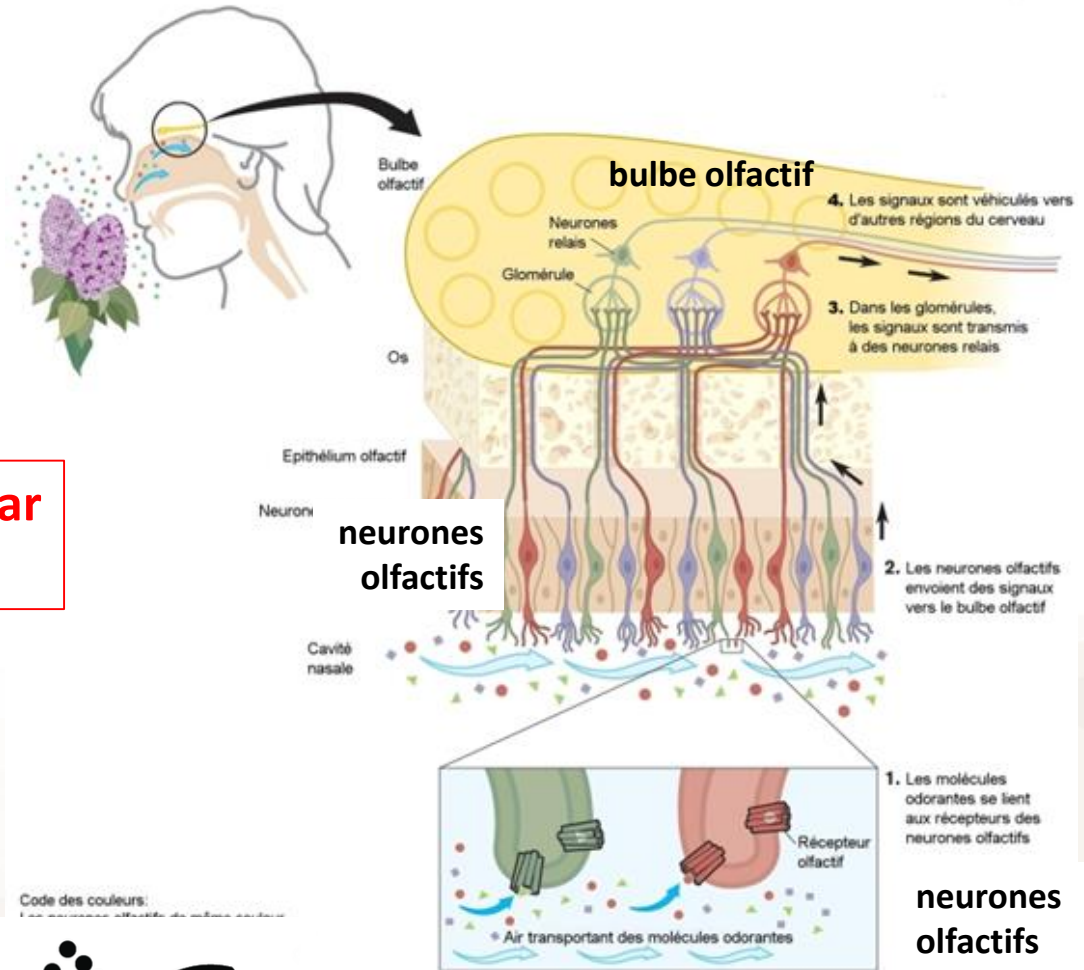
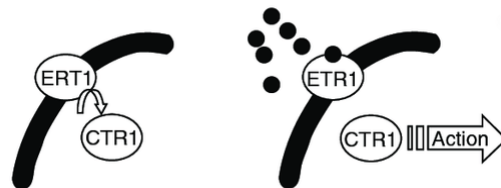
**Molécules chimiques reconnues par
des capteurs = RÉCEPTEURS**

Interaction « **substrat / récepteur** »

Ethylene



Code des couleurs:
Légende des couleurs



Communication ?

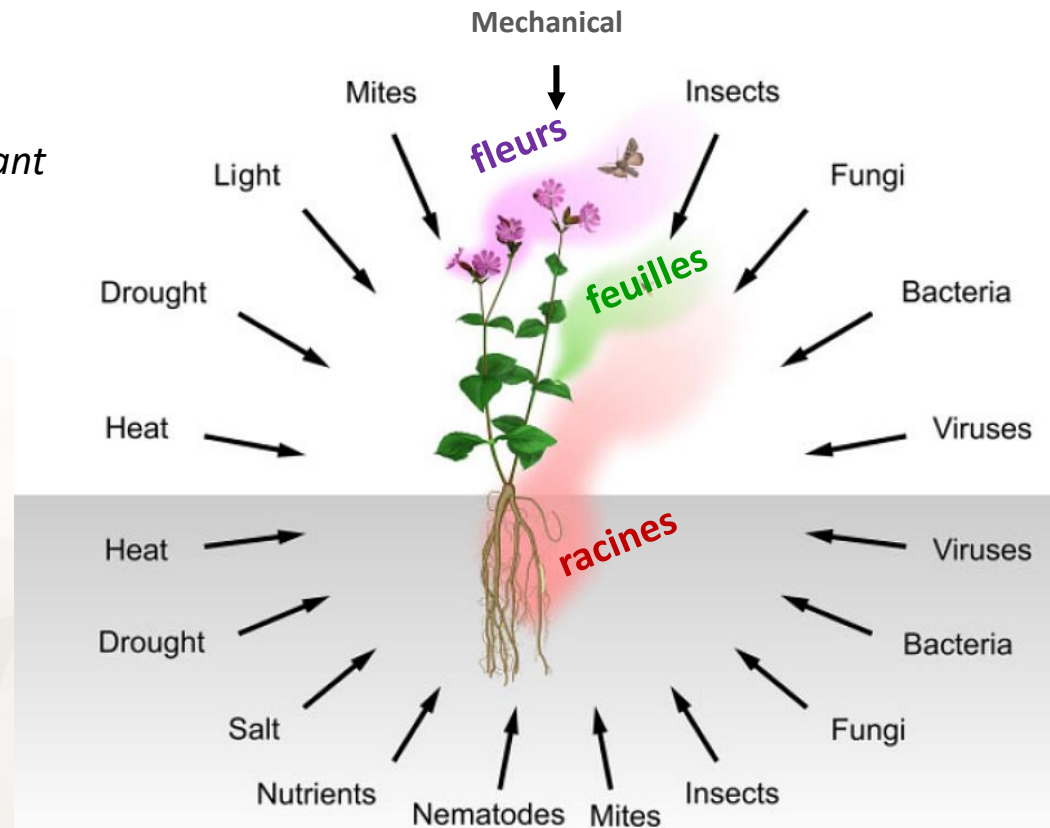
Des signaux chimiques émis par les plantes

- Les plantes émettent une **myriade de composés chimiques** (*dans le sol et*) dans l'air
 - **1/5 du carbone fixé par jour** par une plante est libéré dans l'air (Meena *et al*, 2017)
 - **36% du C assimilé** est relargué en **bouquets** complexes de senteurs volatiles
- **VOCs** (*volatil organic compounds*)
COVs en français
- **GLVs** (*green leaf volatils*)
- **HIPVs** (*herbivore induced plant volatiles*)
- **phytoncides** pour les arbres,
- huiles essentielles, résines

Induits en réponse à de nombreux stress biotiques ou abiotiques ou constitutifs

Dans l'air (**fleurs**, **feuilles**)

Dans le sol (**racines**)

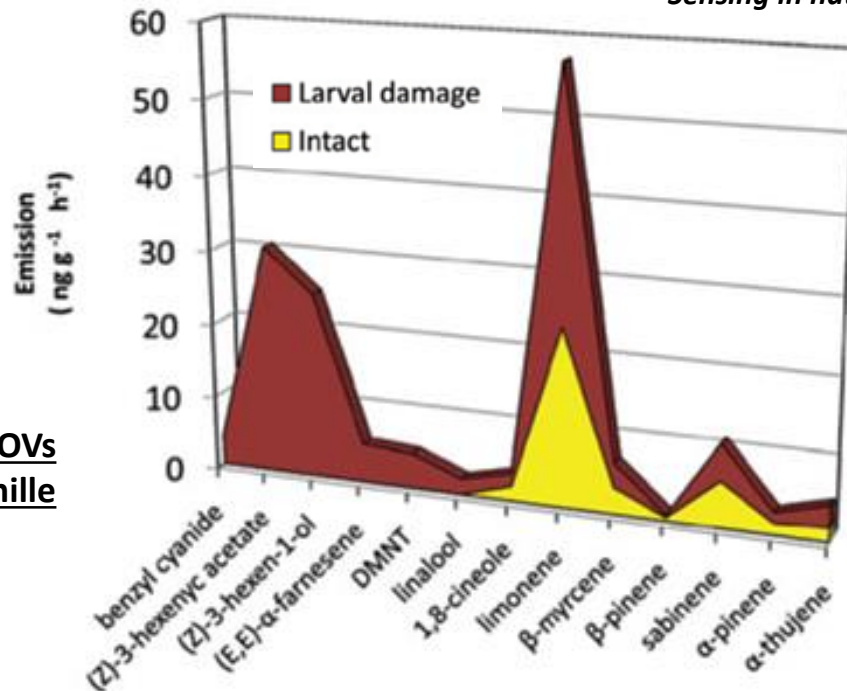


Des COVs de nature très variée

- Bouquet de COVs spécifique à chaque plante (plusieurs dizaines différents)

Dicke et 2009, *Nature*

Profil d'émission de COVs par les feuilles d'un chou intact ou attaqué par une chenille



Holopainen & Blande, 2012.
Sensing in nature

- COVs = dérivés du **métabolisme secondaire** (1700 identifiés dans 90 familles,)

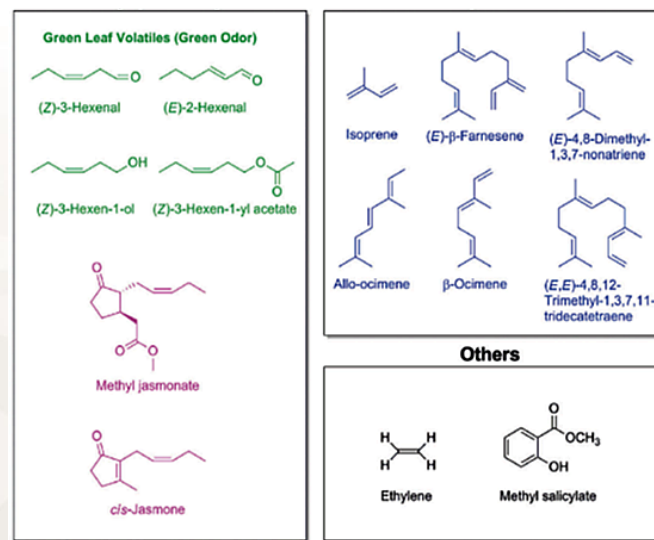
terpénoides **(50% des COVs émis...)**

dérivés d'acides gras

composés aromatiques

dérivés d'acides aminés

Alcools C6 ...



Ueda et al, 2012.
Plant Signaling and behavior

Des fonctions variées pour les composés organiques volatiles

Year of first publication	Species	Induction of the emitter	Response induced in the receiver	Refs
1983	Willow (<i>Salix sitchensis</i>)	Natural herbivory	Resistance to natural herbivores	[1]
	Poplar (<i>Populus x euroamericana</i>)	Mechanical damage	Increased content of phenolic compounds	[2]
	Sugar maple (<i>Acer saccharum</i>)	Mechanical damage	Increased content of phenolic compounds	[2]
1990	Tomato (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	Purified gaseous compounds released from sagebrush	Synthesis of proteinase inhibitors	[14]
1992	Cotton (<i>Gossypium hirsutum</i>)	Infestation with herbivorous mites	Increased attraction of predatory mites, reduced	[15]
1997	Interaction plante/plante dans le cadre de la défense contre les agresseurs 3 exemples présentés...			[16]
2000				[17]
				[19]
		released from several plant species	and attraction of predators	[20]
2004	Corn (<i>Zea mays</i>)	Caterpillar feeding	Priming of JA synthesis and VOCs release	[18]
	Barley (<i>Hordeum</i> spp.)	Intact thistles (<i>Cirsium</i> spp.) as emitter	Decreased attractiveness to aphids	[21]
	Sagebrush (<i>Artemisia tridentata</i>)	Clipped sagebrush	Increased resistance to natural herbivory	[89]
2008	<i>Arabidopsis thaliana</i>	Monoterpenes as released from herbivore-damaged plants	Changed expression of hundreds of genes	[26]
2009	Barley (<i>Hordeum</i> spp.)	Intact barley plants representing different cultivars as emitters	Decreased attractiveness to aphids and increased attractiveness to parasitoids	[23]

Heil & Karban, 2009. *Trends in Ecology and evolution*

- **Années 80s :**
Herbivorie / défenses
plantes attaquées et
chez les voisines

- **Années 90s :**
Identification de
molécules volatiles
(éthylène, méthyl
jasmonate, terpènes...)

- **Années 2000s :**
Résistance aux pathogènes,
attraction des parasitoïdes...

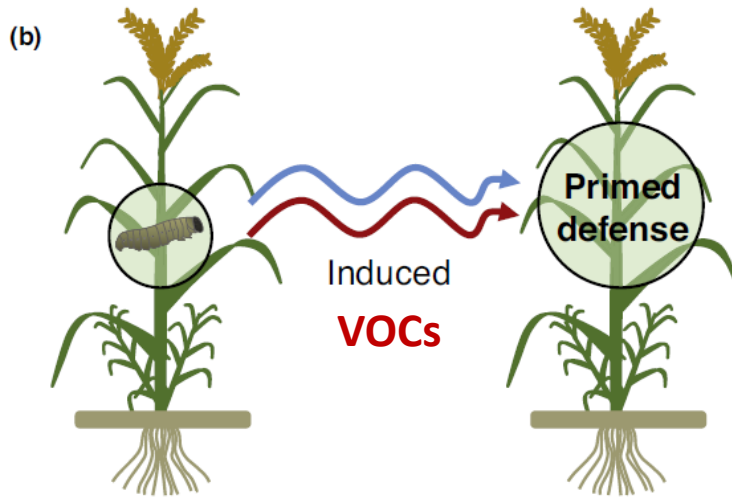
- **Espèces :**

- des **arbres** (saules, peupliers, aulnes...),
- des **herbacées** (tomate, coton, haricot, tabac, maïs...)

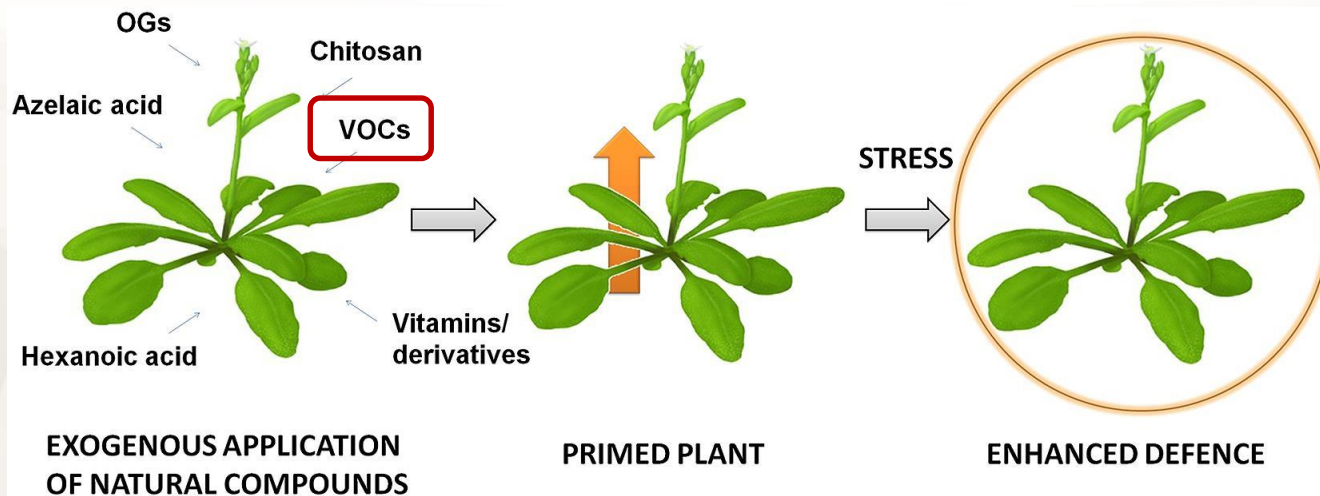
1 – Des odeurs qui alertent les voisines d'une attaque

Le « priming » d'une plante saine par une plante attaquée

Erb, 2018. Curr. Op. in Plant Biol.



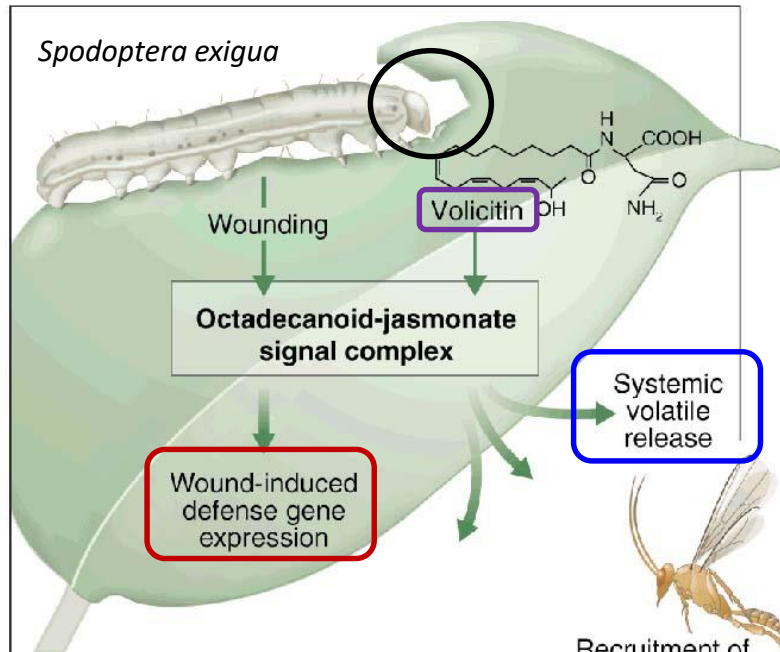
Une plante **attaquée** modifie le
fonctionnement de ses voisines et les
« **met en état d'alerte** »
= **PRIMING**



Aranega-Bou et al, 2014, *Frontier in Plant science*

2 – Des odeurs qui recrutent des défenseurs extérieurs

Quand la plante attaquée communique avec des parasitoïdes ...



Alborn *et al*, 1997. *Science*.

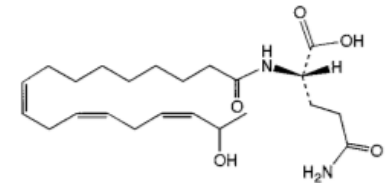
Farmer, 1997. *Science*.

Spodoptera exigua / maïs / *Cotesia marginiventris*

Destruction de membranes
Libération d'acides gras (ac. linoléique)

Estomac : ac. Linoléique + glutamine = **volicitine**

Volicitine de la salive
détectée par la feuille
ÉLICITEUR



Production de jasmonate
= **défenses**

+ COVs (sesquiterpènes)
= **attraction des guêpes parasitoïdes**

La plante attaquée **reconnait la signature chimique** du phytophage

Défenses indirectes
contre les agresseurs

3 – Des odeurs constitutives qui stimulent les défenses des voisines

De l'intérêt des bonnes associations au potager

*Les plantes, même indemnes,
modifient la chimie de leurs voisines
par leurs émissions de base*

pomme de
terre

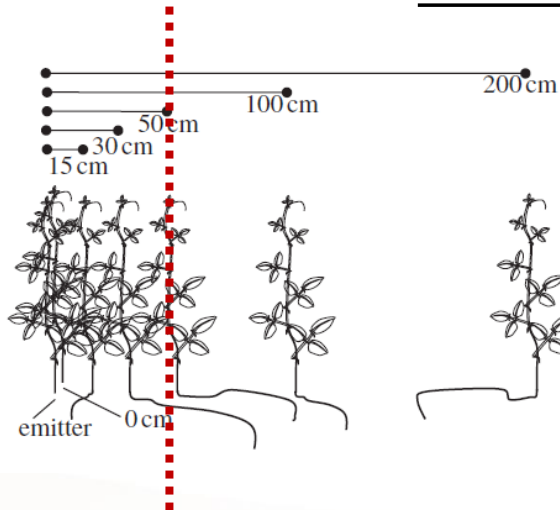


Dahlin et al, 2014, *J. Pest Sc.*

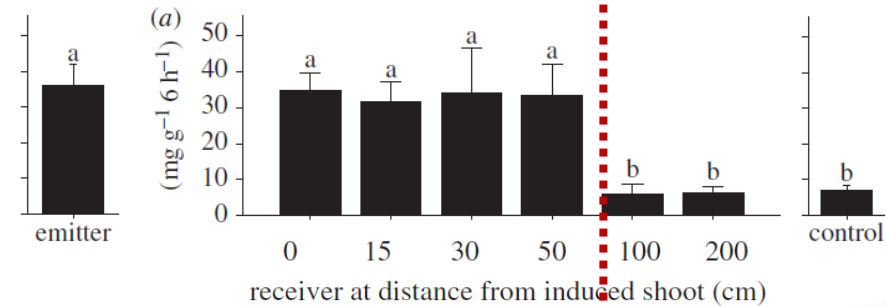
MAIS QUEL INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE ET ÉVOLUTIF ?

Intérêt écologique à prévenir les voisines, compétitrices potentielles ?

1 – Des résultats de laboratoire à nuancer...



50 cm



50 cm



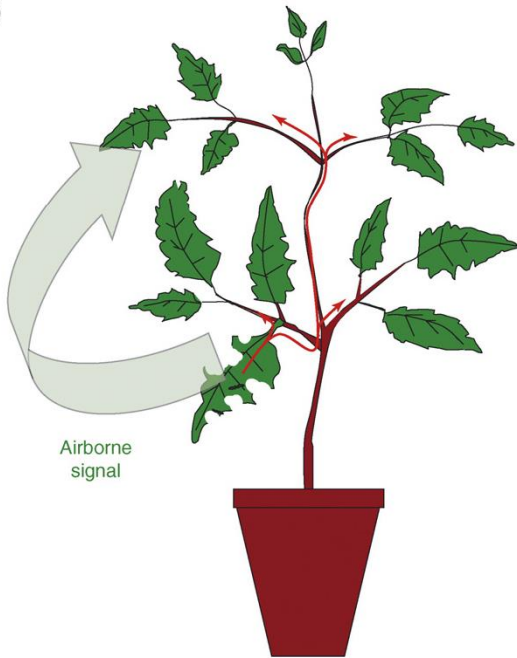
Martin Heil & Rosa M. Adame-A'lvarez, 2010, Biology Letters, 6, 843–845

Estimation de la **distance maximale** entre deux plantes en champ, pour **induire une réponse de résistance aux agresseurs**

Phaseolus lunatus (haricot de Lima) : une plante agressée par *Pseudomonas* (**émettrice**) / des plantes saines (**réceptrices**) à distances variables.

Mesure de production de nectar extrafloral, comme marqueur de la résistance aux pathogènes.

(a)



2 – La communication aérienne serait avant tout *une communication intra-plante*

Phase 1 : signal rapide (heures) :

émission de **GLVs** et élicitation de la phase 2
= **phase de « priming »** des feuilles de la plante

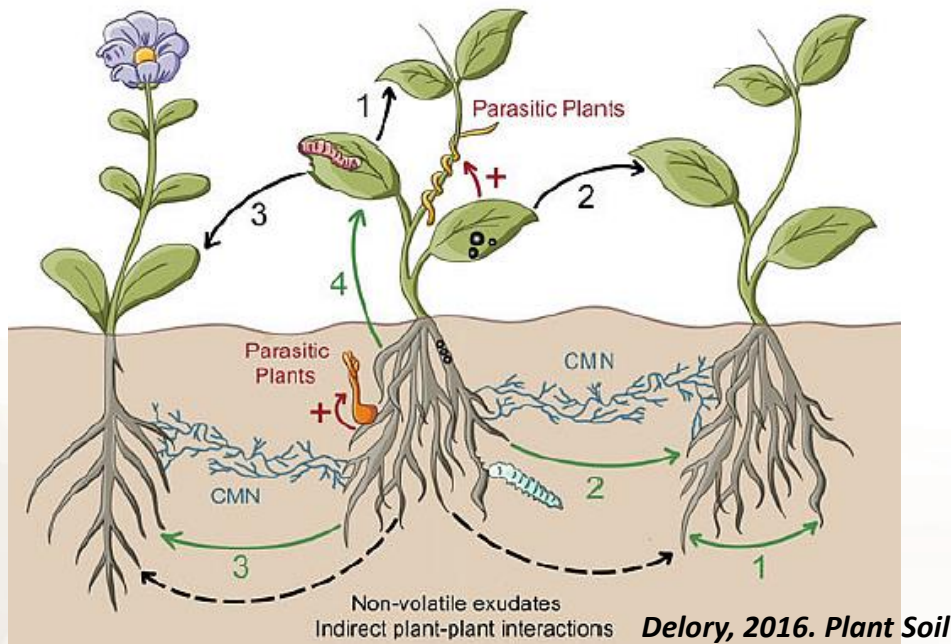
Phase 2 : signal relai (j/semaines), vasculaire :
acide jasmonique, ac. salicylique

= Déploiement de la **phase de défense**

Un signal extérieur aérien précoce et éphémère,
relayé par un signal vasculaire interne durable

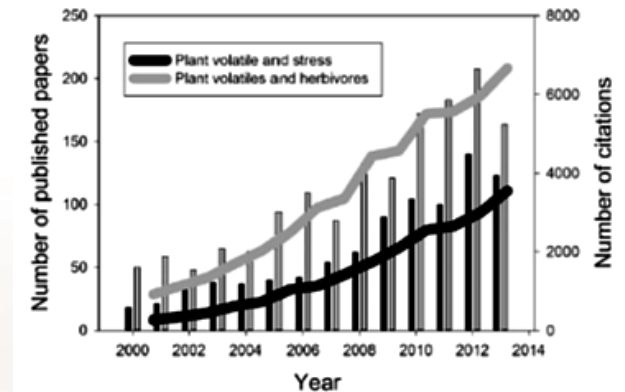
BILAN : les interactions entre plantes par l'intermédiaire de signaux chimiques

↘ Émission de COVs



- Des substances chimiques produites
- Dans le sol ou dans l'air
- Constitutives ou induites
- Rôle attractif, répulsif, défensif
- Messages privés ?
non : intra et interspécifique
parentèle ? Karban & Shiojiri 2009, *Ecol. Lett.*

Un domaine très dynamique en recherche



Une vraie communication plante/plante et un langage partagé

- COVs = *mots*
- Bouquets de senteurs = *phrases*
- Récepteurs/réponses = *langage « intelligible »*

Un peu de lecture ?

Merci !

Des livres de sciences accessibles à tous



Des articles de revues

Hors Série Pour la science
Novembre – décembre 2018

« Une communication pleine
de sens »



International Journal of
Current Microbiology and
Applied Sciences
Volume 6 Number 4 (2017)
pp. 300-313

« Role of Plant Volatiles in
Defense and Communication »