

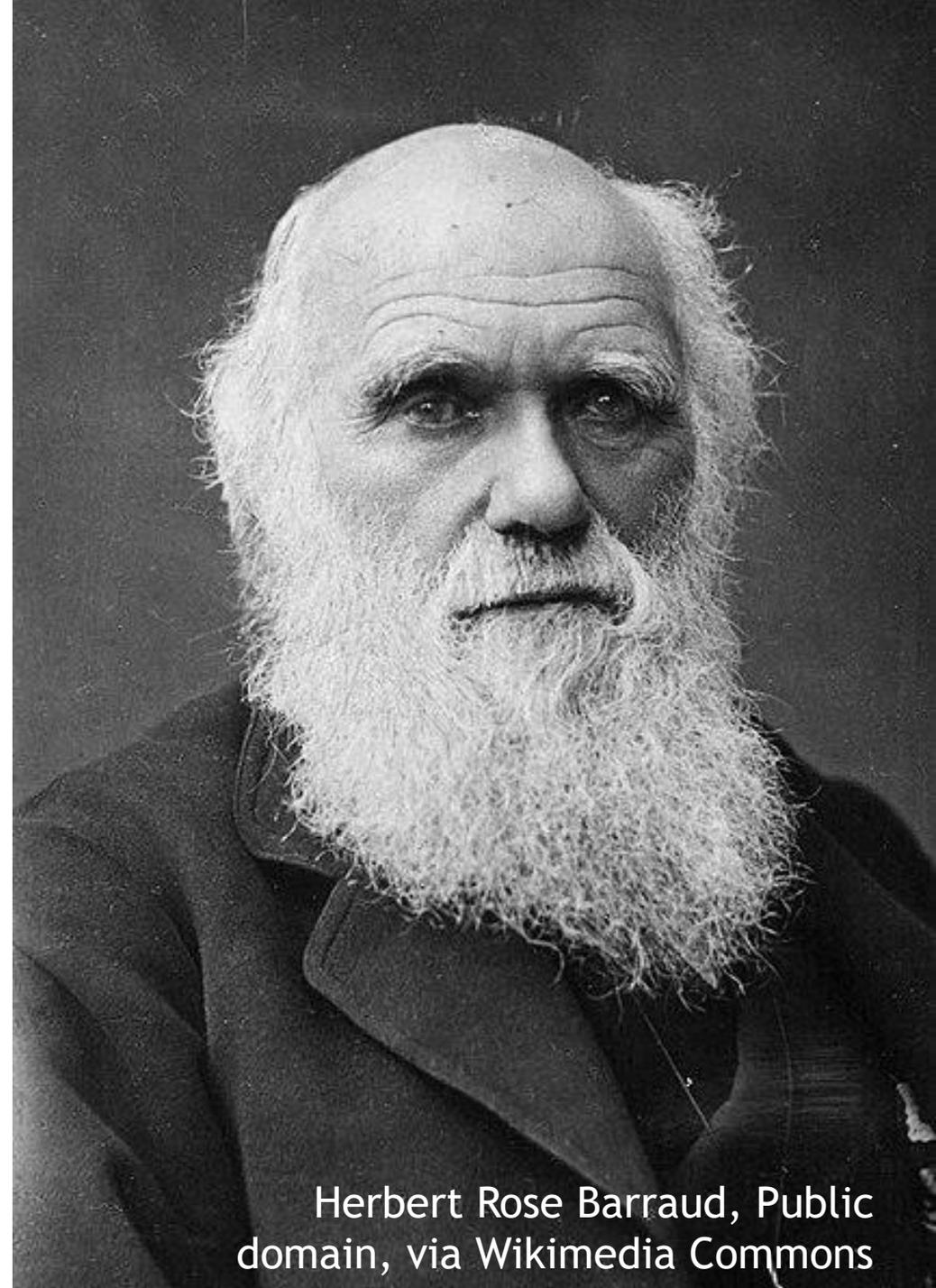
22<sup>ème</sup> séminaire Botanique, allergies et insectes  
Dijon, 24-26 mai 2024

# L'intelligence des plantes ... et des autres

Laurent Bray

# L'intelligence des plantes, une idée ancienne

- ▶ « La coiffe racinaire...agit comme le cerveau d'animaux inférieurs » (Darwin, 1880)
- ▶ « Les tropismes sont une sorte d'intelligence » (Thimann, 1937)



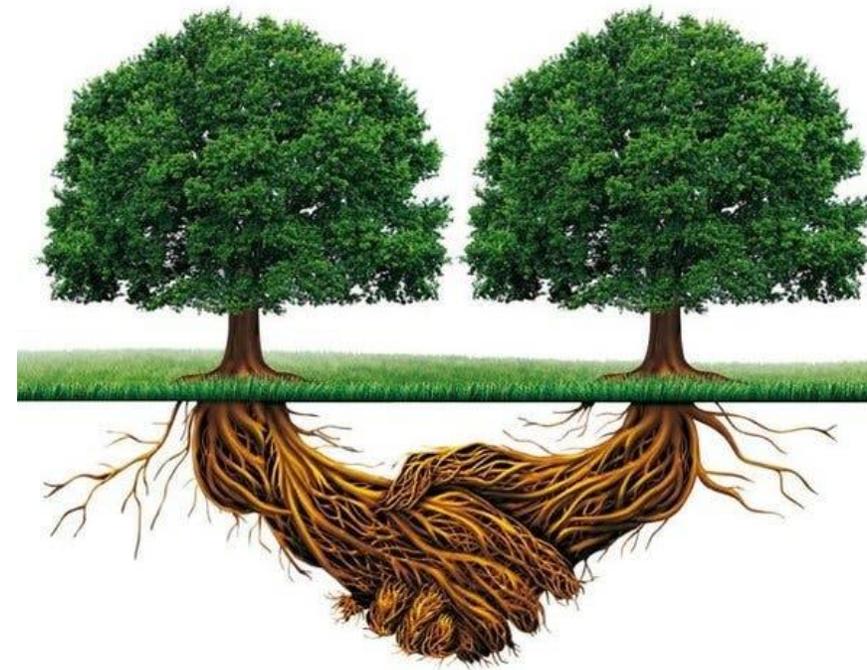
Herbert Rose Barraud, Public domain, via Wikimedia Commons

# L'intelligence des plantes, une certitude pour certains

- ▶ « Les plantes sont intelligentes en ce sens qu'elles savent résoudre des problèmes » (Stefano Mancuso, 20 avril 2019, Radio France)
- ▶ « Les arbres sont plus intelligents que les humains » (Francis Hallé, 2022, Team for the planet)

Stefano Mancuso  
Alessandra Viola

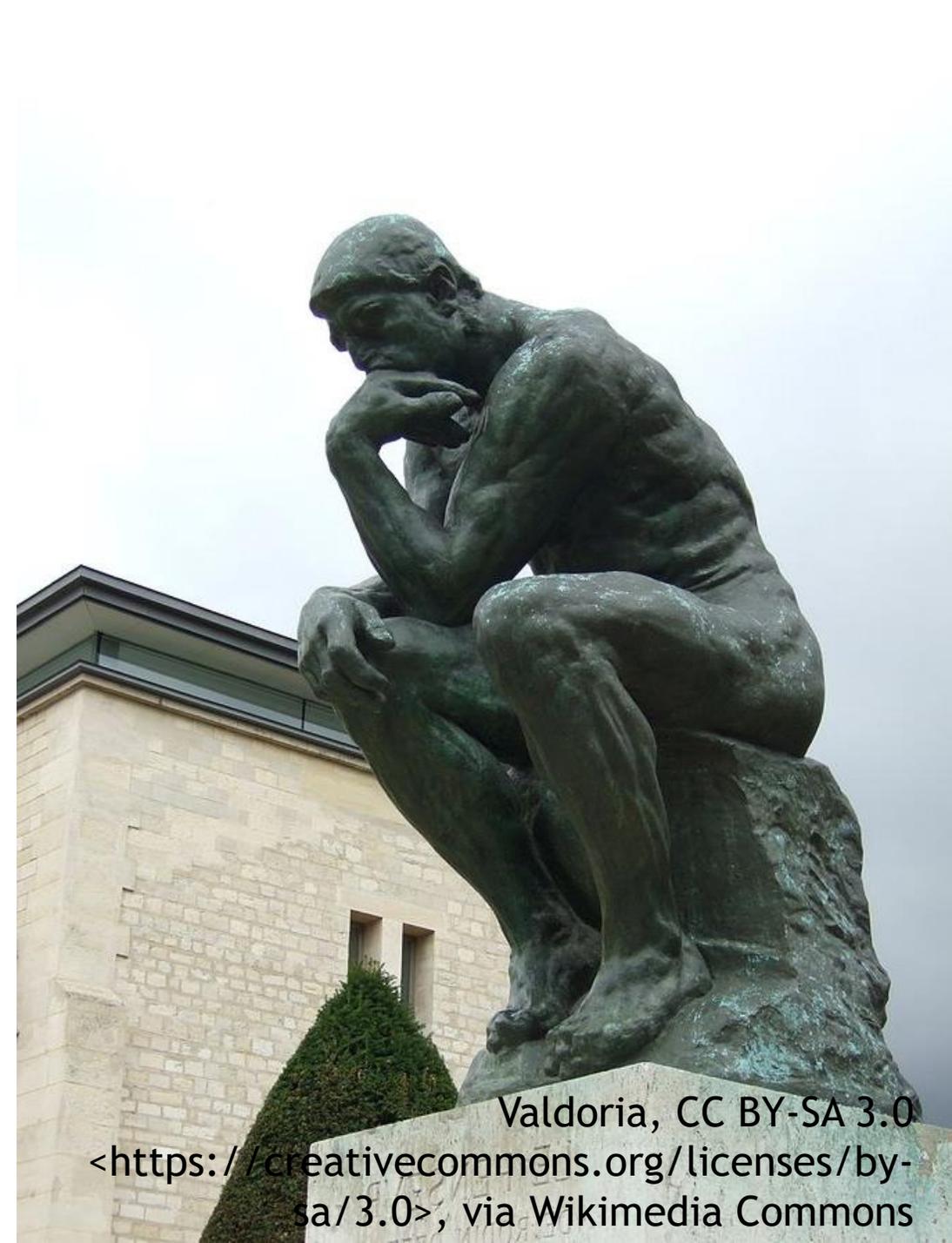
Sensibilidad e inteligencia  
en el mundo vegetal



Galaxia Gutenberg

# Cognition vs Intelligence

- ▶ Intelligence : « Faculté de connaître, de comprendre ; qualité de l'esprit qui comprend et s'adapte facilement »  
(<https://dictionnaire.lerobert.com>, consulté le 17/05/2024)
- ▶ Cognition : « Processus par lequel un organisme acquiert la conscience des évènements et objets de son environnement »  
(<https://dictionnaire.lerobert.com>, 17/05/2024)
- ▶ Conscience : « Faculté humaine de connaître sa propre réalité et de la juger / Connaissance immédiate de sa propre activité psychique »  
(<https://dictionnaire.lerobert.com>, consulté le 17/05/2024)



Valdoria, CC BY-SA 3.0  
<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>>, via Wikimedia Commons

# Vision physiologique réductionniste vs Vision comportementale

- ▶ The current opposition between growth, development and reductionist physiology on the one hand and the biology of behaviour involving sensitivity and choices in plant activity (i.e. agency) on the other hand has been built up through the history of botany.

Hiernaux, Quentin. « History and epistemology of plant behaviour: a pluralistic view? » *Synthese* 198, n° 4 (2021): 3625-50



Termininja, CC BY-SA 4.0  
<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons

# La cellule pensante

« A goal for the future would be to determine the extent of knowledge the cell has of itself and how it uses that knowledge in a thoughtful manner when challenged »

« Some observations...revealed programmed responses to threats that are initiated within the genome itself... that lead to new and irreversible genomic modifications »

McClintock (08/12/1983)



Smithsonian Institution/Science Service; Restored  
by Adam Cuerden, Public domain, via Wikimedia  
Commons

## *Les perceptions et les réactions sont possibles sans système nerveux*

*Physarum polycephalum*, un « blob » unicellulaire :

- Prend le chemin le plus court entre 2 morceaux de nourriture, choisit le chemin le moins dangereux (moins de lumière) (Nagazaki *et al.*, 2004, 2007)
- Teste la nourriture (Dussutour *et al.*, 2010) ;
- Apprend le laps de temps entre des chocs électriques (repos végétatif après 3 chocs) (Saigusa *et al.*, 2008)

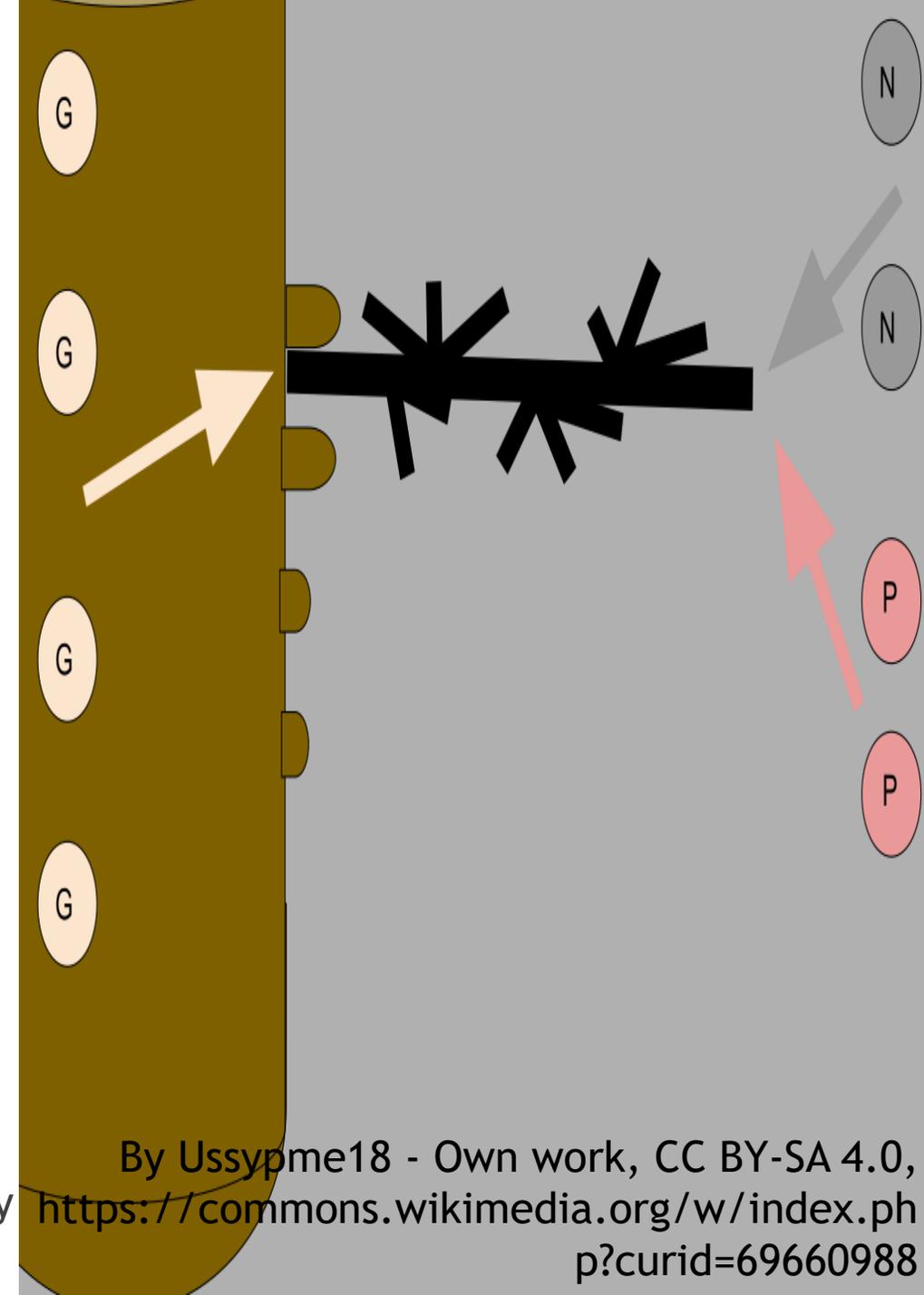


Le Bernemi, CC BY-SA 4.0  
<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>>, via Wikimedia Commons

# Le « fitness », le moteur de l'intelligence des plantes

- ▶ Capacité de s'adapter à court terme - différence avec la notion d'évolution de Darwin - à des modifications de l'environnement
- ▶ Système dynamique complexe impliquant l'individu dans un réseau complexe du vivant : des plantes, des champignons (symbiotes) pour répondre à différents challenges

**physiques ou chimiques** (Tony Trewavas, Plant Intelligence: An Overview. BioScience, Volume 66, Issue 7, 01 July 2016, Pages 542-551, <https://doi.org/10.1093/biosci/biw048>)

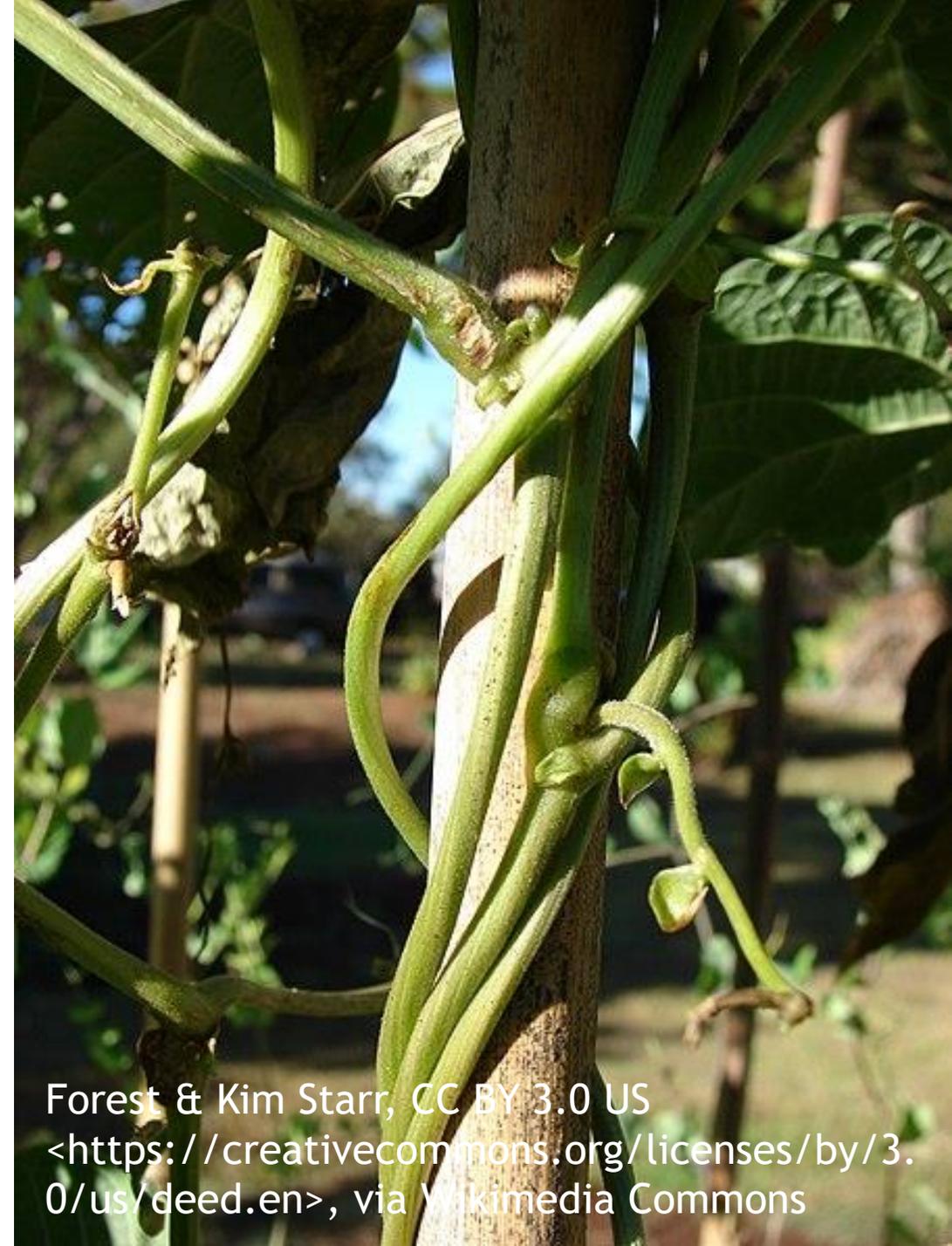


By Ussypme18 - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=69660988>

# La perception des objets proches de son environnement

- ▶ Chez le haricot de Lima (*Phaseolus lunatus*), les vrilles prospectent tout autour d'elles dans un premier temps puis se dirigent vers le support
- ▶ Quand il y a un seul support pour 2 plantes, le « perdant » arrête de chercher vers le support déjà occupé.

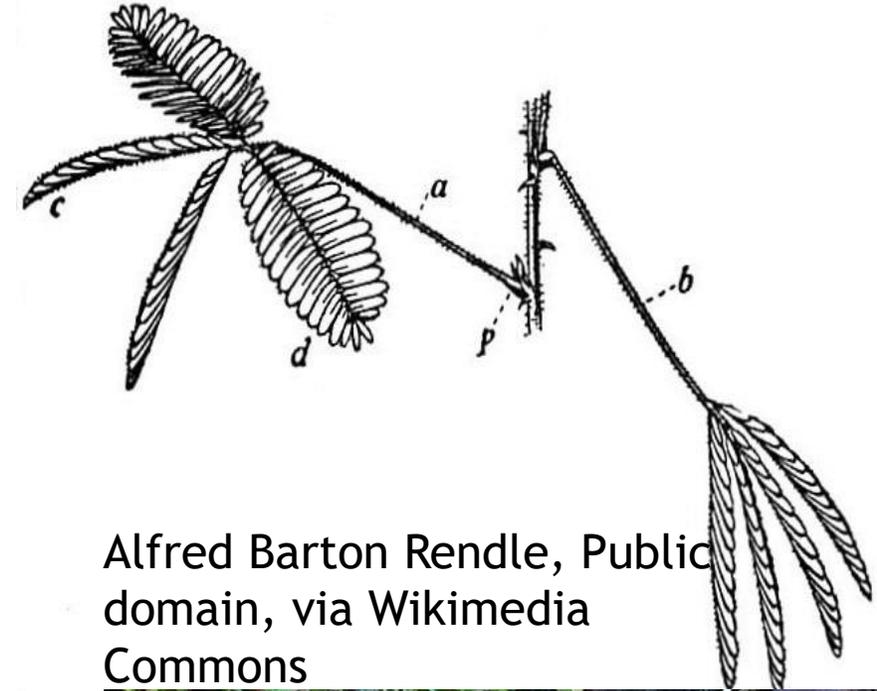
(Stefano Mancuso, expérience personnelle citée dans <https://youtu.be/aq1uigrv69c> 42:15-45:35)



Forest & Kim Starr, CC BY 3.0 US  
<<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/us/deed.en>>, via Wikimedia Commons

# La sensibilité au toucher chez les plantes

- ▶ Les folioles de *Mimosa pudica* se déplacent quand la feuille est touchée.
- ▶ La feuille des plantes carnivores (Dionée) se replie quand un insecte touche un 1er puis un 2ème poil sensible. Les gouttes de pluie ne produisent aucune réaction.
- ▶ Dans ces exemples, la perception est suivie d'un mouvement rapide.



Alfred Barton Rendle, Public domain, via Wikimedia Commons



BV Burton, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia

# La perception du son chez les plantes

- ▶ Les deux folioles latérales de *Codariocalyx motorius* se déplacent de quand il y a de la musique. Elles ne se déplacent pas quand elles sont touchées.
- ▶ *Arabidopsis thaliana* sécrète des composés volatiles (sesqui-terpènes et traces de mono-terpènes) de protection au son des insectes prédateurs (<https://www.insb.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/la-face-cachee-des-parfums-floraux-eloigner-les-insectes-et-moduler-le-microbiome>)



Jacquin, N.J. von, Public domain, via Wikimedia Commons

# Les fleurs perçoivent le son des pollinisateurs

- ▶ Les fleurs de *Oenothera drummondii* augmentent en 3 minutes la teneur en sucre dans le nectar au son des pollinisateurs.
- ▶ La vibration des fleurs est mécanique mais la réponse est liée à la fréquence.

Veits, Marine, Itzhak Khait, Uri Obolski, Eyal Zinger, Arjan Boonman, Aya Goldshtein, Kfir Saban, et al. « Flowers respond to pollinator sound within minutes by increasing nectar sugar concentration ». *Ecology Letters* 22, n° 9 (2019): 1483-92



Ximenex, CC BY-SA 2.1 ES  
<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.1/es/deed.en>>, via  
Wikimedia Commons

# L'odorat chez les plantes

- ▶ La cuscute, plante holoparasite, prospecte au hasard ;
- ▶ Son allongement devient préférentiel quand il y a un plant de tomate ou de carotte ;
- ▶ Elle préfère la tomate, mais peut se contenter d'une autre plante (ex blé) ;
- ▶ Elle choisit la tomate saine au dépens de celle malade.

Henry Fountain (2006). This Plant Has the Sense of Smell (Loves Tomatoes, Hates Wheat) sur les travaux de De Moraes & Mescher, Penn State University, The New-York Times du 03/10/2006.



Sula Vanderplank, CC BY 4.0  
<<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>>, via Wikimedia Commons

# D'autres perceptions et leurs conséquences

- ▶ La perception de la lumière :
  - ▶ Croissance des tiges
  - ▶ Tropisme (ex tournesols)
  - ▶ Ouverture ou fermeture des fleurs
  - ▶ Induction florale (jours courts, jours longs)
- ▶ La perception de la gravitation
  - ▶ Croissance des racines
- ▶ La perception aux composés chimiques
  - ▶ Tropisme (ex cuscute)
  - ▶ Communication aérienne
  - ▶ Communication souterraine...

# La communication aérienne chez les plantes

- ▶ Certains cyprès résistent au feu : « les composés inflammables se gazéifient progressivement pendant la ...montée en température..., de sorte qu'ils ne participent pas au processus de combustion. »
- ▶ Des signaux (COV) sont alors envoyés aux autres qui procèdent de même.

Bernabé Moya <https://fr.ecoportal.net/temas-especiales/varios/resuelven-el-enigma-de-los-cipreses-que-resisten-incendios/>

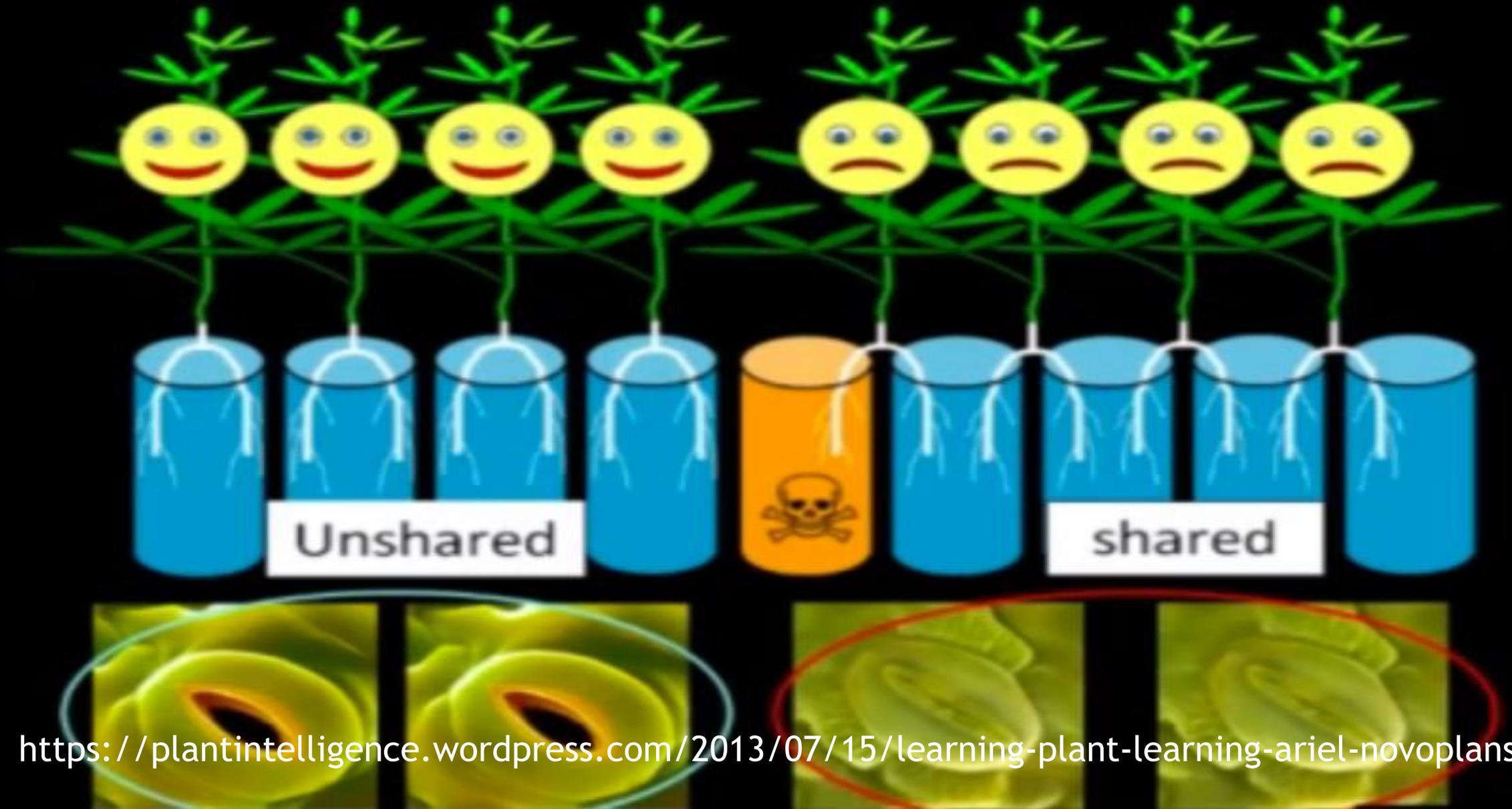


# "Talking trees"



Qui sont portés par l'air et recueillis par d'autres parties

# Communication is between **roots**



# La communication par les mycorhizes et la capacité d'entre-aide

- ▶ Les mycéliums des champignons forment un réseau souterrain d'échanges d'informations et d'éléments nutritifs.
- ▶ Grâce à ce réseau, les arbres-mères aident la croissance des jeunes en les colonisant avec des champignons et en leur fournissant les nutriments dont ils ont besoin pour grandir.
- ▶ Les bouleaux et les sapins de Douglas, les aulnes et les pins tordus, échangent grâce à ce réseau les éléments nutritifs selon les saisons (Suzanne Simard, 2022. *Ala recherche de l'arbre-mère*. Dunod ed.)



# La manipulation chez les plantes

- ▶ Le mimétisme ou l'attraction (nourriture, COV) pour le transport du pollen
- ▶ Le transport des fruits par les animaux volontaire (nourriture) ou involontaire (pelage)

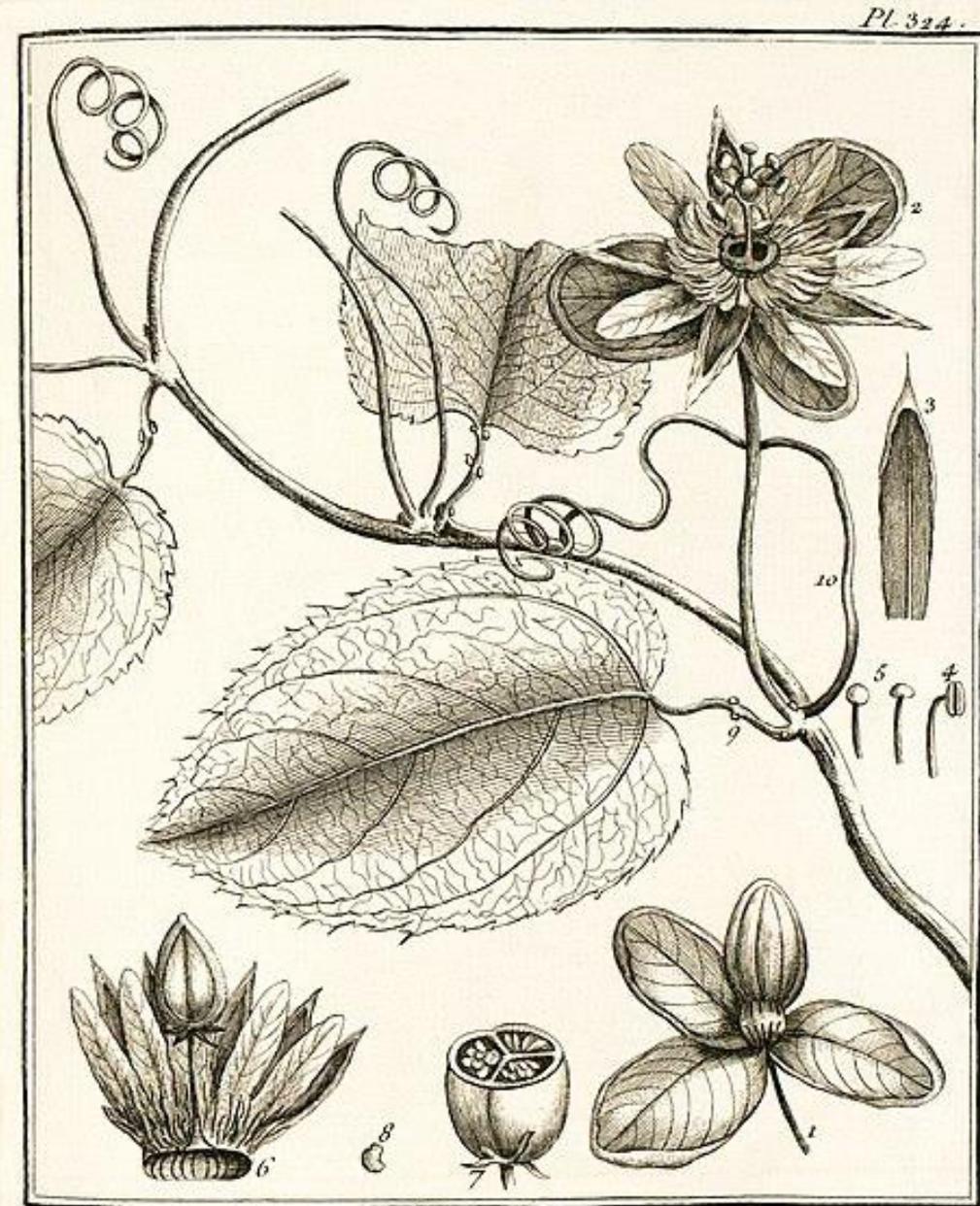
(Ariel Novoplansky, 2013 : If a tree falls in a forest ; Francis Hallé, 2018 : Peut-on parler d'intelligence chez les plantes ?)



# L'apprentissage chez les plantes

## ► La passiflore apprend pour anticiper le décalage de son support

(Francis Hallé, 2017, Intelligence des plantes : elles apprennent de leurs expériences. *In Science&Vie*)



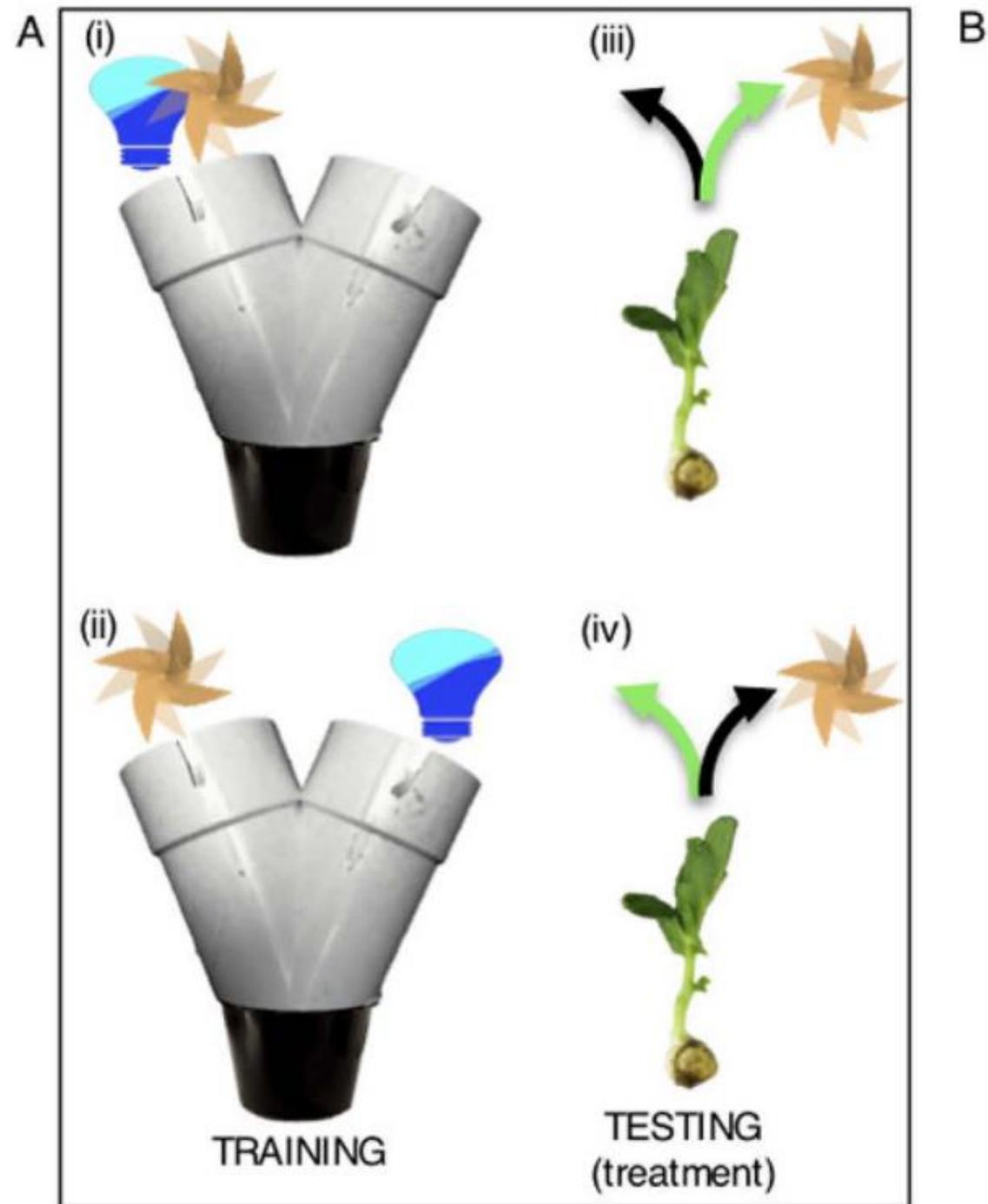
*Passiflora, Coccinea*

Fusée Aublet, Public domain, via Wikimedia Commons

# Le conditionnement chez les plantes

- ▶ Les semences de haricots « témoins » croissent vert la lumière ;
- ▶ Si la lumière a été associée à un ventilateur durant des phases préalables de conditionnement de 2 h , la majorité croit vers le ventilateur même si la lumière est absente.

(Gagliano, M. et al. Learning by Association in Plants. Sci. Rep. 6, 38427; doi: 10.1038/ srep38427 (2016)



# Le potentiel bioélectrique des arbres et les tremblements de terre

- Anomalies du TBP de 3 arbres d'espèces différentes (murier, osmanthe, albizzia) avant des tremblements de terre de magnitude  $> 5$

Anomalous Tree Bioelectric Potential measured at 3 observation posts prior to 2003.09.26 Tokachi offshore Earthquake

# Yoshiharu Saito[1]; Hideo Toriyama[2]; Hiroshi Takakura[3] [1] 2S Div. NEC-E; [2] Before Day; [3] JSEP, Sapporo

<http://www5f.biglobe.ne.jp/~sems2/>

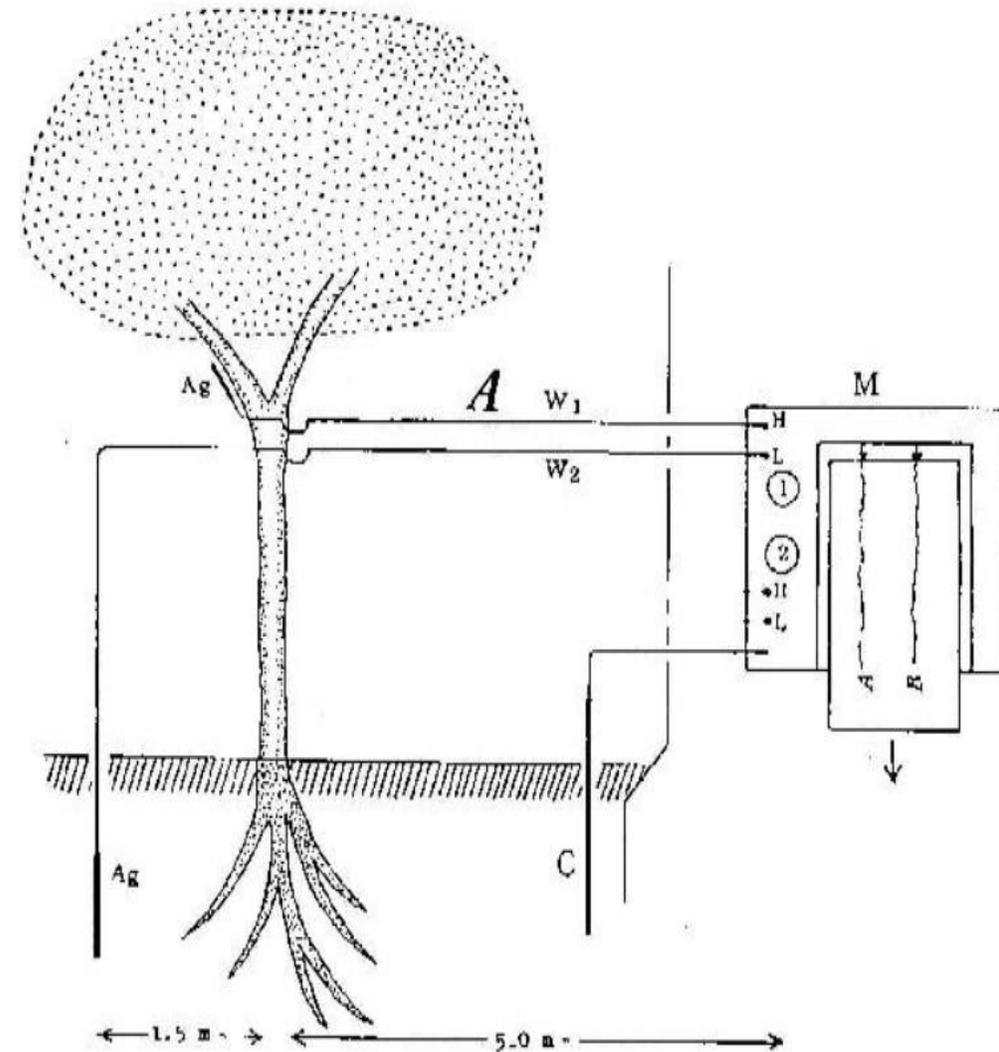


Fig.-1 Measuring System

## En conclusion,

- ▶ Les plantes peuvent percevoir - notamment la gravitation - communiquer, apprendre, s'adapter à de nouvelles situations, leurrer d'autres êtres vivants, s'entre-aider, etc.
- ▶ Les plantes seraient intelligentes dans le sens où l'intelligence est la capacité à résoudre des problèmes

(Halpern DF, Dunn DS. Critical Thinking: A Model of Intelligence for Solving Real-World Problems. J Intell. 2021 Apr 7;9(2):22. doi: 10.3390/jintelligence9020022. PMID: 33916939; PMCID: PMC8167750).



## En conclusion,

- ▶ Cependant, selon certains auteurs, les plantes ne sont pas conscientes :
  - ▶ Absence de notion récompense/punition, absence de représentation interne de l'environnement ;
  - ▶ Absence de structure cérébrale complexe permettant l'émergence de la conscience;
  - ▶ Echec au test du miroir.

Mallatt, J., Blatt, M.R., Draguhn, A. *et al.* Debunking a myth: plant consciousness. *Protoplasma* **258**, 459–476 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00709-020-01579-w>; Lincoln Taiz *et al.* Plants neither possess nor require consciousness. *Trends in plant science* (24) 8, 677-687 (2019)

- ▶ L'intelligence ne consisterait-elle pas à utiliser au mieux l'intelligence des plantes dans le cadre de la lutte contre l'évolution du climat ?

bayard

**Francis Hallé**

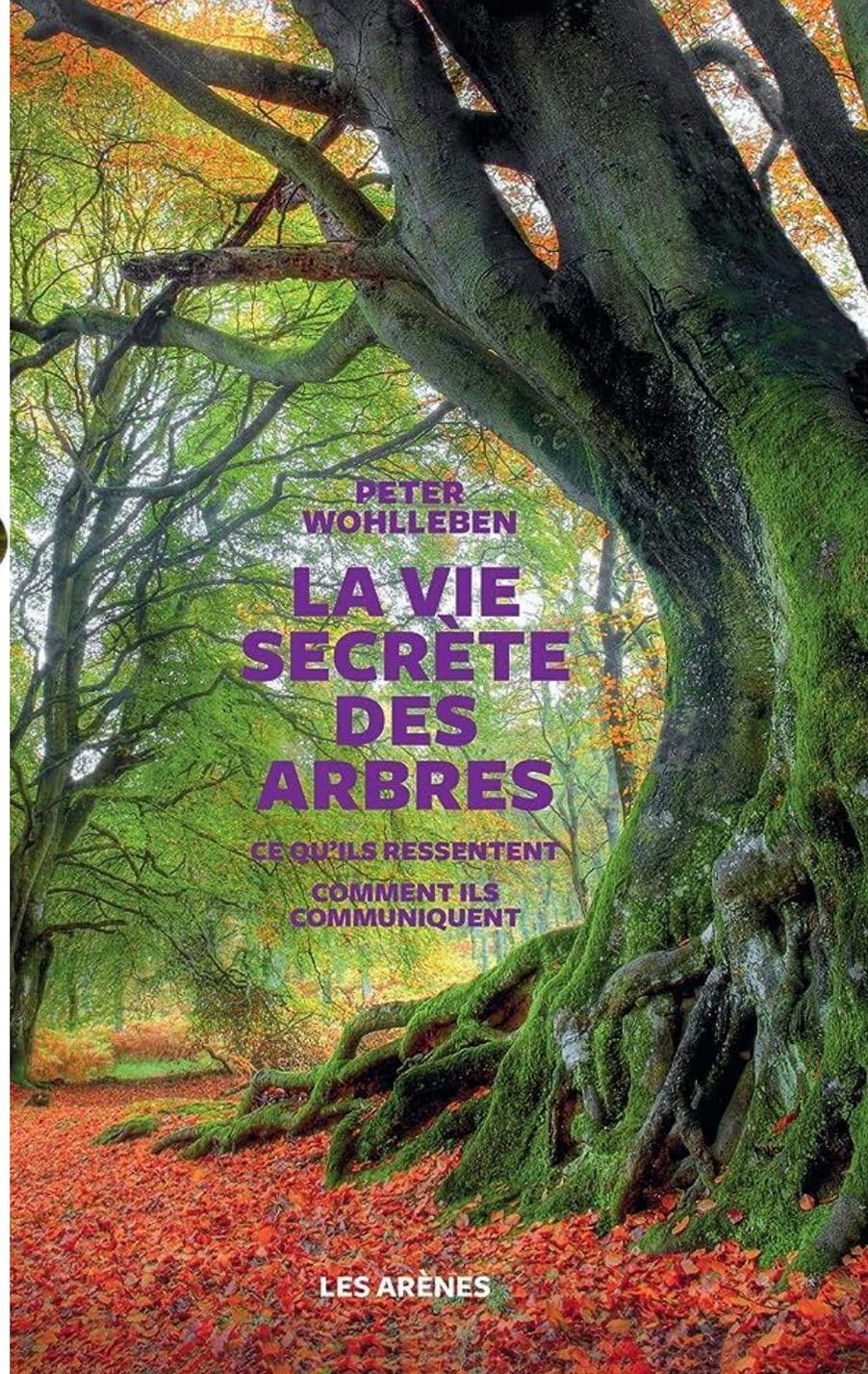
La vie des arbres

STEFANO  
MANCUSO

ALESSANDRA  
VIOLA

# L'INTELLIGENCE DES PLANTES

Le livre best-seller traduit  
dans 21 langues



PETER  
WOHLLEBEN

# LA VIE SECRÈTE DES ARBRES

CE QU'ILS RESENTENT

COMMENT ILS  
COMMUNIQUENT

LES ARÈNES

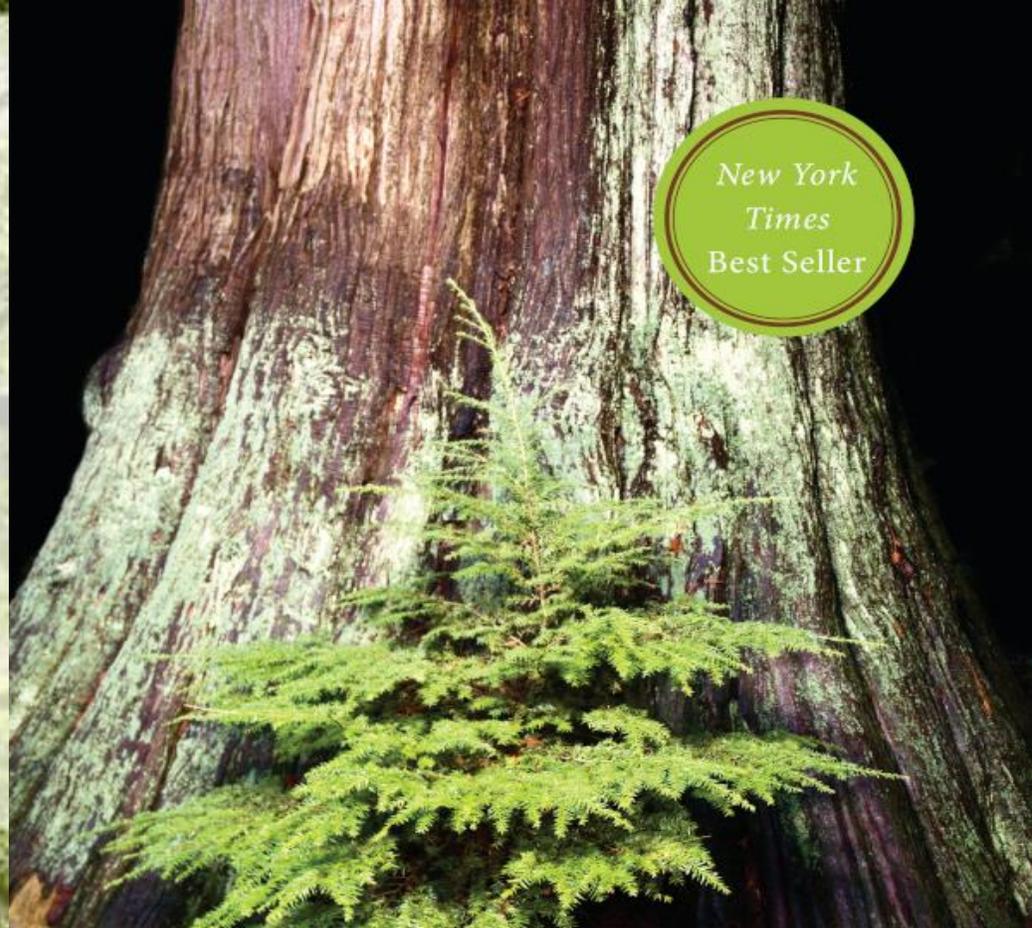
# ÉPISODE 14

## LES RELATIONS PLANTES-MICROBES

DES INTERACTIONS à N'EN PLUS FINIR

 Avec Alia Dellagi

### RESTEZ PAS PLANTÉ LÀ !



New York  
Times  
Best Seller

# FINDING THE MOTHER TREE

Discovering the  
Wisdom of the Forest

SUZANNE SIMARD

# Autres éléments bibliographiques (D. Bonnin, 24/05/2024, communication personnelle)

- ▶ Gagliano, Monica. « Green symphonies: a call for studies on acoustic communication in plants ». *Behavioral Ecology* 24, n° 4 (1 juillet 2013): 789-96. <https://doi.org/10.1093/BEHECO/ARS206>.
- ▶ Spracklen, Dominick V, Boris Bonn, et Kenneth S Carslaw. « Boreal forests, aerosols and the impacts on clouds and climate ». *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 366, n° 1885 (30 septembre 2008): 4613-26. <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0201>.
- ▶ Zhang, Xiu, Jingfan Yan, Muhammad Khashi Rahman, et Fengzhi Wu. « The impact of root exudates, volatile organic compounds, and common mycorrhizal networks on root system architecture in root-root interactions », 2022. <https://doi.org/10.1080/17429145.2022.2086307>.
- ▶ Khait, I., U. Obolski, Y. Yovel, et L. Hadany. « Sound perception in plants ». *Seminars in Cell & Developmental Biology*, Mesenteric organogenesis, 92 (1 août 2019): 134-38. <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2019.03.006>.
- ▶ Rivière, Mathieu, Julien Derr, et Stéphane Douady. « Motions of Leaves and Stems, from Growth to Potential Use ». *Physical Biology* 14, n° 5 (août 2017): 051001. <https://doi.org/10.1088/1478-3975/aa5945>.
- ▶ Hiernaux, Quentin. « History and epistemology of plant behaviour: a pluralistic view? » *Synthese* 198, n° 4 (2021): 3625-50. <https://doi.org/10.1007/s11229-019-02303-9>.
- ▶ Ruiz-Melero, Diego Rubén, Aditya Ponkshe, Paco Calvo, et Ginés García-Mateos. « The Development of a Stereo Vision System to Study the Nutation Movement of Climbing Plants ». *Sensors* 24, n° 3 (janvier 2024): 747. <https://doi.org/10.3390/s24030747>.
- ▶ Veits, Marine, Itzhak Khait, Uri Obolski, Eyal Zinger, Arjan Boonman, Aya Goldshtein, Kfir Saban, et al. « Flowers respond to pollinator sound within minutes by increasing nectar sugar concentration ». *Ecology Letters* 22, n° 9 (2019): 1483-92. <https://doi.org/10.1111/ele.13331>.
- ▶ Illustrations : droits réservés