

Adaptations morphologiques du système racinaire à la teneur en phosphates du sol.

La production agricole dans les pays en développement est principalement limitée par la **sécheresse** et la **faible fertilité** des sols.

L'utilisation d'**engrais** dans ces régions est faible et n'est pas susceptible d'augmenter considérablement dans un avenir proche en raison de la hausse de leurs coûts.

Le développement des cultures avec une meilleure croissance sous contrainte d'eau et de disponibilité des nutriments est donc un axe très prometteur de la recherche.

Parmi les nutriments, **le phosphore** a été un axe principal de la recherche et plusieurs caractéristiques de plantes nouvelles ont été détectées, pour améliorer l'exploration du sol et l'acquisition du phosphore.

Les travaux ont abouti à la création de **nouveaux génotypes de haricot et de soja** avec un rendement nettement meilleur dans les sols pauvres en phosphore. Des projets sont en cours avec le maïs, le haricot et le riz.

Comment les racines d'une plante fixée s'adaptent-elles à une baisse de la disponibilité en phosphates au niveau d'un sol ?

Situation :

Le phosphore est un élément indispensable à la vie. Chez les végétaux, le phosphore est prélevé dans le sol par les racines, essentiellement à partir d'ions phosphates PO_4^{3-} en solution dans l'eau du sol. Or il s'avère que plus le sol est profond, moins il y a de phosphates disponibles.

Vous montrerez comment le pois modifie son architecture racinaire en fonction de la disponibilité en phosphates dans le sol. Votre réponse sera accompagnée d'un tableau et/ou d'un graphique.

Matériel à disposition :

Le logiciel mageJ et des images de racines de pois cultivés sur milieu complet ou sur milieu carencé en phosphates.

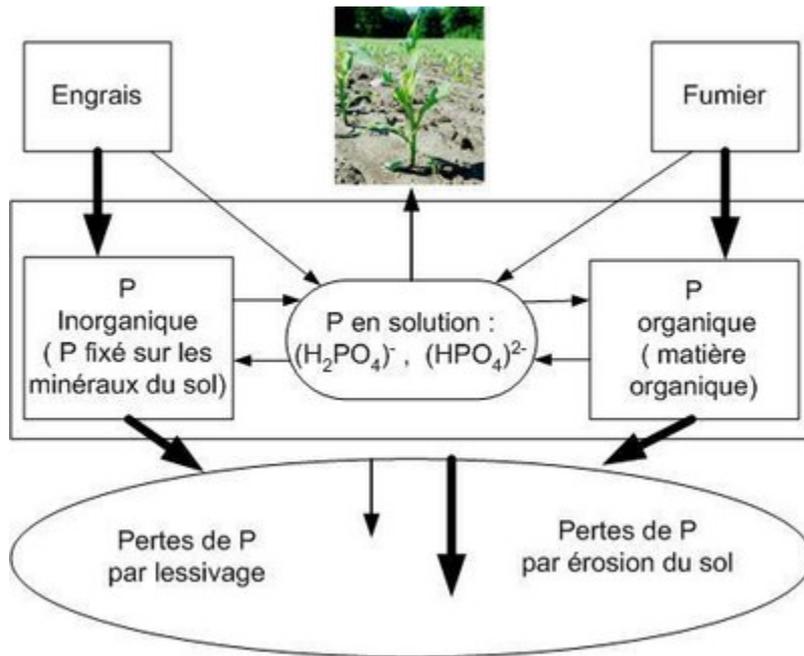
Un tableur informatique permettant de traiter les données acquises avec le logiciel Image J.

Document 1 : Dynamique et rôle du phosphore dans le sol.

Document 2 : Photographies de pois dans différentes conditions de culture (avec ou sans phosphates)

Document 3 : Schémas comparatifs de l'architecture racinaire d'arabidopsis en milieu complet ou carencé.

Document 1 : Cycle phosphore d'après Charles Karemangingo Ph.



Ministère de l'Agriculture, l'Aquaculture et des Pêches (canada)

<http://www.gnb.ca/0173/30/0173300016-f.asp>

Document 2 : Architecture racinaire de Pois en milieu riche et carencé en phosphates. A traiter par EZ Rhizo.

Des plantules de Pois de 3 jours sont déposés dans un rhizotron (système permettant de visualiser le développement en deux dimensions des racines) rempli de terreau et soumis à un arrosage différent. Voici les résultats obtenus au bout de 10 jours :



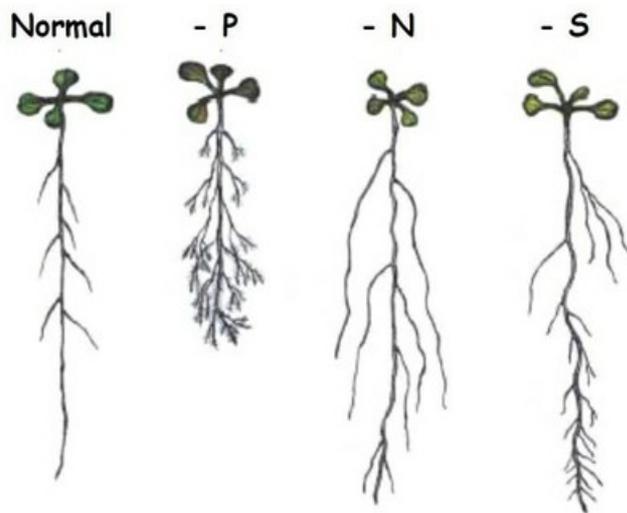
pois arrosé par du liquide complet comprenant du potassium, de l'azote, de l'oxygène et du phosphore = **KNOP**



pois arrosé par du KNOP sans phosphore = **KNOP sans P.**

L'acquisition d'images de développement racinaire est réalisable par les étudiants.

Document 3 : Schémas de l'architecture racinaire de l'Arabidopsis en fonction des conditions du milieu (milieu normal, ou milieux carencés en P, N et S).



Lopez-Bucio et al, 2003

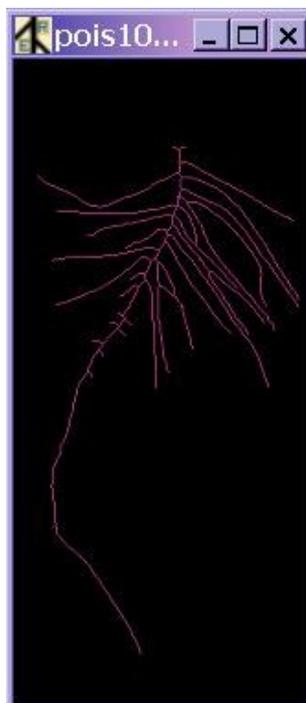
REPONSES :

Le logiciel **ImageJ** permet de détecter et de mesurer un certain nombre de paramètres des racines des plantes, à partir des photographies de l'architecture racinaire, obtenue en deux dimensions dans un rhizotron.

Voici les résultats de détection obtenus

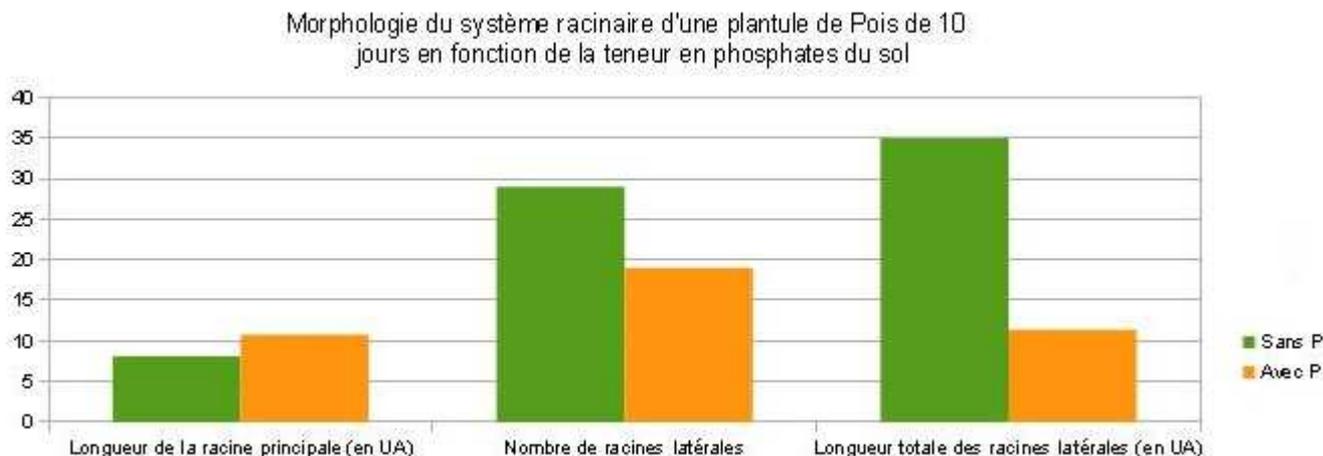


pois arrosé par du liquide de **KNOP**,

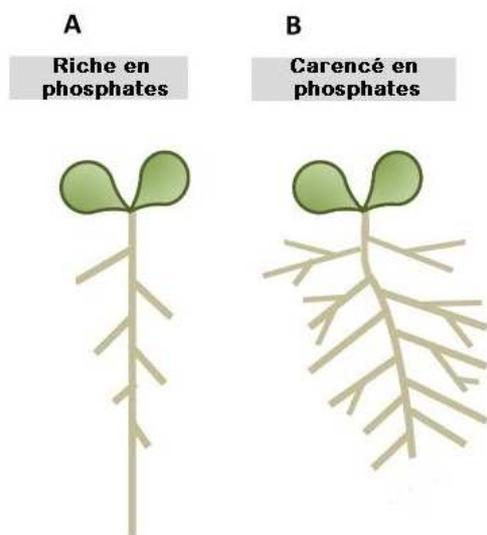


pois arrosé par du **KNOP** sans **P**.

Mesures obtenues par EZ Rhizo	Pois 10 jours KNOP sans P	Pois 10 jours KNOP
Longueur racine principale (en UA)	8.13	10.74
Nombre de racines latérales	29	19
Longueur totale racines latérales (en UA)	34.99	11.4
Longueur moyenne racines latérales (en UA)	0.99	0.36



L'environnement de la racine est un déterminant majeur de l'architecture racinaire. Le phosphate étant un élément primordial dans les synthèses végétales, l'architecture racinaire s'adapte à la concentration en phosphates des sols, pour optimiser son utilisation.

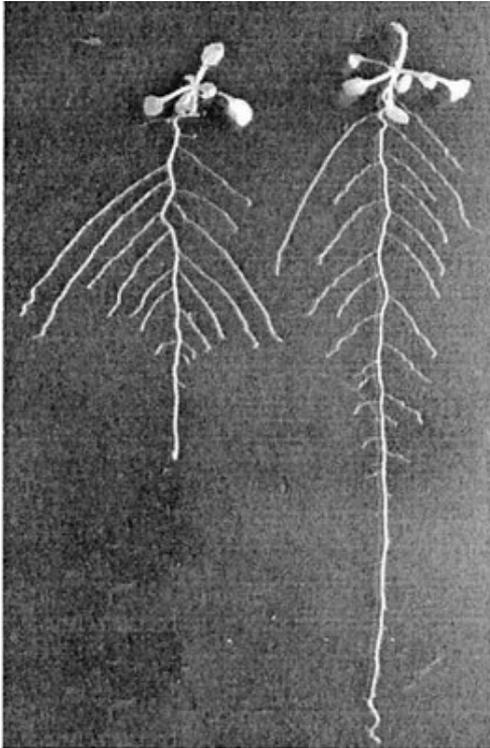


En A : Milieu riche en phosphates, la croissance de la racine principale est importante et les racines secondaires sont peu développées et courtes.

En B : Milieu carencé en phosphates, la croissance de la racine principale est ralentie et le réseau de racines secondaires est important et les racines sont plus longues.

L'architecture racinaire et le développement des racines latérales **s'adaptent à la concentration en phosphates** des sols et en cas de carence, l'exploration des horizons superficiels est favorisée au dépend des horizons plus profonds, moins riches en phosphates.

Un autre exemple avec Arabidopsis.



Arabidopsis, plant de type sauvage, de **14 jours**.

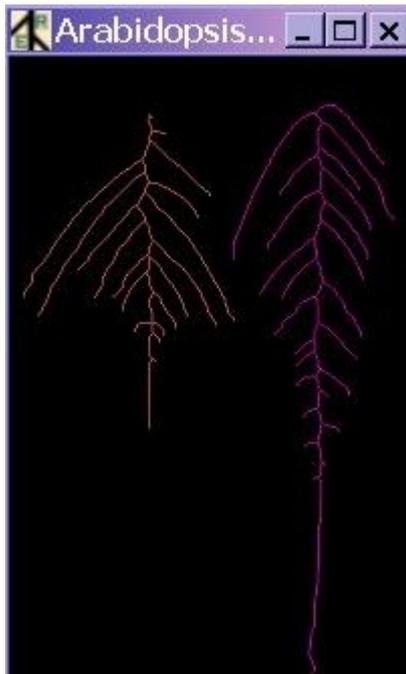
Concentrations initiales de phosphates :
0,1microM à gauche
2,5 microM à droite

Boîte de gélose orientée verticalement

Toutes les espèces ne réagissent pas de la même façon. Par exemple, sur milieu gélosé la luzerne, le blé, le tournesol ne réagissent pas comme Arabidopsis.

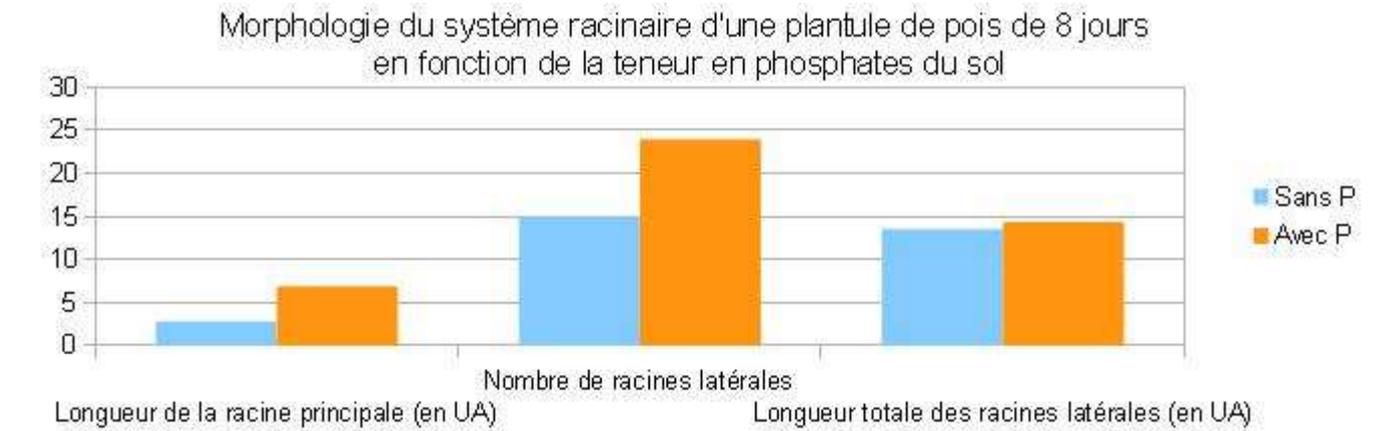
www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC111176/bin/pp0616692001.jpg

Mesures obtenues après traitement par le logiciel EZ-Rhizo.



Racine principale 1	
Longueur de la racine principale 1	2.823694
Nombre de racines latérales	15
Longueur de l'ensemble des racines latérales	13.546403
longueur de l'ensemble des racines	16.370097

Racine principale 2	
Longueur de la racine principale 2	6.896719
Nombre de racines latérales	24
Longueur de l'ensemble des racines latérales	14.388588
longueur de l'ensemble des racines	21.285307



POUR ALLER PLUS LOIN : Comment la racine détecte-t-elle la carence en phosphates pour adapter son système racinaire ?

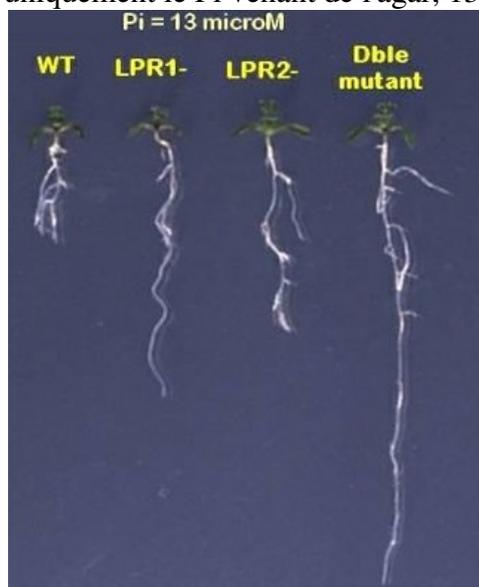
L'arrêt de croissance des racines, en milieu carencé, sous le contrôle de gènes.

- Le laboratoire de biologie du développement des plantes du CEA de Cadarache (Bouche du Rhône) a pour **objectif principal d'élucider chez les plantes, les voies de transport et de transduction en réponse aux concentrations ioniques. Il s'est intéressé à cette question en prenant le phosphate comme élément minéral et Arabidopsis thaliana comme plante modèle.**
- **Il a montré que l'arrêt de la croissance est déclenché à la pointe de la racine. Il existe deux gènes LPR1 et LPR2**, commandant deux oxydases à cuivre qui jouent un rôle primordial dans l'arrêt précoce de cette croissance.
- Les racines mutantes continuent à se développer dans un milieu carencé,
- Les racines non mutées s'arrêtent net.

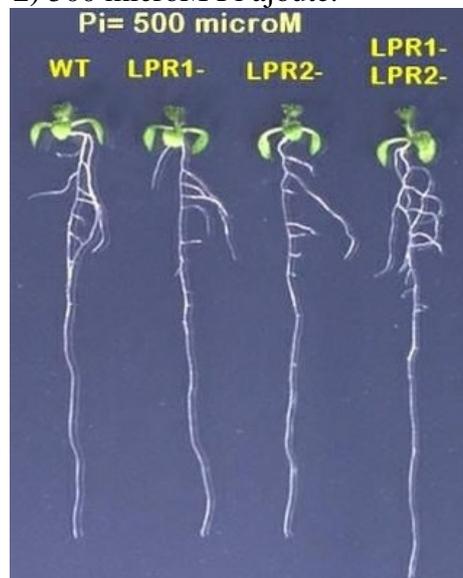
De plus un simple contact de la pointe racinaire avec ce milieu carencé, bloque la croissance, suggérant l'idée que la coiffe est l'organe de détection d'un stress.

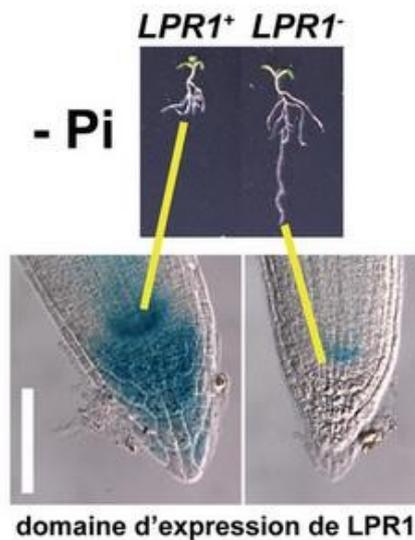
Différentes variétés d'Arabidopsis : WT, mutant, double mutant.

1) 0 microM de Pi ajouté (c'est-à-dire uniquement le Pi venant de l'agar, 13microM)



2) 500 microM Pi ajouté.





- Les plantes d'Arabidopsis dont le gène *LPR1* s'exprime (*LPR1+*) dans la pointe racinaire, sont sensibles au milieu carencé en phosphates et la croissance de leur racine principale est inhibée.

- Les plantes d'Arabidopsis dont le gène *LPR1* est moins exprimé (*LPR1-*) dans la pointe racinaire, sont insensibles au milieu carencé en phosphates et la croissance de leur racine n'est plus inhibée.

D'après Thierry Desnos <http://www-dsv.cea.fr/institutes/institute-of-environmental-biology-and-biotechnology-ibeb/informations/scientific-results/the-role-of-copper-in-detecting-stress>

Voici des résultats obtenus sur gélose SIGMA, contenant 13 microM de Pi.

De gauche à droite: WT; simple mutant *lpr1*, simple mutant *lpr2*, double mutant *lpr1,lpr2*. **d'après photos Thierry Desnos**

Remarques :

1. Si vous souhaitez tester la réponse d'Arabidopsis sur un milieu carencé en phosphate, il faut que l'agar utilisé en contienne très peu, ce qui n'est malheureusement pas toujours le cas. Par exemple, le phytigel en contient beaucoup. D'un lot à l'autre (et de même référence de catalogue) il peut aussi y avoir de grandes disparités dans la quantité de phosphate! Certains lot contiennent parfois plus de 100 microM de Pi. L'Agar de chez Sigma (A7002, lot: BCBC7507). à 8g/L correspondant à un milieu gélosé contenant 13 microM de phosphate.
2. Les résultats de transcriptomique sont en cours d'analyses et la synergie entre les approches génétiques, permettra de mieux connaître l'origine moléculaire de cet arrêt de croissance.