

EVÈNEMENT DE CLÔTURE DU PROJET MICROSOILSYSTEM 28/02/2024

PROJET SIDEROPHOSPHOR

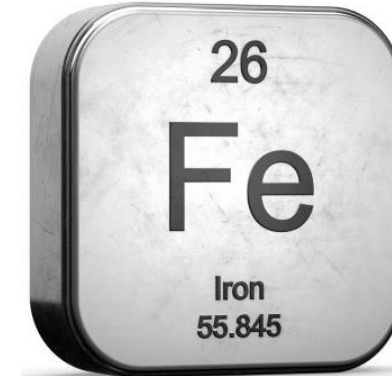
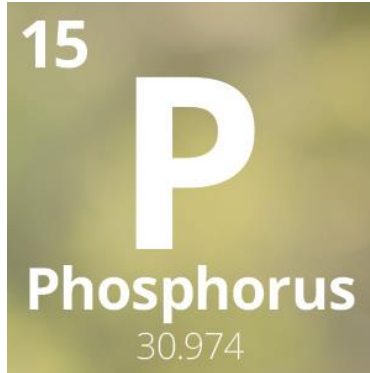
Effet des pyoverdines produites par les bactéries
Pseudomonas sur la solubilisation du phosphore

Félicie GOUDOT

Promoteurs : Jean-Thomas CORNELIS, Philippe JACQUES, Ali SIAH

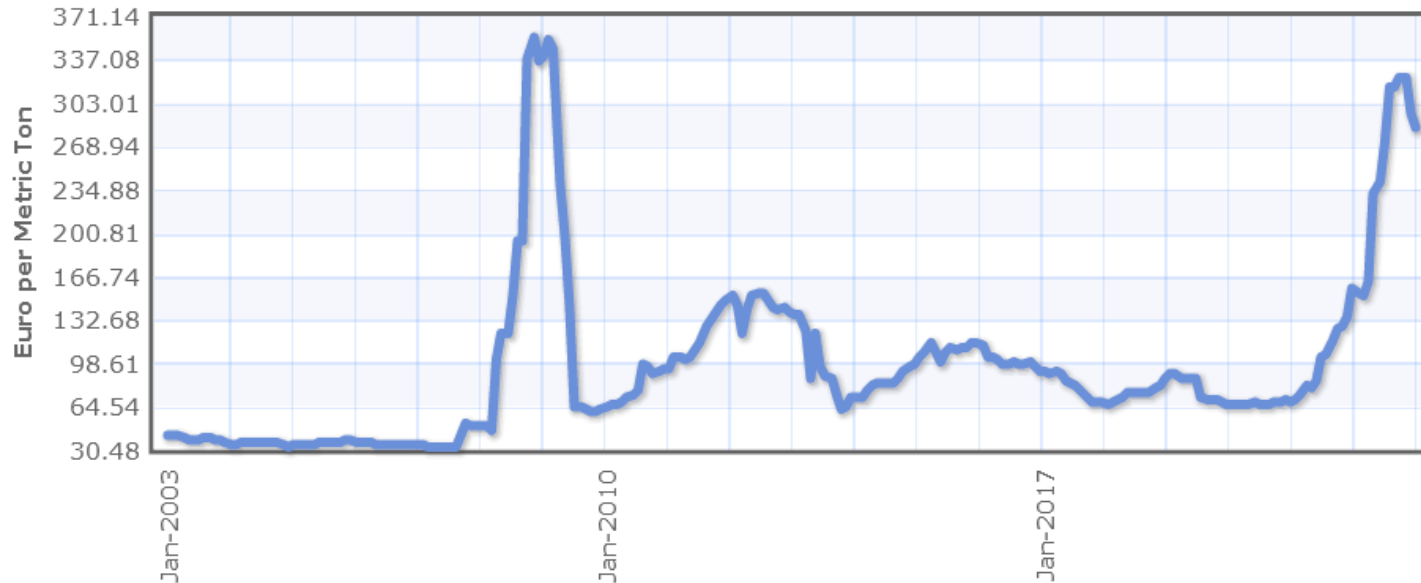
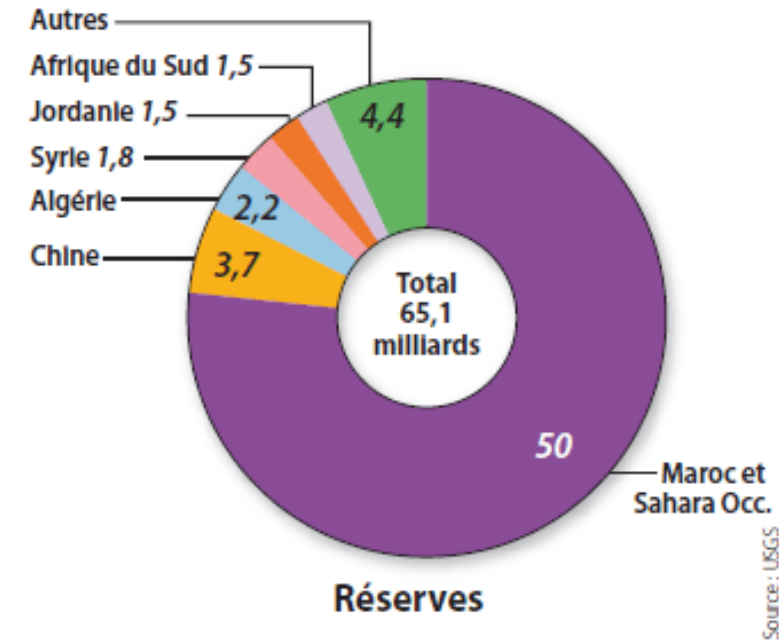
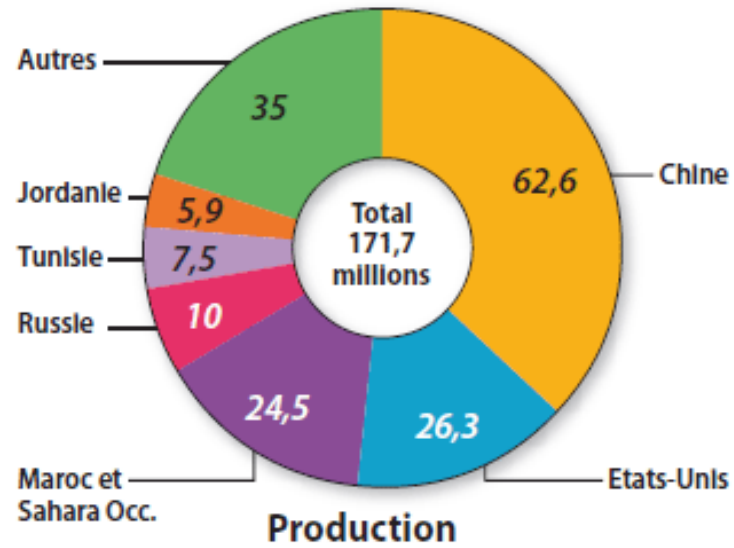


- LE PHOSPHORE ET LE FER -



2 nutriments essentiels à la photosynthèse
(ATP, ADN, ferrédoxine)

- LES ENGRAIS PHOSPHATÉS -



→ Prix **volatil** et **élevé**

- LE PHOSPHORE ET LE FER DANS LES SOLS -





Les coupables ??



Les coupables ??

→ Les oxydes de fer

- LES OXYDES DE FER -



Au pH communément trouvé dans les sols le **fer soluble précipite** en **oxydes de fer**

Présents dans **TOUS** les sols

Quasiment insolubles

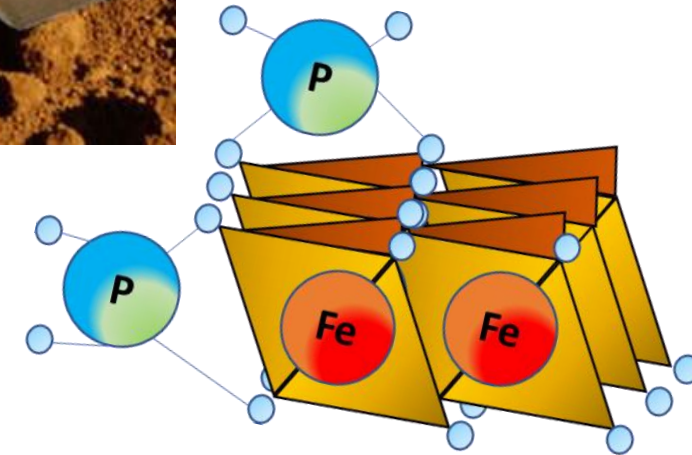
Réagissent fortement avec les **phosphates**

De véritables pièges à phosphates

- LES OXYDES DE FER -



**P à la surface ou au sein des oxydes =
25% phosphore indisponible**



Comment **mobiliser** cette **réserve** de Phosphore ?

Les **micro-organismes**, une solution biotechnologique ?

- LES PSEUDOMONAS FLUORESCENTS -

→ Bactéries à haut potentiel agronomique

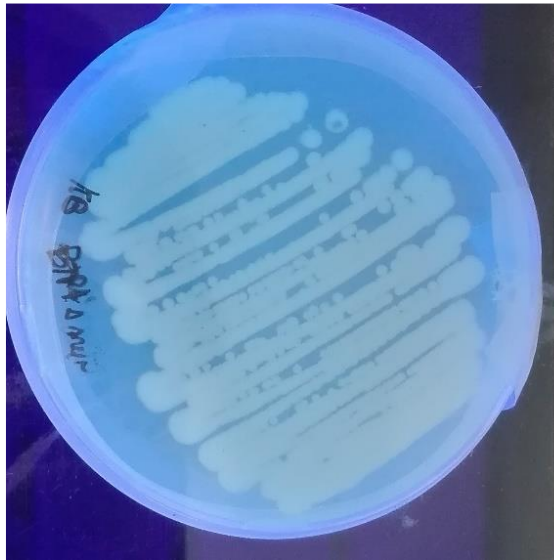


- Présentes dans la plupart des **sols**
- **Colonisent** facilement les **racines** des plantes
- **Production** de **nombreuses molécules d'intérêts** (antibiotiques)
- Stimulation des **défenses** de la plante
- Promotion de la **croissance** de la plante

(Whitelaw, 1999; Khan et al., 2007)

→ Produisent une molécule jaune et fluorescente = la **pyoverdine**

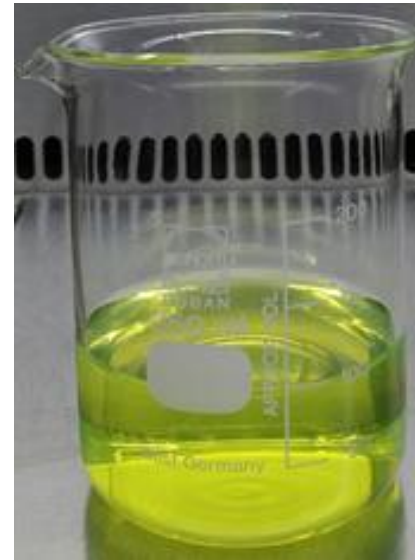
- LES PSEUDOMONAS FLUORESCENTS -



Pseudomonas
+ milieu riche en fer =
pas de pyoverdine



Pseudomonas
+ milieu pauvre en fer =
pyoverdine

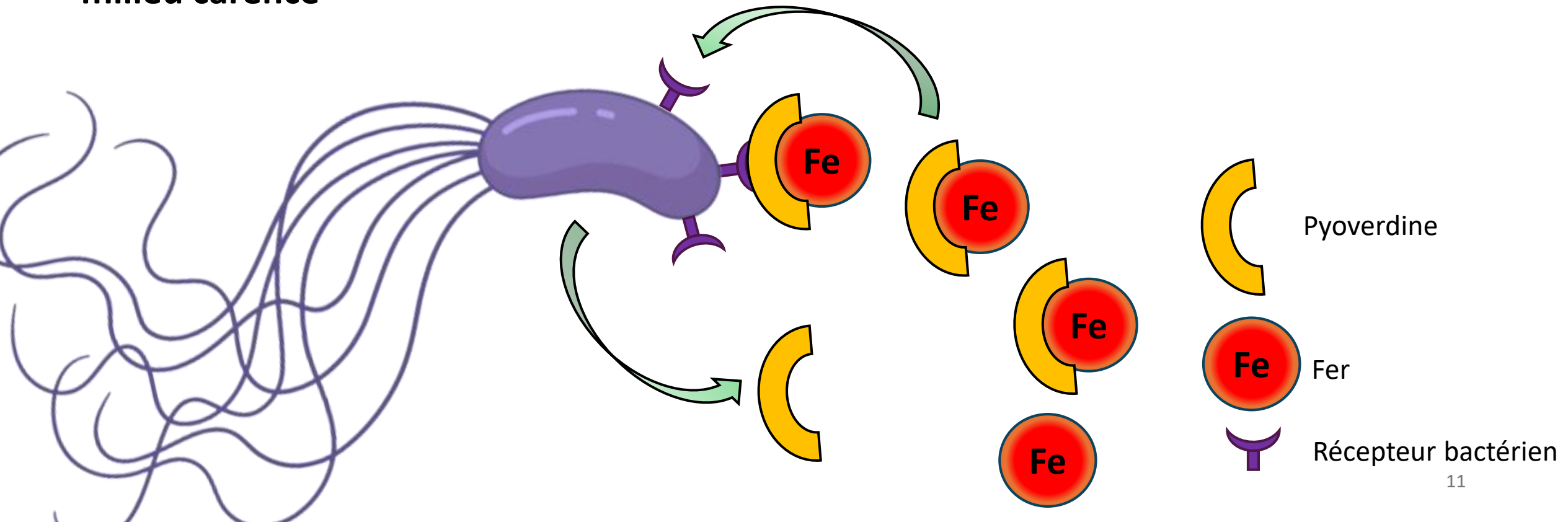


La pyoverdine
= molécule **jaune** et
fluorescente produite en
cas de **carence en fer**

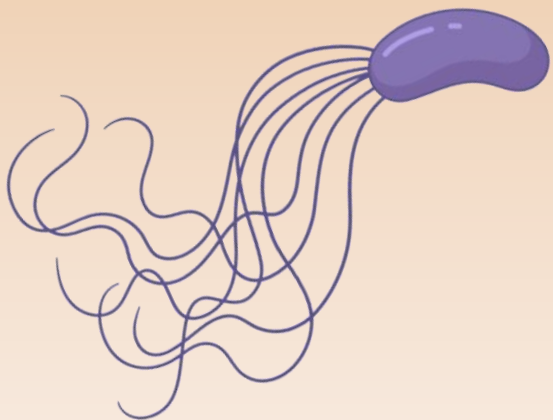
- LA PYOVERDINE UN SIDÉROPHORE TRÈS PUISSANT -

La pyoverdine est un **sidérophore**

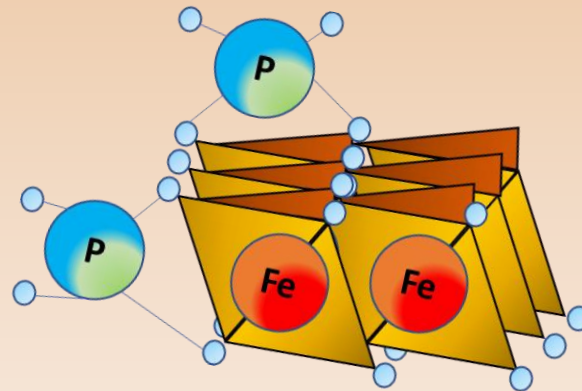
- **Système d'acquisition du fer très efficace**
- **Petite molécule** avec une **forte affinité** pour le **fer**
- Forme des **complexes** avec le fer
- Permet à la bactérie **d'internaliser** le **fer** nécessaire à son fonctionnement en **milieu carencé**



- LA PYOVERDINE UN SIDÉROPHORE TRÈS PUISSANT -



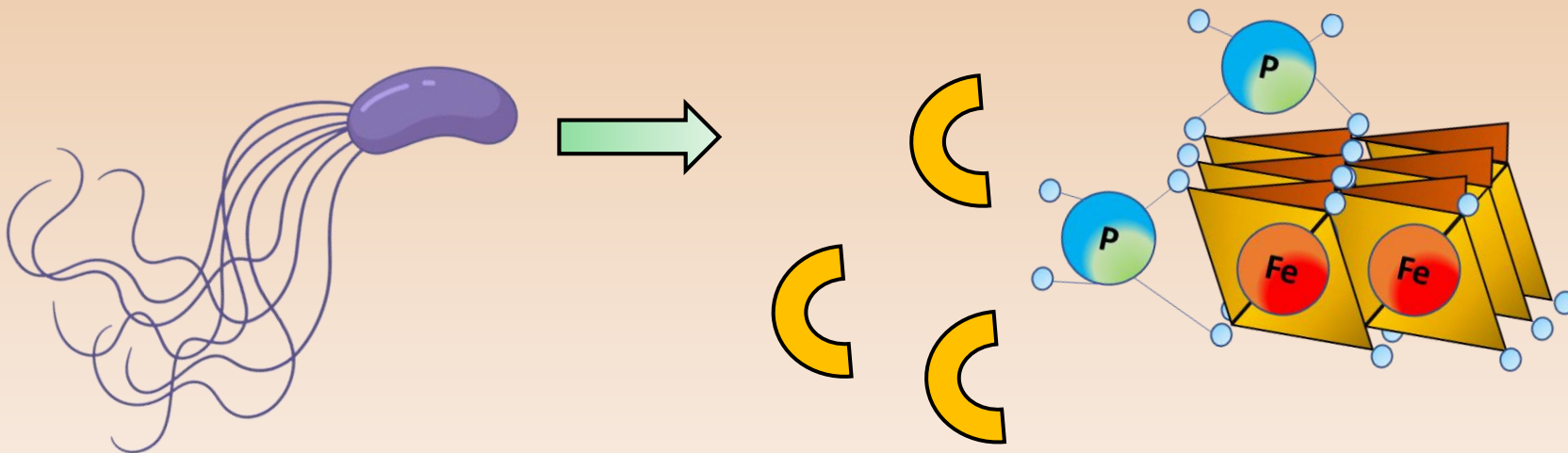
Oxydes de fer très peu solubles



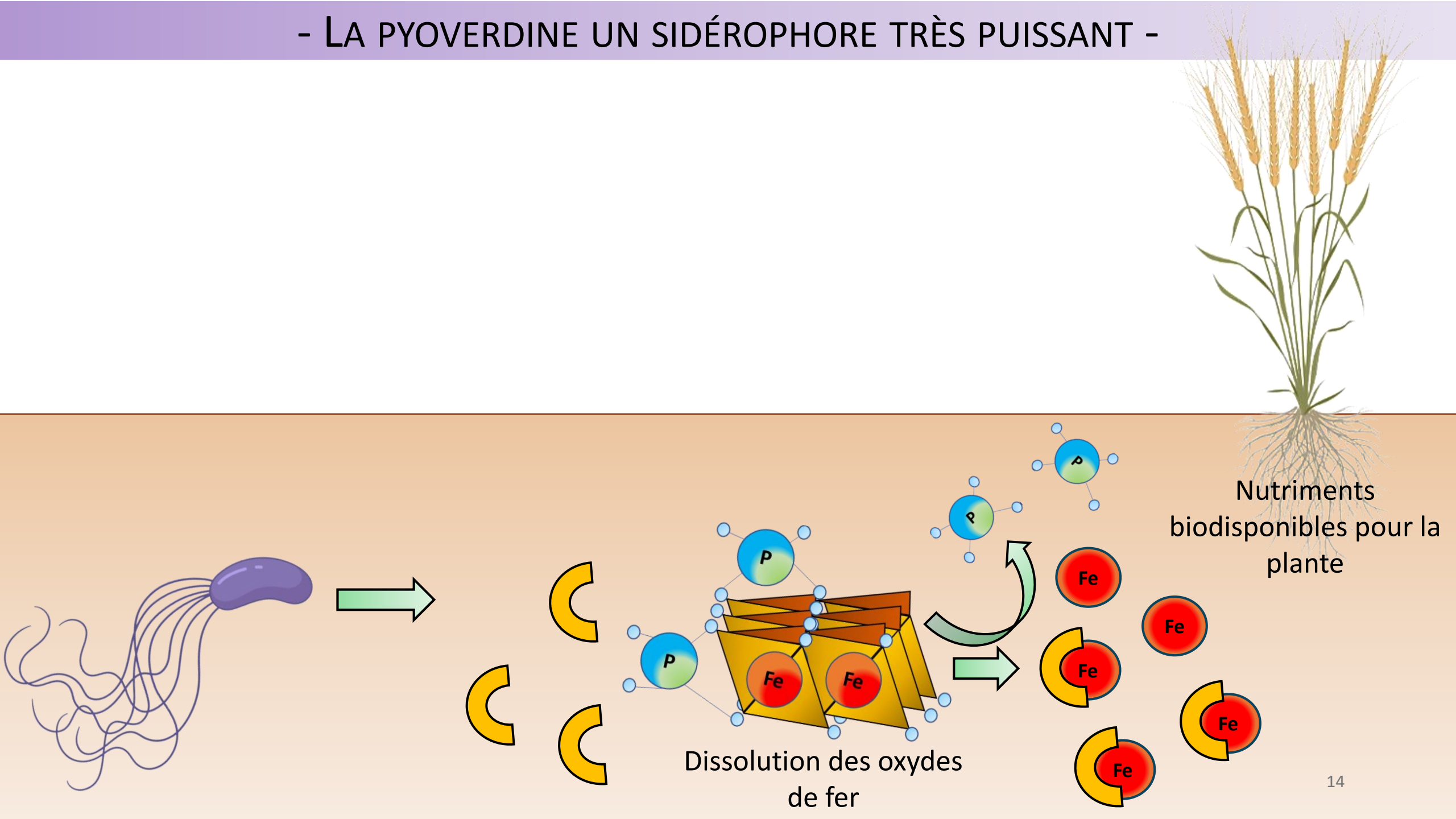
Peu de nutriments biodisponibles pour la plante



- LA PYOVERDINE UN SIDÉROPHORE TRÈS PUISSANT -



- LA PYOVERDINE UN SIDÉROPHORE TRÈS PUISSANT -

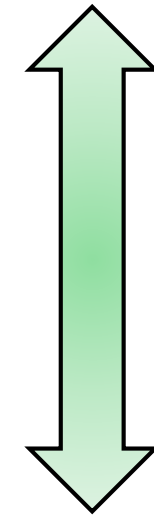


- LA PYOVERDINE UN SIDÉROPHORE TRÈS PUISSANT -

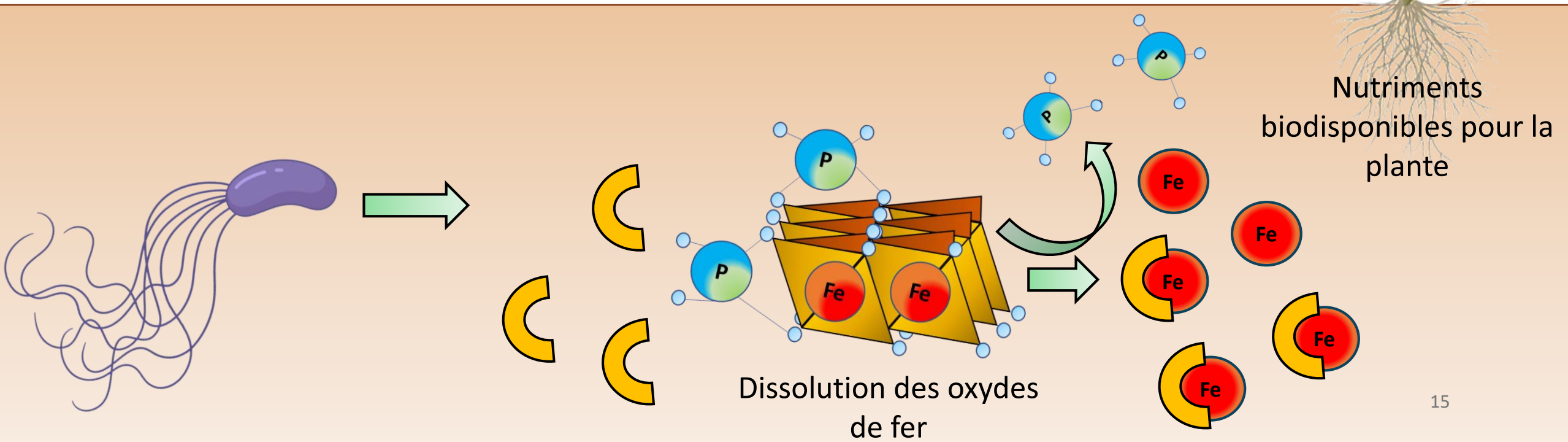
→ La pyoverdine capable de solubiliser le fer et le phosphore des oxydes ?

→ D'améliorer la nutrition des plantes ?

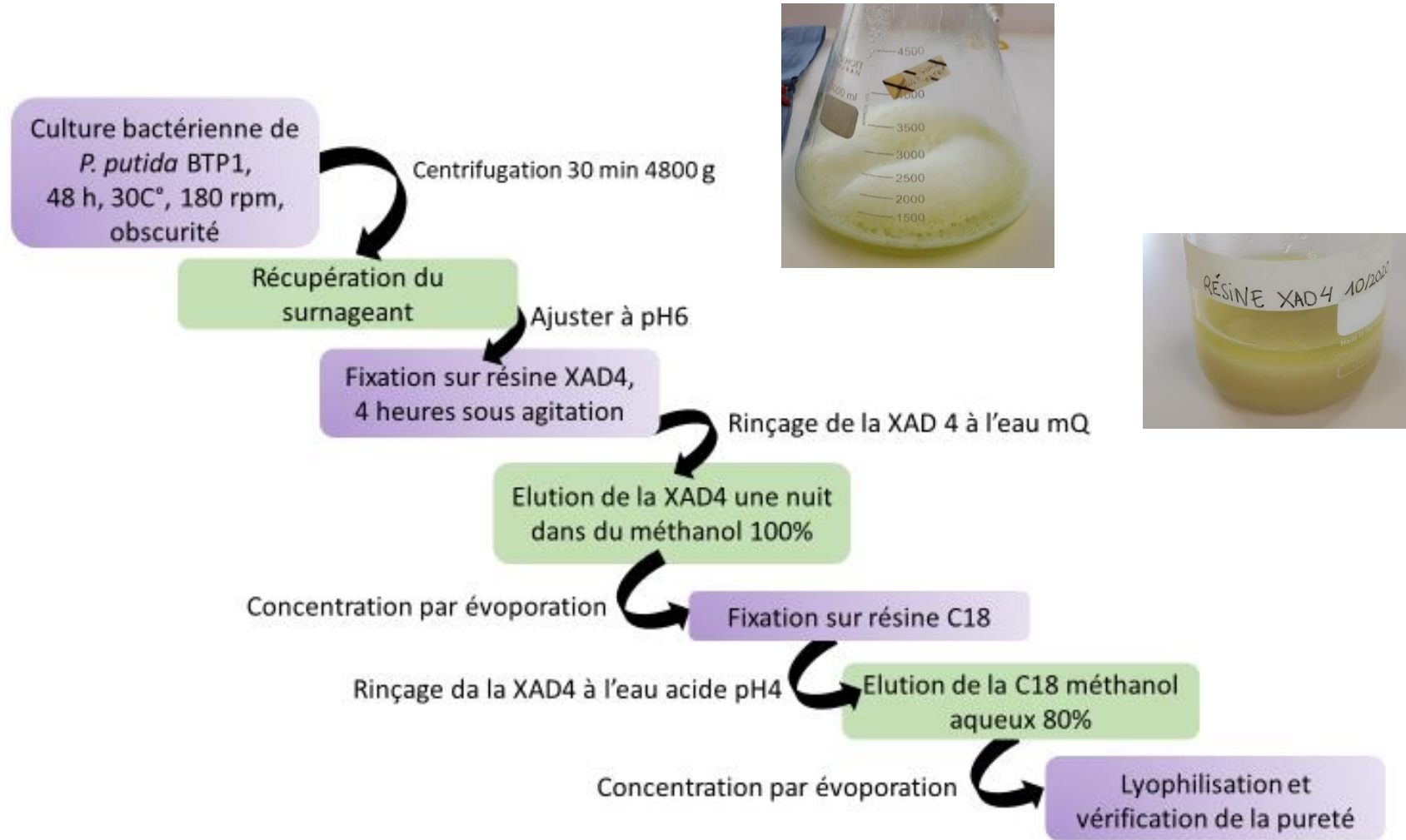
Biostimulation



Nutriments
biodisponibles pour la
plante



- PRODUCTION ET PURIFICATION DE LA PYOVERDINE DE *PSEUDOMONAS PUTIDA* BTP1 -



- CO-SOLUBILISATION DU FER ET DU PHOSPHORE DES **OXYDES DE FER** PAR LA PYOVERDINE -

Protocole :



Oxydes de fer
phosphore
adsorbé



+ pyoverdine
ou oxalate
ou eau



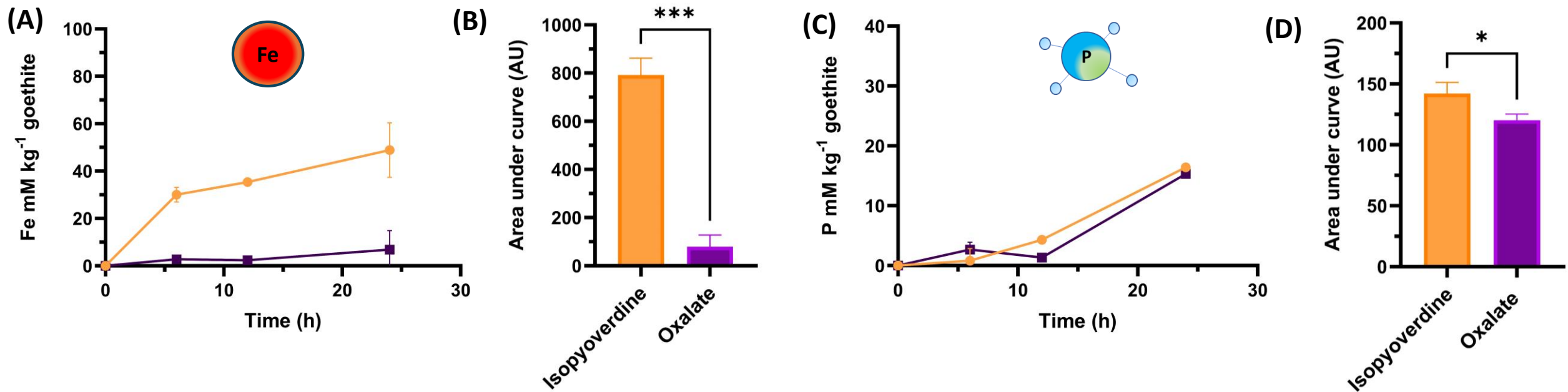
Incubation à l'obscurité :
6h, 12h, 24h,
at 150 rpm, 20C°



Fe et P dissous
→ ICP-OES

- SOLUBILISATION DU FER ET DU PHOSPHORE DES **OXYDES DE FER** PAR LA PYOVERDINE -

— Isopyoverdine 0.5 mM — Oxalate 0.5 mM



- A 24h, **7 fois plus de Fe** a été libéré dans la modalité avec sidérophore
 - **Même quantité de P** dissous avec l'oxalate et la pyoverdine

Echantillons de **sols agricoles** de l'**essai centenaire** de **Gblx AgroBio-Tech**

Mis en place en **1896** par Schreiber et Journée

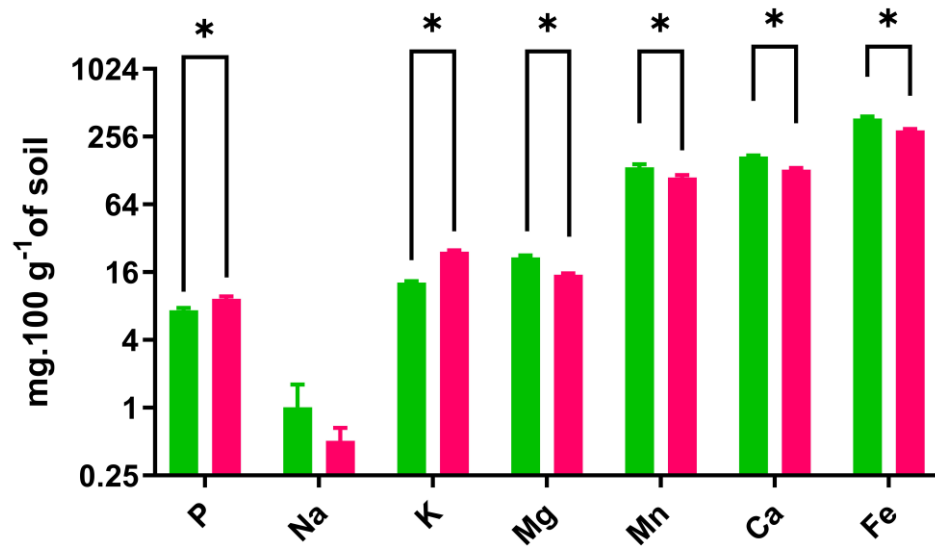


2 types de sol :

- **Sol NF** = aucune fertilisation
- **Sol F** = fertilisation **NPK**

Ensemencés avec du **froment**

- CO-SOLUBILISATION DU FER ET DU PHOSPHORE DANS LES **SOLS** PAR LA PYOVERDINE -



| | SOL NF (mg/100g de sol) | SOL F (mg/100g de sol) |
|-------------------|----------------------------|---------------------------|
| Fer biodisponible | 369.85 | 290.56 |
| P biodisponible | 7.32 | 9.28 |

- CO-SOLUBILISATION DU FER ET DU PHOSPHORE DANS LES **SOLS** PAR LA PYOVERDINE -

Protocole :



Echantillons de
sol



+ pyoverdine
ou oxalate
ou eau



Incubation à l'obscurité :
6h, 12h, 24h,
at 150 rpm, 20C°

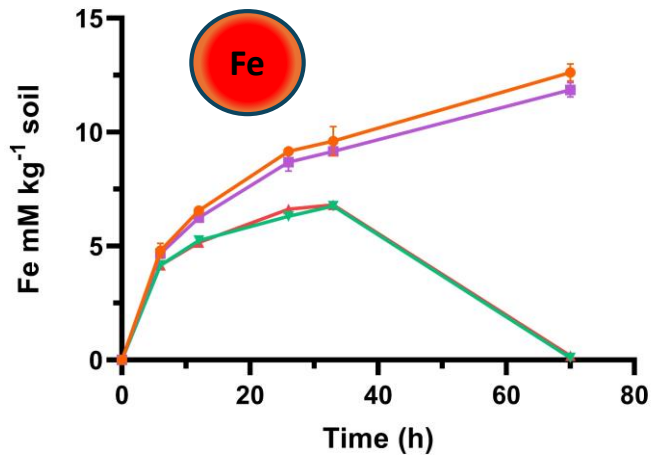


Fe et P dissous
→ ICP-OES

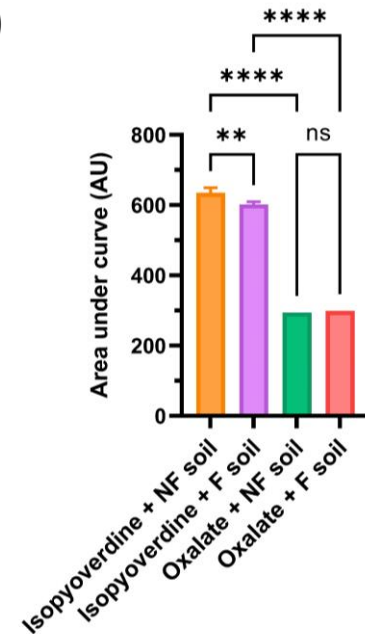
- CO-SOLUBILISATION DU FER ET DU PHOSPHORE DANS LES SOLS PAR LA PYOVERDINE -

— Isopyoverdine 0.1 mM + NF soil — Isopyoverdine 0.1 mM + F soil — Oxalate 3 mM + NF soil — Oxalate 3 mM + F soil

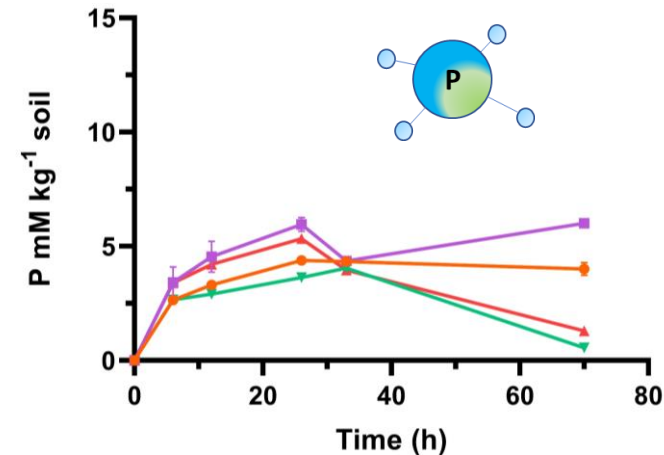
(A)



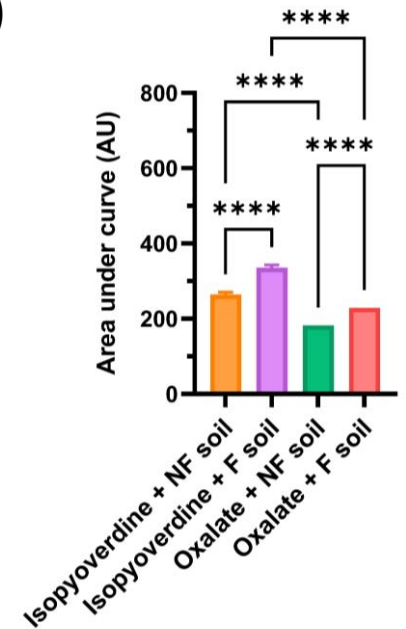
(B)



(C)



(D)

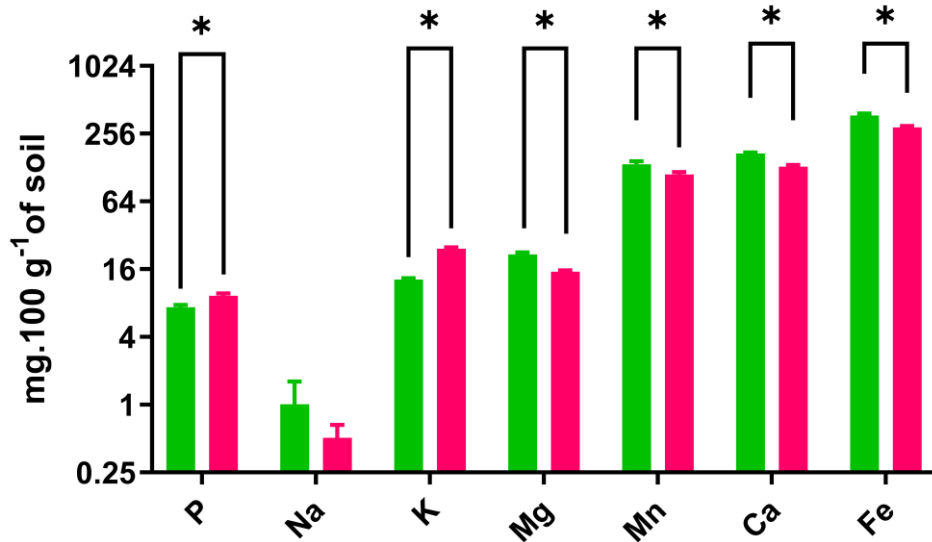


La pyoverdine plus efficace que l'oxalate :

- **2 fois** plus élevée pour la dissolution du **Fe**
- **1,4 fois** plus élevée pour la dissolution du **P**

Malgré une concentration en sidérophore **30 fois inférieure** que la solution d'oxalate

- CO-SOLUBILISATION DU FER ET DU PHOSPHORE DANS LES **SOLS** PAR LA PYOVERDINE -



| | SOL NF (mg/100g de sol) | SOL F (mg/100g de sol) |
|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Fer dissous sol NF + isopyoverdine | 70.4 | 60.4 |
| Fer biodisponible | 369.85 | 290.56 |
| P dissous sol F + isopyoverdine | 13.6 | 18.3 |
| P biodisponible | 7.32 | 9.28 |

Application de pyoverdine =

- **Augmentation** d'environ **20 %** du **Fe biodisponible**
- **Augmentation** de **100 %** de la **proportion** de **P biodisponible**

Et sur la plante, quel est l'effet de la molécule ?

— EFFET DE LA PYOVERDINE SUR LA NUTRITION ET LA SANTÉ DU BLÉ —

CONCENTRATION : ISOPYOVERDINE À 8,0 MICROMOL/L GOETHITE À 0,4 G/L

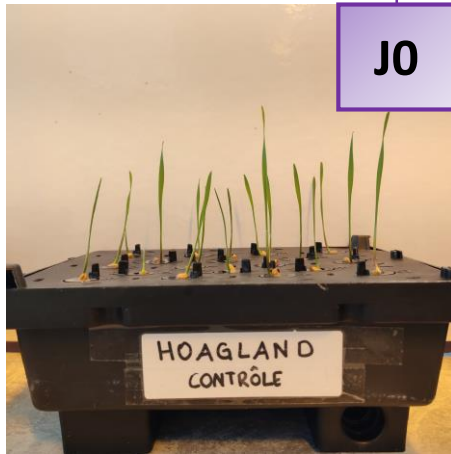
PRÉGERMINATION

J-6



1^{ER} APPORT
ISOPYOVERDINE

J0



2^{EME} APPORT ISOPYOVERDINE

J7



3^{EME} APPORT ISOPYOVERDINE

J14



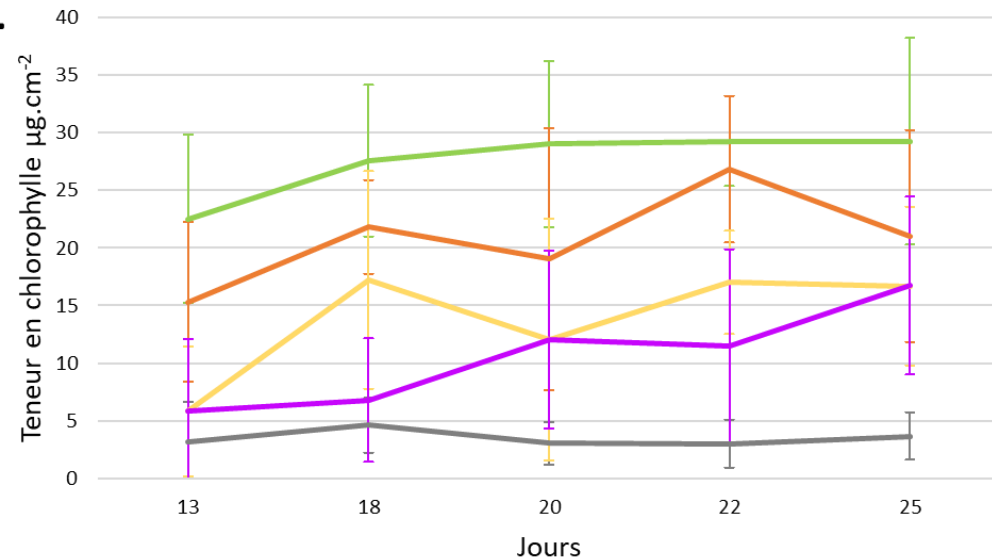
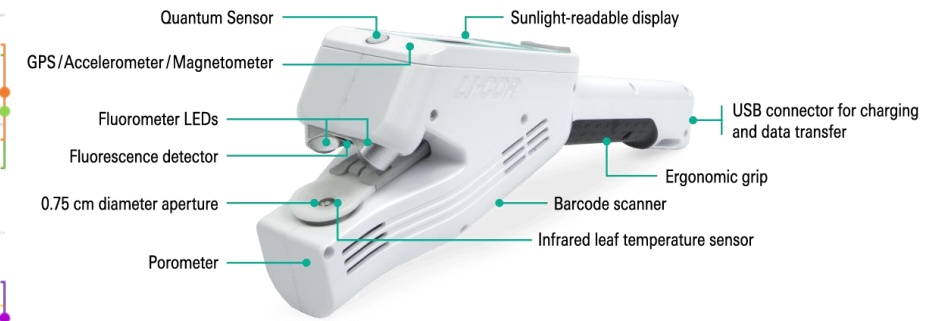
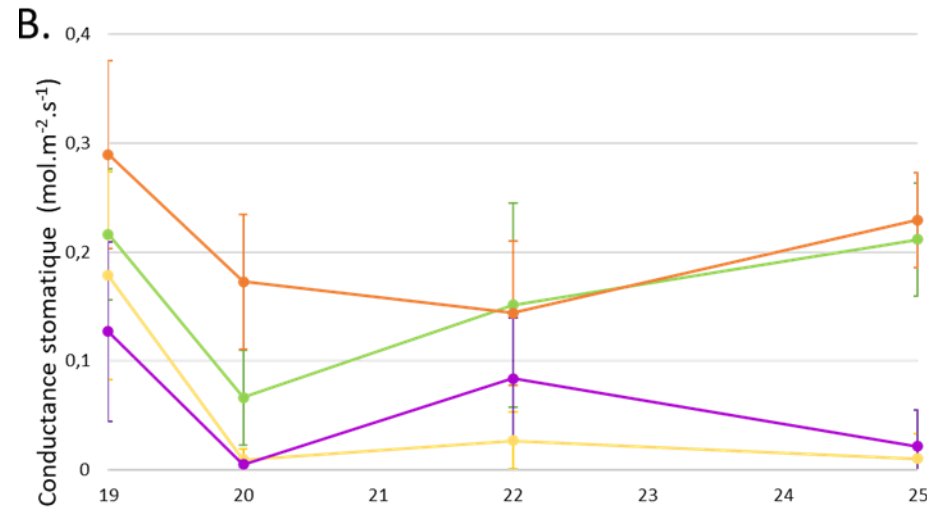
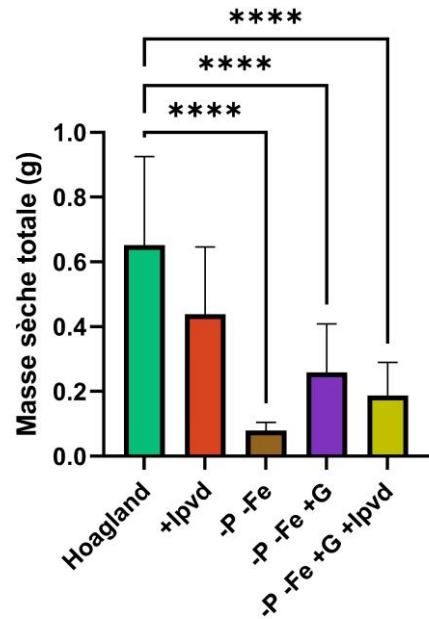
TAILLE
BIOMASSE

FIN

J25



— EFFET DE LA PYOVERDINE SUR LA NUTRITION ET LA SANTÉ DU BLÉ —



— Hoagland
 — H +PVD
 — H -P -Fe
 — H -P -Fe +Goe
 — H -P -Fe +Goe +PVD



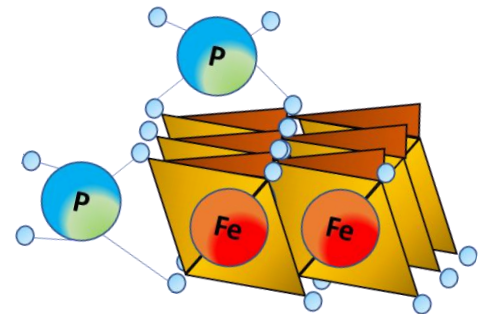
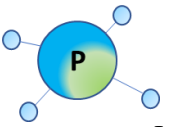
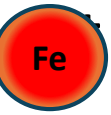
- CONCLUSION -

Résultats

- *In vitro*, la pyoverdine est capable de **libérer du fer** et du **phosphore** provenant d'**oxydes** de fer ou directement de particules du **sol**
- Augmentation de la **biodisponibilité** en **Fe** et **P** considérés comme **faiblement accessibles** par les **plantes**
- Résultats innovants, article rédigé, soumission à venir

Perspectives

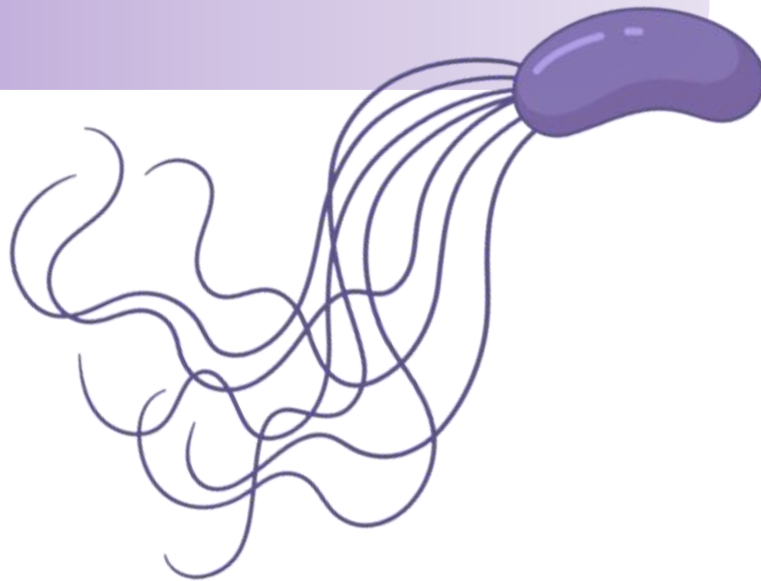
- Quel **impact** de la **pyoverdine** sur la **nutrition** et la **santé** du **blé** ?



SIDEROPHOSPHOR - CLÔTURE DU PROJET MICROSOILSYSTEM 28/02/2024

MERCI POUR VOTRE ATTENTION !

DES QUESTIONS ?

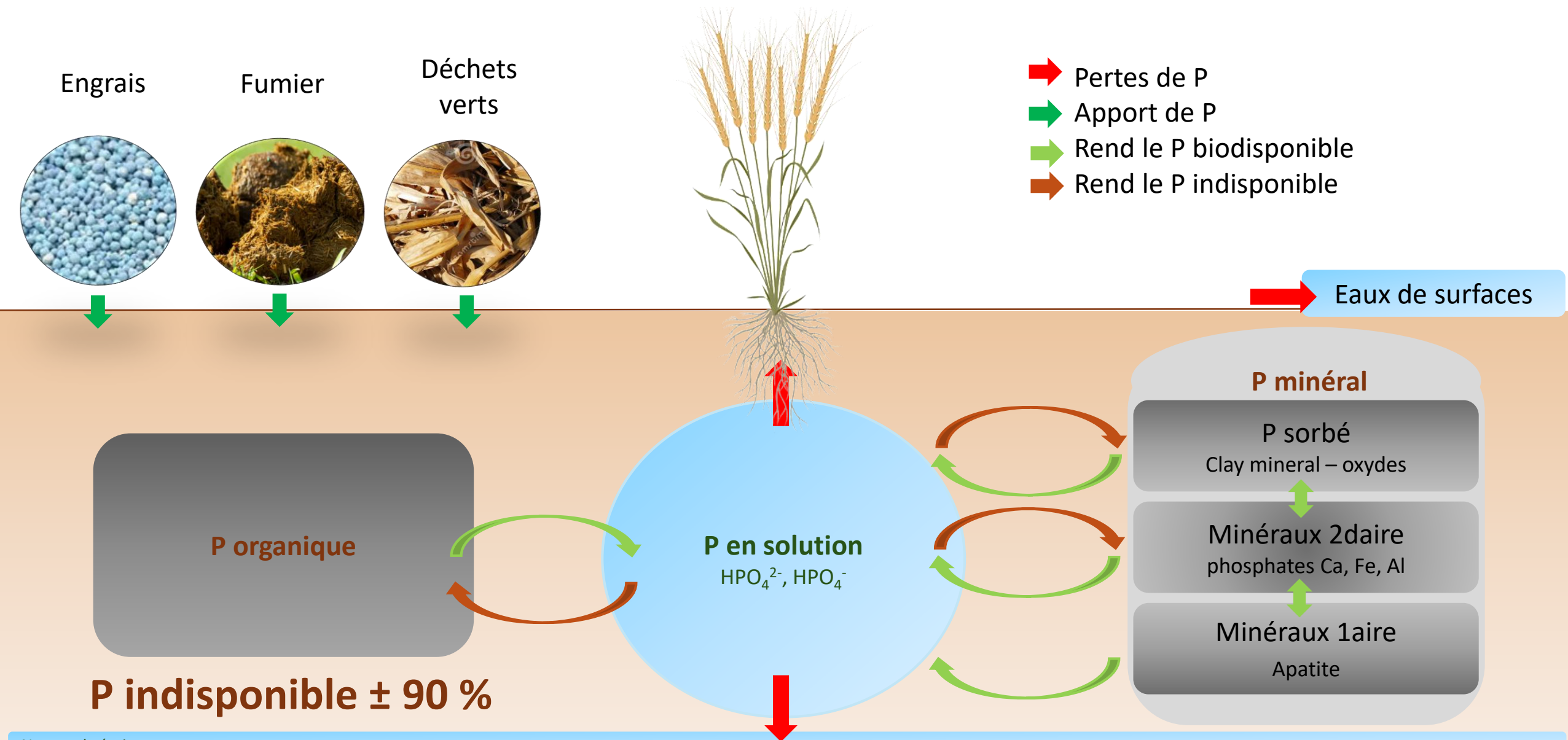


CONTACT :

Félicie GOUDOT

felicie.goudot@junia.com

- LE CYCLE DU PHOSPHORE -

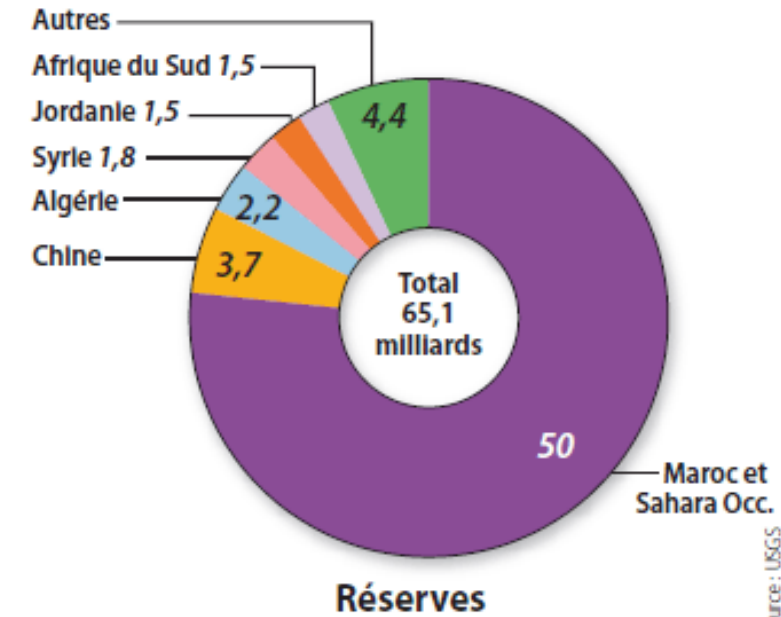
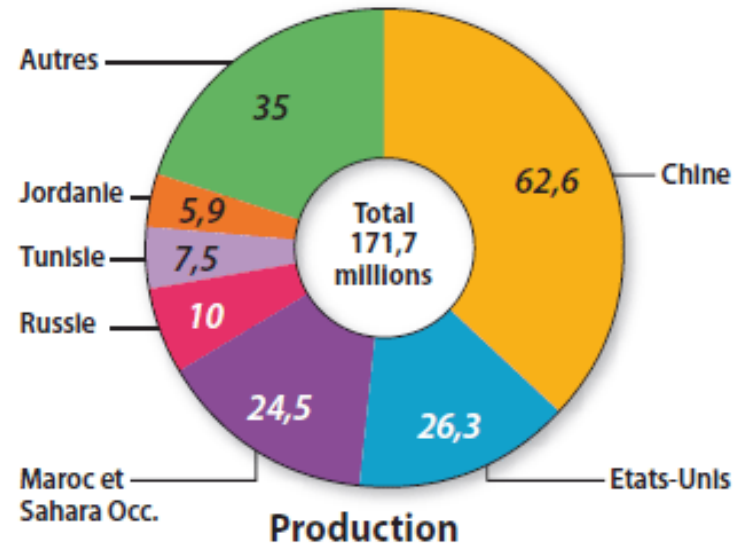


- LES ENGRAIS PHOSPHATÉS -



→ Issu des **roches phosphatées**

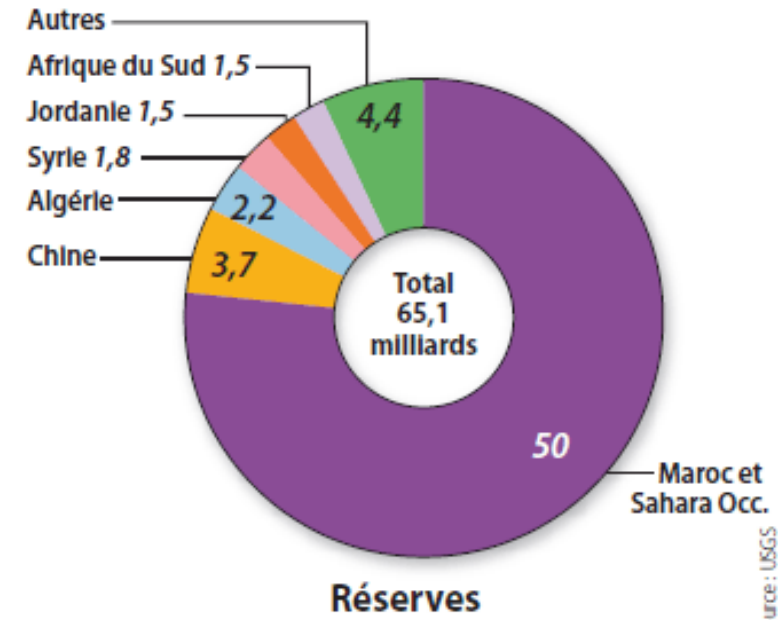
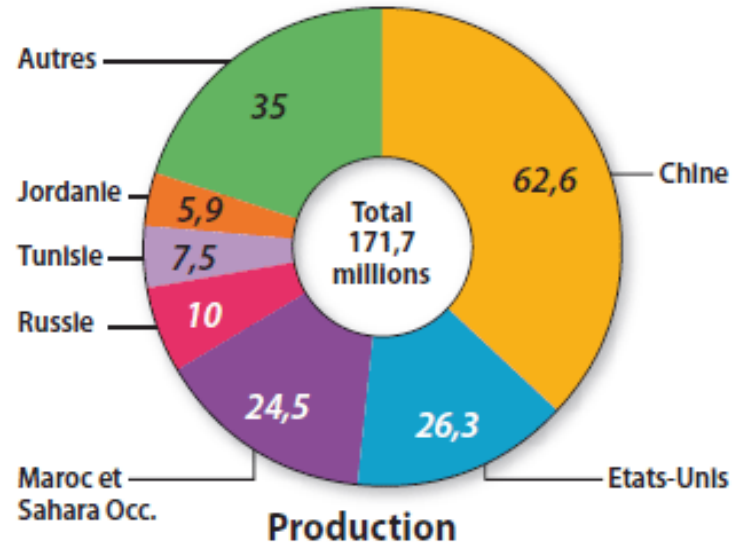
- LES ENGRAIS PHOSPHATÉS -



Source : USGS

→ Ressource **très** inégalement répartie
→ Transformation **énergivore**

- LES ENGRAIS PHOSPHATÉS -



Source : USGS

