

Une récolte de tomates grâce à nos poissons rouges

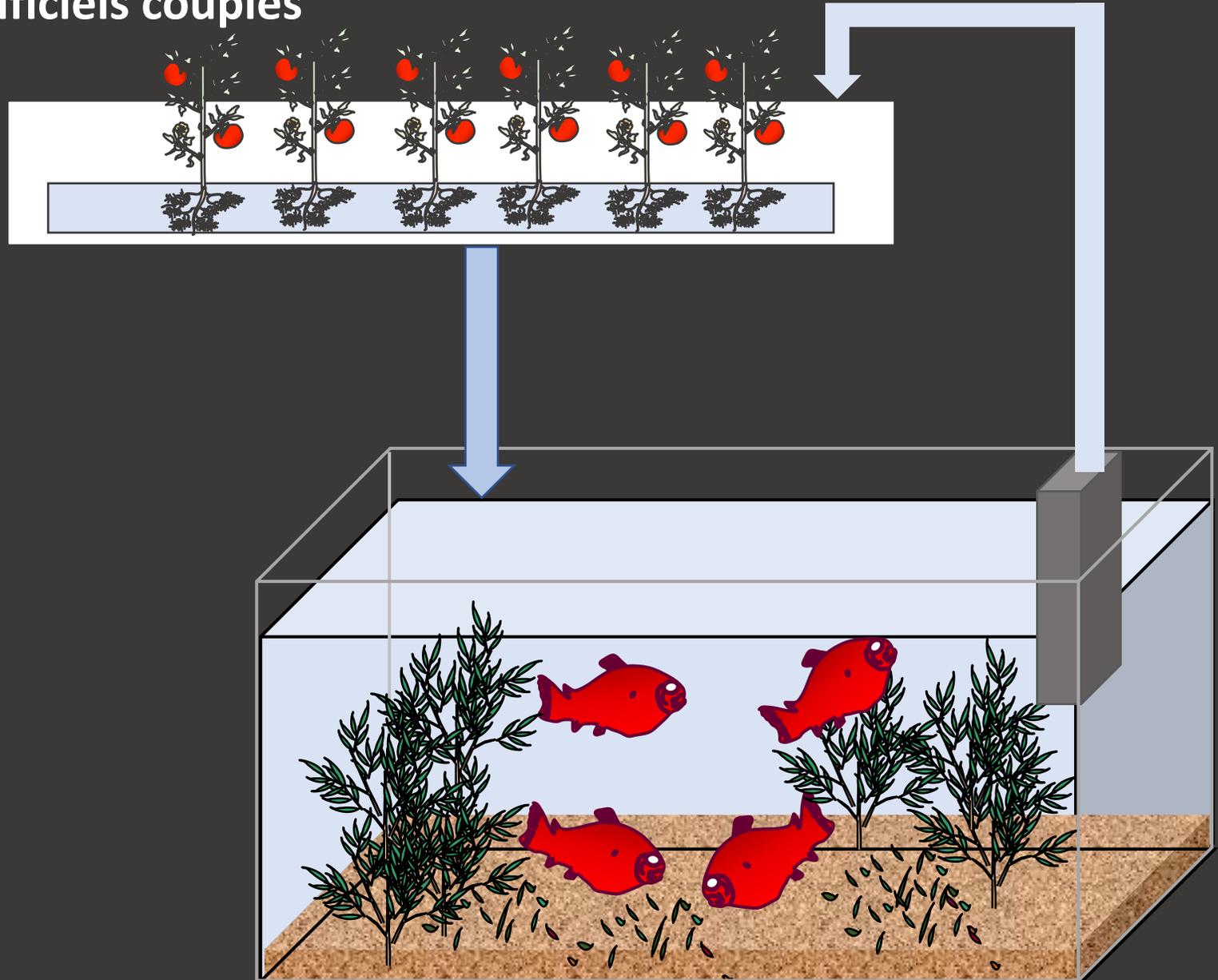


Cycle 4 - SVT

Aquaponie : deux écosystèmes artificiels couplés



Aquaponie à l'aquarium de Paris



Pour avoir une bonne production de tomates, on peut ajouter des engrais sous diverses formes.

Que contiennent ces engrais ?



Un engrais du commerce pour favoriser la croissance des plantes

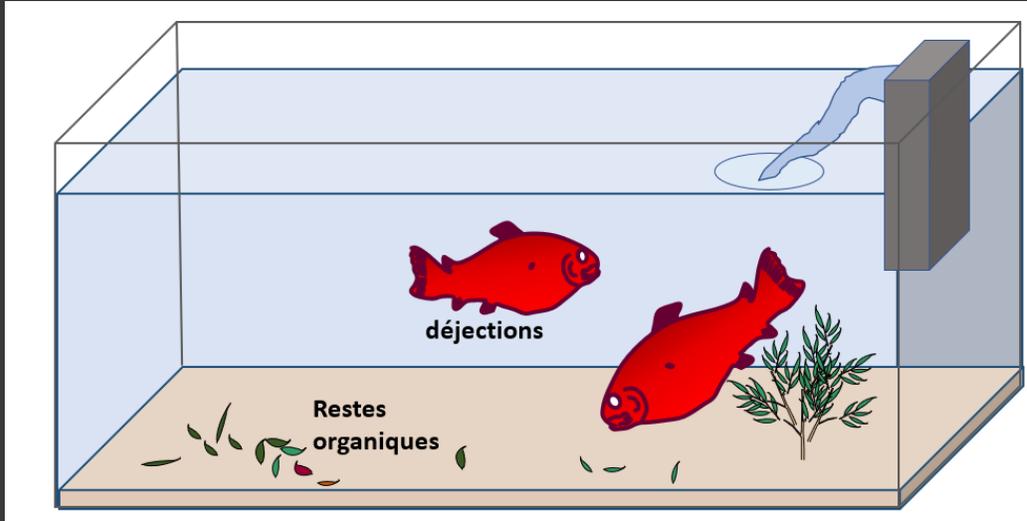
Engrais NPK 4-6-10

4 % d'azote (N)

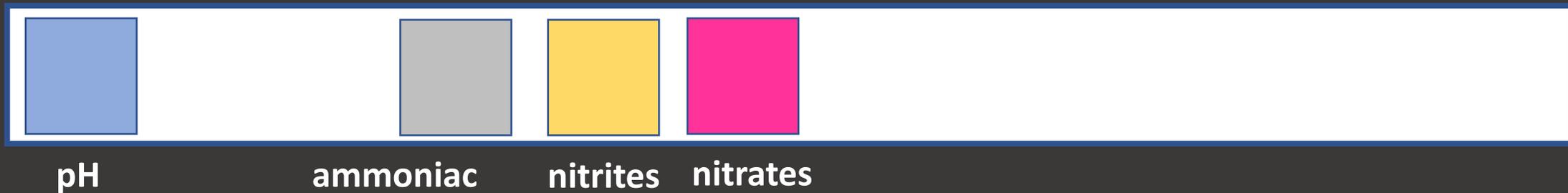
6 % phosphore (P)

10 % potassium (K)

Quels éléments trouve-t-on dans l'eau de l'aquarium ?



La bandelette test de mon aquarium



Tests chimiques pour l'eau de l'aquarium

pH	<7	7	>7
----	----	---	----

Échelle des couleurs utilisée pour lire les résultats du dosage des éléments chimiques de l'aquarium

Ammoniac (NH ₃)	-	+	++
Nitrites (NO ₂ ⁻)	-	+	++
Nitrates (NO ₃ ⁻)	-	+	++

- L'eau de l'aquarium contient de l'ammoniac, des nitrites et des nitrates.
- Toutes ces molécules possèdent un élément chimique « azote » (N).

Quel(s) élément(s) chimique(s) commun(s) trouve-t-on dans l'eau de l'aquarium et dans l'engrais ?

Un engrais du commerce pour favoriser la croissance des plantes



Engrais NPK 4-6-10

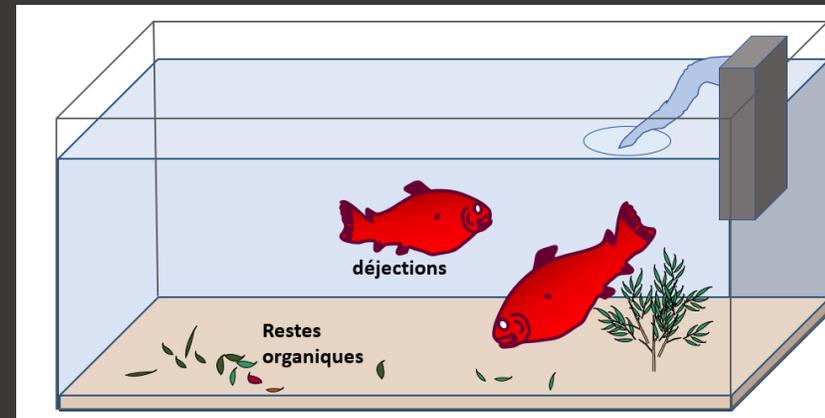
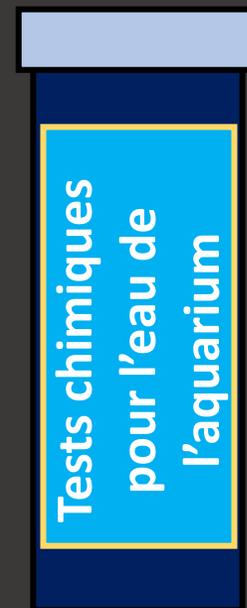
Teneurs garanties sur brut:

4 % d'azote (N)

6 % Phosphore (P)

10 % potassium (K)

L'eau de l'aquarium et les tests chimiques possibles



Type de test :

- pH
- ammoniac (NH_3)
- nitrites (NO_2^-)
- nitrates (NO_3^-)

➤ L'élément azote est l'élément chimique commun que l'on peut trouver dans un aquarium et dans l'engrais NPK.

L'eau de l'aquarium peut-elle être utilisée comme engrais pour les plants de tomate ?



	Croissance du pied de tomate
Tomates arrosées avec de l'eau	++
Tomates + eau + engrais	++++
Tomates + eau de l'aquarium	++++

- L'eau de l'aquarium et l'engrais améliorent la croissance des pieds de tomate grâce notamment à l'élément azote qu'ils contiennent.
- D'où provient l'azote dans notre aquarium ?

Quelle est l'origine de l'élément chimique « azote » présent dans l'aquarium ?

Hypothèse : les poissons apportent l'élément chimique « azote ».

	Résultats attendus
Eau du robinet témoin	ammoniac : - Nitrites : - Nitrates : -
Tests après 7 jours	
Eau du robinet + poissons	ammoniac : + Nitrites : + Nitrates : +
Tests après 7 jours	



**légende : - Quantité non détectée par la bandelette test*

- **Les poissons libèrent de l'ammoniac. Comment les poissons apportent l'ammoniac ?**

Que rejettent les poissons rouges ?



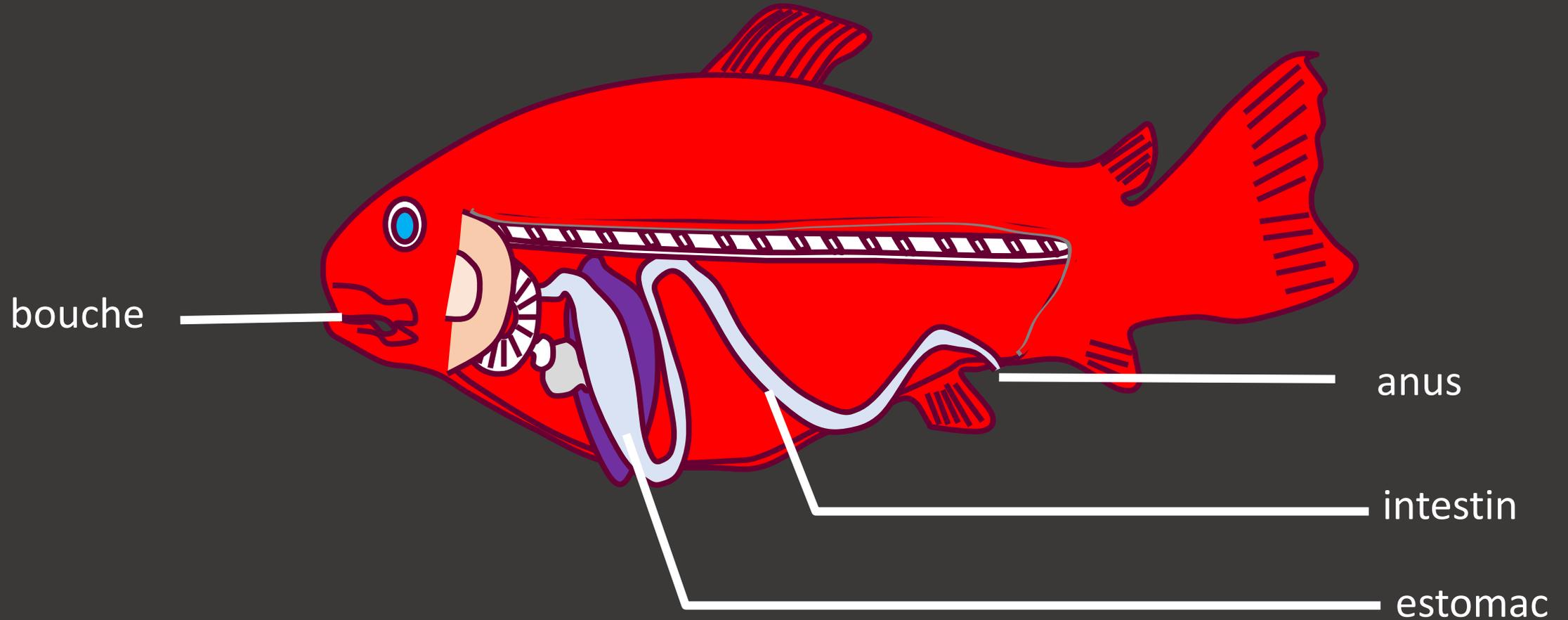
Des
excréments

De l'urine

D'où proviennent les excréments et l'urine ?

D'où proviennent les excréments ?

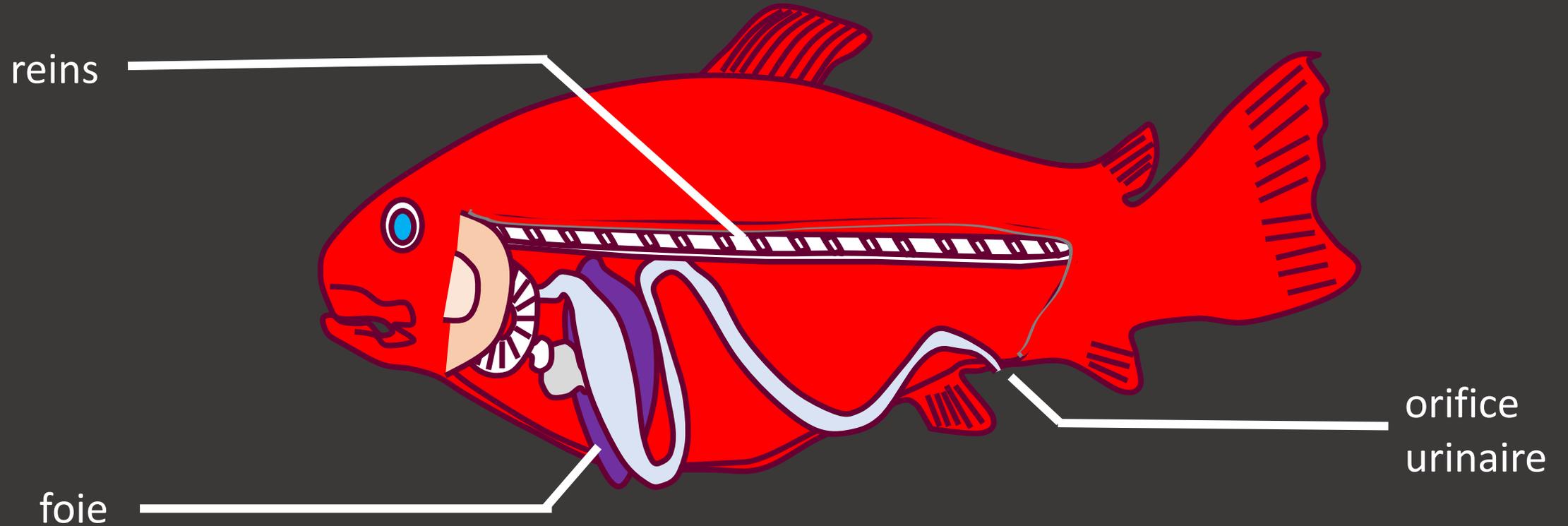
À l'échelle des organes



- Les aliments non assimilés sont rejetés dans les excréments au niveau de l'anus. Les excréments contiennent des molécules azotées.

D'où provient l'urine ?

À l'échelle des organes



- Les déchets produits lors du fonctionnement des cellules du poisson circulent dans le sang , qui est filtré par les reins. L'urine produite par les reins contient de l'ammoniac, déchet riche en azote.

Comment la présence des poissons apporte de l'ammoniac dans l'aquarium ?

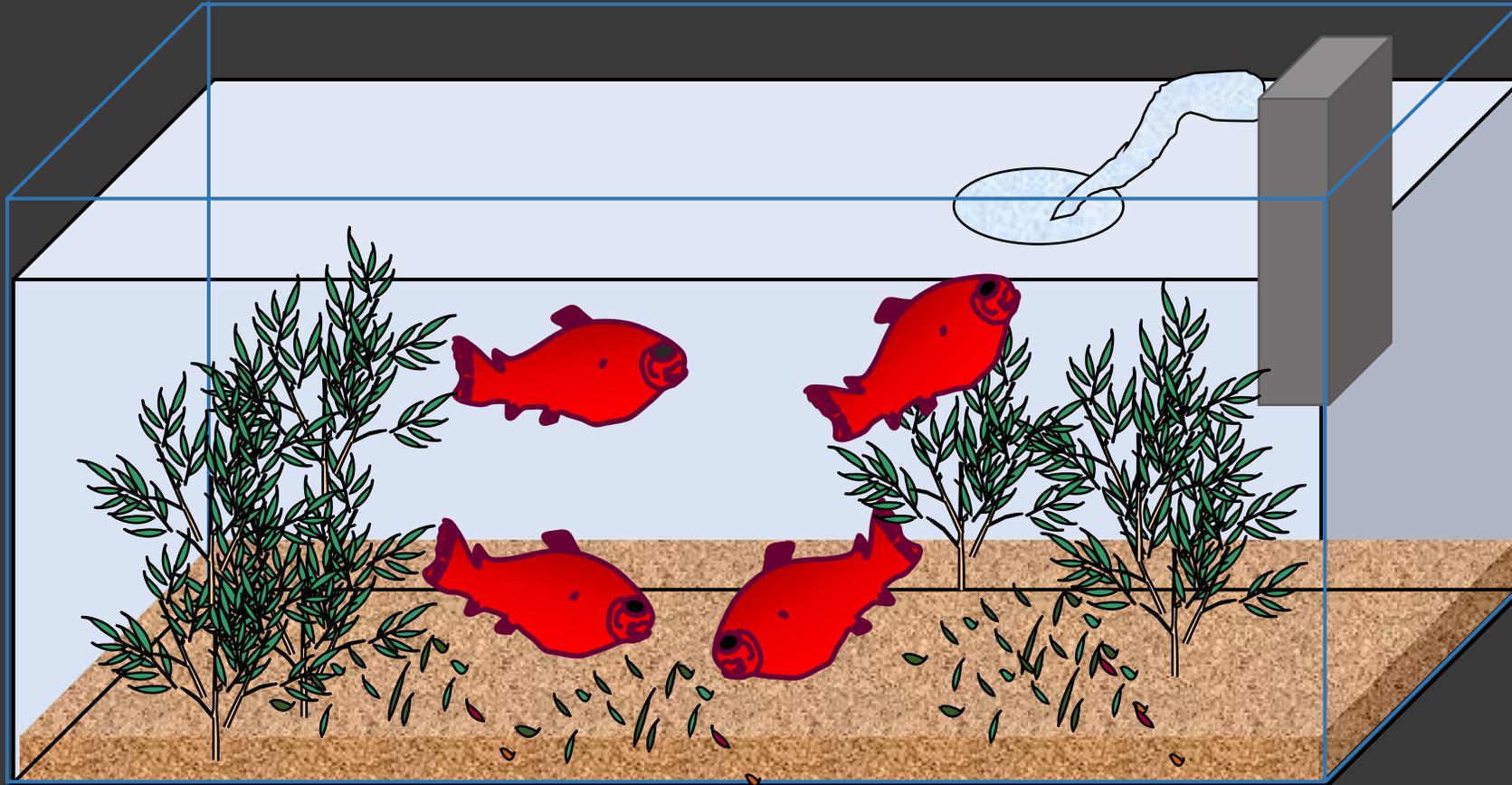


Les excréments
Contenant des molécules azotées

Les excès de nourriture
Contenant des molécules azotées

L'urine
contenant de l'ammoniac
(molécule azotée)

Comment expliquer la présence de nitrates dans l'eau alors que les poissons rejettent de l'ammoniac ?



Bandelette test

pH



ammoniac



nitrites



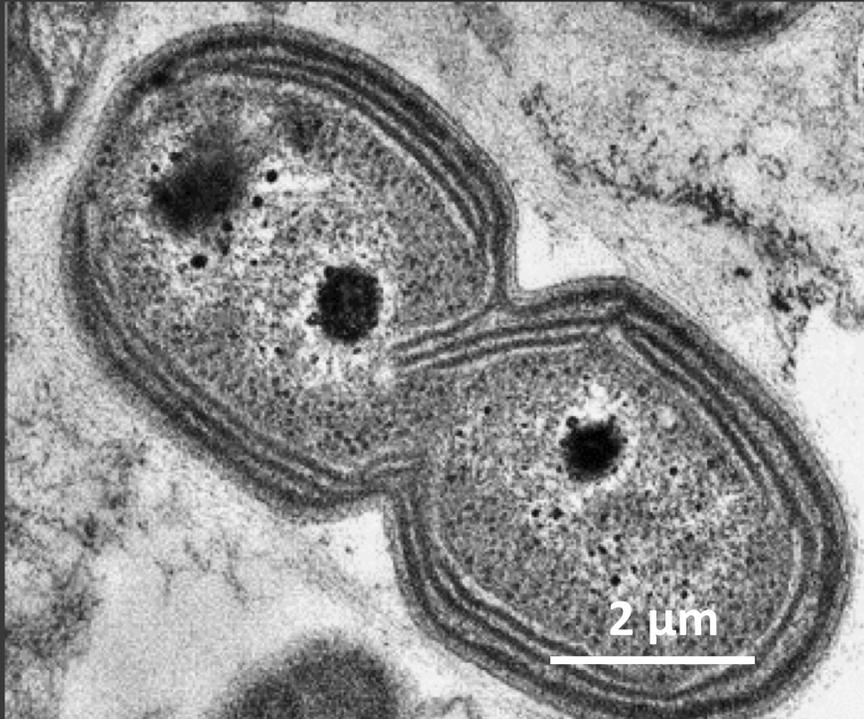
nitrates



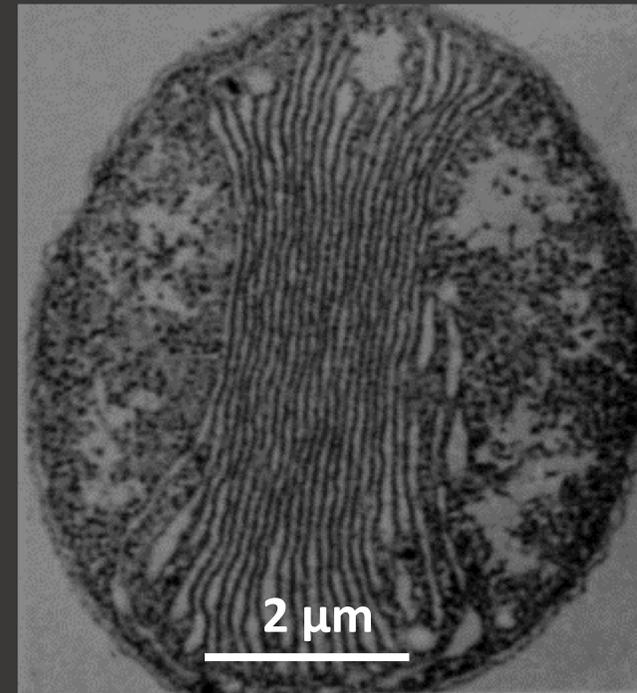
- L'aquarium est un écosystème complexe dans lequel on retrouve une grande biodiversité (poissons, plantes et microorganismes).

La transformation de l'ammoniac par les microorganismes.

En 1877, deux chimistes français Schloësing et Müntz découvrent l'existence de deux bactéries responsables de la transformation de l'ammoniac en nitrites puis en nitrates.



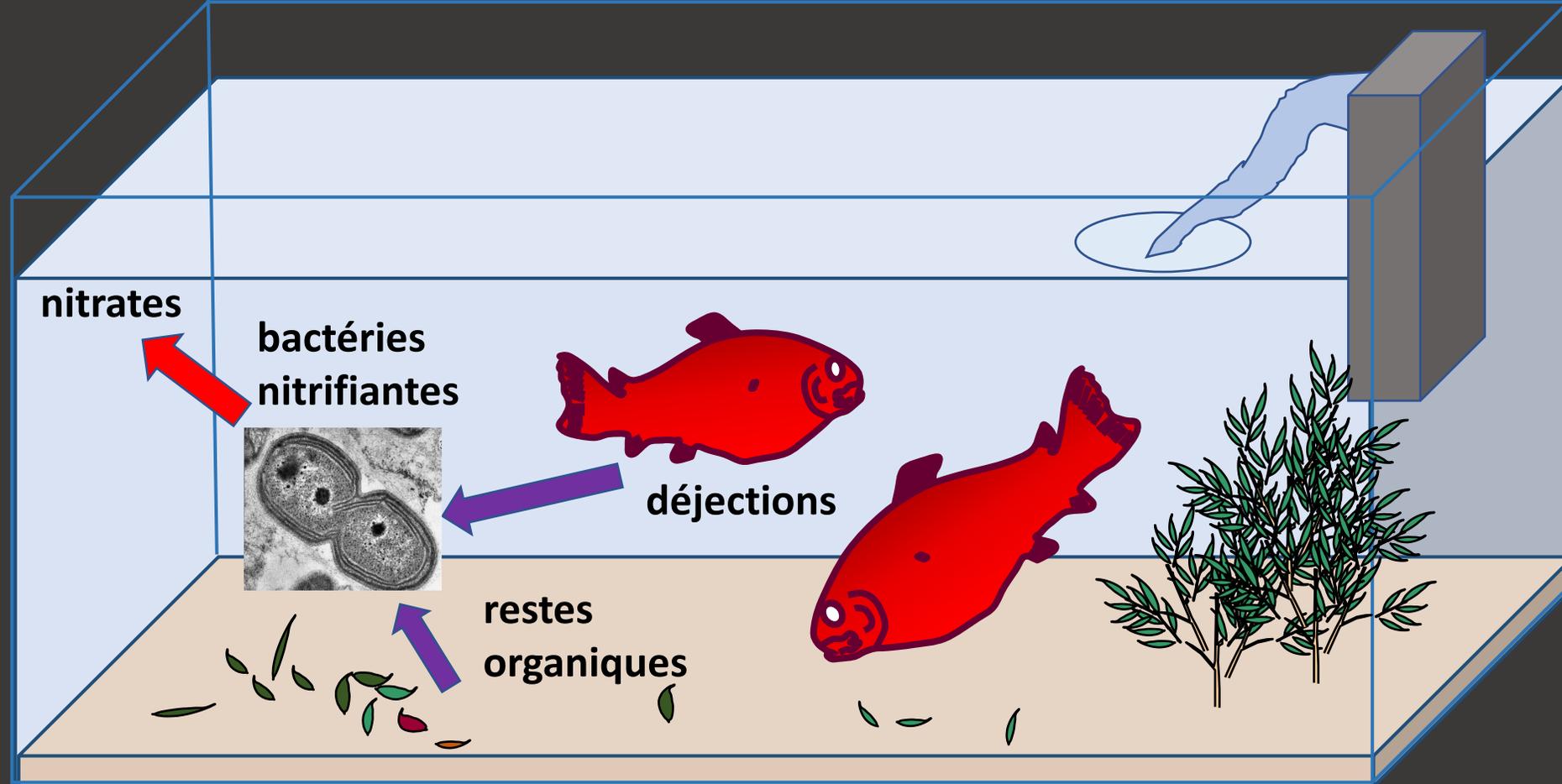
Nitrosomonas



Nitrobacter

- Des bactéries transforment l'ammoniac rejeté par les poissons en nitrites.
- D'autres bactéries transforment les nitrites en nitrates.
- Ces processus sont appelés NITRIFICATION.

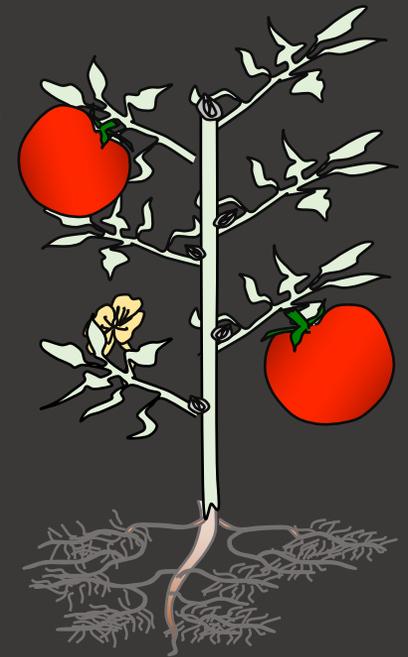
Bilan : les transformations chimiques dans l'eau de l'aquarium



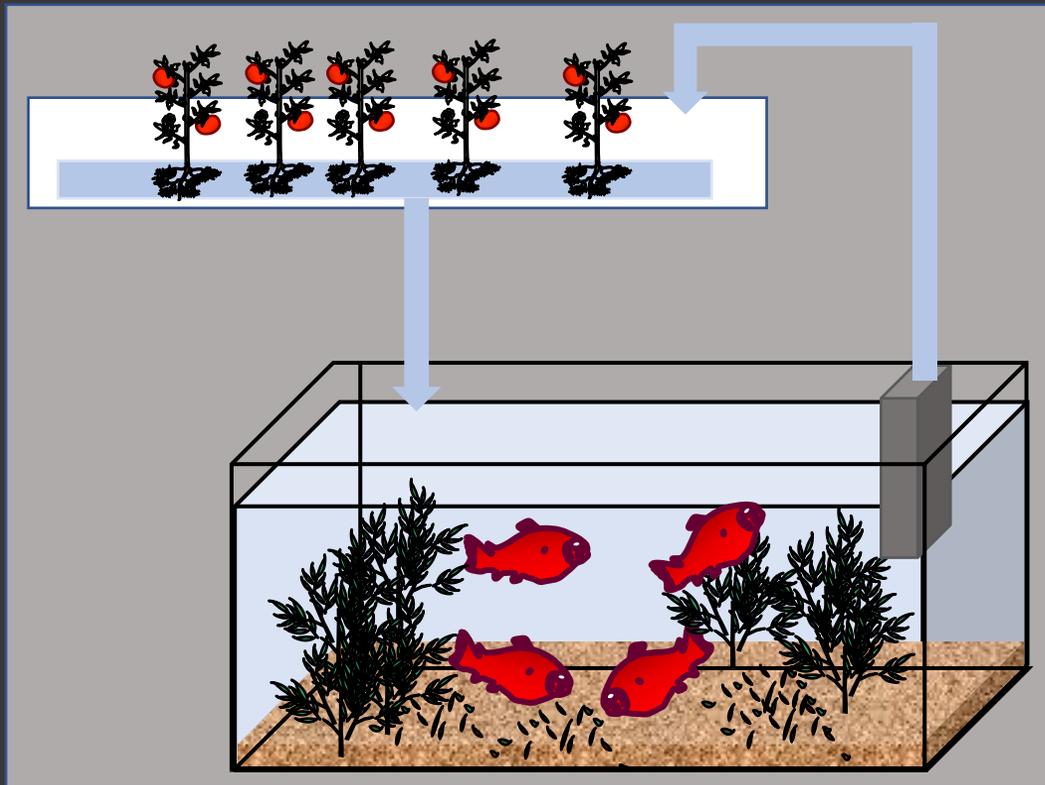
- La transformation par les microorganismes des déjections des poissons et des restes organiques enrichit l'eau en nitrates utilisables par le pied de tomate en croissance.

Aquaponie, un système équilibré

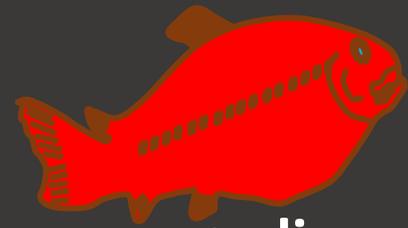
eau dépourvue de nitrates



+ nitrates



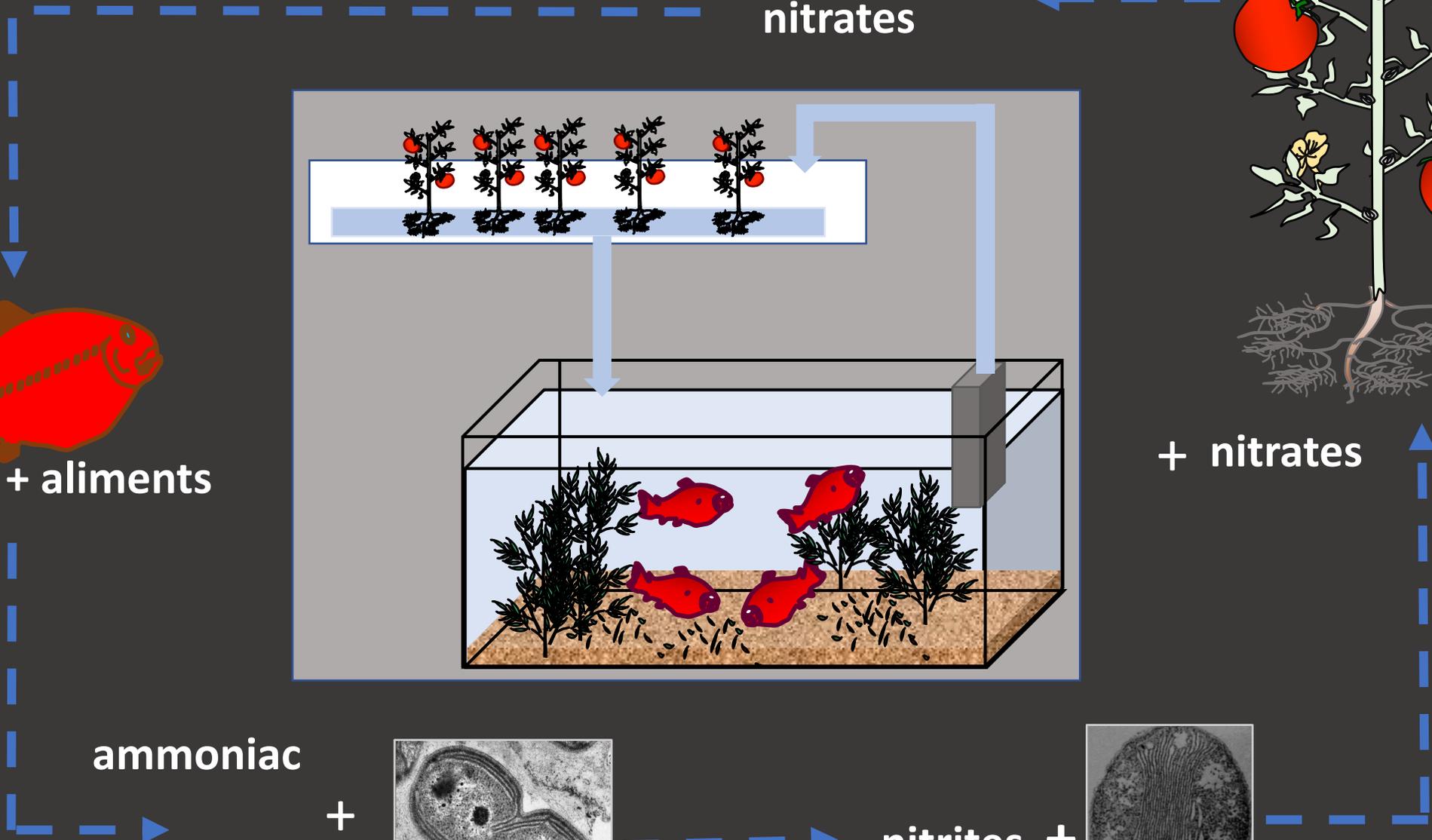
+ aliments



ammoniac



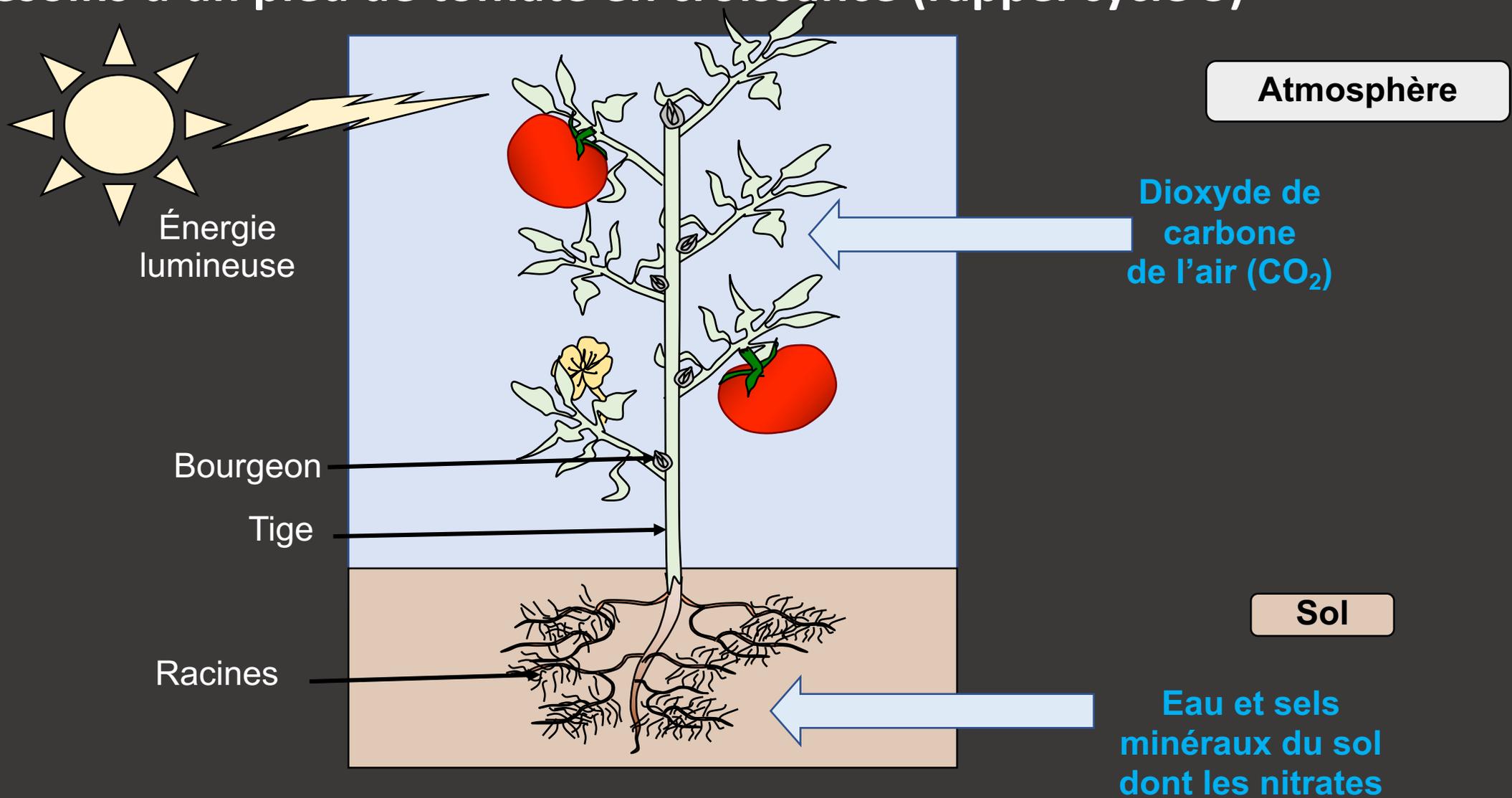
nitrites +



Comment le pied de tomate prélève-t-il les matières minérales nécessaires à leur croissance ?



Les besoins d'un pied de tomate en croissance (rappel cycle 3)



- L'absorption de la matière minérale se fait au niveau des parties racinaires et des parties aériennes.

Comment l'eau absorbée au niveau des poils absorbants circule-t-elle dans la plante ?

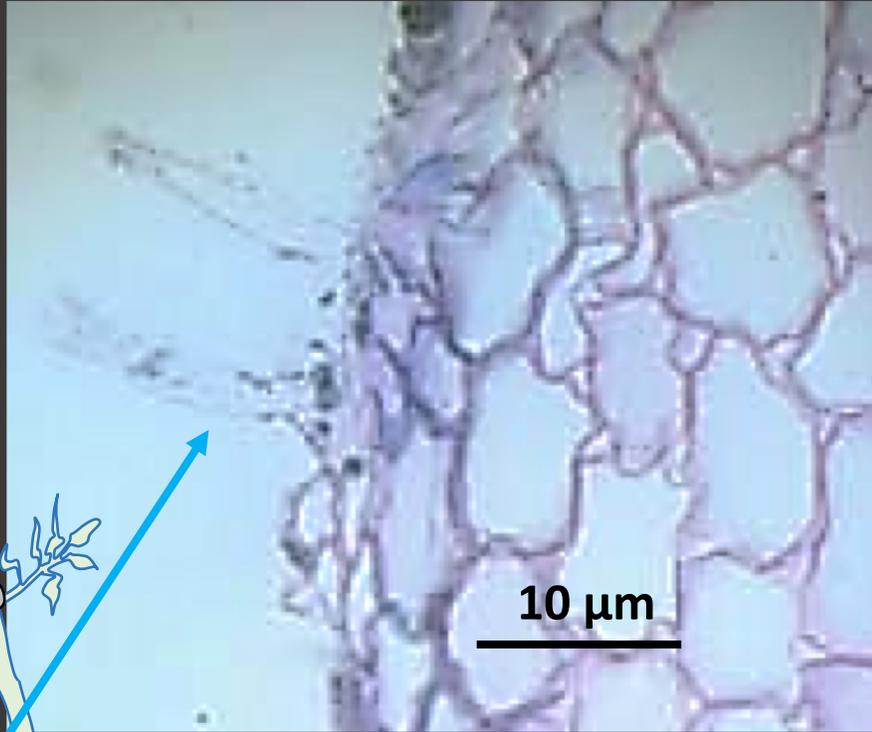


Après 24 h



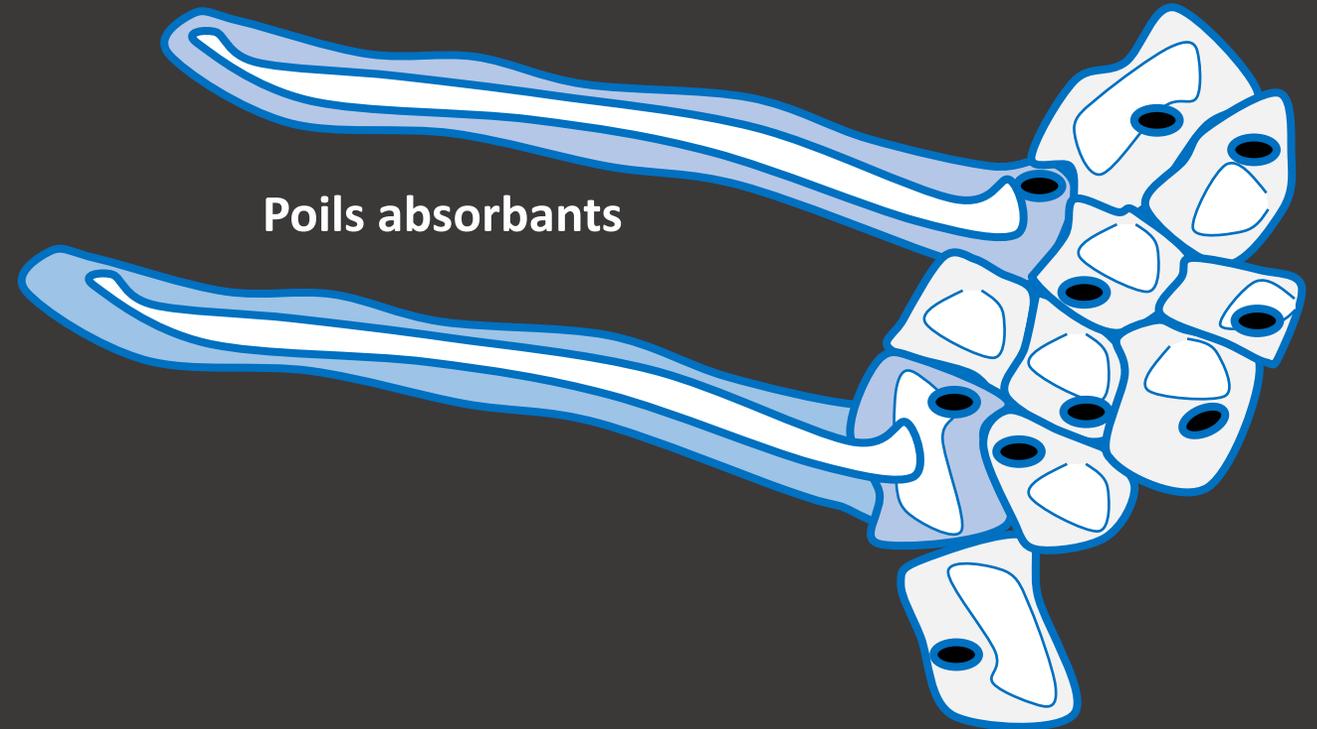
Les sels minéraux et l'eau colorée sont absorbés au niveau des racines.

Quelle structure facilite l'absorption de l'eau et des sels minéraux ?



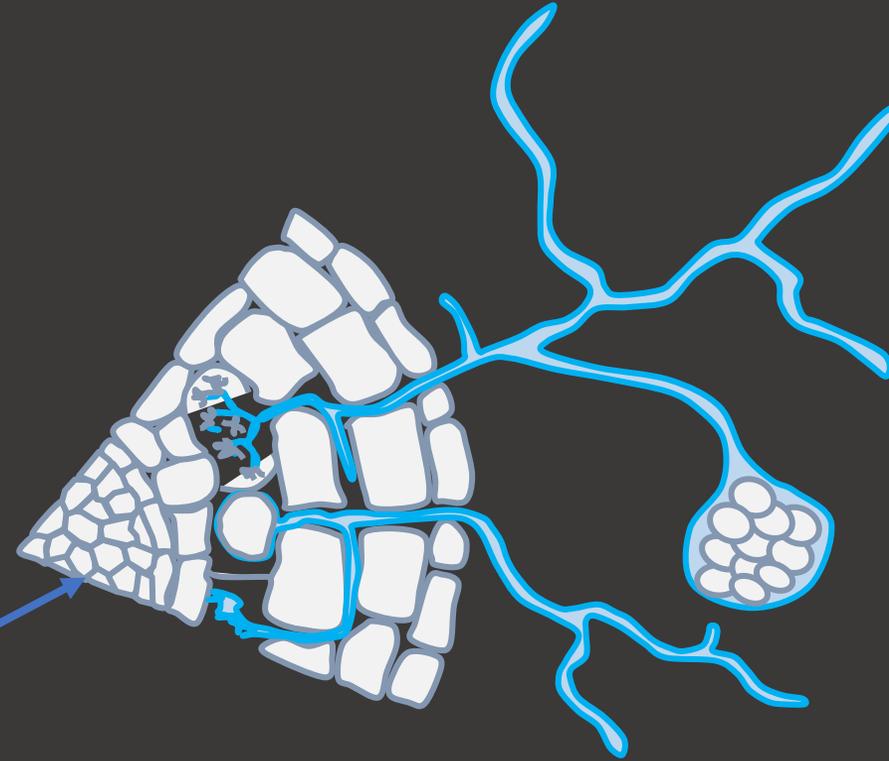
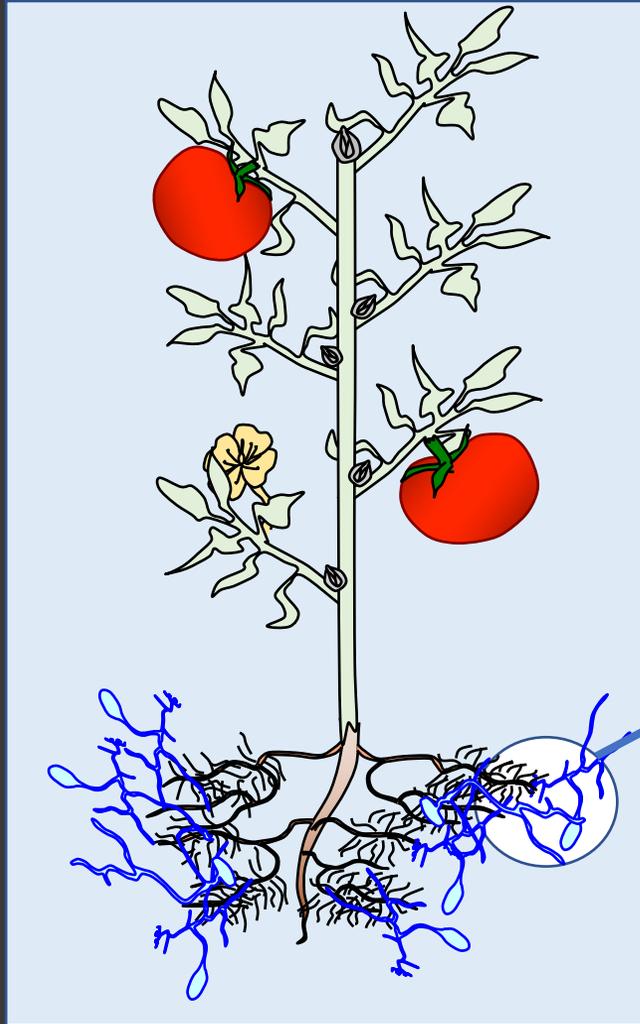
Observation microscopique de la zone centrale d'une jeune racine

À l'échelle de la cellule



- Les cellules spécialisées au niveau de l'épiderme des racines des jeunes plantes augmentent la surface d'échange.

Quelle structure facilite l'absorption de l'eau et des sels minéraux ?



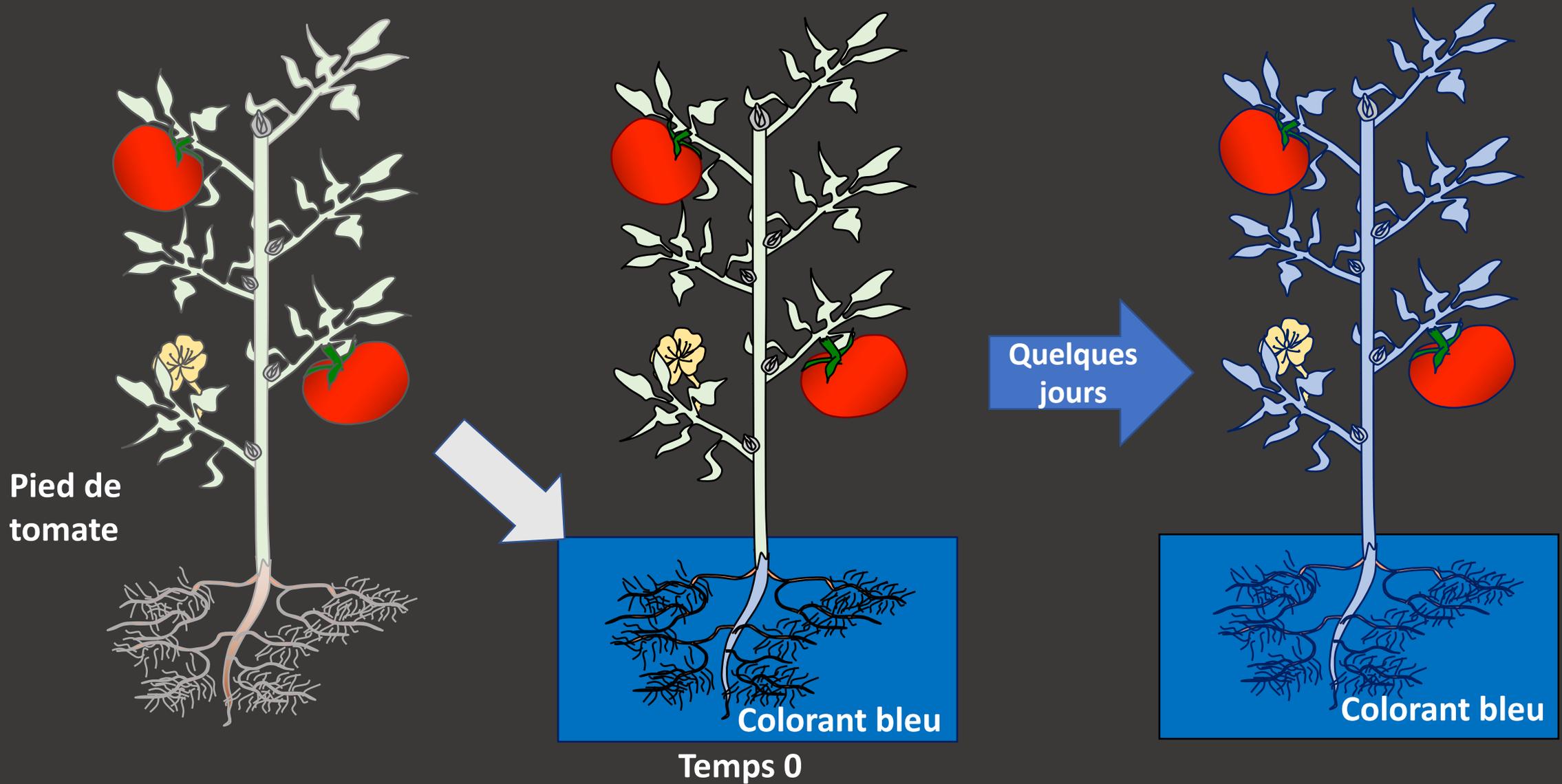
mycorrhizes

➔ Augmentation de la surface d'échange

➔ Protection face aux pathogènes

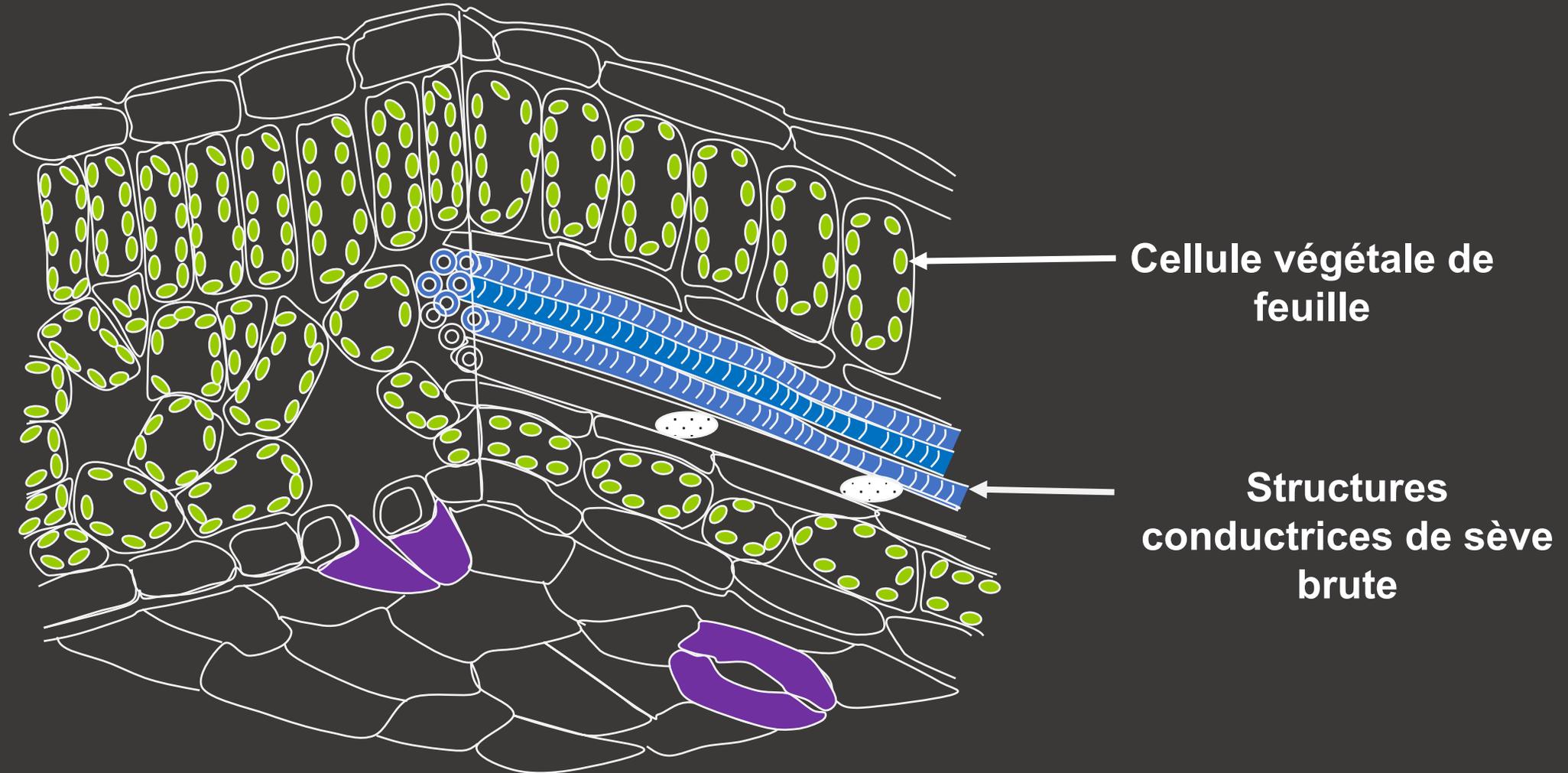
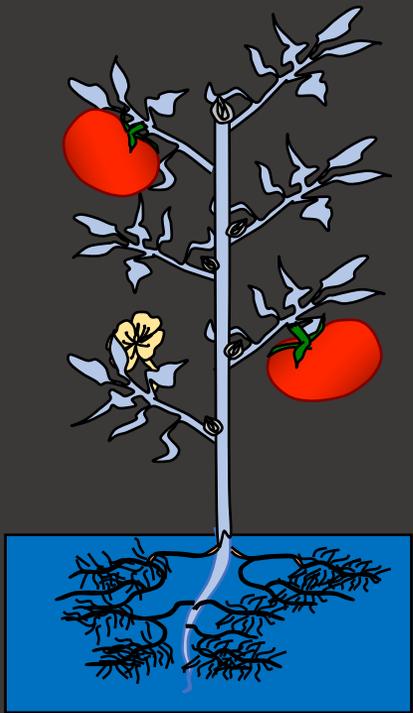
- Les mycorrhizes issus d'une symbiose entre les racines de la plante et le champignon facilitent l'absorption de l'eau et de sels minéraux en augmentant la surface d'échange.

Que deviennent l'eau et les sels minéraux absorbés au niveau des racines ?



- Les matières minérales dissoutes (eau et sels minéraux) absorbées au niveau des racines sont ensuite distribuées dans l'ensemble de la plante.

Vue en trois dimensions d'une feuille après coloration de l'eau dans le sol.

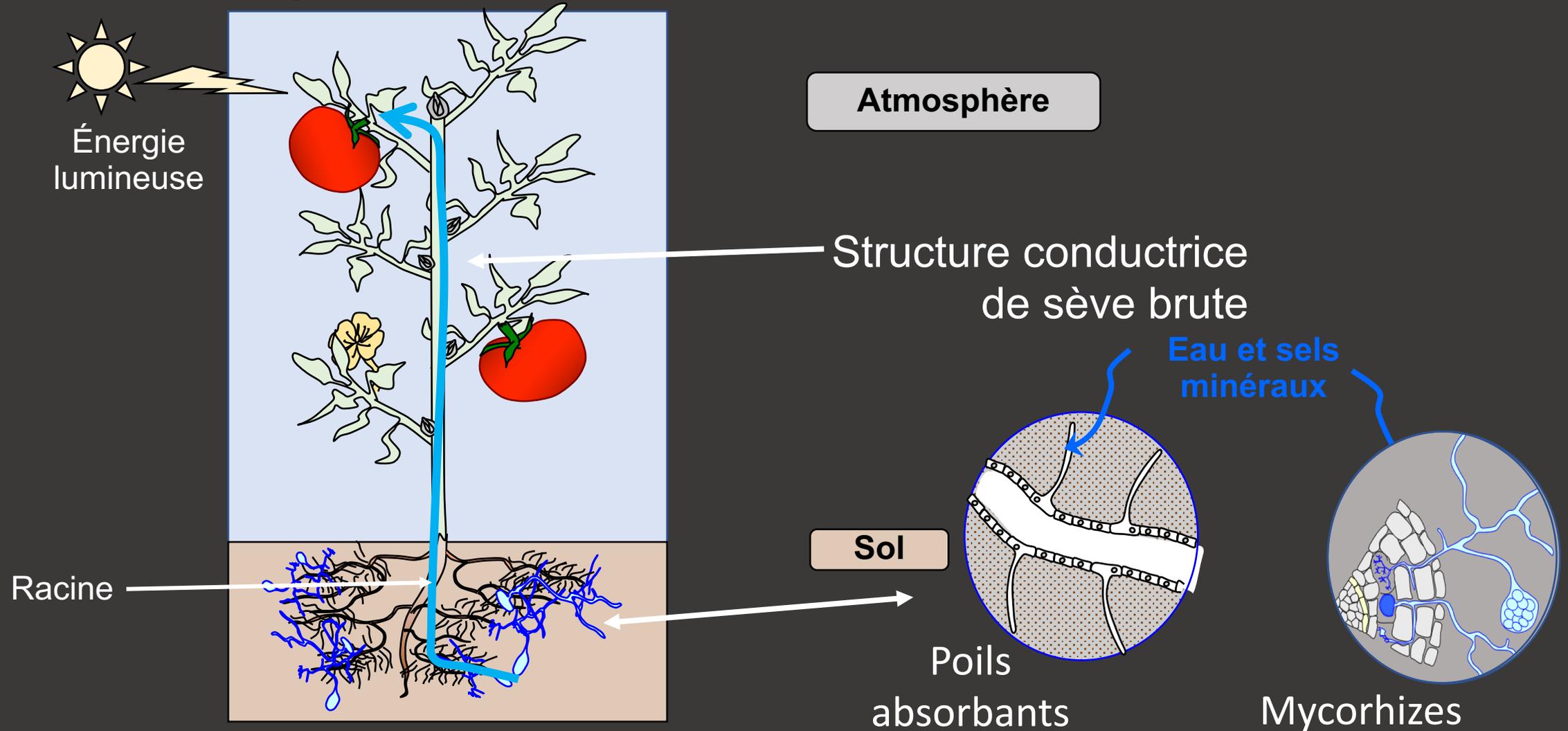


**Cellule végétale de
feuille**

**Structures
conductrices de sève
brute**

- **Les matières minérales sont conduites des racines aux feuilles sous forme de sève brute par des structures spécialisées.**

Les besoins d'un pied de tomate en croissance



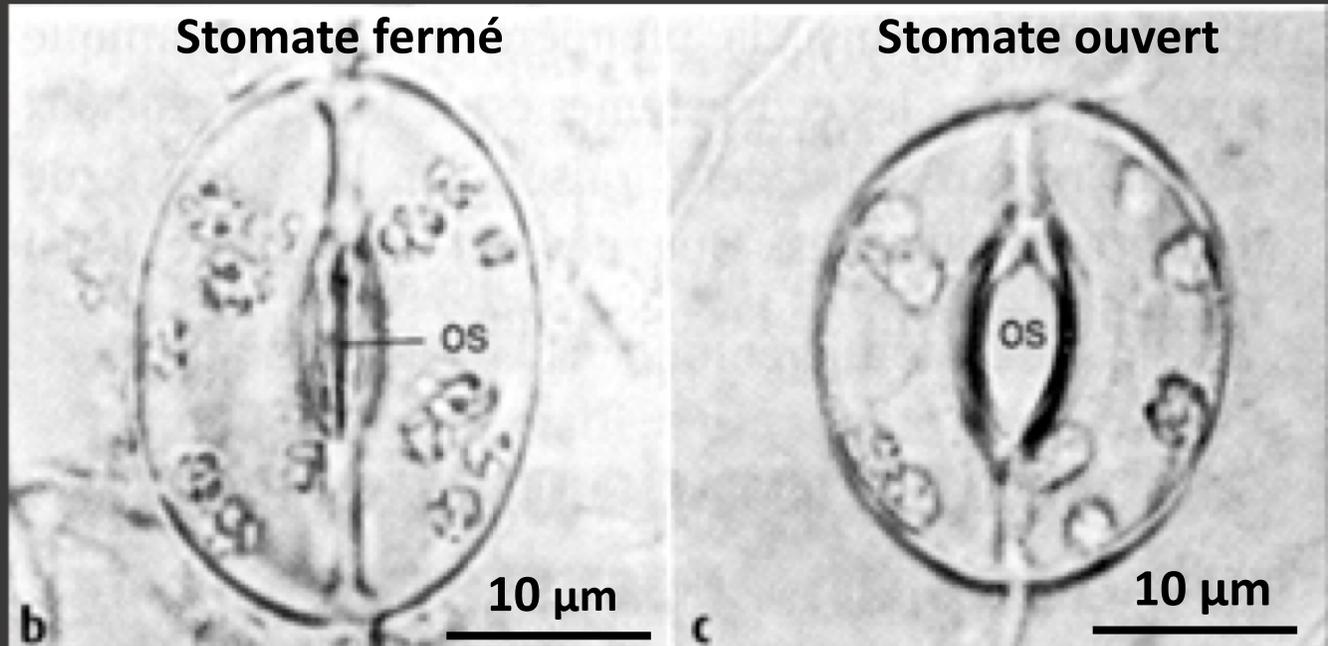
- **L'eau et les sels minéraux sont absorbés au niveau de structures spécialisées.**
- **La sève brute formée est transportée dans des structures conductrices spécialisées jusqu'aux feuilles.**



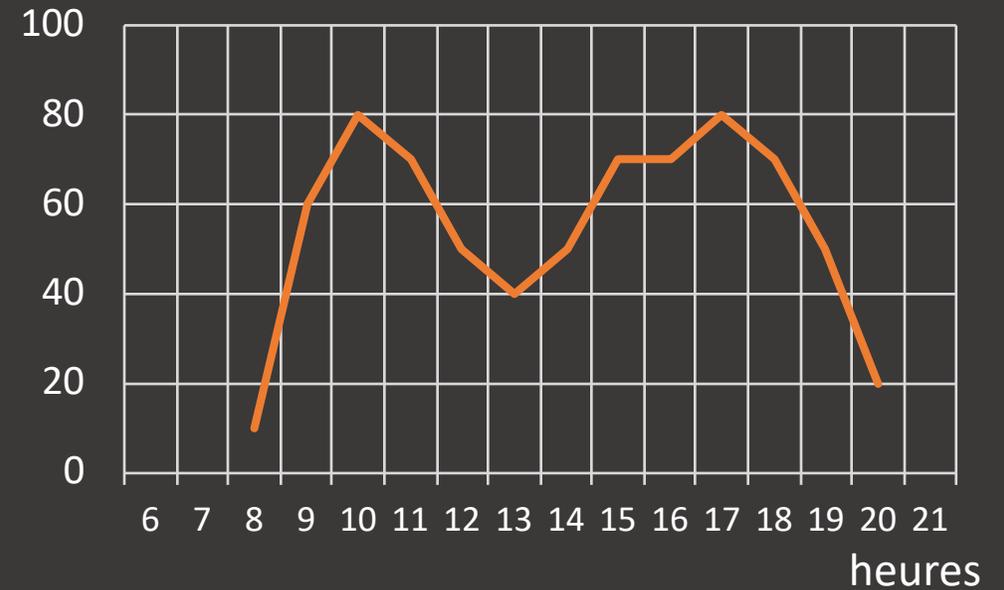
Des structures spécialisées au niveau des feuilles

À l'échelle de la cellule

Variations de l'ouverture des stomates en fonction du temps

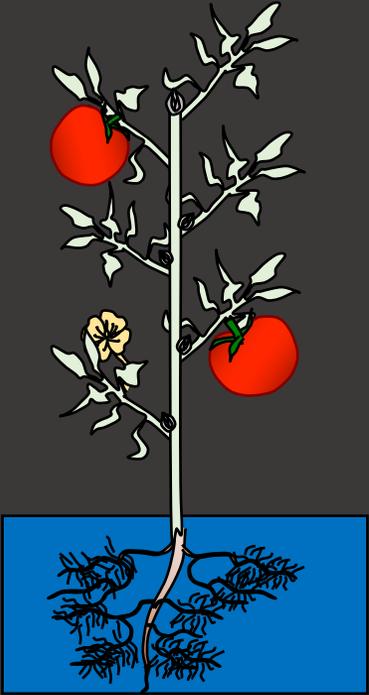


% d'ouverture des stomates sur une feuille

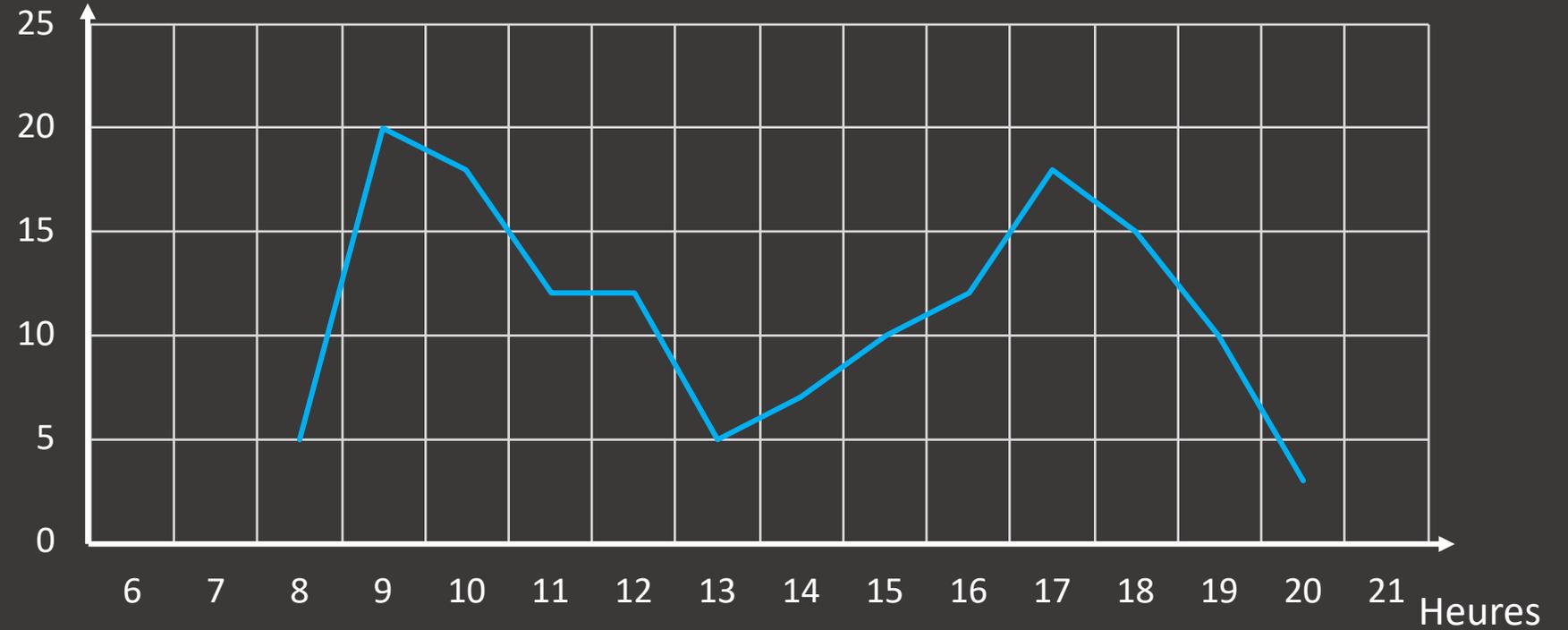


➤ Les stomates sont ouverts à leur maximum aux alentours de 10h et 17h.

Dioxyde de carbone incorporé dans une plante au cours d'une journée



CO₂ incorporé
(ng de CO₂ cm⁻².s⁻¹)

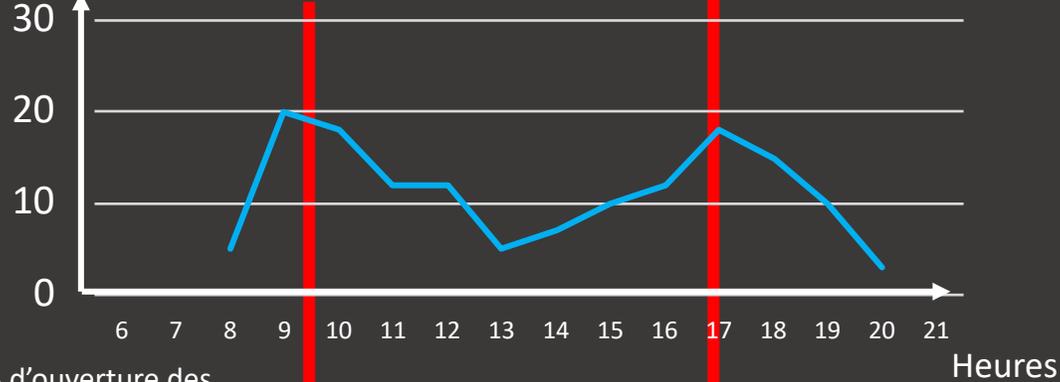


- La plante absorbe un maximum de dioxyde de carbone aux alentours de 9h et 17h.

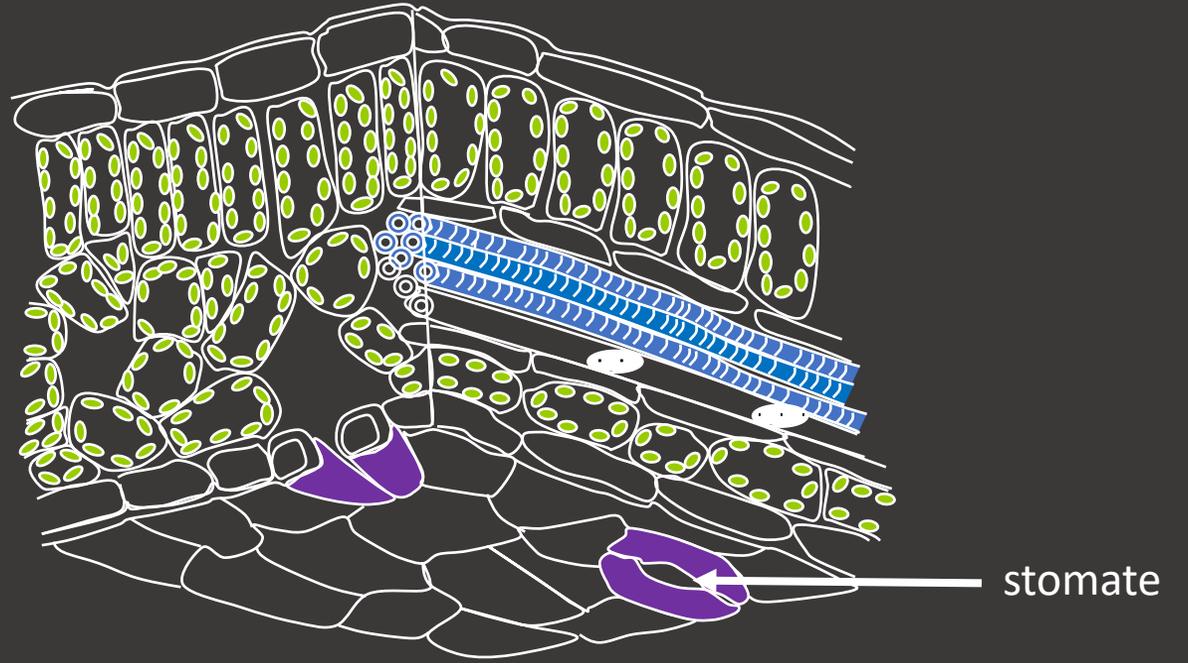
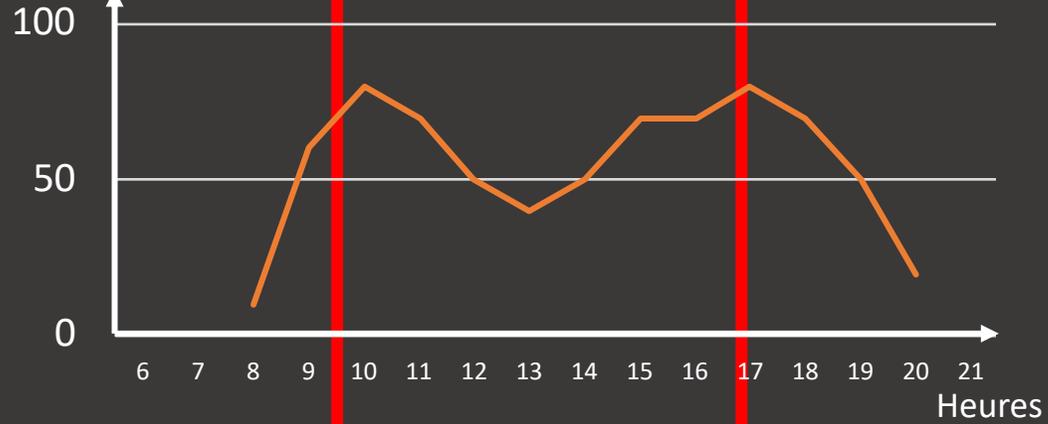
Les stomates : structures spécialisées sur la feuille

CO₂ incorporé

(ng de CO₂ cm⁻².s⁻¹)

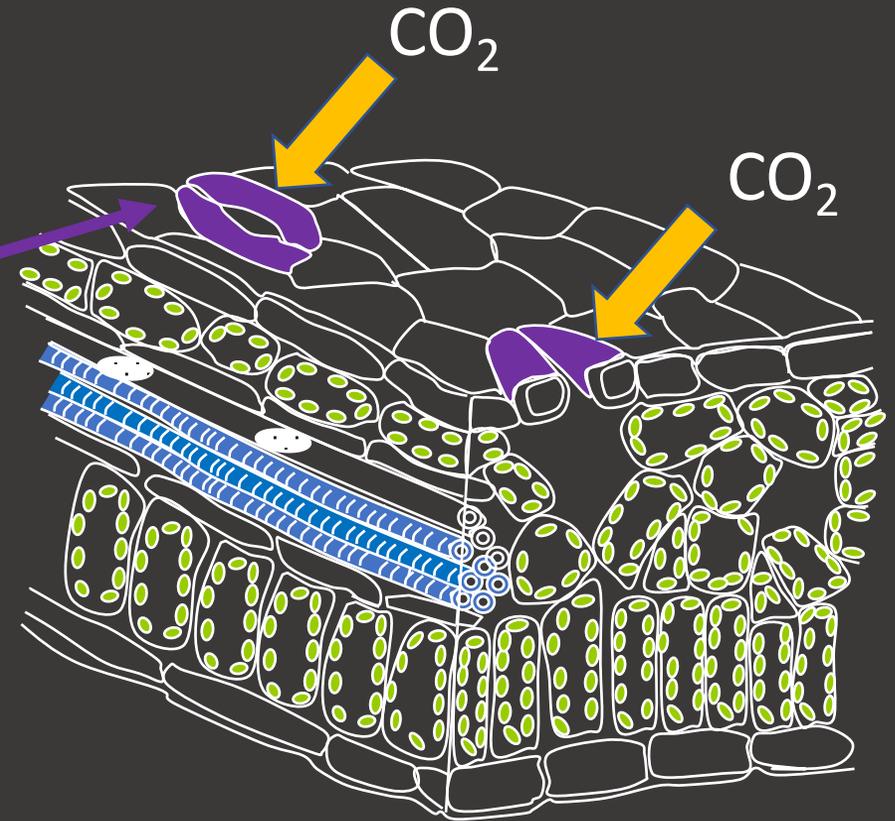


% d'ouverture des stomates sur une feuille



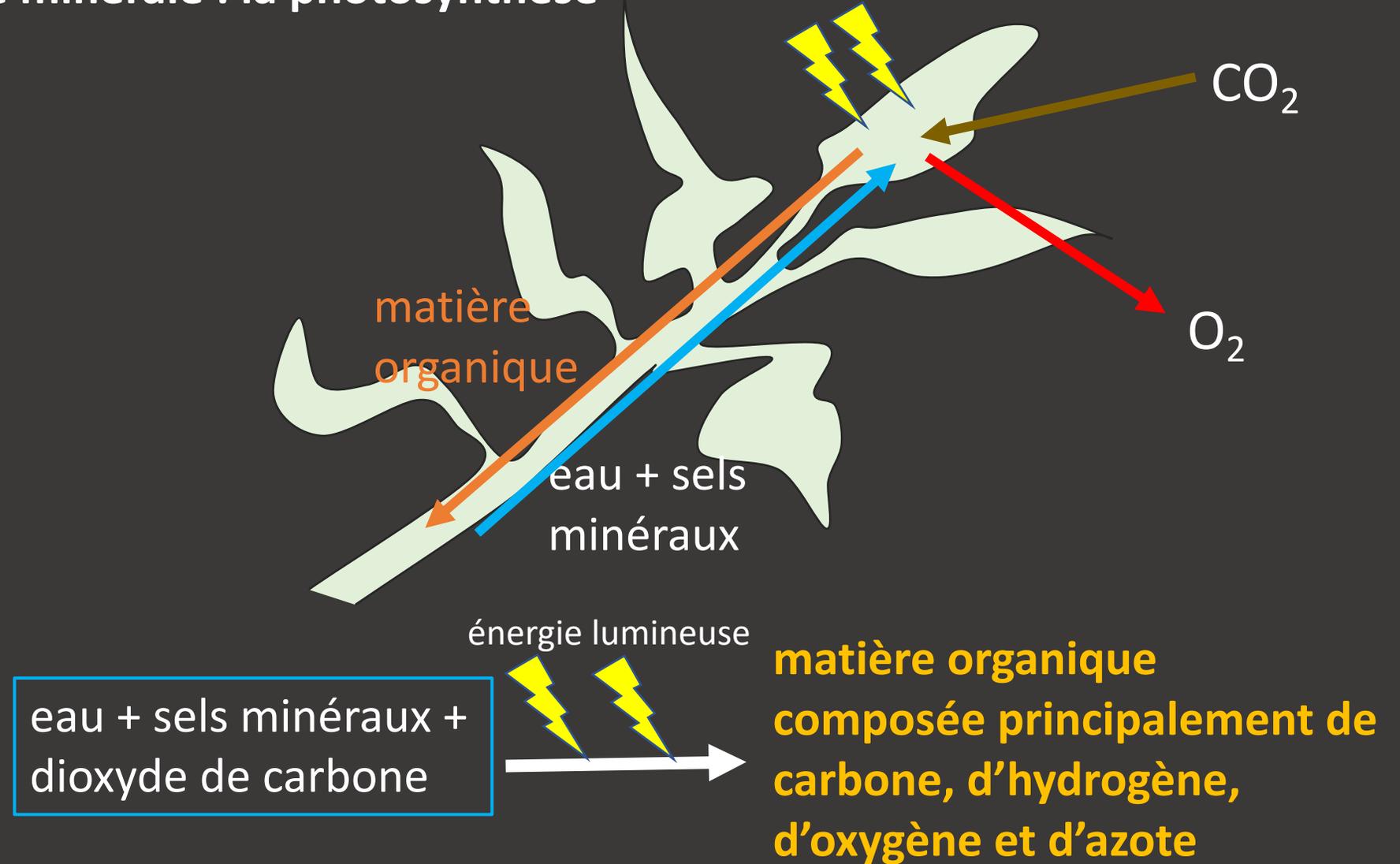
- **L'absorption de la matière minérale gazeuse (CO₂) se fait au même moment que l'ouverture des stomates présents sur les feuilles.**

Le stomate est-il la structure responsable de l'entrée du dioxyde de carbone dans la plante ?



- Des scientifiques ont prouvé que le dioxyde de carbone pénètre dans la plante par les stomates.

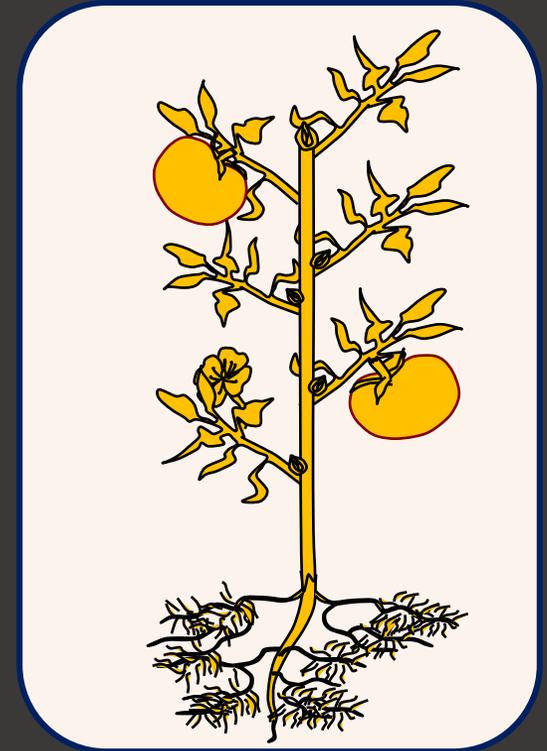
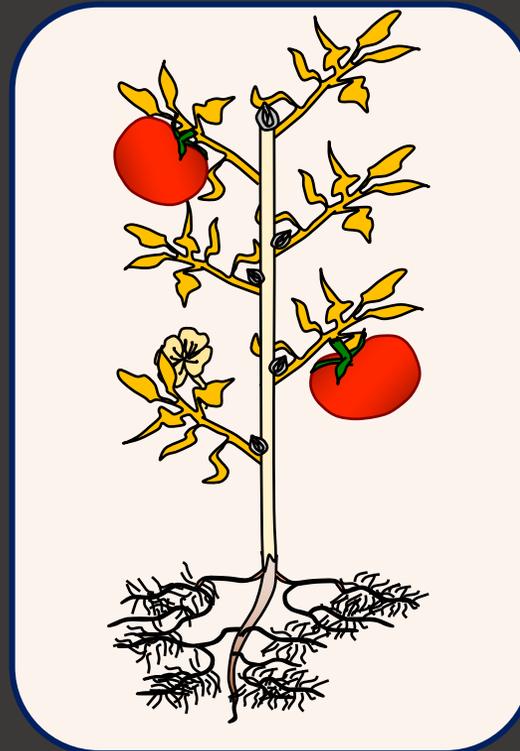
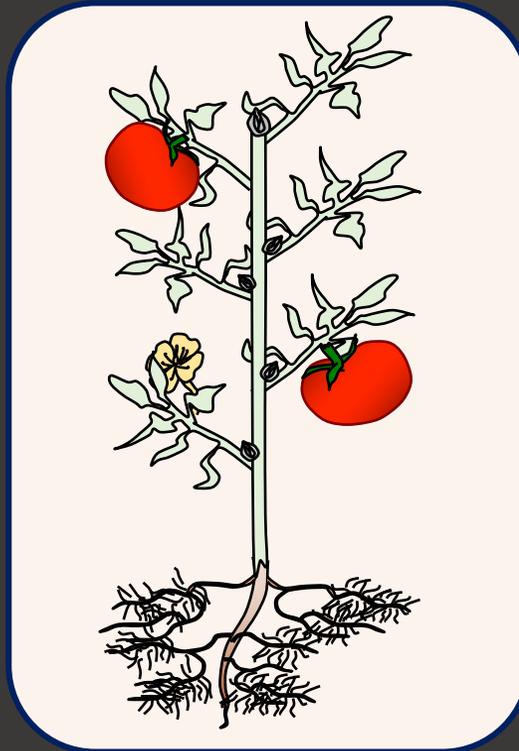
Devenir de la matière minérale : la photosynthèse



- Des transformations chimiques au niveau des feuilles permettent la production de matières organiques nécessaires au fonctionnement du pied de tomate.

Mise en évidence des transports des matières organiques dans des pieds de tomate à l'aide du marquage radioactif

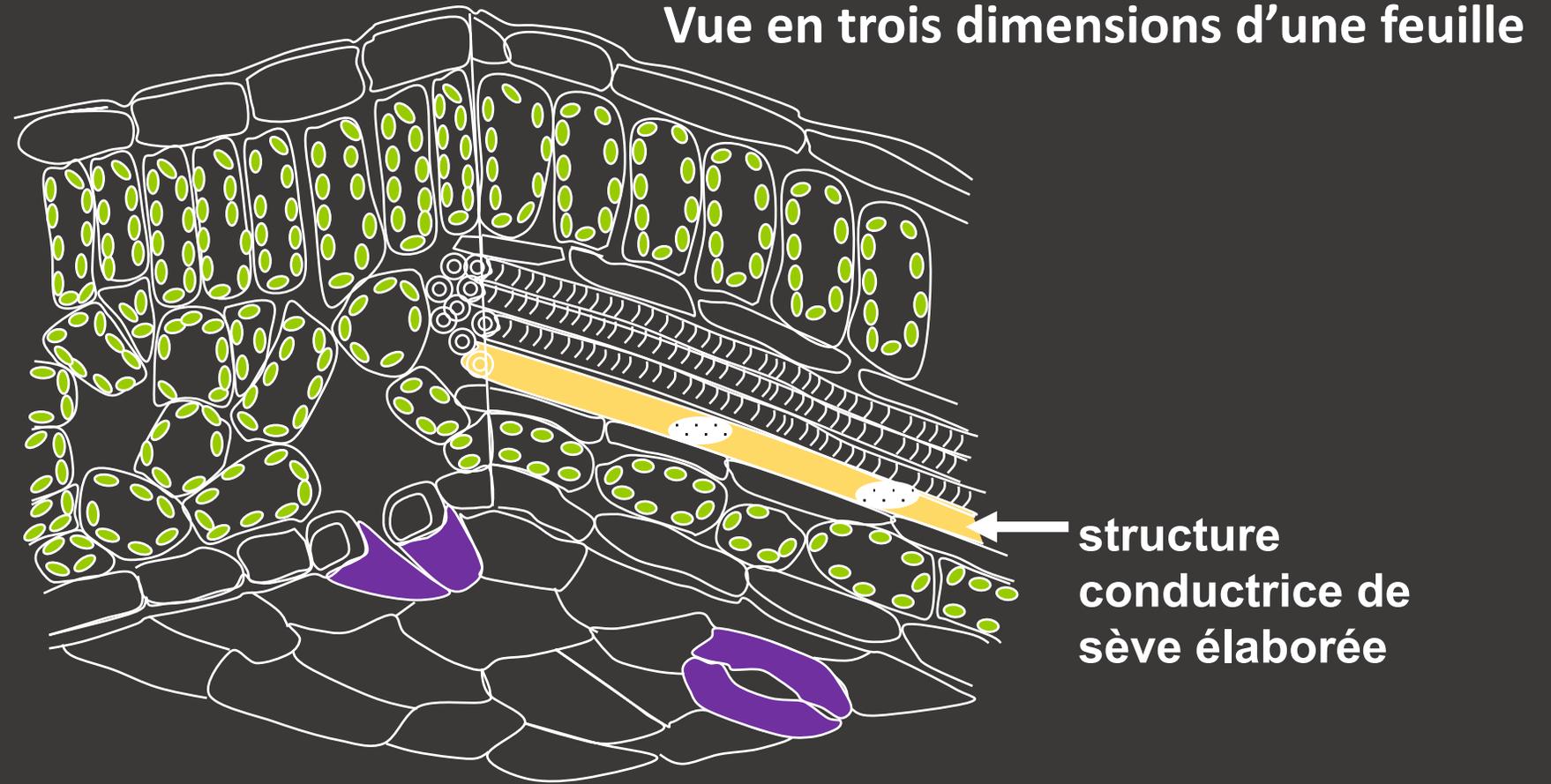
Air dont on a marqué par radioactivité le carbone du CO_2 nécessaire à la fabrication de matière organique.



	Temps 0	Temps 1	Temps 2
Feuilles	Non radioactif	Radioactif	Radioactif
Tiges	Non radioactif	Peu radioactif	Radioactif
Racines et fruits	Non radioactif	Non radioactif	Radioactif

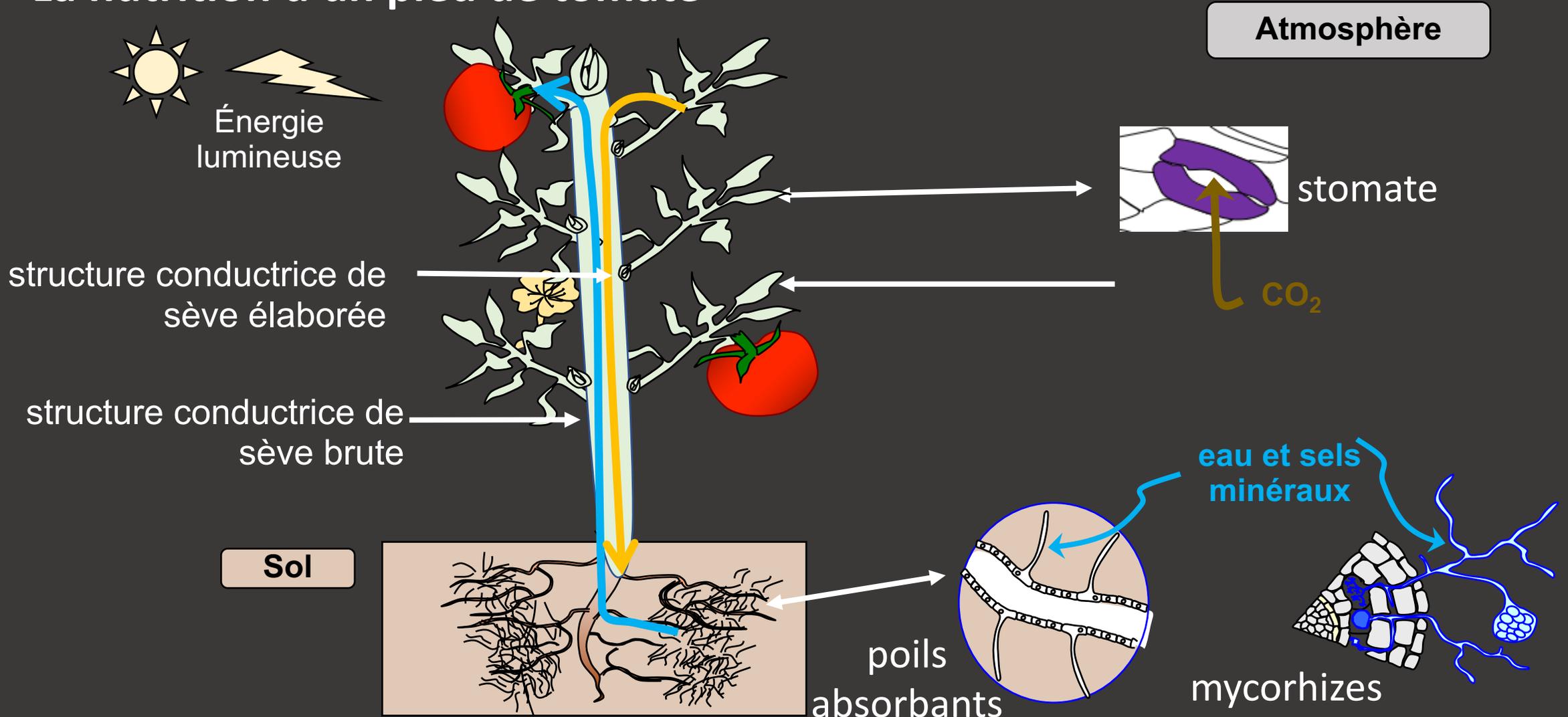
➤ La matière organique est distribuée progressivement des feuilles vers l'ensemble de la plante.

Comment la matière organique produite circule-t-elle dans la plante ?



La distribution de matière organique s'effectue dans des structures conductrices spécialisées qui transportent la sève élaborée des feuilles vers les racines et les fruits (tomates).

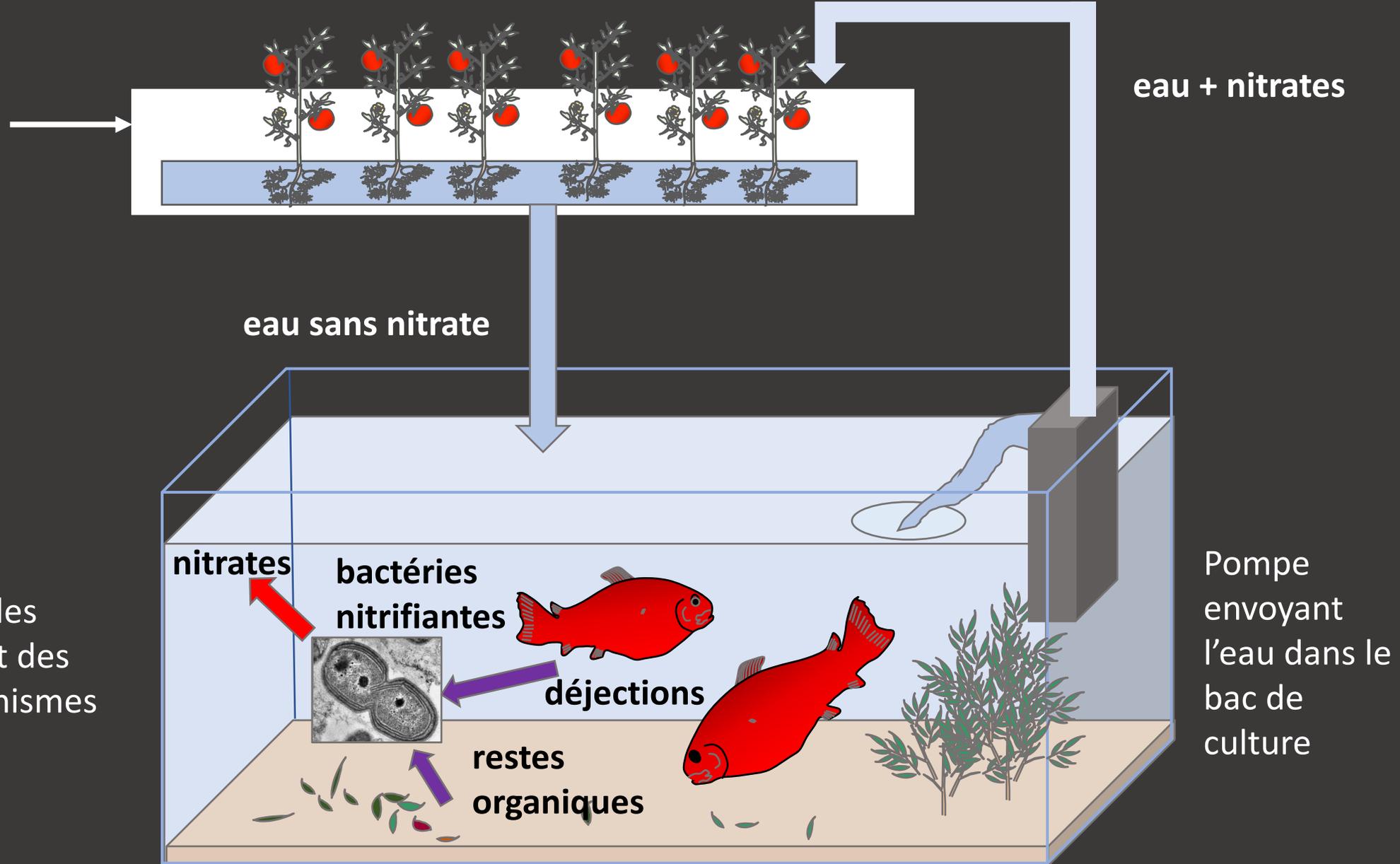
La nutrition d'un pied de tomate



La nutrition des pieds de tomate est assurée par l'apport de matière minérale. Cet apport est rendu possible grâce à de grandes surfaces d'échange et des structures conductrices spécialisées reliant les organes entre eux.

Aquaponie : deux écosystèmes artificiels couplés

Pieds de tomate
hors sol



eau + nitrates

eau sans nitrate

nitrates

bactéries
nitrifiantes

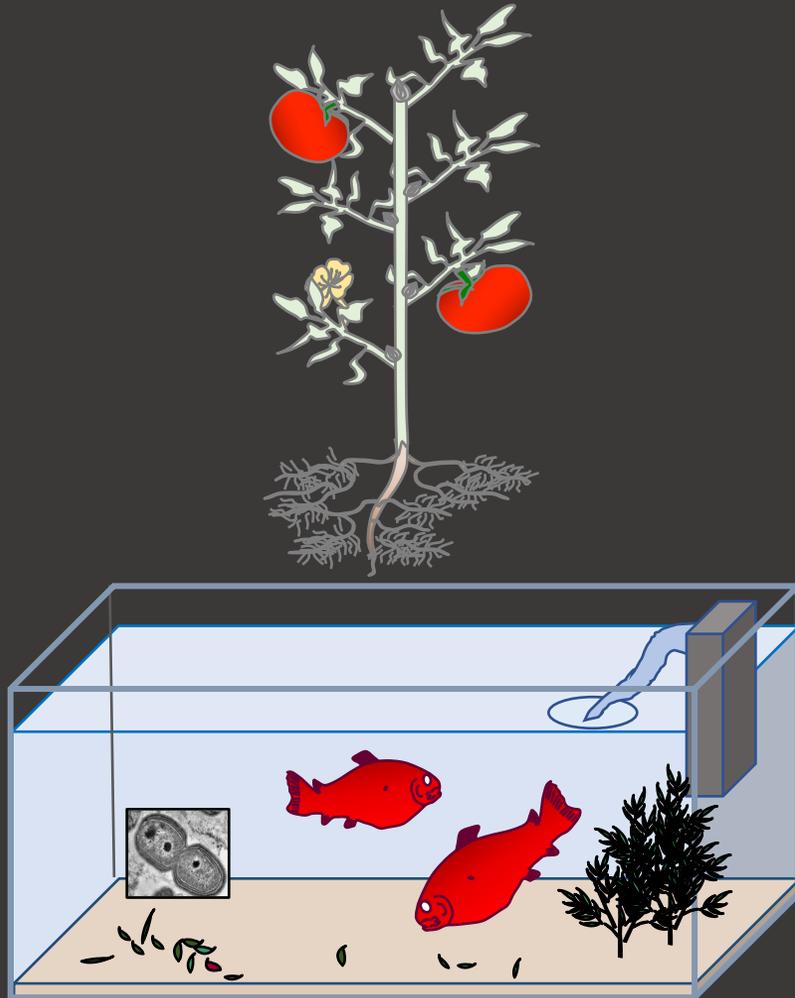
déjections

restes
organiques

Nutrition des
poissons et des
microorganismes

Pompe
envoyant
l'eau dans le
bac de
culture

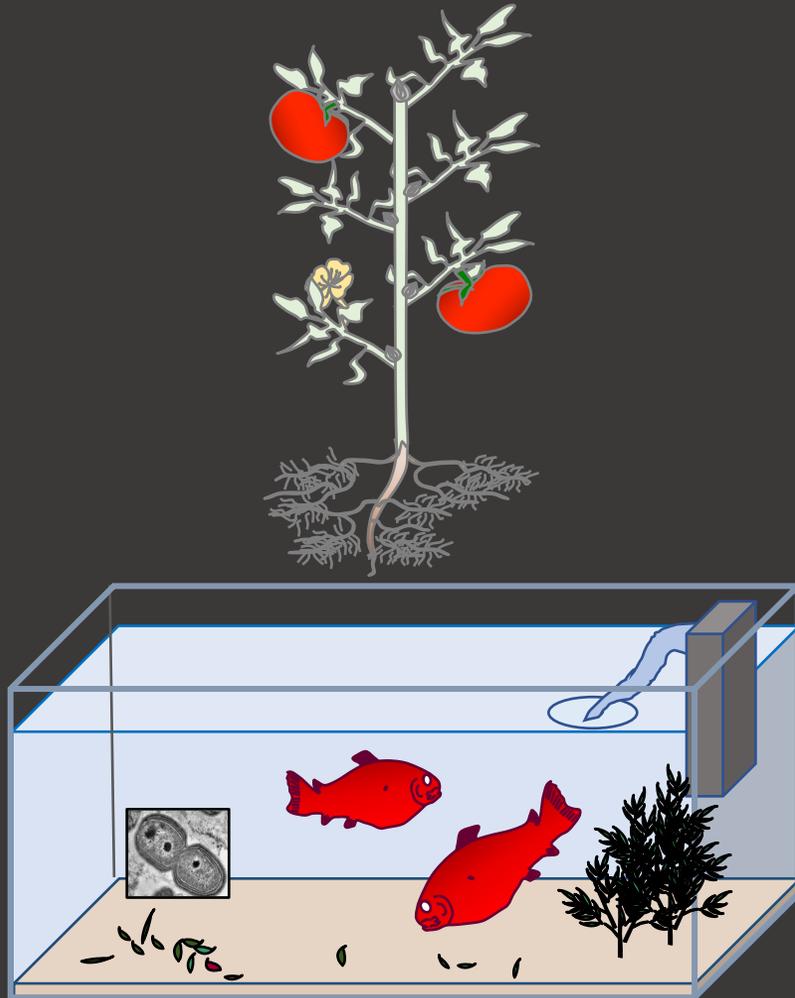
Azote



□ Prélèvement de matière riche en azote

□ Déjection de matière riche en azote

Azote

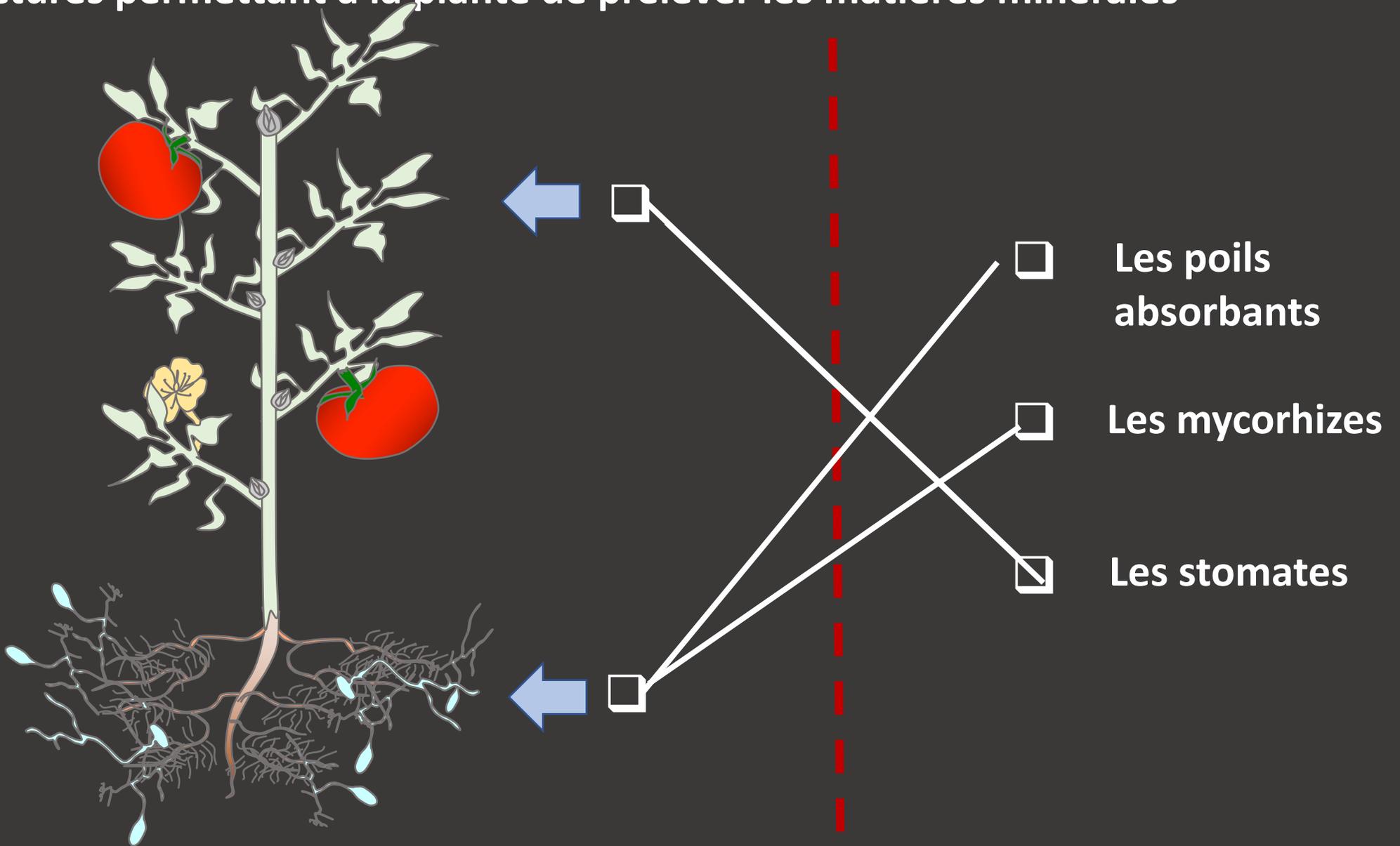


**Prélèvement de
matière riche en
azote**



**Déjection de
matière riche en
azote**

Les structures permettant à la plante de prélever les matières minérales

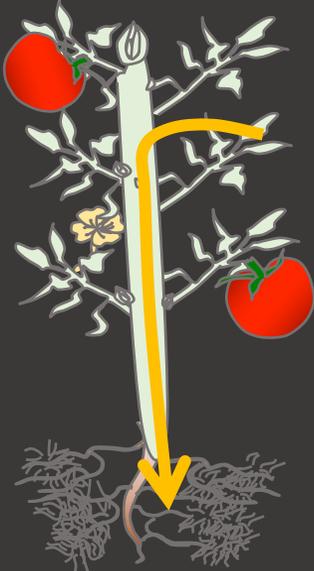


Les structures permettant à la plante de prélever les matières minérales

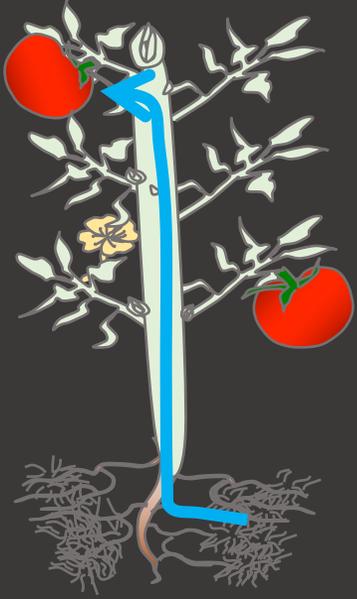


- Les poils absorbants
- Les mycorhizes
- Les stomates

Trajet des sèves

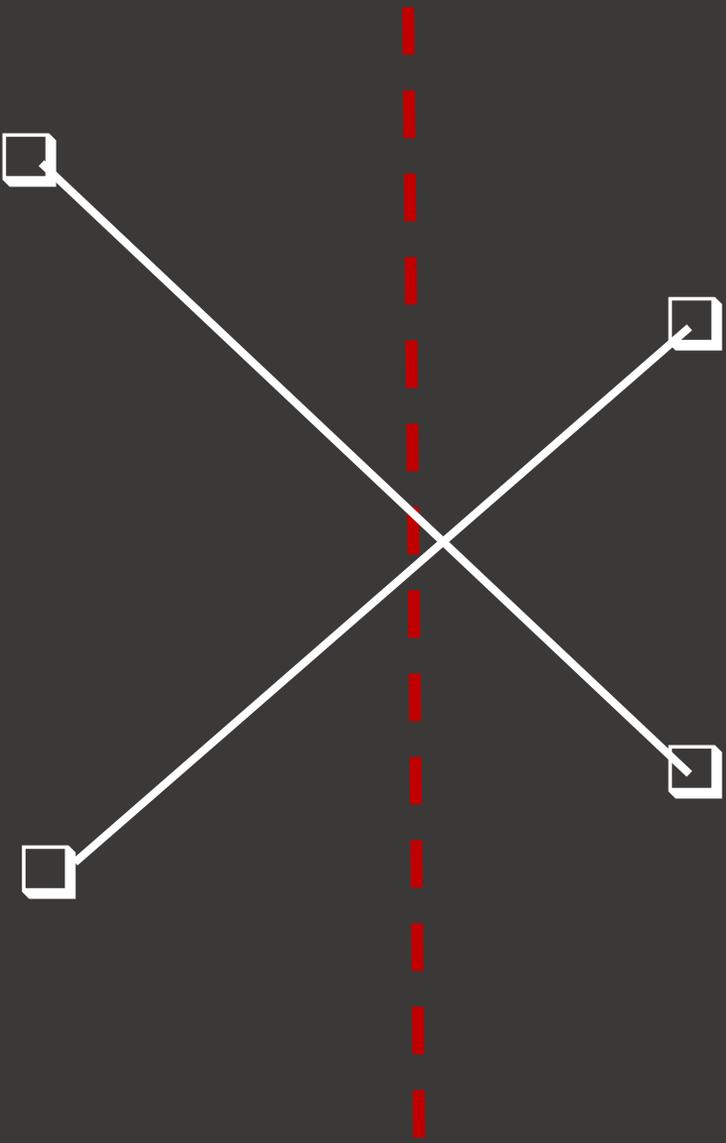
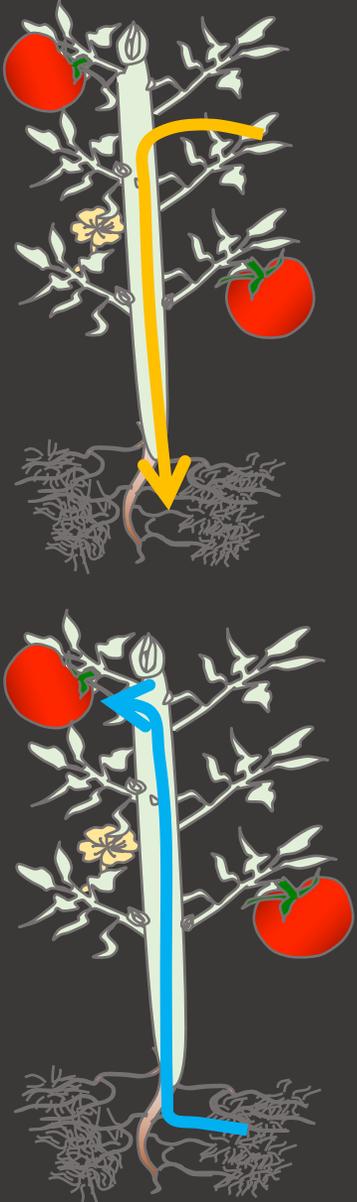


Trajet de la sève brute



Trajet de la sève élaborée

Trajet des sèves



Trajet de la sève brute

Trajet de la sève élaborée

A bientôt

Sources et crédits

Mycorhizes et tomates:

- Inra :

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjdwP_fs_TpAhXDzoUKHQKkC2UQFjAAegQIAxAB&url=https%3A%2F%2Fwww6.inrae.fr%2Fcahier_des_techniques%2Fcontent%2Fdownload%2F5302%2F54008%2Fversion%2F1%2Ffile%2FArt5_Julianus%2BP%2Bet%2Bal.pdf&usg=AOvVaw05pbfhdYSFG27sCP1ei6Xp

- MNHN : <http://edu.mnhn.fr/mod/page/view.php?id=8021>

Les bactéries nitrifiantes: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Nitrification>

Schéma des pieds de tomates réalisées par Christophe Seys et Fanny Michelet à partir de schéma de l'académie de Dijon

Photo microscope poils absorbants : M Roger Prat et M J P Robinstein <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/racine/07-poils.htm>

Photo microscope stomate : M Prat et M Robinstein <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/mouvements/nasties-stomate.htm>

Schéma aquarium: Christophe Seys

Schéma aquaponie: Christophe Seys et Fanny Michelet

Photo de tomates, pieds de tomate : Fanny Michelet

Photo de poissons: Christophe Seys

Schéma mycorhizes, coupe de feuille: schémathèque Dijon