

**DS de biologie végétale**  
**Samedi 15 avril 2023 - rattrapage**  
*Durée : 2 heures*

**Thème 1 – Réponse à une attaque d'herbivore**

**1) Section de limbes de Maïs et conséquences**

Afin de mimer l'action d'un herbivore, des feuilles de Maïs ont été sectionnées. L'étude porte sur les conséquences possibles de la blessure engendrée.

*Remarque : les blessures infligées à la feuille par section ou par la consommation par une chenille ont des conséquences identiques.*

**Document 1.1 – Mesure du potentiel de la membrane plasmique de tubes criblés suite à la section de l'extrémité d'une feuille de maïs**

Le montage ci-dessous permet de mesurer le potentiel membranaire en 2 points distincts du limbe foliaire. Les points A et B sont distants de 1 cm.

*L'étoile symbolise la partie de la feuille sectionnée.*

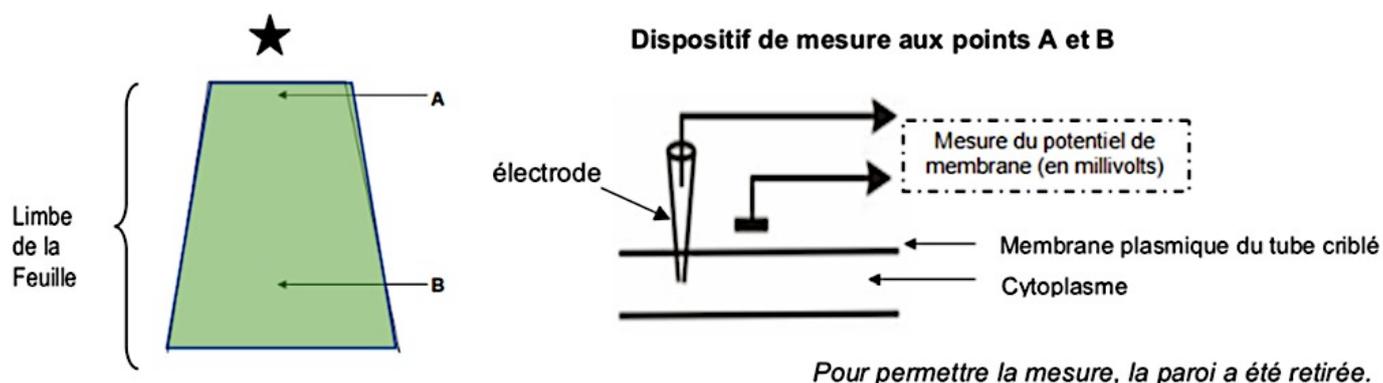


Figure 1 – Dispositif expérimental

Les résultats sont donnés ci-après. Ils sont répétables.

Localisation du point de mesure	Résultat de la mesure avec le dispositif de micro électrodes
Mesure en A ( $t_0 =$ section)	- 157 mV  50 mV 120 sec
Mesure en B le tracé est décalé de + 2 s par rapport à A	- 157 mV  50 mV 120 sec

Figure 2 – Enregistrements du potentiel membranaire des tubes criblés au niveau des points A et B du limbe foliaire sectionné.

Question 1 – Décrivez avec précision l'enregistrement observé au point A.

Question 2 – Proposer une origine possible à chacun des signaux électriques observés.

Question 3 – Calculez la vitesse de déplacement du signal. Comparez-le avec la vitesse de circulation de la sève élaborée, qui est de  $1,5 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$ . Que peut-on en conclure ?

## Document 1.2 – Réponse du limbe de Maïs au signal engendré par la section

La transpiration et l'assimilation de  $\text{CO}_2$  sont mesurées à une distance de 10 cm de la section. Le suivi dure 30 minutes. Des feuilles non sectionnées servent de témoin.

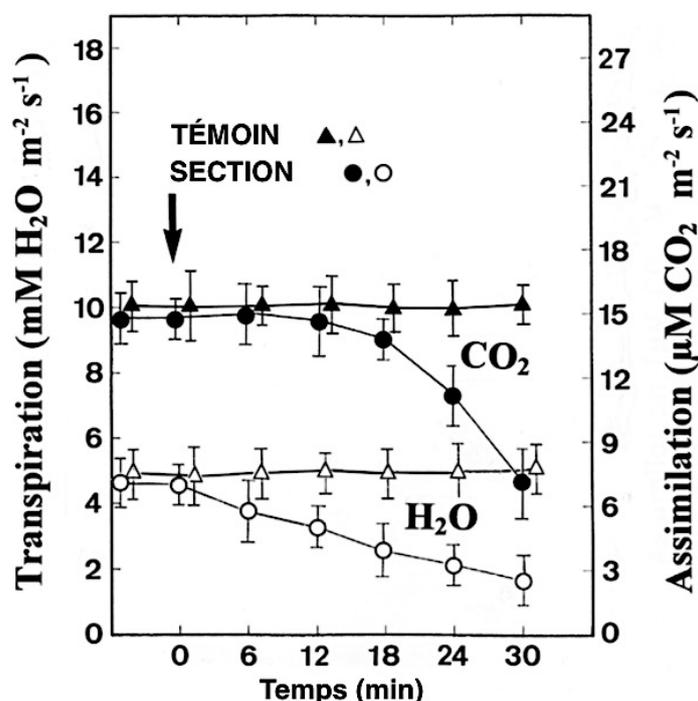


Figure 3 – Suivi de l'assimilation de  $\text{CO}_2$  et de la transpiration après section d'un limbe foliaire (au temps 0). Les résultats s'appuient sur la moyennes des valeurs obtenues avec 10 feuilles pour chaque catégorie (témoin et section). Les barres indiquent l'erreur standard à la moyenne.

Question 4 – Analysez les courbes en ordonnant les évolutions observées d'un point de vue temporel. Proposez un scénario d'action probable.

Source : Fromm & al, *Frontier in Plant Science*, 2013

## 2) Effet des chenilles herbivores sur les feuilles d'*Arabidopsis*

Lorsque des feuilles de la Brassicacée *Arabidopsis thaliana* sont consommées par des chenilles de deux papillons *Pieris brassicae* ou *Sodoptera littoralis*, elles émettent des signaux qui seront à l'origine de l'induction des systèmes de défense à l'échelle de l'ensemble de la plante. Les conséquences observées d'une blessure sont identiques quelle qu'en soit la nature (par section ou par la consommation par une chenille).

### Document 2.1 – Calcium et réponse à une chenille

Des plants d'*Arabidopsis* sont modifiés génétiquement de façon à émettre de la fluorescence lors d'une hausse de  $\text{Ca}^{2+}$  intracellulaire. Ces plants âgés de 2 semaines sont soumis à une attaque par une chenille herbivore, *Pieris brassicae*, et filmés.

L'ensemble de la rosette de feuilles est étudié et la flèche orange localise la feuille (non visible sur les photographies) que la chenille est en train de consommer.

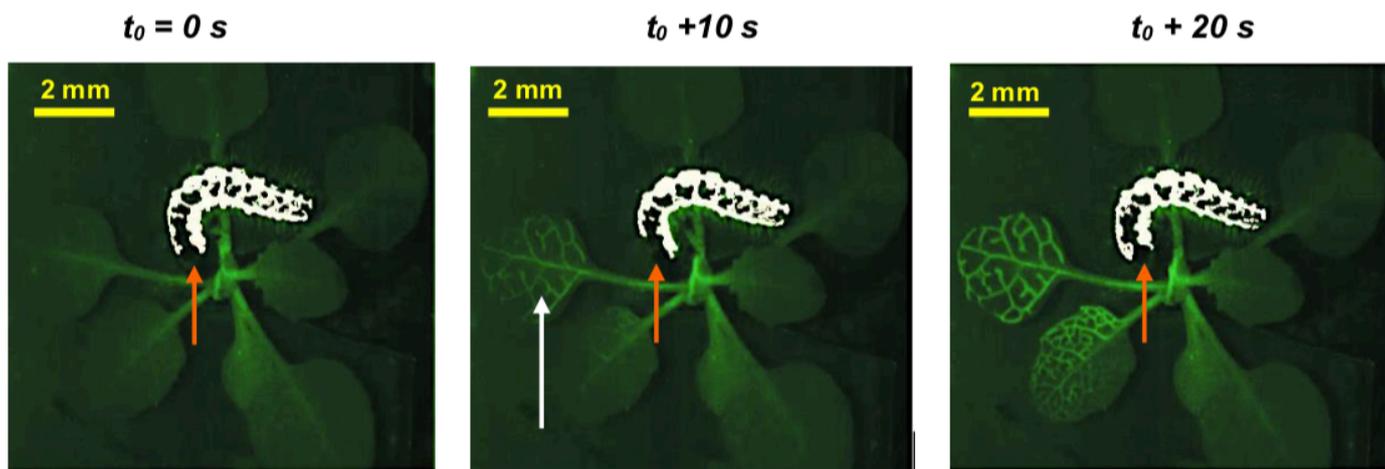


Figure 4 – Trois images extraites d'un suivi vidéo de l'émission de fluorescence par les ions  $\text{Ca}^{2+}$  lors de la consommation de feuille par la chenille *Pieris brassicae* sur un plant de 2 semaines.

Question 5 – Décrivez le phénomène observé lors de la consommation de la feuille. Localisez le signal calcique dans la feuille pointée en blanc. Quel(s) tissu(s) est (sont) susceptible(s) de conduire le signal ?

#### Document 2.2 – Potentiel électrique de la surface de la feuille et calcium intracytoplasmique des tubes criblés

À la différence de l'expérience du document 1.1, la mesure de potentiel électrique a ici été effectuée grâce à un système non invasif d'électrodes disposées à la surface de la feuille consommée par la chenille (et non à l'intérieur d'un tube criblé isolé).

Le suivi est réalisé sur la feuille pointée en blanc sur la figure 4. La chenille commence à manger au temps 10 s.

Question 6 – Comparez **succinctement** la figure 5 avec la figure 2 obtenue sur le limbe de Maïs.

Question 7 – Formulez deux hypothèses reliant les paramètres suivis en figure 5. Vous appuieriez vos hypothèses sur la chronologie des événements.

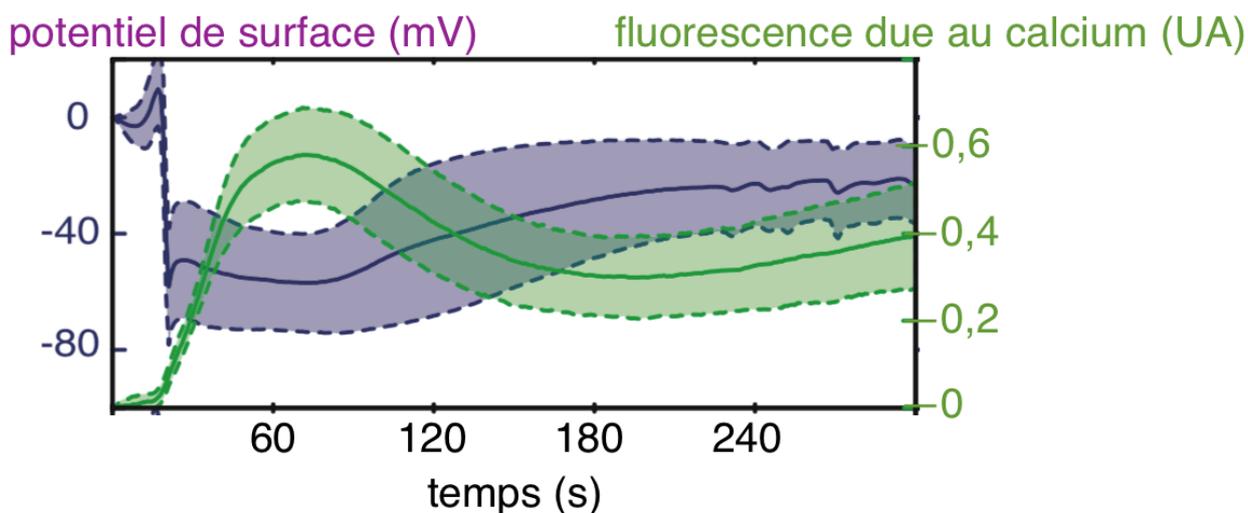


Figure 5 – Suivi du potentiel électrique (en mV) de la surface de la feuille consommée et du contenu cytoplasmique en ions  $\text{Ca}^{2+}$  des tubes criblés (en unités arbitraires UA). La courbe est cernée par un halo qui représente la dispersion des valeurs des 10 plants testés.

Un mutant d'*Arabidopsis* présente un défaut de perméabilité membranaire, qui rend constant son potentiel membranaire, quelles que soient les conditions. On lui soumet le même protocole que le plant sauvage de la figure 5. Une chenille le consomme au temps 10 s.

Question 8 – Expliquez en quoi cette expérience permet de valider l'une de vos hypothèses (précisez bien laquelle).

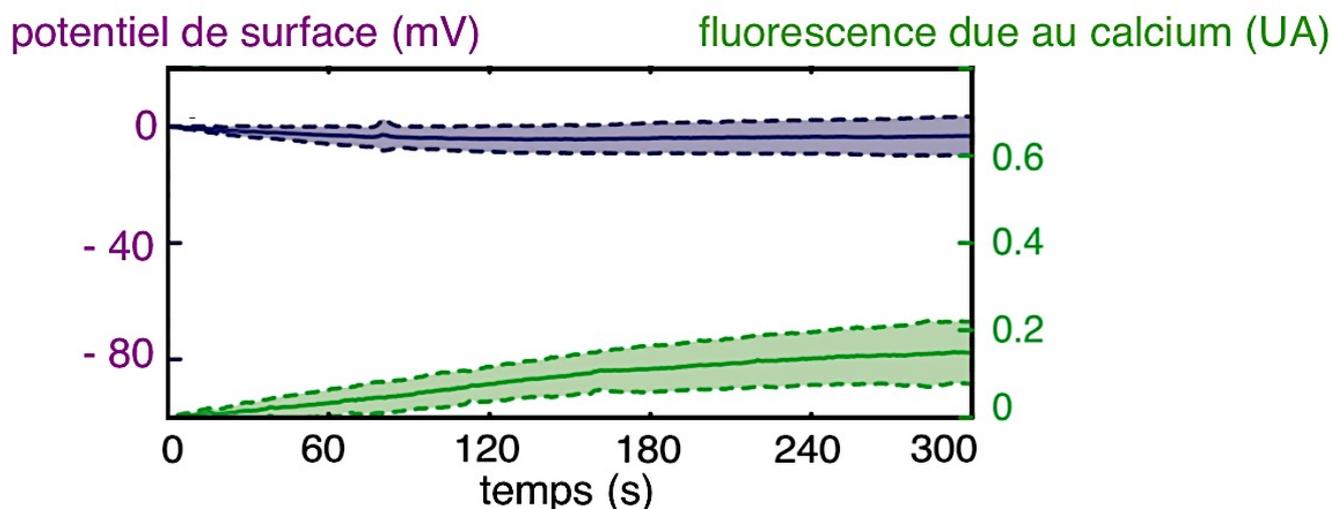


Figure 6 – Même suivi mais sur un plant mutant ne possédant pas les canaux ioniques à l'origine de variations de potentiels électriques membranaires.

### Document 2.3 – Conséquence de l'entrée de calcium dans les cellules du phloème

Dans les cellules végétales, du calcium est stocké dans le réticulum endoplasmique (RE) et la vacuole. Au niveau des cellules compagnes des tubes criblés, les membranes de la vacuole et du RE comportent des protéines transmembranaires GLR, qui sont des canaux à cations dont le calcium. Chez *Arabidopsis*, des mutations sur quatre gènes *glr* codant pour ces protéines transmembranaires ont été mises en évidence. Ces mutations rendent les canaux dysfonctionnels.

Des chenilles du papillon *Sodoptera littoralis* ont été placées sur des plants d'*Arabidopsis* sauvages (WT) ou sur ceux de doubles mutants pour deux des quatre gènes impliqués (*glr* 3.1 + *glr* 3.3 et *glr* 3.3 + *glr* 3.6). On mesure la croissance massique des chenilles au bout de 12 jours passés sur les plants sauvages ou mutés.

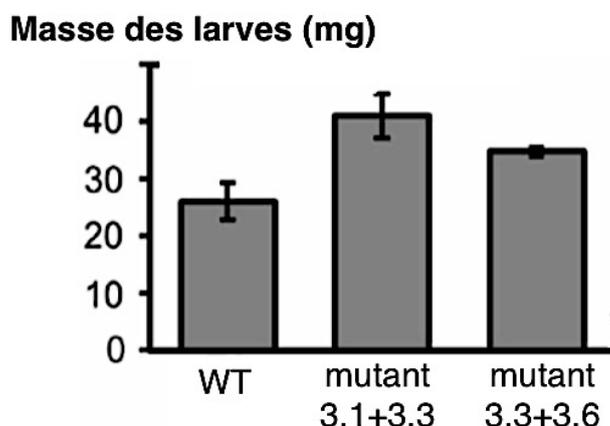


Figure 7 - Masse des larves de *Pieris brassicae* nourries sur les différents mutants *glr*

Question 9 – Montrez à l'aide de la figure 7 que la hausse de  $\text{Ca}^{2+}$  dans le cytosol des cellules compagnes participe à une défense de la plante envers les herbivores.

Question 10 – Réalisez un schéma bilan des réponses à la section d'une feuille par un herbivore.

## Thème 2 – Teneur en nitrates du sol et nutrition des végétaux

Les nitrates sont généralement présents dans la solution du sol à de très faibles concentrations et la quantité en  $\text{NO}_3^-$  biodisponible pour la plante est extrêmement fluctuante.

### 1) Effet de la teneur en nitrates sur l'absorption racinaire

La réponse des racines à une carence nutritionnelle en  $\text{NO}_3^-$  est étudiée. Pour cela, des graines de Colza (*Brassica napus*, Brassicacée) sont mises à germer et croître en milieu sans azote pendant 14 jours. Le 15<sup>ème</sup> jour, la moitié des plants est placée dans un milieu contenant  $1 \text{ mmol.L}^{-1}$  de nitrate (lot A), l'autre restant sans apport d'azote (lot B). Le 16<sup>ème</sup> jour, les plants sont placés dans des milieux contenant une concentration donnée en  $^{15}\text{NO}_3^-$  et le flux entrant est mesuré et présenté dans la figure 1.

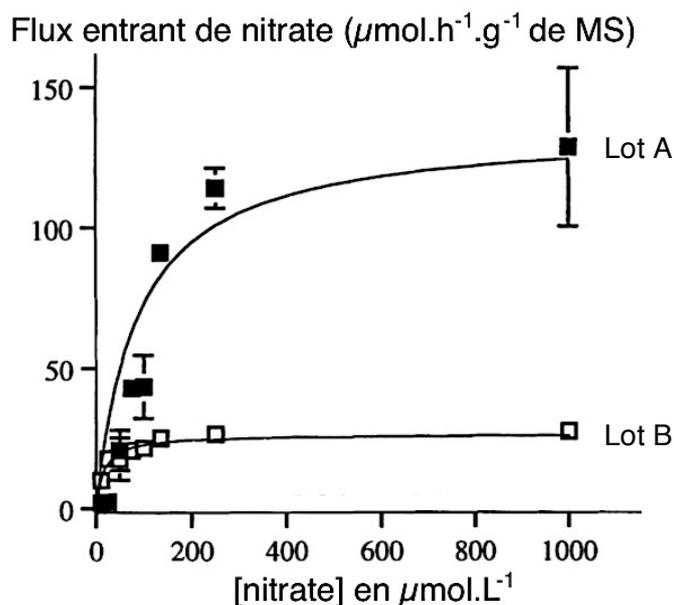


Figure 1 – Vitesse d'entrée des nitrates dans des plants de *Brassica napus* (Colza). Chaque point est obtenu à partir de 3 plants testés. MS = Matière Sèche

Question 1 – Caractérissez le type de cinétique de l'absorption du nitrate et déterminez les paramètres cinétiques usuels.

Question 2 – Comparez les courbes d'absorption pour les deux conditions de culture testées.

Question 3 – Proposez une hypothèse susceptible d'expliquer à l'échelle moléculaire la modification d'absorption entre les plants des lots A et B.

### 2) Effet de la carence en nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) sur la distribution du carbone dans la plante

La chicorée (*Cichorium intybis*, Astéracée) est une plante bisannuelle. Elle développe une partie aérienne sous forme de rosettes de feuilles et une racine tubérisée qui accumule du carbone sous forme de fructanes (homopolymères de fructose).

**Expérience** : Les plants de chicorée sont alimentés par une solution à forte Teneur en Nitrate ( $4 \text{ mmol.L}^{-1}$ , noté TN+) ou faible Teneur en Nitrate ( $0,6 \text{ mmol.L}^{-1}$ , noté TN-).

Les plantes sont soumises à une période de pulse de  $^{14}\text{CO}_2$  (apport du précurseur radioactif pendant 5 minutes) suivie d'une période de chasse de  $^{12}\text{CO}_2$  (apport du même précurseur non marqué) au stade 120 jours de végétation.

En ordonnée pour les 3 graphiques : pourcentage de Radioactivité Initialement Incorporée (% RII)

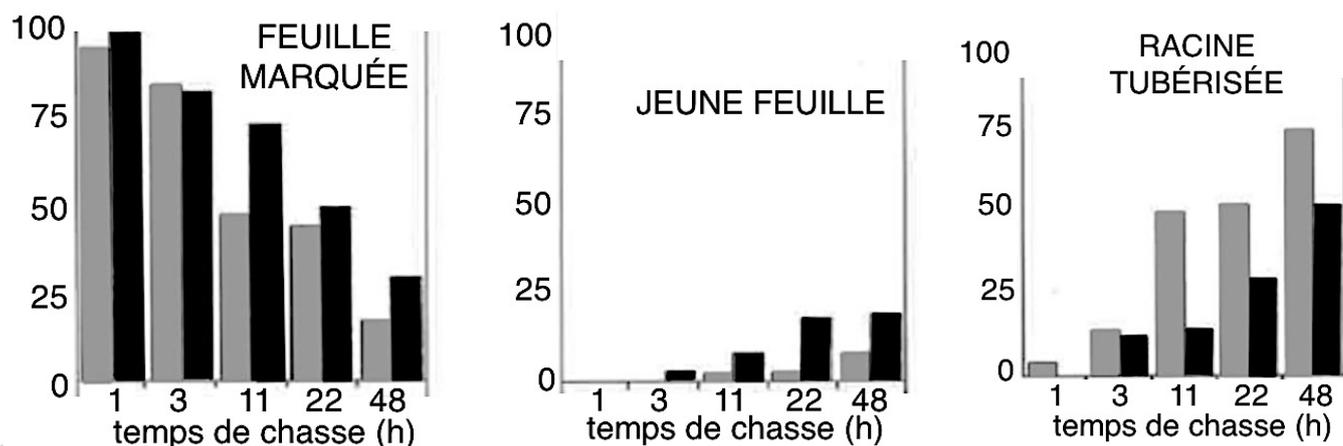


Figure 2 – Après le pulse, mesures de la radioactivité  $^{14}\text{C}$  dans la feuille marquée, les jeunes feuilles et les racines tubérisées au bout d'intervalles de temps de chasse variables. En gris : TN- et en noir : TN+.  
Source : Améziane & al, Journal of Experimental Botany, 1995

Question 4 – Définissez les notions d'organes sources et d'organes puits de la nutrition carbonée et expliquer en quoi les résultats expérimentaux du document 2 illustrent ces notions.

Question 5 – Comparez et discutez la répartition des assimilats entre les 2 organes puits pour les 2 conditions expérimentales (TN+ ou TN-).

D'autres mesures sont réalisées pour des plantes (stade 120 jours après le semis) alimentées par une forte teneur (TN+) ou faible teneur (TN-) en  $\text{NO}_3^-$ .

On a quantifié le rapport de la biomasse aérienne sur la biomasse racinaire.

Traitement	$[\text{NO}_3^-]$	Rapport $\frac{\text{Biomasse des feuilles}}{\text{Biomasse des racines}}$
TN+	4 mmol.L <sup>-1</sup>	3,2 (p = 0,05)
TN-	0,6 mmol.L <sup>-1</sup>	0,96 (p = 0,02)

Figure 3 – Tableau d'analyse de lots de 6 plants développés en sol enrichi ou non en nitrate  
La valeur entre parenthèse représente la valeur statistique de P.  
Source : Améziane & al, Journal of Experimental Botany, 1995

Question 6 – En confrontant ces données à celles de la figure 2, analysez ces résultats.

Question 7 – Concluez sur l'effet de la diminution de l'apport nutritif en nitrates vis-à-vis du développement des organes souterrains de la chicorée.

Trois enzymes interviennent dans la synthèse de la molécule stockée dans le tubercule : le fructane, homopolymère de fructoses. Ces enzymes sont notées SST (sucrose-sucrose fructosyl transférase), SS pour sucrose synthase et INV (pour invertase acide). Leur activité a été comparée dans les racines de plants carencés (TN-) ou non (TN+) en nitrates.

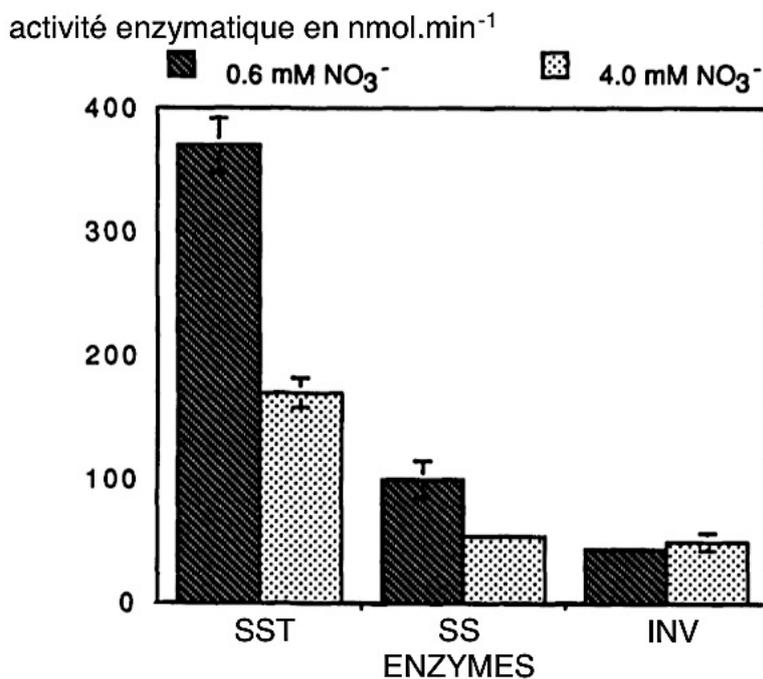


Figure 4 – Effet de la carence en nitrates sur l'accumulation de réserves dans le tubercule.

La mesure s'est faite sur 2 lots de 3 plants de 120 jours.  $P < 0,05$

Source : Améziane & al, *Journal of Experimental Botany*, 1995

Question 8 – Déterminez l'effet de la carence en nitrate sur la mise en réserve.

Question 9 – Réalisez un schéma bilan de tout ce thème, montrant les différents effets d'une carence en nitrate dans une plante.