

## EXERCICE 1 : Rédaction d'un texte argumenté répondant à la question scientifique posée. (7 POINTS)

### Les sèves des plantes à fleurs

Les végétaux présentent une organisation fonctionnelle adaptée à un mode de vie fixée. Ils sont dotés de structures d'échanges et de transport.

#### QUESTION

**Expliquer les besoins nutritifs des plantes et les mécanismes permettant la production et la circulation des sèves de l'échelle de l'organisme à l'échelle de l'organe.**

Document : composition moyenne comparée de quelques éléments de la sève brute et de la sève élaborée.

	Sève brute	Sève élaborée
H <sub>2</sub> O (en %)	99	80
Glucides (saccharose et autres glucides solubles) (en g/L)	Traces	100 à 300
Ions minéraux (en g/L)	0,2 à 4	1 à 5

*Vous rédigerez un texte argumenté qui s'appuiera sur le document proposé, complété si besoin d'expériences et/ou d'observations et/ou d'exemples judicieusement choisis.*

#### Introduction

Pour se nourrir, les plantes chlorophylliennes prélèvent des éléments dans le sol par leur appareil racinaire, et dans l'atmosphère par leur appareil aérien (tige feuillée). Des transferts de matières entre ces deux appareils sont indispensables à la nutrition de tous les organes. Ils sont assurés grâce à la production et à la circulation des sèves brute et élaborée.

**Nous nous proposons d'expliquer** les besoins nutritifs des plantes et d'analyser les mécanismes permettant la production et la circulation des sèves dans un environnement — sol comme atmosphère — où les nutriments sont présents en faible concentration.

#### I. Les sèves et la nutrition des plantes

##### A. Spécificités de la nutrition des plantes chlorophylliennes

Les plantes chlorophylliennes sont autotrophes : elles se développent en produisant leurs matières organiques à partir de nutriments minéraux : eau, ions (nitrates par exemple) et dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).

Cependant, seuls les organes aériens, et en particulier les feuilles, sont autotrophes, grâce à leur capacité à réaliser la photosynthèse.

Appareils aérien et souterrain jouent donc un rôle différent dans la nutrition de la plante. L'appareil souterrain prélève l'eau et les ions minéraux dans le sol alors que l'appareil aérien est le siège de la synthèse de matières organiques par photosynthèse.

Toutes les cellules des organes de la plante ont besoin d'être alimentées en eau, ions et matières organiques. Cela implique des transferts de matières entre organes aériens et souterrains. Ils sont assurés par une double circulation, celle de la sève brute et celle de la sève élaborée.

##### B. Caractéristiques de la sève brute et de la sève élaborée

Le document indique que l'eau est le principal constituant des deux types de sèves. Les autres substances sont dissoutes dans l'eau : les sèves sont donc des solutions.

La sève brute est une solution très diluée puisque le pourcentage de l'eau est de 99 %. Les solutés sont surtout des ions minéraux ; les glucides, seules matières organiques, sont à l'état de traces. La sève brute se forme au niveau des racines par prélèvement dans la solution du sol.

Par rapport à la sève brute, la sève élaborée est une solution beaucoup plus concentrée (pourcentage de l'eau : 80 %). Les solutés sont surtout des glucides, en particulier le saccharose (forme de transport du glucose). Cette richesse en matières organiques traduit sa formation dans les feuilles par photosynthèse.

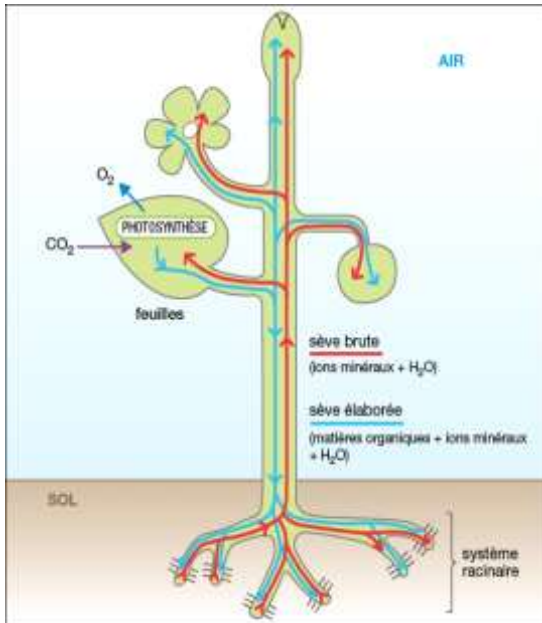
N.B. : la sève élaborée n'est pas plus riche en ions minéraux que la sève brute. Elle est simplement moins riche en eau, ce qui concentre les ions.

##### C. La circulation des sèves et la nutrition des organes de la plante

À partir de leur lieu de formation, les sèves circulent dans toute la plante.

La sève brute atteint tous les organes aériens de la plante, c'est pourquoi on la qualifie de sève ascendante. La sève élaborée est véhiculée jusqu'à tous les organes incapables de photosynthèse : les racines, mais aussi les bourgeons en croissance, les fleurs et les fruits avec leurs graines (figure 1).

La double circulation des sèves est assurée par des tissus conducteurs ayant des caractéristiques différentes :



- les vaisseaux du xylème, constitués par des files de cellules cylindriques mortes, réduites à leur paroi lignifiée, et dont les cloisons transversales ont disparu, qui sont de véritables « pipelines » à sève brute ;
- les tubes criblés (vaisseaux du phloème), constitués de files de cellules vivantes, allongées, dont les parois transversales sont criblées d'orifices, qui véhiculent la sève élaborée.

Les vaisseaux du xylème et les tubes criblés forment deux systèmes continus, parallèles et associés dans tous les organes de la plante.

Figure 1. La double circulation des sèves dans la plante

## II. La production de la sève brute

### A. L'absorption de la solution du sol par le système racinaire

L'appareil racinaire est extrêmement ramifié. Ce sont les racines les plus fines, jeunes, très nombreuses, qui assurent l'essentiel du prélèvement d'eau et d'ions minéraux dans la solution du sol. Leur croissance permanente, liée aux mitoses de leur méristème,

suivies de l'élongation des cellules nouvellement produites, leur permet d'explorer des surfaces nouvelles.

À proximité de l'extrémité d'une racine se trouve la zone pilifère. Elle est constituée par des poils absorbants de quelques millimètres de long. Constamment renouvelée, elle suit l'allongement de la racine dans le sol.

Le nombre de poils absorbants d'une plante est estimé à plusieurs milliards pour une plante herbacée comme un pied de seigle ou de blé. Cela représente une surface de contact avec la solution du sol de 400 m<sup>2</sup> pour un pied de blé.

De nombreuses espèces d'arbres, dont les racines ne présentent pas de zone pilifère, assurent le prélèvement d'eau et d'ions grâce à une association symbiotique de leurs racines avec des filaments de champignons. Cette association est appelée mycorhize. Les filaments forment un feutrage autour des jeunes racines et pénètrent même à l'intérieur. Ils s'étendent dans le sol autour des racines, explorant pour le compte de la plante une surface de sol beaucoup plus importante que la surface racinaire. Ainsi, sous 1 m<sup>2</sup> de sol arboré, la surface des mycorhizes représente environ 100 m<sup>2</sup>.

L'importance de cette association pour la plante a été confirmée par des expériences montrant que la croissance de plants mycorhizés était, notamment sur des sols pauvres, nettement supérieure à celle de plants non mycorhizés de la même espèce.

### B. la formation de la sève brute des vaisseaux

L'eau et les ions minéraux prélevés gagnent ensuite les vaisseaux situés à l'intérieur des racines, en circulant dans les parois des cellules et en passant de cellule en cellule.

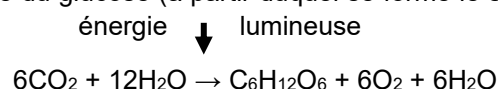
Plus de 90 % de l'eau de la sève brute arrivant aux feuilles s'évapore dans l'atmosphère : c'est la transpiration foliaire qui est le principal moteur de l'ascension de la sève brute.

## III. La production de la sève élaborée

### A. Optimisation de l'exposition à la lumière des feuilles et photosynthèse

Contrairement à la production de la sève brute, celle de la sève élaborée ne se limite pas au prélèvement des nutriments dans l'environnement. Les glucides de la sève élaborée sont synthétisés dans les chloroplastes, de gros organites cellulaires, par photosynthèse.

En prenant comme exemple la synthèse du glucose (à partir duquel se forme le saccharose), l'équation-bilan de la photosynthèse est :



Les molécules d'eau, au même titre que celles du CO<sub>2</sub>, sont des éléments utilisés par les cellules chlorophylliennes des feuilles pour la synthèse des glucides de la sève élaborée.

Les atomes d'oxygène des molécules de dioxygène produites proviennent des molécules d'eau (comme mis en évidence par les expériences Ruben et Kamen au milieu du XX<sup>ème</sup> siècle). Globalement, la photosynthèse est une réaction d'oxydo-réduction où l'eau est oxydée (photolyse) et le CO<sub>2</sub> réduit. Cette réaction est non spontanée : elle se réalise grâce à l'énergie lumineuse captée par les pigments chlorophylliens contenus dans les chloroplastes.

Voyons les caractéristiques des feuilles qui optimisent la photosynthèse.

Les feuilles sont plates et peu épaisses. Elles présentent une grande surface par rapport à leur volume. A titre d'exemple, la surface de l'ensemble des feuilles d'un grand arbre est supérieure à celle d'un terrain de football. Les feuilles sont parallèles au sol et présentent donc une grande surface d'exposition aux rayons solaires.

Le tissu foliaire, ou parenchyme, est situé entre les épidermes supérieur (face tournée vers le soleil) et inférieur (face tournée vers le sol). Chez beaucoup d'espèces, il est divisé en un parenchyme palissadique, situé sous l'épiderme supérieur et en un parenchyme lacuneux, constitué par des cellules irrégulières, laissant de grands espaces entre elles.

Les cellules du parenchyme palissadique contiennent 80 à 85 % des chloroplastes de la feuille. Elles sont les plus exposées au soleil, ce qui constitue une optimisation de l'exploitation de l'énergie lumineuse pour la photosynthèse.

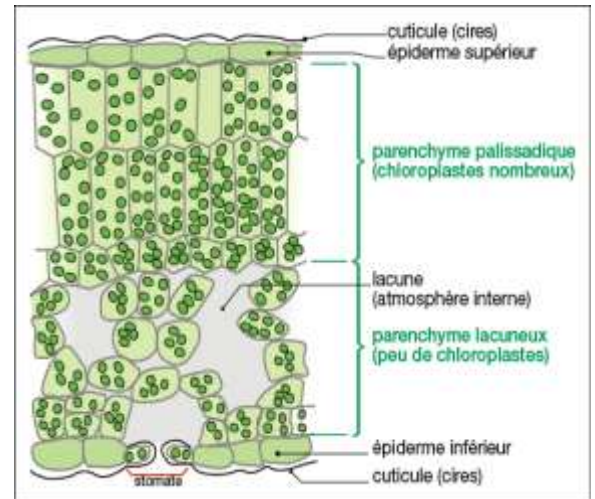
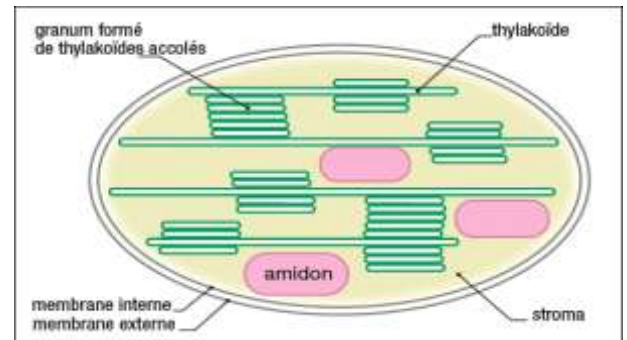


Figure 2. Schéma d'une coupe transversale de feuille

Les chloroplastes contiennent deux compartiments : le stroma et les thylakoïdes. Dans les membranes des thylakoïdes sont insérées les molécules de pigments chlorophylliens, constituent une importante surface d'absorption des radiations lumineuses, qui optimise elle aussi la captation de l'énergie solaire.

Figure 3. Organisation d'un chloroplaste

À toutes les échelles (organisme, organe, cellule, organite cellulaire), les caractéristiques de la feuille favorisent donc la capture de l'énergie lumineuse indispensable à la synthèse des glucides de la sève élaborée.



## B. L'optimisation de l'apport du CO<sub>2</sub> et de l'eau aux cellules

Les cellules épidermiques sont recouvertes par une cuticule imperméable à l'eau et aux gaz. La perte d'eau par évaporation est ainsi limitée. Les gaz ne peuvent diffuser qu'à travers des structures, les stomates, présentes dans les épidermes, particulièrement dans l'épiderme inférieur.

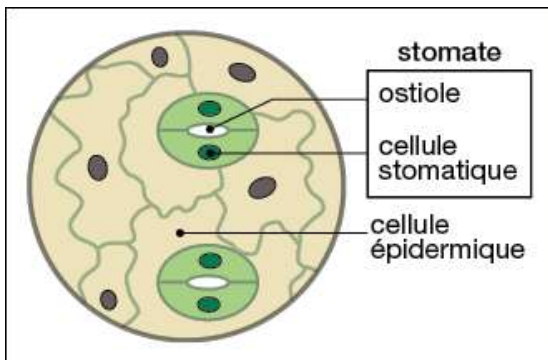


Figure 4. Organisation d'un stomate dans l'épiderme foliaire

Les stomates sont en relation avec les cavités du parenchyme lacuneux, lesquelles constituent une atmosphère interne avec laquelle les cellules des parenchymes effectuent leurs échanges gazeux. Le CO<sub>2</sub> se dissout dans l'eau qui imprègne les parois cellulaires, passe dans les cellules, et atteint les chloroplastes.

Cette surface d'échanges interne est très supérieure à la surface foliaire, ce qui favorise le prélèvement de CO<sub>2</sub> et l'évaporation de l'eau. Celle-ci, en tant que moteur de l'ascension de la sève brute, est indispensable à la photosynthèse autant que l'apport de CO<sub>2</sub>.

Les nervures des feuilles contiennent les vaisseaux et tubes criblés conducteurs des sèves en continuité avec ceux des tiges. Les nervures se ramifient de plus en plus, deviennent de plus en plus fines, de sorte que toutes les cellules des parenchymes sont situées à très faible distance des vaisseaux véhiculant la sève brute. Une faible partie de l'eau de la sève brute passe alors dans les cellules et sert à la photosynthèse. La majeure partie passe sous forme de vapeur dans l'atmosphère interne, puis diffuse dans le milieu extérieur. Une troisième partie, enrichie par les glucides issus de la photosynthèse, passe dans les tubes criblés. Ainsi se forme la sève élaborée.

## Conclusion

Les grandes surfaces racinaires et les mycorhizes optimisent l'absorption d'eau et d'ions minéraux, constituants de la sève brute. Les grandes surfaces aériennes optimisent la capture de l'énergie lumineuse, mais également, à travers les stomates, les échanges gazeux (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O) nécessaires à la synthèse des glucides, composants essentiels de la sève élaborée.

La circulation de la sève brute apporte l'eau nécessaire à la photosynthèse des cellules chlorophylliennes. La production de sève élaborée et sa circulation jusqu'au système racinaire sont nécessaires au fonctionnement de ce dernier. Les deux productions sont interdépendantes.

En cas de sécheresse, la transpiration foliaire peut causer la mort de la plante par déshydratation. Celle-ci possède un mécanisme de protection qui consiste en une fermeture des pores des stomates. Mais cela entraîne aussi l'arrêt de l'apport du CO<sub>2</sub> et de l'eau aux cellules chlorophylliennes, donc l'arrêt de la production de la sève élaborée. Mourir de soif (apport de la sève brute) ou mourir de faim (arrêt de la production de sève élaborée), tel est le dilemme qui se pose à la plante en cas de sécheresse.

## EXERCICE 2 : Pratique d'un raisonnement scientifique pour résoudre un problème.

(8 points)

### Température et germination des graines

Chez les végétaux, la graine contient la plantule d'une future plante. Les molécules de réserve préalablement accumulées dans la graine serviront à nourrir la plantule lors de la germination. Cette dernière a lieu lorsque certaines conditions sont réunies, notamment la présence d'eau et une certaine température.

Les phytochromes, des molécules présentes chez toutes les plantes terrestres, sont sensibles à la température. Elles ont récemment été identifiées comme étant impliquées dans la germination des graines. Des études ont été menées sur *Arabidopsis thaliana*, une plante à fleurs modèle utilisée en recherche végétale.

### QUESTION

**Proposer un mécanisme expliquant comment la température peut influencer la germination des graines d'*Arabidopsis thaliana*.** Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances utiles.

**(On sait que)** Le développement des Angiospermes dépend à la fois des hormones qu'ils produisent et des facteurs environnementaux auxquels ils sont soumis.

Chez *Arabidopsis thaliana* (*At*), des travaux ont montré que des phytochromes, protéines sensibles à la température, jouent un rôle clé dans le déclenchement de la germination.

**On cherche à comprendre comment** la température, par l'intermédiaire des phytochromes et éventuellement d'hormones, influence la germination.

Dans le document 1, **on constate** que des graines d'*At* placées dans un environnement humide germent à 22°C. A 28°C, la germination est réduite mais reste possible, tandis qu'à 34 °C, les graines ne germent plus. **On en déduit que** 28°C est la température au-dessus de laquelle il y a thermo-inhibition, c'est-à-dire un blocage de la germination lié à la température.

Dans le document 3, **on apprend que** l'augmentation de la température provoque le passage de la forme active des phytochromes vers la forme inactive. Afin d'évaluer l'influence de la forme inactive sur la germination, on a placé des graines d'*At* contenant un gène de phytochrome muté, simulant la forme inactive, à différentes températures.

**On observe que** les graines mutées ne germent pas à 22°C, 28°C et au-delà. **On en déduit que** c'est l'inactivation des phytochromes qui explique la non-germination des graines au-delà de la température de thermo-inhibition (28°C).

**Pour comprendre** l'action des phytochromes sur la germination, on s'appuie sur les documents 2, 4 et 5.

Dans le document 2, **on constate que** le pourcentage de graines germées au bout de 50h d'imbibition atteint 100% si les graines sont immergées dans l'eau. Ce pourcentage diminue de façon dose-dépendante en présence d'ABA, une hormone végétale. **On en déduit** qu'ABA inhibe la germination.

Le document 4 **montre** qu'à 28°C, la concentration en ABA est plus faible chez des graines d'*At* non mutées que chez des graines mutées. **On en déduit que** l'état actif des phytochromes limite la production d'ABA, **tandis que** leur inactivation lève ce contrôle, entraînant une forte synthèse d'ABA et **donc** l'inhibition de la germination.

**En outre**, Le document 5 **confirme que**, chez les graines non mutées, ABA augmente **effectivement** avec la température.

**L'ensemble des documents nous permet de conclure que** la température influence indirectement la germination : elle modifie l'état actif ou inactif des phytochromes, lesquels contrôlent à leur tour la synthèse d'ABA. L'augmentation d'ABA conduit finalement à l'inhibition de la germination.