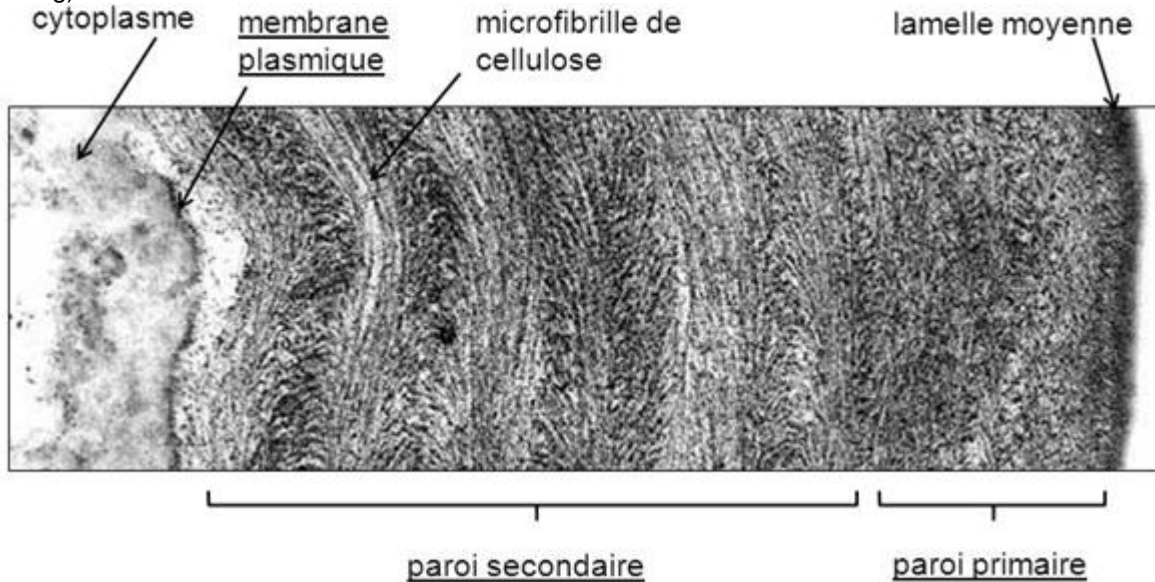


Thème 1 : Structure et mise en place de la paroi

Question 1 :

1a : Légendez le document 1 aussi précisément que possible.

Document 1. Détail de la paroi d'une cellule de tige de Soja (MET X 60 000, test cytochimique des polyosides PATAg).



1b : Quelle(s) caractéristique(s) de l'organisation de la paroi est(sont) mise(s) en évidence par la technique d'observation mise en œuvre ?

Le détail de la paroi proposé par le **document 1a** (paroi de 2,5 μm d'épaisseur) met évidence les microfibrilles de cellulose grâce au test cytochimique des polyosides. Dans les 2/3 de l'épaisseur de la paroi côté membrane plasmique, les microfibrilles de cellulose sont disposées en couches successives, avec des orientations qui changent d'une strate à l'autre, et parallèles entre elles au sein d'une couche : on peut formuler l'hypothèse qu'il s'agit d'une paroi secondaire. Dans le tiers externe de la paroi, les microfibrilles ne présentent pas d'orientation préférentielle : c'est la paroi primaire, moins épaisse que la paroi secondaire. Au delà, à droite, la bande la plus sombre peut être interprétée comme le ciment pectique.

Document 2. Etude expérimentale de la mise en place des microfibrilles de cellulose dans la paroi de cellules d'hypocotyle* d'Arabidopsis en croissance (microscopie optique confocale).

Question 2 :

2a : Présentez succinctement l'objectif du protocole mis en œuvre.

Afin de suivre la mise en place des microfibrilles de cellulose dans la paroi, on marque :

- en vert, les complexes cellulose – synthèse, complexes en rosette localisés dans la membrane plasmique. Ils synthétisent la cellulose,
- en rouge, la tubuline α constitutive des microtubules du cytosquelette.

Les clichés A/B et E/F correspondent à la superposition de plusieurs vues : ils permettent de suivre les changements de position des complexes cellulose-synthase pendant un intervalle de temps (de 40 s pour A et E, près de 5 minutes pour B et F), donc de déterminer leur trajectoire au cours du temps, et par extrapolation de reconstituer la disposition des microfibrilles de cellulose mises en place pendant ces durées.

2b : Interprétez les résultats obtenus.

Les clichés A et B montrent que la position des complexes en rosette varie au cours du temps : ils suivent des trajectoires rectilignes, et presque toutes parallèles entre elles.

On en déduit que les microfibrilles de cellulose mises en place pendant la durée de l'expérience ont une orientation pour la plupart transversale au cliché et sont parallèles entre elles.

Sur le cliché C, la disposition des microtubules apparaît très semblable aux trajectoires des complexes en rosette précédemment observées. En D, la superposition des deux (trajet des complexes en rosette et disposition des microtubules) confirme cette proposition.

On peut émettre l'hypothèse suivante : les microtubules du cytosquelette organisent la mise en place de la cellulose en orientant le déplacement de la cellulose synthétase.

En E et F, suite à l'addition d'oryzaline, on constate que les trajectoires des complexes en rosette sont complexes et anarchiques.

L'oryzaline entraînera une disposition aléatoire des microfibrilles de cellulose mises en place par les complexes cellulose synthase.

Sur le cliché G, on observe que cette substance a pour effet un positionnement aléatoire des microtubules, qui semblent moins nombreux. Enfin, en H, on observe une moins grande correspondance que dans l'expérience précédente entre la disposition des microtubules et les trajectoires des complexes en rosette (correspondant à la disposition des microfibrilles de cellulose).

L'oryzaline, substance qui dépolymérise partiellement les microtubules, permet de valider l'hypothèse précédente : la disposition des microtubules conditionne la trajectoire des complexes en rosette, et par conséquent l'orientation des microfibrilles de cellulose et l'architecture de la paroi.

Document 3. Etude expérimentale de la mise en place des microfibrilles de cellulose dans la paroi de cellules d'hypocotyle d'Arabidopsis selon leur taux de croissance (microscopie optique confocale).

Question 3 :

3a : Précisez l'intérêt de cette série d'expériences en comparaison avec celles précédemment présentées dans le document 2.

On étudie la trajectoire des complexes en rosette – donc la disposition des microfibrilles de cellulose mises en place – repérée par une fluorescence rouge, et l'orientation des microtubules, repérée par une fluorescence verte, en fonction du taux de croissance de la cellule : l'objectif est donc de mettre en relation la disposition des microfibrilles de cellulose mises en place et la croissance cellulaire (en cours d'élongation / en fin d'élongation).

3b : Analysez les résultats obtenus puis formulez une hypothèse sur le lien entre la mise en place de la paroi et la croissance de l'hypocotyle.

Dans toutes les régions étudiées, on constate un parallélisme entre la direction des microtubules et la trace fournie par la position successive du complexe cellulose-synthase, assimilable à la direction des fibres de cellulose mises en place.

Dans les régions où l'élongation cellulaire est rapide (B) on observe pour l'essentiel que la disposition des microtubules et la trajectoire des complexes en rosette sont transversales à l'axe de croissance de l'organe (l'hypocotyle) et donc à l'axe d'élongation des cellules qui le constituent.

Dans la région A, où l'élongation cellulaire est lente, leur disposition est plutôt oblique.

En C (élongation cellulaire lente) et D (élongation cellulaire terminée) leur disposition est longitudinale et leur nombre réduit.

Le nombre et l'orientation des microfibrilles de cellulose mises en place varie donc selon la phase de croissance considérée : on peut faire l'hypothèse que les changements d'orientation des microfibrilles de cellulose sont responsables des variations des taux de croissance. Lorsque l'orientation des microfibrilles de cellulose coïncide avec l'axe d'élongation de l'organe, elle est parallèle à l'axe d'élongation des cellules, élongation qui se trouve alors stoppée.

De plus, la densité des microtubules paraît plus faible dans la région D, où l'élongation cellulaire est terminée. Les microtubules sont ainsi présents en abondance pendant l'élongation puis disparaissent (par dépolymérisation) lorsqu'elle diminue.

On peut alors formuler l'hypothèse qu'à l'échelle cellulaire, la paroi exerce un contrôle sur la croissance par la disposition des microfibrilles de cellulose qui sont mises en place,

Document 4. Etude de la croissance de racines de plants d'Arabidopsis (MO x 100).

Question 4 :

4a : Présentez succinctement l'objectif du protocole mis en œuvre.

La croissance est étudiée ici à l'échelle de l'organe, la racine, en étudiant l'effet de l'oryzaline utilisée dans le document 2, substance qui dépolymérise partiellement les microtubules.

4b : Interprétez les résultats obtenus.

La racine traitée présente un diamètre 3 fois plus grand que le témoin. D'autre part, on observe une structuration en files régulières verticales dans le témoin, alors que cette structuration est absente pour la racine du plant traité. Compte tenu de l'échelle d'observation, cet aspect correspond à l'organisation des cellules en files régulières dans le plant témoin. La forme des cellules, allongées verticalement dans le plant témoin, est très variable dans le plant traité.

Les désordres consécutifs au traitement par l'oryzaline constatés précédemment à l'échelle cellulaire se répercutent à l'échelle de l'organe : la dépolymérisation partielle des microtubules, qui entraîne une disposition anarchique des microfibrilles de cellulose, a un impact sur la croissance des cellules et en conséquence sur l'organisation des tissus racinaires. L'élongation des cellules n'étant plus orientée selon l'axe de l'organe, la croissance racinaire s'est effectuée dans toutes les directions, conduisant à un diamètre anormalement important de la racine.

Cette observation valide l'hypothèse précédente selon laquelle la paroi exerce un contrôle sur la croissance à l'échelle de la cellule, qui se répercute ici à l'échelle de l'organe.

Document 5a. Effets de l'AIA sur la croissance d'hypocotyles de Soja.

Document 5b. Effets de l'AIA sur le pH du milieu extracellulaire pour des hypocotyles de Soja.

Question 5 :

5a. A partir de l'analyse des résultats de ces deux expériences, dégagez les effets de l'auxine.

On évalue l'élongation de segments d'hypocotyles de soja, en l'absence (témoin) ou en présence d'auxine. Dans un premier temps, l'élongation des deux hypocotyles s'effectue de la même manière. A la suite de l'ajout d'auxine dans le milieu, l'élongation de l'hypocotyle traité devient plus rapide, elle est quatre fois plus importante que celle du témoin 2 h après l'ajout d'auxine. On observe cependant un délai entre l'ajout d'auxine et le début de l'augmentation de la vitesse d'élongation (marqué par une rupture de pente sur le graphique) d'environ 20 minutes. L'auxine stimule donc la croissance de l'hypocotyle. Le temps de latence suggère l'existence de mécanismes complexes.

Le suivi du pH lors de la même expérience montre une diminution au cours du temps du pH du milieu environnant les échantillons. Cette diminution est faible pour les témoins. Pour les échantillons placés en présence d'auxine, on constate une diminution du pH nettement plus marquée : le pH est de 6,1 environ, contre 6,3 pour le témoin, 2 h après l'ajout d'auxine. Comme dans le graphique précédent, on constate un temps de latence mais d'un peu moins de 20 min entre l'ajout d'auxine et le début de la diminution marquée du pH.

L'auxine entraîne une diminution du pH de l'environnement c'est à dire une sortie d'ions H^+ de l'hypocotyle.

5b. En mettant en relation ces observations, proposez une première hypothèse sur les modalités d'action de l'auxine.

En présence d'auxine, il y a conjointement croissance de l'hypocotyle et diminution du pH environnant, vraisemblablement due à une sécrétion d'ions H^+ par les cellules vers le milieu extracellulaire. Le temps de latence plus court pour les variations de pH permet de formuler l'hypothèse que la diminution de pH précède l'élongation, et qu'elle en est la cause.

En effet, les constituants de la paroi – microfibrilles de cellulose et hémicelluloses en particulier – étant liés par de nombreuses liaisons H, une diminution du pH pourrait rompre ces liaisons et fragiliser la paroi, ce qui permet l'élongation cellulaire et la croissance de l'organe.

Document 6a. Croissance d'échantillons vivants (segments excisés d'hypocotyle de soja) enregistrée par un auxanomètre.

Document 6b. Le même protocole que précédemment est appliqué sur des fantômes de parois (segments excisés d'hypocotyle de soja tués par le méthanol bouillant)

Question 6 :

6a : Présentez succinctement l'objectif des protocoles mis en œuvre.

On cherche à étudier l'effet de la diminution du pH du milieu sur la vitesse d'élongation d'hypocotyles de soja et la vitesse d'extension de parois seules (fantômes de parois), afin de vérifier s'il y a bien un lien entre le pH et l'élongation cellulaire et de déterminer si seule la fragilisation des liaisons entre constituants pariétaux est en jeu dans l'élongation cellulaire.

6b : Analysez les résultats obtenus puis proposez une hypothèse explicative.

Le pH initial est de 7. On constate que dès que le pH du milieu passe à 4,7, la vitesse d'élongation des hypocotyles de soja augmente brutalement : de $0,8 \mu\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ à $3,5 \mu\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ en 15 min environ (vitesse multipliée par 4). La vitesse diminue ensuite progressivement. Au bout de 3 h, elle est de l'ordre de $1,8 \mu\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$. Alors, le pH est de nouveau diminué, pour une valeur de 3 et à nouveau, la vitesse d'élongation augmente rapidement puisqu'elle passe à $5 \mu\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ en 30 min environ. Elle diminue ensuite, tout aussi rapidement, et devient même...négative !

En revanche, pour les parois seules, la diminution du pH à 4,3 n'est quasiment pas suivie d'effets. Lorsque le pH est diminué à une valeur de 3, la vitesse d'extension augmente, elle passe de 1 à $2 \mu\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ ce qui est bien moins important que dans le cas des hypocotyles.

Les résultats expérimentaux confirment le fait qu'un pH acide appliqué de manière exogène peut stimuler la croissance chez l'hypocotyle de soja : la diminution de pH est donc la cause de l'élongation. (La croissance négative observée à la fin peut traduire l'effet létal du pH trop bas). La comparaison avec les fantômes de paroi suggère cependant que la diminution de pH n'est pas seule en cause dans le relâchement de la trame pariétale qui permet l'élongation cellulaire et la croissance. On peut faire l'hypothèse de l'intervention d'enzymes qui contribueraient elles aussi à ce relâchement en catalysant la rupture de liaisons entre constituants pariétaux, enzymes qui auraient été détruites par la méthode de préparation des fantômes de paroi.

Document 7. Enregistrements auxanométriques de segments excisés d'hypocotyle de soja sous l'effet de différents facteurs : ajout d'AIA, de vanadate et acidification du milieu.

Question 7 :

7a : Justifiez les conditions expérimentales mises en œuvre, et l'intérêt de chacune des trois expériences.

On cherche à comprendre comment l'auxine entraîne une diminution de pH qui permet l'élongation. En utilisant du vanadate, inhibiteur des ATPases membranaires, on cherche à mettre en évidence l'intervention de pompes H^+ ATP dépendantes dans la diminution de pH. La courbe 1 (AIA seul) est le témoin. On recherche le lien entre l'auxine et la diminution de pH qu'elle entraîne avant l'élongation. En utilisant le vanadate, un inhibiteur des ATPases membranaires, qui sont des pompes, on cherche à savoir si un transport actif est impliqué.

7b : A partir de l'exploitation de ces résultats, proposez une hypothèse concernant les modalités d'action de l'auxine.

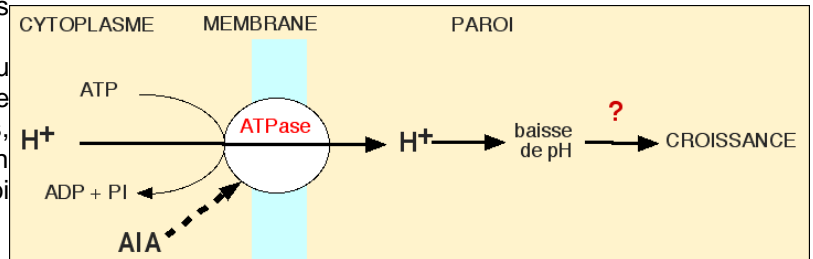
Le segment qui reçoit seulement de l'auxine est le témoin.

Pour le segment qui reçoit de l'auxine puis du vanadate, on constate que l'élongation ralentit puis est interrompue : l'effet de l'auxine est supprimé. Or le vanadate inhibe le fonctionnement des ATPases membranaires. Celles-ci sont donc indispensables à l'action de l'auxine et à l'élongation. On peut faire l'hypothèse que l'auxine stimule le fonctionnement de ces ATPases membranaires.

L'application d'un pH acide sur l'échantillon traité par l'auxine puis le vanadate entraîne une reprise de la croissance brutalement : l'effet du vanadate est supprimé, le pH acide compense l'inactivité des ATPases membranaires. On peut donc proposer que les ATPases membranaires sont des pompes à H⁺.

En conclusion, on peut faire l'hypothèse du mécanisme suivant : l'auxine stimule le fonctionnement de pompes à H⁺ ATP dépendantes, ce qui entraîne la sortie des ions H⁺ et l'acidification du milieu. Sous l'effet de la diminution du pH, la paroi est fragilisée et l'élongation cellulaire est possible.

<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/cell/images/atpase3.gif>



Document 8. Effets du mannitol sur la déformation de segments d'hypocotyle de soja en croissance / en fin de croissance.

Question 8 :

8a : Justifiez les conditions expérimentales mises en œuvre.

La molécule utilisée, le mannitol, étant soluble dans l'eau mais incapable de pénétrer dans les cellules, va permettre de faire varier l'osmolarité du milieu extérieur de la cellule, avec pour conséquence des mouvements d'eau entre la cellule et son milieu (osmose) : en présence de mannitol, le milieu est hypertonique et les cellules seront plasmolysées ; replacées dans l'eau pure, milieu hypotonique, elles seront turgescentes.

8b : Interprétez les résultats obtenus.

- Dans le cas des régions en croissance (graphique de gauche) : la déformation est négative pour les segments placés dans le mannitol le plus concentré (0,4 M), elle est presque nulle pour un milieu concentré à 0,3 M, elle est positive et d'autant plus importante que le milieu est dilué.

Lorsque les hypocotyles sont placés dans de l'eau pure, la croissance augmente beaucoup pour les hypocotyles initialement placés dans le mannitol le plus concentré, elle augmente peu ou pas pour ceux placés dans les autres milieux. A partir de 8 min la vitesse de croissance est égale pour tous (les pentes des courbes sont similaires). La déformation finale est bien plus grande (1200 mm) pour l'échantillon resté dans l'eau que pour les autres.

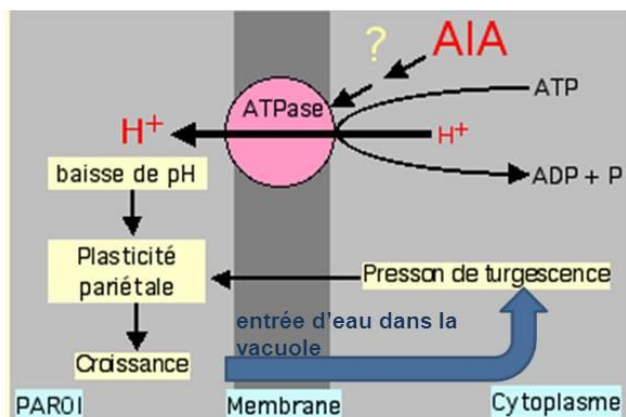
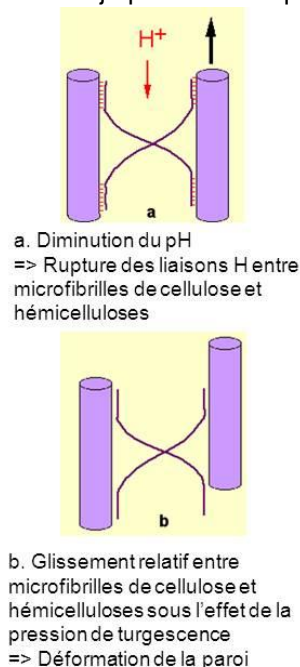
Le milieu contenant 0,4 M de mannitol est un milieu hypertonique : l'eau sort de la cellule, diminuant ainsi la pression de turgescence, d'où la déformation négative de l'échantillon. En replaçant les échantillons dans de l'eau pure, on provoque l'entrée d'eau dans les cellules, d'où l'augmentation de la pression de turgescence : on peut en déduire que la pression de turgescence est nécessaire à l'élongation cellulaire.

- Dans le cas des régions en fin de croissance (graphique de droite) : les déformations observées pendant la première phase de l'expérience vont dans le même sens que précédemment avec une amplitude moindre. Lorsque les échantillons sont placés dans de l'eau pure, les déformations rejoignent celle du témoin resté dans l'eau.

Chez un échantillon en fin de croissance, les déformations observées sont réversibles et dépendent essentiellement des entrées et des sorties d'eau dues à la turgescence relative des cellules, provoquée par le potentiel hydrique du milieu. La pression de turgescence ne permet pas de croissance dans ce cas, on peut supposer que la paroi secondaire déjà présente bloque toute possibilité d'élongation.

Conclusion :

Schéma – bilan :



L'auxine (AIA), à l'origine de mécanismes agissant sur la paroi et permettant la croissance cellulaire.

Document 9. Evolution de paramètres physiologiques durant la croissance et le mûrissement des pommes « Royal Gala » et « Scifresch ».

Question 9 : Ces résultats permettent-ils d'identifier des paramètres expliquant la différence de fermeté entre les deux variétés ? Justifiez votre réponse.

Le premier graphique permet de comparer l'évolution de la fermeté des deux variétés de pommes étudiées en fonction du temps, de 40 à 120 jours (fruit en phase d'auxèse, pendant laquelle la taille des cellules augmente d'où un développement du fruit). On constate en effet que la fermeté des pommes Royal Gala est plus élevée que celle des pommes Scifresch jusqu'à 80 jours environ, ensuite elles sont moins fermes (20 N contre 25 N environ à 120 jours, les différences étant significatives puisque les barres d'écart-type ne se chevauchent pas).

Sur le même intervalle de temps, la masse des fruits augmente (d'un peu plus de 0 à 200 g) et on ne constate pas de différence significative entre les deux variétés de pommes.

En ce qui concerne la proportion de matière sèche, à part le résultat à 75 jours pour les pommes Scifresch, supérieure aux autres valeurs, il n'y a pas de différence significative entre les deux variétés de pommes quelle que soit la date de mesure. De plus, elle semble stable au cours du temps.

Enfin, on constate pour les deux variétés de pomme que la production d'éthylène commence vers le jour 75 et augmente de manière exponentielle à partir du 100^e jour, mais là encore, il n'y a pas de différence significative puisque les barres d'écart-type se chevauchent.

En conclusion, les paramètres étudiés ne présentent pas de différence significative entre les deux variétés et ne permettent donc pas d'expliquer une différence de fermeté.

Document 10. Etude de la structure cellulaire du tissu cortical des pommes « Royal Gala » et « Scifresch » à deux stades de développement du fruit.

Question 10 : Identifiez et comparez l'évolution des structures cellulaires pour les deux variétés.

Pour les deux variétés, les cellules ont un diamètre d'environ 100 µm pour les jeunes fruits et d'environ 200 µm (un peu moins pour les Royal Gala) pour les fruits matures. Elles présentent une forme arrondie.

En revanche, si les cellules sont bien jointives au niveau de la paroi qui les entoure pour la variété Scifresch, on constate que les cellules de la variété Royal Gala sont moins jointives : il existe des espaces entre elles, et ces espaces sont plus nombreux et plus importants dans le fruit mature.

La cohésion entre les cellules serait donc moins importante entre les cellules corticales de la variété Royal Gala, et cette cohésion diminuerait au cours de la maturation du fruit.

Document 11. Etude de la cohésion du tissu cortical* durant le mûrissement.

Question 11 : A partir de l'analyse du document 11 et des clichés du document 10, formulez une hypothèse permettant d'expliquer les différences de résultats entre les deux variétés.

100 jours après la floraison, la résistance à la traction du tissu cortical est d'environ 27 N pour les deux variétés de pommes.

Pour le fruit mature, la résistance à la traction est dans les deux cas de l'ordre de 20 N : elle a diminué mais il n'y a pas de différence significative entre les deux variétés de pommes.

En revanche, en ce qui concerne le fruit mûr, la résistance à la traction est à peine plus faible (19 N environ) pour les pommes de la variété Scifresch, alors qu'elle n'est plus que de 10 N pour les pommes de la variété Royal Gala.

On peut proposer que la diminution de la cohésion entre les cellules lors de la maturation du fruit constatée au microscope électronique (document 10) se traduirait ensuite par une diminution de la résistance mécanique à la traction pour le fruit mûr. De plus, on sait que la cohésion mécanique entre les parois entourant les cellules est liée à la présence de la lamelle moyenne constituée de pectines. On peut alors faire l'hypothèse qu'une modification quantitative (diminution liée à une hydrolyse ?) ou qualitative (qui modifierait leurs propriétés de cohésion ?) de ces pectines serait à l'origine d'une moindre fermeté des pommes Royal Gala.

Document 12. Etude de la localisation des pectines durant le développement du fruit.

Question 12 : Décrivez et interprétez les résultats observés. En quoi confirment-ils ou infirment-ils l'hypothèse précédemment émise ?

Chez le jeune fruit (clichés A et E), la fluorescence rose qui marque la présence de pectines est localisée entre les parois des cellules contiguës : la lamelle moyenne constituée de pectines est bien présente, elle semble cependant plus continue et abondante dans les fruits de la variété Scifresch, en particulier dans la zone de jonction entre trois cellules.

Chez le fruit en cours de maturation (clichés B et F), on ne constate pas de différence quantitative marquée par rapport au stade précédent, en revanche, on observe l'existence d'un espace triangulaire important (30 µm de hauteur environ) dans la zone de jonction entre trois cellules pour le fruit de la variété Royal Gala. Cette zone est nommée « méat » sur le document. On n'observe pas cet espace pour le fruit de la variété Scifresch.

Chez le fruit mature : le méat déjà observé pour le fruit de la variété Royal Gala est environ 2 fois plus grand, alors que l'on n'observe toujours pas de méat pour le fruit de la variété Scifresch. De plus, la fluorescence rouge est bien moins marquée pour le premier : les pectines sont moins abondantes.

Pour le fruit mûr, le méat a toujours la même taille pour le fruit Royal Gala, et un petit méat est apparu pour le fruit Scifresh (10 µm de hauteur environ). La fluorescence rouge a presque disparu dans le premier fruit, il n'y a donc presque plus de pectines au niveau de la lamelle moyenne, alors qu'elle est toujours présente dans le second.

On peut en déduire que les pectines de la lamelle moyenne disparaissent lors de la maturation du fruit dans la variété Royal Gala, pas dans la variété Scifresh. Cette disparition explique une moindre cohésion mécanique entre cellules, l'apparition et l'augmentation de taille de méats entre les cellules, et par conséquent une moindre résistance aux contraintes mécaniques et une moindre fermeté. L'hypothèse précédente se trouve donc validée.

Document 13. Etude de la présence de la polygalacturonase.

Question 13 : Décrivez puis interprétez les résultats.

La piste 1 présente les marqueurs de poids moléculaires, qui permettent d'une part de déterminer le poids moléculaire de la molécule étudiée (ici intermédiaire entre 35 et 50 kDa) et d'autre part que la manipulation est réussie si l'on observe bien les bandes correspondant aux marqueurs.

Pour les autres pistes, seule l'une d'entre elles présente une bande noire bien marquée : il s'agit de la piste 4 qui correspond au fruit mûr de la variété Royal Gala. La molécule recherchée est seulement présente dans les fruits de cette variété et à ce stade de maturité.

Or la détection par anticorps permet de mettre en évidence spécifiquement la polygalacturonase, enzyme qui catalyse spécifiquement l'hydrolyse des pectines.

On peut donc en déduire que lorsque le fruit Royal Gala est mûr, il produit en quantité abondante cette enzyme qui hydrolyse les pectines de la lamelle moyenne, d'où une perte de la cohésion mécanique entre les cellules et une moindre fermeté du fruit.

L'absence de cette enzyme dans les fruits de la variété Scifresh quel que soit le stade de maturation explique qu'au contraire le fruit reste ferme. Cependant, le document 11 nous avait montré une diminution de la résistance à la traction du tissu cortical chez ce fruit – certes moins marquée que pour les fruits de l'autre variété – ce qui suggère que le mécanisme étudié n'est peut-être pas le seul en cause.

D'autre part, les documents 10, 11 et 12 montrent des différences entre les fruits de ces deux variétés dès le stade jeune fruit, or les résultats du document 13 n'indiquent pas la présence de polygalacturonase aux stades jeune fruit (piste 2) et fruit mature (piste 3) pour la variété Royal Gala : soit l'enzyme est alors présente en trop faible quantité pour être détectée, soit ces observations plaident là aussi pour l'intervention d'un second mécanisme que les documents présentés ici ne permettent pas de préciser.

Question 14 : Proposez un modèle sous la forme d'un schéma expliquant les phénomènes cellulaires qui accompagnent la maturation du fruit et les différences observées entre les deux variétés.

Schéma – bilan :

Phénomènes cellulaires caractérisant la maturation des fruits des 2 variétés

