

**CONCOURS GÉNÉRAL DES LYCÉES**

—

**SESSION 2021**

—

**SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE**

**(Classes de terminale voie générale spécialité sciences de la vie et de la Terre)**

**Durée : 5 heures**

—

*L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.  
L'usage de la calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.*

**Consignes aux candidats**

- Ne pas utiliser d'encre claire
- N'utiliser ni colle, ni agrafe
- Numéroté chaque page en bas à droite (numéro de page / nombre total de pages)
- Sur chaque copie, renseigner l'en-tête + l'identification du concours :

**Concours / Examen : CGL**

**Epreuve : 101**

**Matière : SVTE2**

**Session : 2021**

# CONCOURS GENERAL des LYCEES

## Sciences de la Vie et de la Terre

### Session 2021

(Classes de terminale)

**Durée : 5 heures.**

- L'usage d'une calculatrice est autorisé pour cette épreuve.
- Chaque candidat est responsable de la vérification de son sujet d'épreuve: pagination et impression de chaque page. Ce contrôle doit être fait en début d'épreuve. En cas de doute, il doit alerter au plus tôt le chef de centre qui vérifiera et éventuellement remplacera son sujet.
- Aucune introduction générale ni conclusion générale n'est attendue.
- Aucun document ne doit être rendu avec la copie.
- Les documents annexes ne sont pas à étudier en tant que tel.
- La copie doit reprendre la numérotation des questions et des documents.
- Clarté, rigueur et concision des propos seront déterminants dans l'évaluation de la copie.
- Il est conseillé aux candidats de commencer par la rédaction de la partie I.

#### **Sources des documents :**

##### ***Pectines et texture de la tomate :***

- Sitrit et Bennett. **Plant Physiology** Vol 116 1145-1150 (1998)
- Wang et coll. **Plant physiology** Vol 101 544-557 (2019)
- Hyodo et coll. **PLOS One** Vol 8 1-10 (2013)
- Combo et coll. **Biotechnol. Agron. Soc. Environ.** Vol 15 153-164 (2011)
- Aurand. Thèse : Intégration d'approches génétiques et écophysiologiques pour l'analyse du dialogue prot environnement dans l'élaboration et le maintien de la texture du fruit de tomate. Université d'Avignon et des pays de Vaucluse (2013)

##### ***Tomate et parasitisme de l'orobanche :***

- Bari et coll. **Nature** Vol 9 11438-11450 (2019)
- Dor et coll. **Phytopathology** Vol 101 213-222 (2010)
- Dor et coll. **Euphytica** Vol 171 371-380 (2010)
- Kruh et coll. **Frontiers in Plant Science** Vol 8 Article 269 (2007)
- <http://ephytia.inra.fr/fr/C/5193/Tomate-Orobanche-spp-orobanches>
- <https://bsw3.naist.jp/eng/courses/courses113.html>

## **PARTIE 1- « Le soleil : un astre indispensable à la vie sur la planète Terre ».**

Vous montrerez l'importance du rayonnement solaire pour les écosystèmes, à la fois sur le biotope\* et la biocénose\*.

Votre exposé sera organisé en **texte structuré** (**plan** avec **titres** et **sous-titres informatifs**), clairement **argumenté** et **illustré** (les illustrations compteront pour une part importante dans l'évaluation des copies).

*Durée de rédaction conseillée : 2 heures.*

*\*La biocénose se définit comme l'ensemble des êtres vivants d'un écosystème ; le biotope correspond à leur milieu de vie.*

## **PARTIE 2 : Problématiques agronomiques liées à une plante de grande culture : la Tomate.**

**Les parties 2.1 et 2.2 sont indépendantes.**

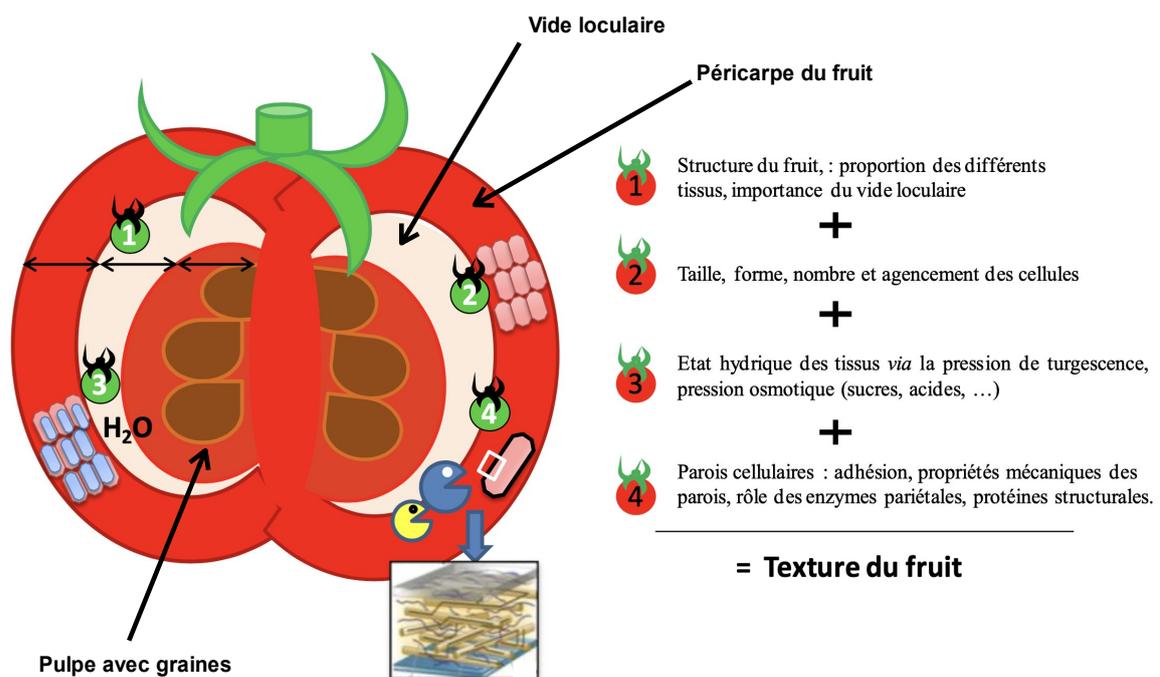
### **Partie. 2.1 : Liens entre pectines et fermeté du fruit de tomate**

La texture des fruit charnus est un critère de qualité complexe qui intègre différentes caractéristiques (fermeté du fruit, caractères croquant, fondant, juteux, farineux...). C'est un critère de qualité majeur pour le consommateur mais aussi pour la filière agronomique car il a des implications sur la manipulation et la conservation des fruits.

On s'intéressera ici à la tomate qui tient une place importante dans l'alimentation humaine. En 2003, la consommation mondiale de tomates (fraîches et transformées) s'élevait à 102,8 millions de tonnes. La Chine en est le plus gros consommateur (25,27 millions de tonnes en 2003) suivie des Etats-Unis et de l'Inde (respectivement 10,11 et 6,84 millions de tonnes).

Plusieurs paramètres sont impliqués dans la texture du fruit comme indiqué dans le document. 1.

#### **DOCUMENT 1 - Schéma global des différents paramètres impliqués dans la texture du fruit.**



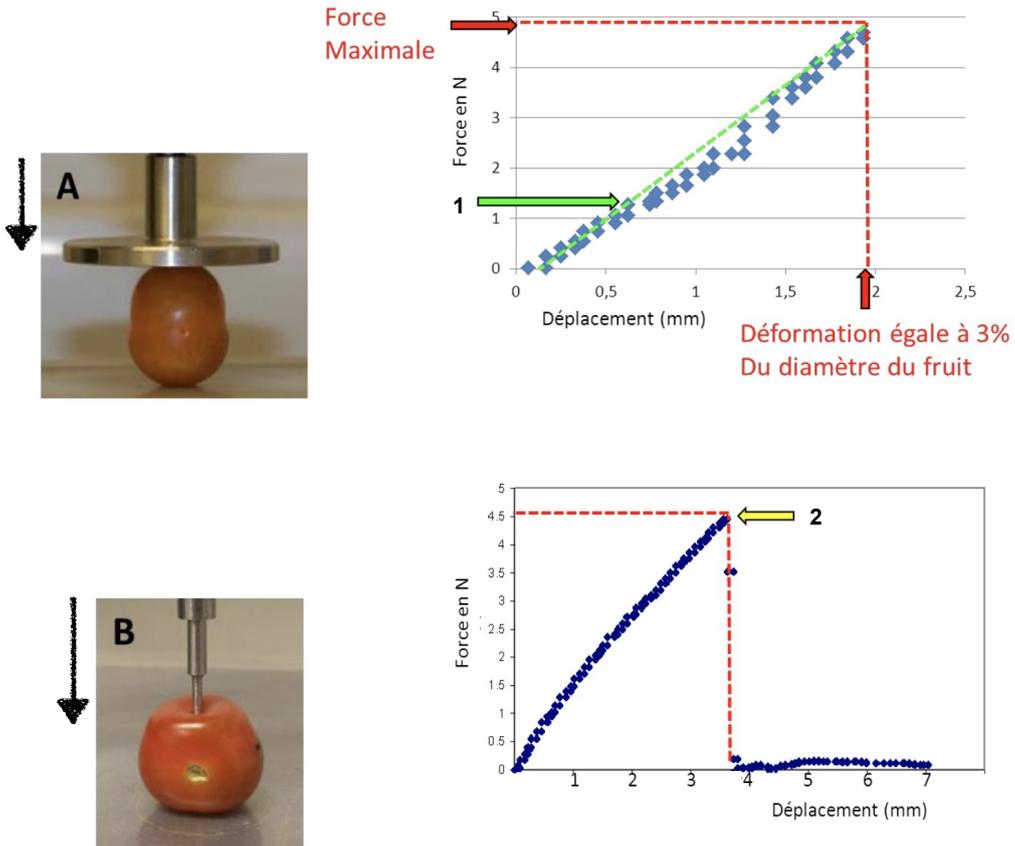
**1°) Expliquer comment les paramètres présentés dans le document 1 peuvent influencer la fermeté du fruit de tomate.**

Dans les expériences suivantes, on mesure la fermeté du fruit de tomate par compression (**Document. 2A**) et par pénétrométrie (**Document. 2B**). Le test de compression évalue la fermeté du fruit en enregistrant la force maximale (en Newton) nécessaire à une réduction de 3% du diamètre du fruit. Le test de pénétrométrie est une mesure réalisée avec ou sans épiderme. On mesure le lien entre la déformation et la force appliquée jusqu'à rupture des tissus les plus externes. Il s'agit de l'épiderme pour les fruits avec épiderme ; pour les fruits sans épiderme, on enregistre la plus grande force rencontrée sur les 7 premiers mm de péricarpe.

**DOCUMENT 2 - Mesures de fermeté par compression (A) ou pénétrométrie (B).**

Les types de courbes expérimentales obtenues sont présentées à droite.

Les flèches noires indiquent le sens de déplacement du disque de compression ou du piston du pénétromètre.



2°)

2a. Comparer les deux méthodes de mesure (type de fermeté mesurée, avantages et inconvénients).

2b. Expliquer quel paramètre peut être évalué à l'aide de la pente de la courbe du document 2A Indiquer quel phénomène se produit au niveau de la flèche jaune du document 2B

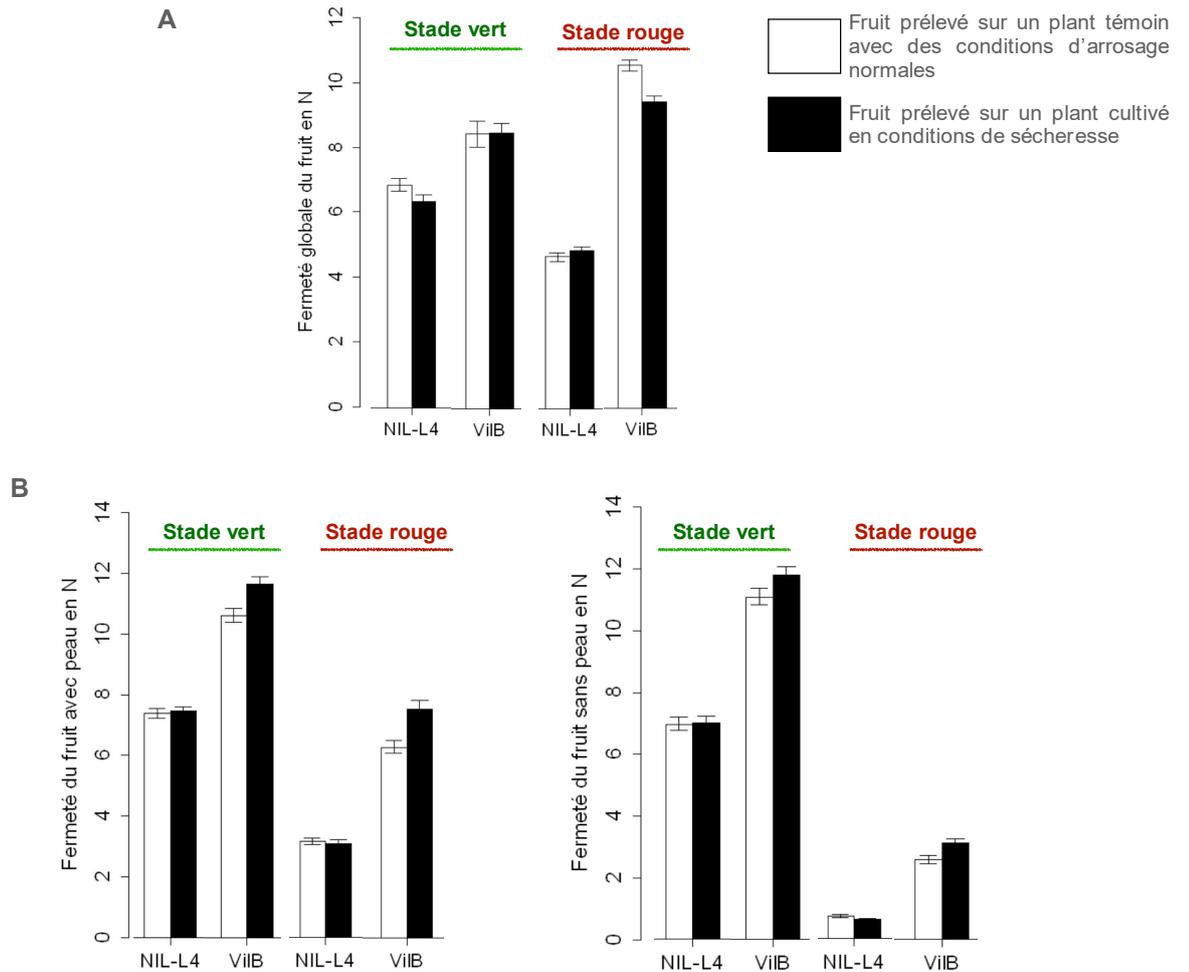
### **DOCUMENT 3 - Résultat de mesure de fermeté dans différentes conditions**

Mesure par compression (A) et pénétrométrie (B) à différents stades de maturité du fruit (« **stade vert** » : tomate encore verte, non mure, « **stade rouge** » : tomate mure) et dans différentes conditions d'arrosage du plant de tomate

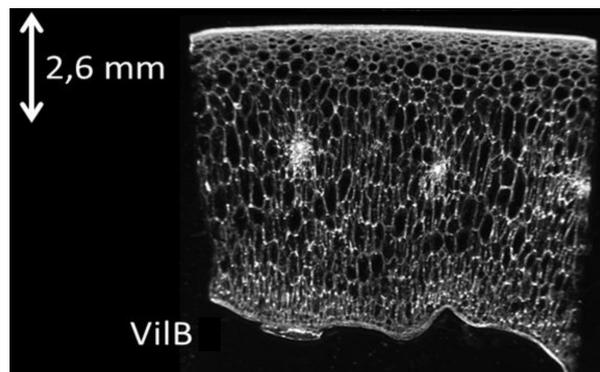
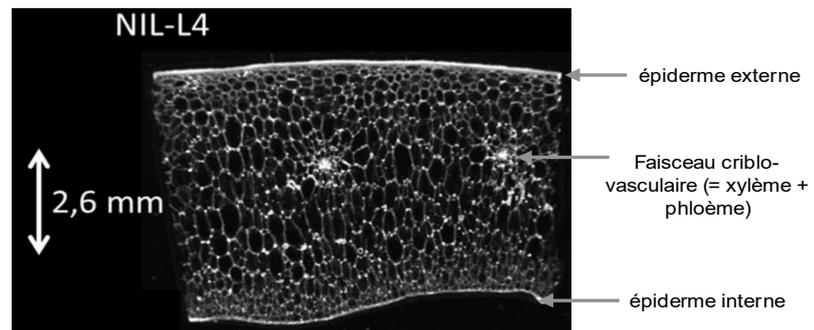
Deux variétés de tomate sont comparées : la **variété VilB** : variété de tomate ferme à longue conservation et la **variété NIL L4** : variété peu ferme.

Les fruits des deux variétés étudiées ont la même taille

*Les barres d'erreur sur les graphiques correspondent aux erreurs standard. Lorsque les barres d'erreur se recoupent, les différences ne sont pas significatives.*



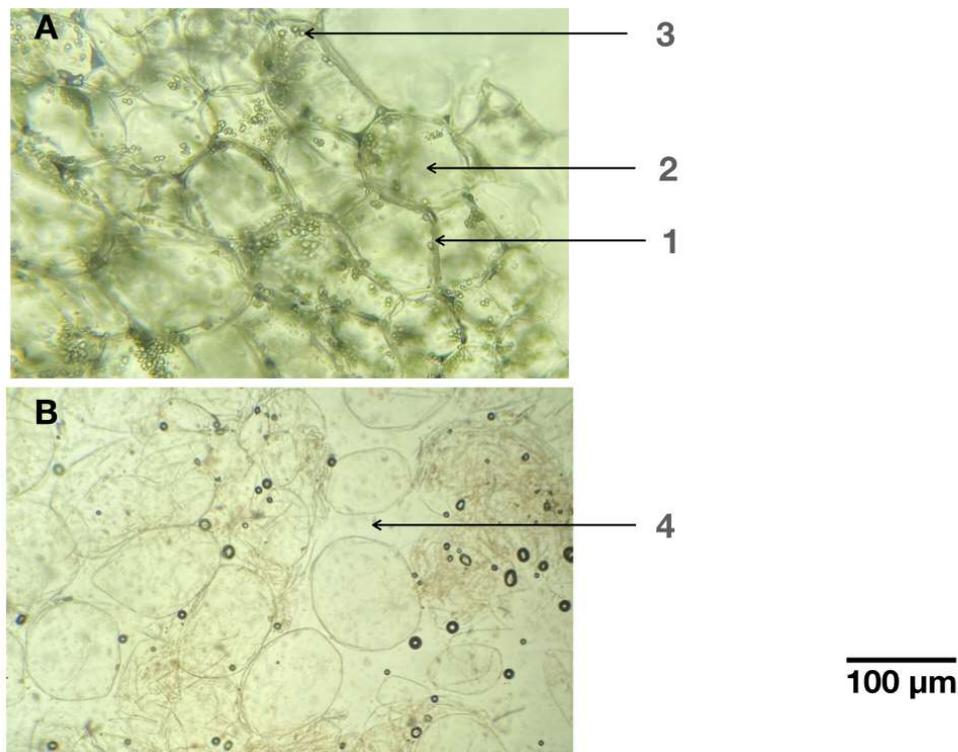
**DOCUMENT 4 - Etude de coupes transversales dans le péricarpe de fruits de variétés NIL-L4 (peu ferme) et ViIB (ferme)**



3°) Analyser les documents. 3 et 4 afin de déterminer les facteurs prépondérants qui influencent la fermeté du fruit de tomate (*dans l'analyse du document 4, vous prendrez en compte la forme et la taille des cellules*).

Dans la suite, on se focalise sur les mécanismes responsables de la diminution de la fermeté du fruit au cours de son murissement.

**DOCUMENT 5 - Comparaison de l'organisation des cellules d'un fruit de tomate verte (A) et d'un fruit de tomate rouge (B).**



4°)

4a. Légendez les deux clichés proposés sur le document 5 en faisant correspondre une légende à chaque numéro proposé (répondre sur votre copie, en recopiant les numéros et en indiquant les légendes correspondantes).

4b. Comparer l'organisation du péricarpe d'un fruit de tomate verte et d'un fruit de tomate rouge.

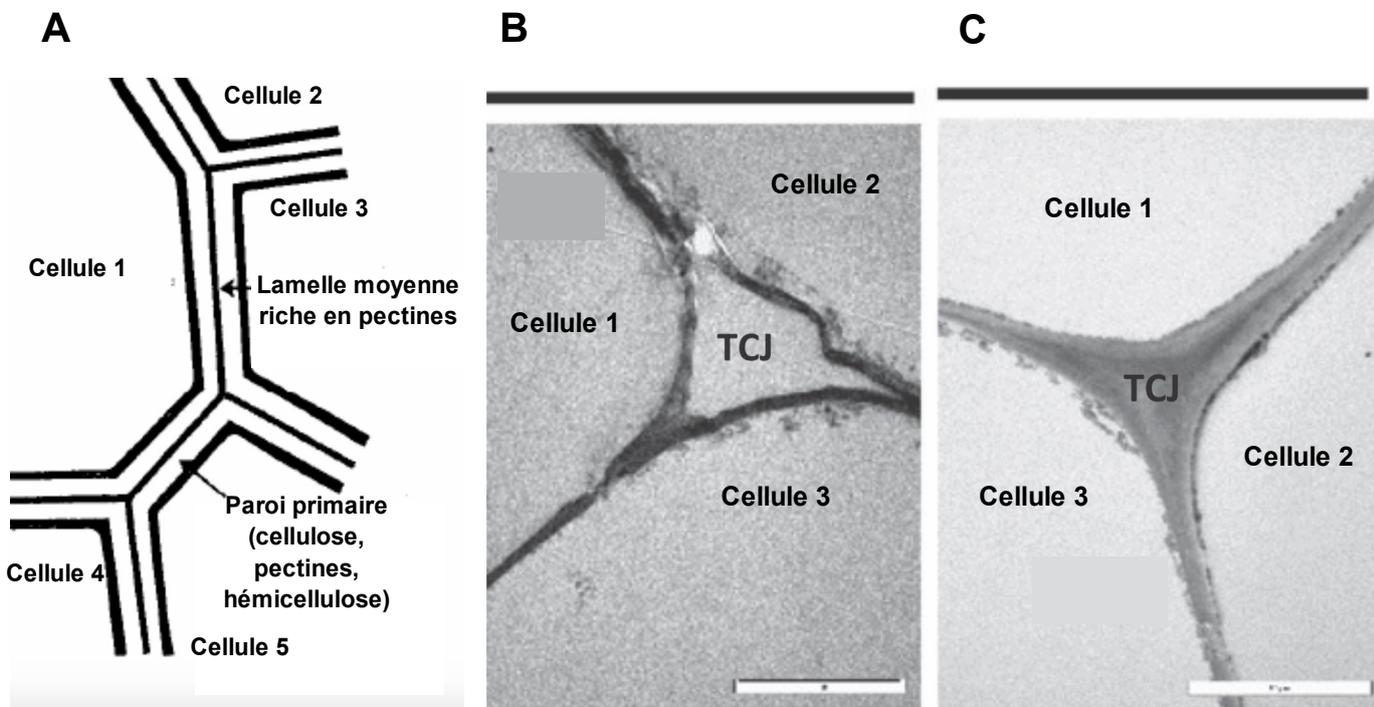
Les cellules du péricarpe du fruit possèdent une paroi peu épaisse, dont les propriétés mécaniques contribuent à la texture du fruit. La paroi primaire est un assemblage de macromolécules, composé de microfibrilles de **cellulose** enchevêtrées et liées par des liaisons faibles dans une matrice composée de **pectines** et d'**hémicellulose**.

La lamelle moyenne, qui assure la cohésion entre les cellules, est très riche en pectines. Les pectines sont composées de différents polysaccharides à forte teneur en acide galacturonique. Les homogalacturonanes représentent 57 à 69 % de la pectine. Ce sont des polymères linéaires constitués uniquement d'acides D-galacturoniques reliés entre eux par des liaisons  $\alpha$ -(1-4) et dont les fonctions carboxyliques peuvent être estérifiées par des fonctions méthyle.

5°) A l'aide des documents 5 à 8, indiquer la principale cause de baisse de fermeté du fruit au cours de son murissement et les mécanismes moléculaires associés.

**DOCUMENT 6 - Clichés de microscopie électronique à transmission montrant l'organisation de la paroi de cellules du péricarpe du fruit de tomate au début de son murissement (passage du stade vert au stade rouge)**

- A- Schéma de l'organisation de la paroi de cellules jointives.
  - B- Observation de la zone de contact entre trois cellules du péricarpe chez un fruit sauvage
  - C- Observation de la zone de contact entre trois cellules chez un fruit mutant ne produisant pas d'enzymes qui dégradent les pectines
- TCJ : zone de contact entre trois cellules.  
Barre d'échelle : 10 µm



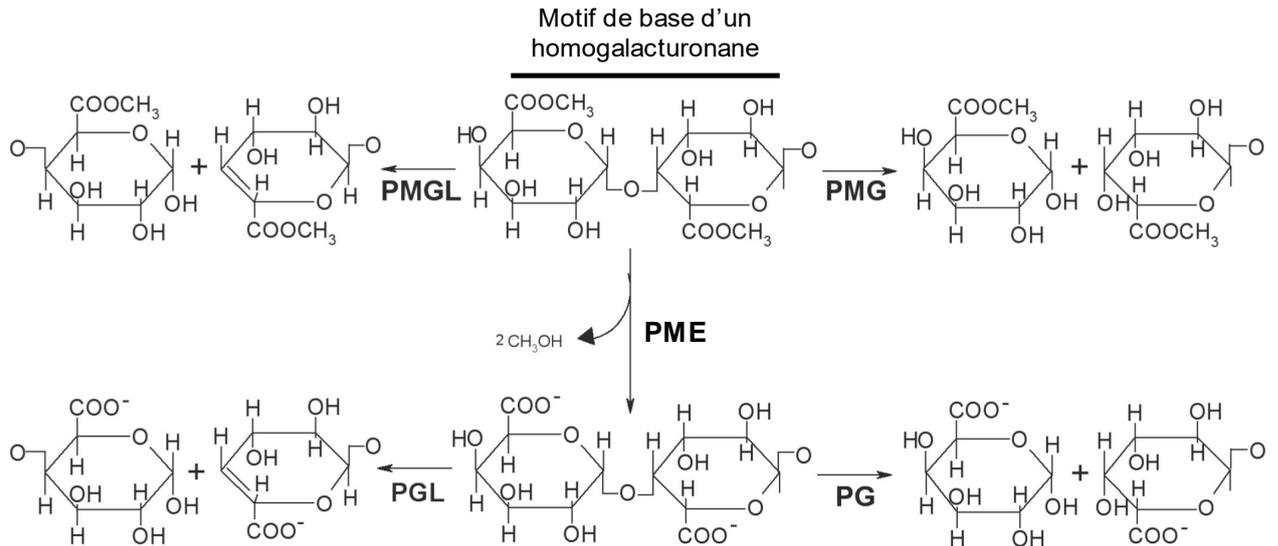
## DOCUMENT 7 - Mode d'action des pectinases (enzymes qui coupent les pectines)

**PMGL** : polyméthyl galacturonate lyase, **PMG** : polyméthylgalacturonase

**PGL** : polygalacturonate lyase, **PG** : polygalacturonase

**PME** : pectine méthyl estérase

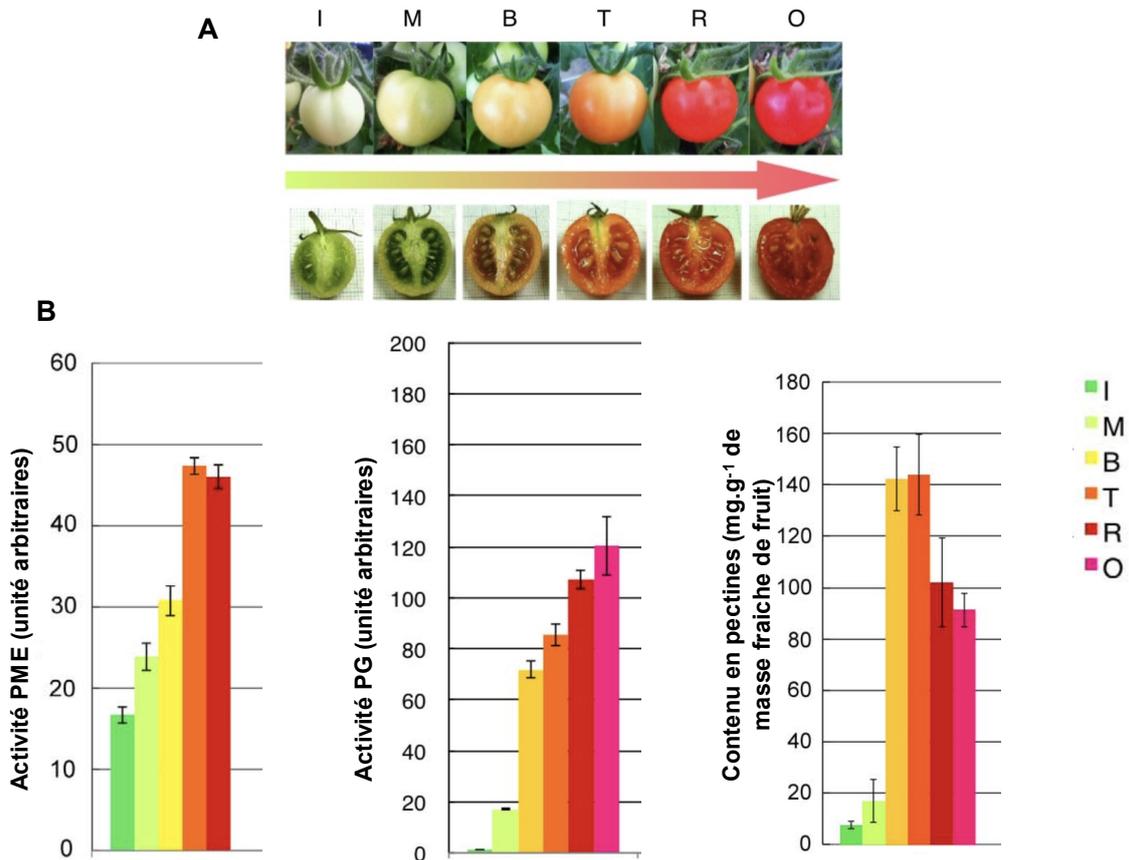
*Les enzymes PMGL et PMG hydrolysent les pectines méthylées ; les enzymes PGL et PG hydrolysent les pectines dé-méthylées par l'enzyme PME*



**DOCUMENT 8 - Variations d'activités enzymatiques et de contenu en pectines au cours du murissement du fruit.**

Les différents stades de développement du fruit qui ont été étudiés sont présentés en **A**

**B**- Différentes activités enzymatiques et le contenu en pectines ont été suivies au cours du murissement du fruit. *Les barres d'erreurs correspondent à l'erreur standard. Lorsque les barres d'erreur se recoupent, il n'y a pas de différences significatives entre les résultats.*



6°) Document 9 : indiquer l'intérêt du témoin en B et proposer une explication aux variations temporelles de quantité de pectines dé-méthylées observées en C.

### **DOCUMENT 9 - Immunolocalisation des pectines dé-méthylées.**

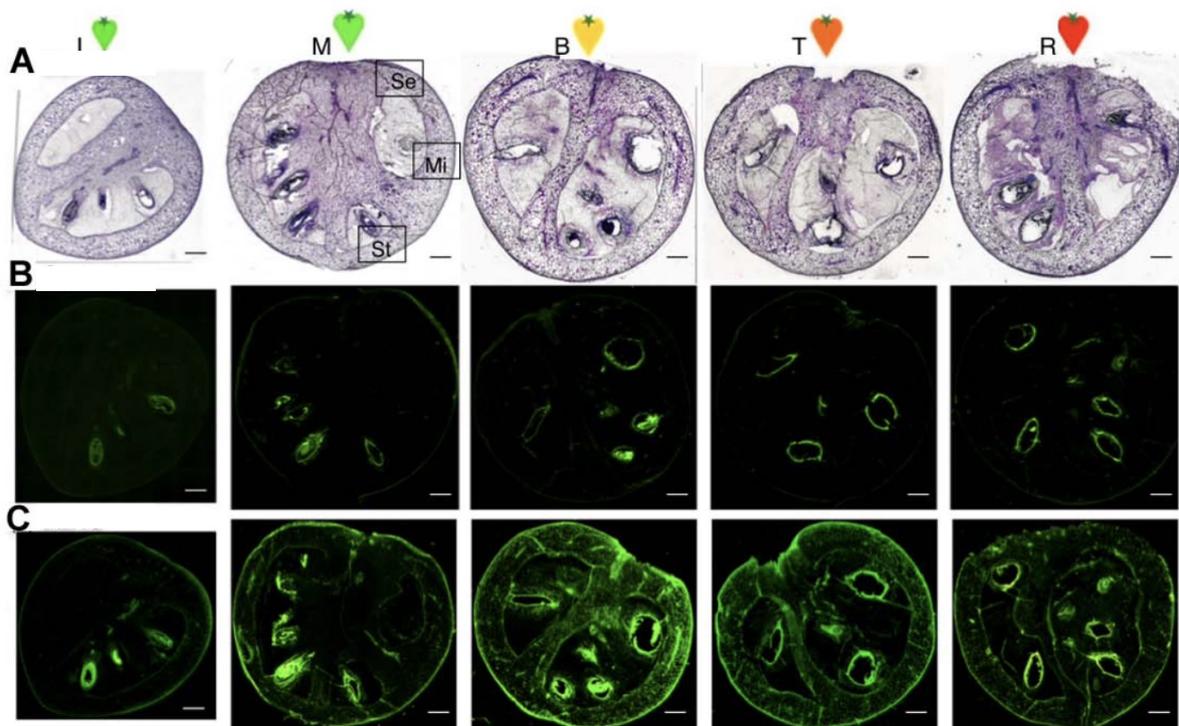
Les pectines dé-méthylées sont localisées sur des coupes de fruits de tomates à différents stades de développement (stades correspondant à ceux du document. 8A) à l'aide d'un anticorps spécifique. Cet anticorps est reconnu par un anticorps secondaire couplé à une molécule fluorescente verte.

A- Coupes colorées au bleu de toluidine permettant de repérer les différentes régions du fruit

B- Témoin utilisant uniquement l'anticorps secondaire couplé à la molécule fluorescente verte.

C- Immunolocalisation avec l'anticorps anti-pectines dé-méthylées et l'anticorps secondaire couplé à une molécule fluorescente verte.

*Barres d'échelle : 1 mm*



On s'intéresse dans la suite au rôle de l'éthylène (hormone végétale) dans le contrôle du murissement du fruit.

On traite des fruits de tomate mutants, qui ne produisent pas d'éthylène, par de l'éthylène exogène et on étudie la production et l'activité enzymatique de la polygalacturonase PG2 dans les fruits.

## **DOCUMENT 10 - Effet d'un traitement court à l'éthylène.**

Suite à un traitement à l'éthylène d'une durée inférieure ou égale à 24h, on mesure :

**A- la quantité d'ARNm de la polygalacturonase PG2.** Les ARNm totaux du fruit de tomate ont été extraits puis mis à migrer sur un gel d'électrophorèse. Des sondes nucléotidiques radioactives complémentaires des ARNm de polygalacturonase ont ensuite été utilisées. La présence d'une bande noire indique que les sondes ont pu se fixer à des ARNm spécifiques de polygalacturonase. La bande est d'autant plus intense que la quantité d'ARNm de polygalacturonase est élevée.

**B- l'activité polygalacturonase**

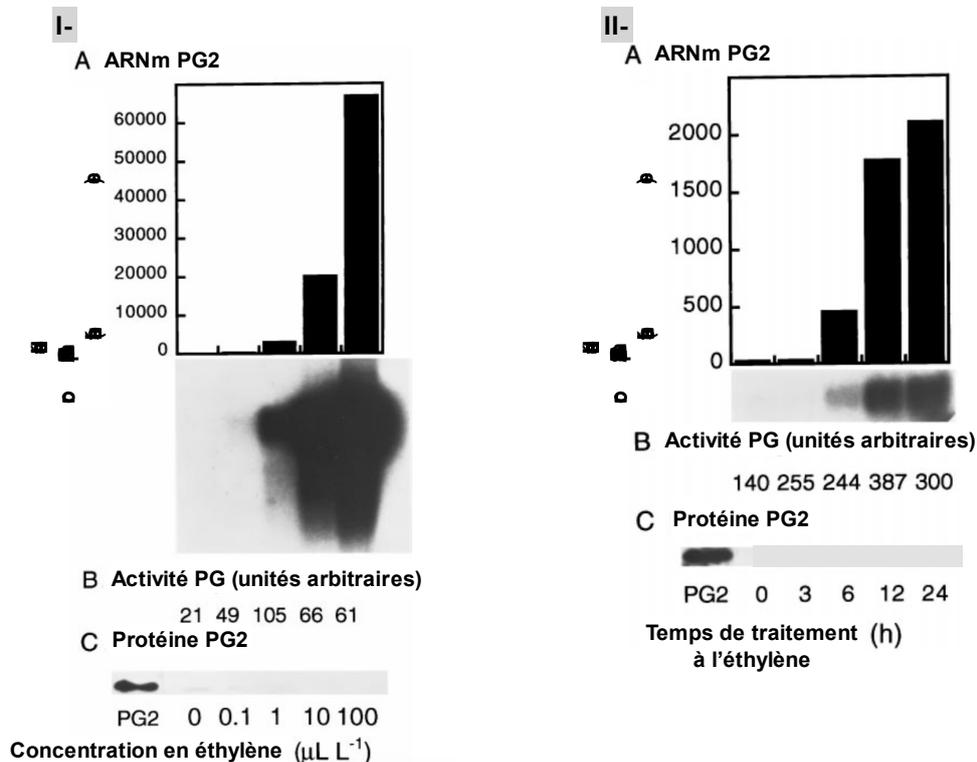
**C- la quantité de polygalacturonase PG2.** Les protéines totales du fruit de tomate ont été extraites puis mises à migrer sur un gel d'électrophorèse. Des anticorps spécifiques de la polygalacturonase ont ensuite été utilisés. La présence d'une bande noire indique que les anticorps ont pu se fixer à des polygalacturonases. La bande est d'autant plus intense que la quantité de polygalacturonase est élevée.

Dans les puits de gauche, de la polygalacturonase pure a été déposée en tant que contrôle

*Il a été vérifié que la même quantité totale d'ARN ou de protéines avait été déposée dans chaque puits des gels.*

**I-** Effet de différentes concentrations en éthylène : *les fruits sont traités pendant 24 par différentes concentrations en éthylène.*

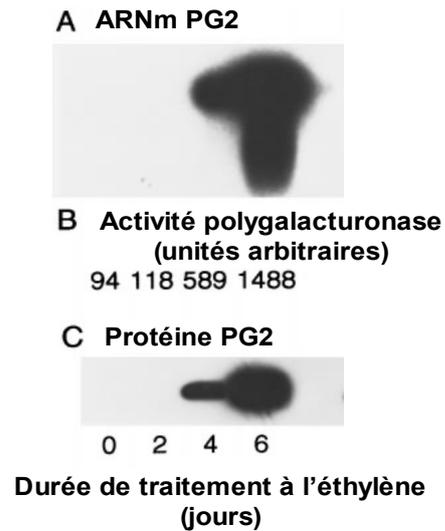
**II-** Effet de différentes durées de traitement à l'éthylène : *les fruits sont traités à une concentration d'éthylène de  $10\mu\text{L.L}^{-1}$  pendant différents temps.*



## DOCUMENT 11 - Effet d'un traitement long à l'éthylène.

Les mêmes types de manipulations que celles présentées dans le document 10 sont réalisées après des traitements à l'éthylène de plusieurs jours (*traitement à des concentrations de 0,1  $\mu\text{L.L}^{-1}$* )

- A- Quantité d'ARNm PG2
- B- Activité polygalacturonase
- C- Quantité de protéine PG2



7°) Analyser les documents 10 et 11 et évaluer les délais entre traitement à l'éthylène, transcription du gène PG2 et traduction de la protéine PG2.

8°) A l'aide des documents 5 à 11, réaliser un schéma bilan sous forme d'une frise chronologique indiquant les mécanismes à l'origine de la baisse de fermeté du fruit lors de son murissement.

## Partie 2.2: Protection des cultures de tomate contre des plantes parasites : les orobanches.

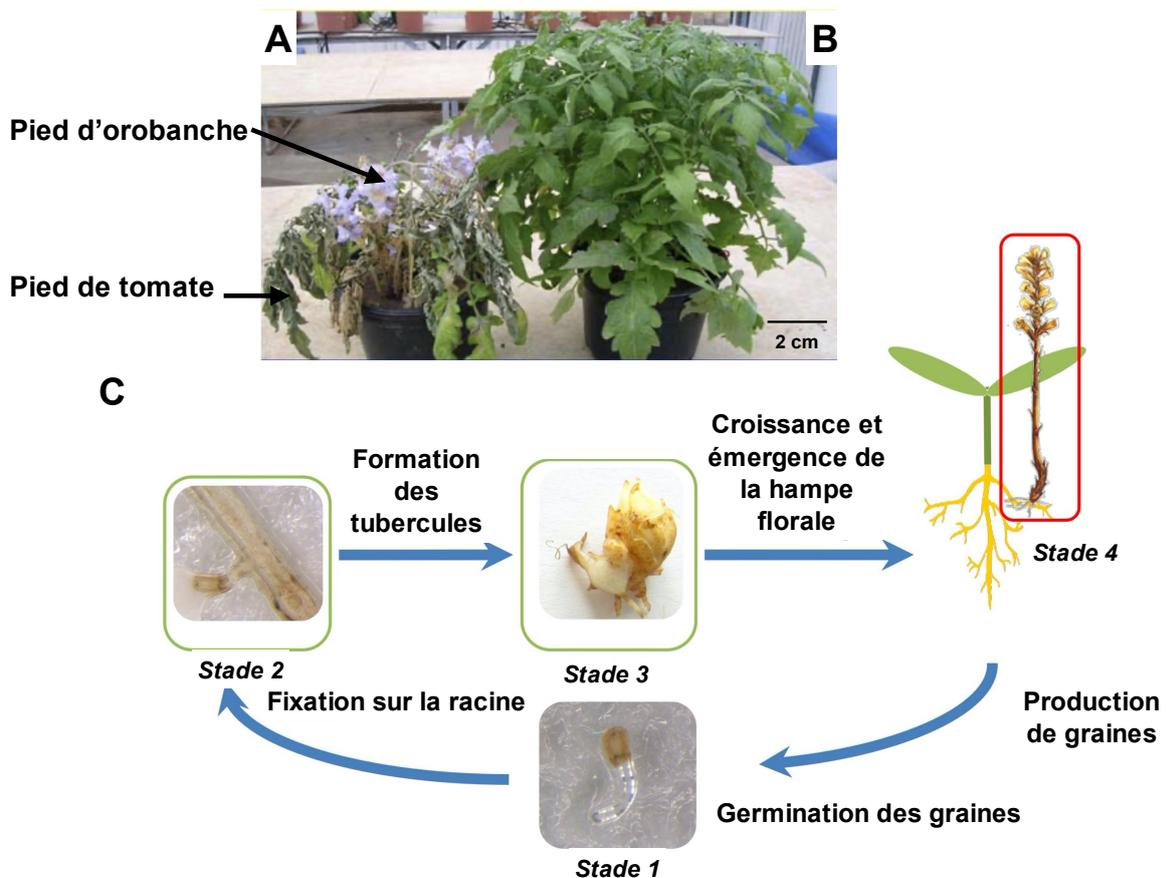
Les plants de tomates peuvent être parasités par des **orobanches**. Les orobanches sont des plantes parasites, dépourvues de racines et de chlorophylle, dont la nutrition est totalement dépendante de leurs hôtes.

La germination des graines d'orobanche s'effectue à proximité de l'appareil racinaire de tomate. Les jeunes germinations se fixent sur l'appareil racinaire et forment alors une structure appelée tubercule (Document. 12) qui porte des racines jouant un rôle d'ancrage et un bourgeon. Le développement du bourgeon formera une tige portant des fleurs et sans feuilles développées (hampe florale).

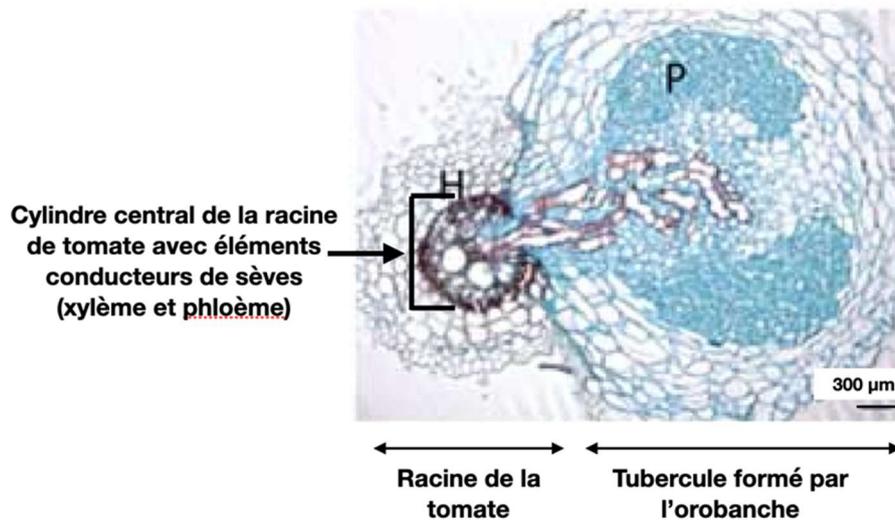
Pour sa croissance, l'orobanche prélève les éléments minéraux et organiques produits par la plante. Les plantes s'en trouvent affaiblies et sont donc plus petites et chétives. À terme, les rendements en fruits sont réduits. De plus, en prélevant beaucoup d'eau chez la plante, les orobanches maintiennent leur hôte en déficit hydrique chronique.

### DOCUMENT 12 - Présentation d'une orobanche et de son cycle de développement

- A- Plant de tomate parasité par une orobanche (le pied d'orobanche porte ici des fleurs bleues)
- B- Plant de tomate sain
- C- Grandes étapes de la mise en place de l'association parasitaire entre une orobanche et la tomate.



**DOCUMENT 13** - Coupe transversale réalisée dans la zone de contact entre l'orobanche et la tomate.

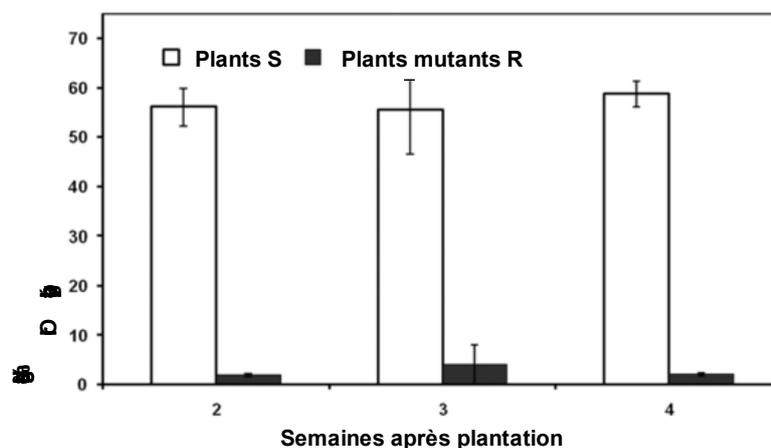


9°) A l'aide des documents 12 et 13, indiquer quelles sont les structures favorisant l'installation et le fonctionnement de l'association parasitaire entre l'orobanche et la tomate.

Les agronomes ont cherché à sélectionner, sans succès, des variétés de tomates résistantes aux orobanches, c'est-à-dire ne pouvant pas être parasitées par les orobanches. Suite à la réalisation d'une mutagenèse expérimentale, des chercheurs ont identifié un mutant de tomate présentant une résistance aux orobanches (mutant *SI-ORT1*) et ont étudié les origines de cette résistance.

**DOCUMENT 14** - Germination de graines d'Orobanche égyptienne à proximité de variétés de tomate sensibles (c'est-à-dire pouvant être parasitées) ou résistantes (c'est-à-dire ne pouvant pas être parasitées)

On mesure le taux de germination de graines d'Orobanche égyptienne placées dans le terreau de pots dans lesquels on cultive soit une variété de tomate mutante résistante aux orobanches (mutant *SI-ORT1*, noté R par la suite) soit une variété sauvage sensible (notée S). Les barres d'erreurs correspondent à l'erreur standard. Lorsque les barres d'erreur se recoupent, il n'y a pas de différences significatives entre les résultats.



10°) Interpréter les résultats du document 14 et émettre deux hypothèses pour expliquer la résistance des plants de tomates mutants R.

11°)

11a. Analyser les documents 15 à 17 afin d'identifier la cause de la résistance des plants de tomates mutants.

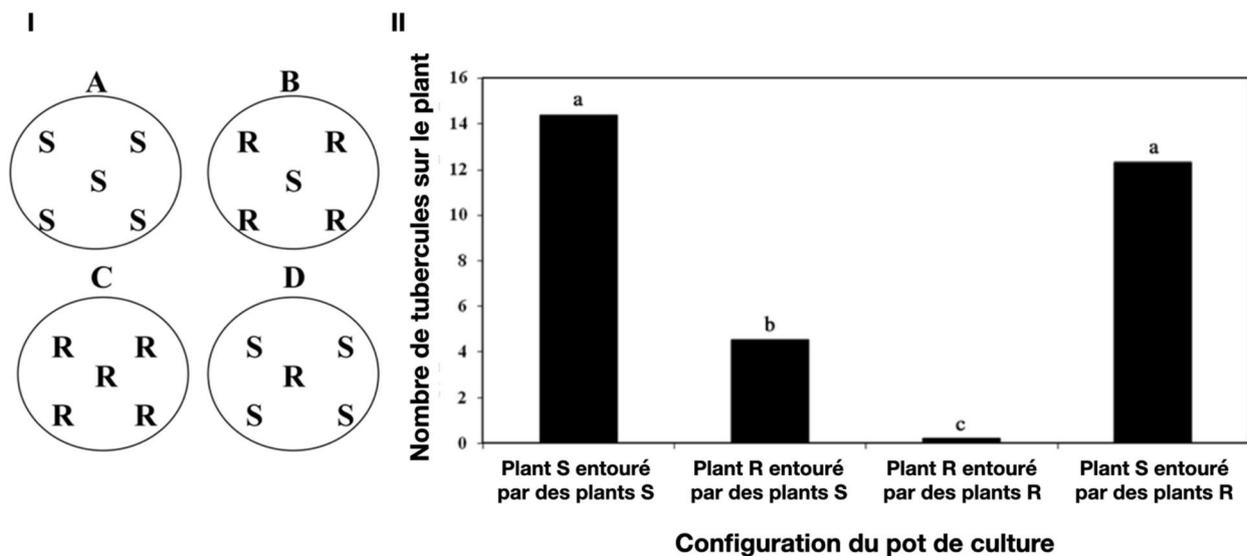
11b. Proposer une explication aux différences observées entre le milieu liquide et le terreau, dans l'expérience du document 17.

11c. Proposer une ou des expériences complémentaires permettant d'étudier le rôle des strigolactones dans le parasitisme des plants de tomates par l'orobanche.

**DOCUMENT 15 - Nombre de tubercules d'Orobanche égyptienne formés sur des racines de plants de tomate sensibles ou mutants, cultivés ensemble**

Des plantes mutantes résistantes aux orobanches (notées R) et des plantes sauvages sensibles aux orobanches (notés S) sont plantées par 5 dans des pots de culture comme indiqué sur la figure I. On place dans le terreau de ces pots de culture des graines d'Orobanche égyptienne.

On étudie alors le nombre de tubercules formés sur les racines des plantes (II). *Des lettres identiques au-dessus des barres du graphique, indiquent que les différences ne sont pas significatives.*

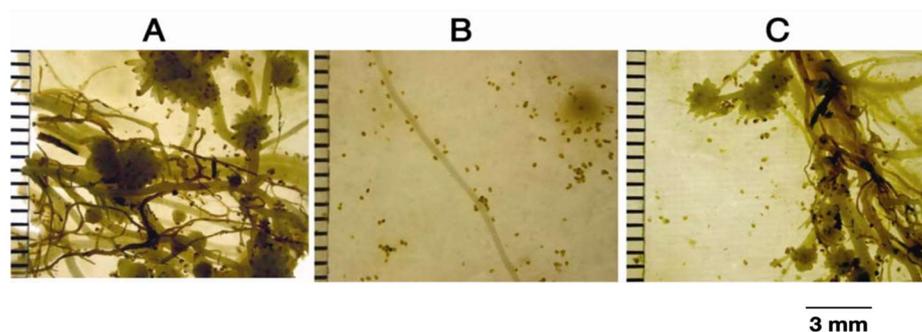


## **DOCUMENT 16 - Etude de la germination des graines et de la formation de tubercules d'Orobanche égyptienne dans différentes conditions**

I- Des graines d'Orobanche égyptienne sont placées en présence d'un pied de tomate sauvage sensible (A) ou d'un pied mutant résistant (B et C), dans un pot de terreau  
En C, on rajoute dans le terreau du GR24, un composé chimique qui active la germination des graines.

II- Moyennes réalisées sur plusieurs expériences indépendantes. Les intervalles de confiance correspondent à l'erreur standard.

I-



II-

Lignée de tomate	Application de GR24 (stimule la germination des graines)	% de germination des graines d'orobanches	Nombre de tubercules sur 1 cm de racine de tomate
S	-	64,9 +/- 4,3	1,95 +/- 0,51
S	+	76,9 +/- 2,4	1,88 +/- 0,35
R	-	0,7 +/- 0,2	0,10 +/- 0,03
R	+	81,4 +/- 1,2	1,00 +/- 0,18
Absence de plant de tomate	-	0	0

## **DOCUMENT 17 - Composition des exsudats racinaires de tomate sauvage sensible et de tomate mutante résistante.**

Par chromatographie et spectrométrie de masse, on identifie et on dose différents constituants contenus dans les exsudats racinaires (ensemble des composés excrétés dans le sol par les racines des végétaux) de plants de tomate sensibles et de plants mutants. On s'intéresse en particulier à un type de composés des exsudats racinaires : les strigolactones.

On étudie la quantité de strigolactones libérés dans le milieu lorsque les tomates ont leur appareil racinaire dans un milieu liquide ou dans du terreau.

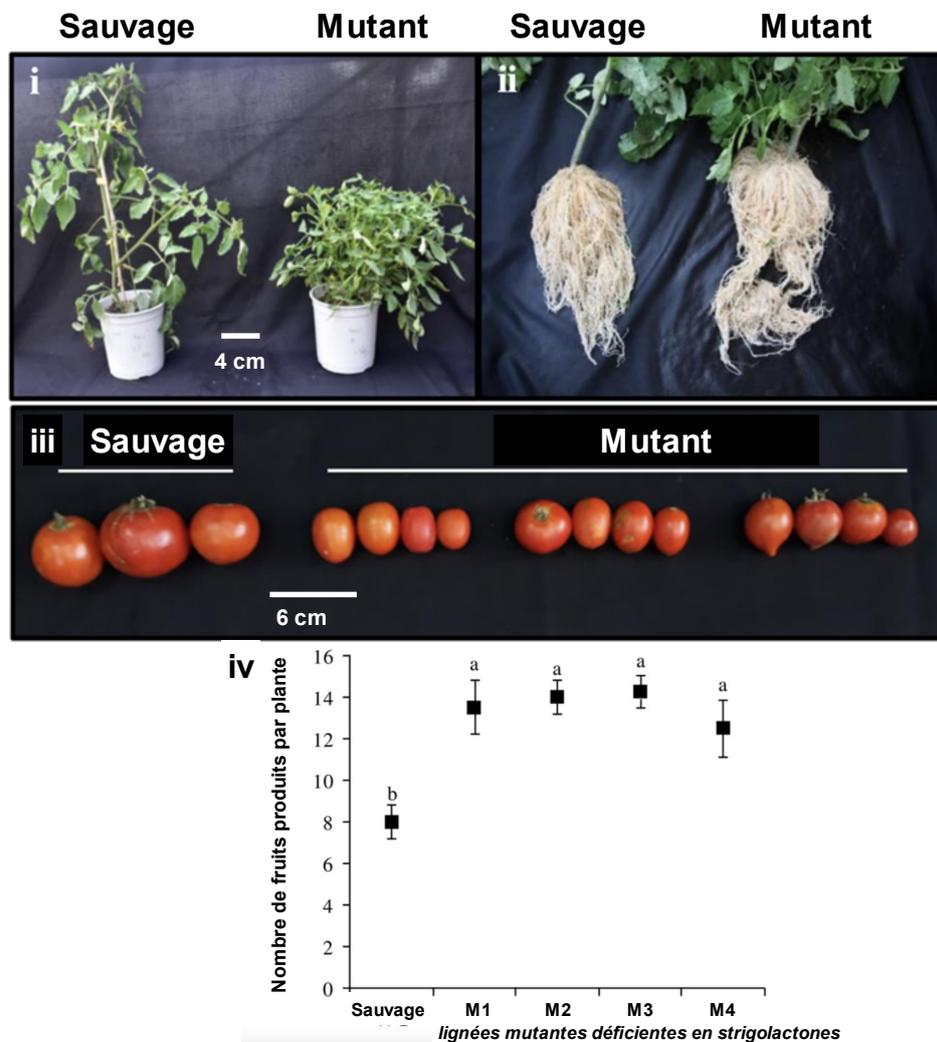
Lignées de tomates	Strigolactones		
	Orobanchol (ng. g <sup>-1</sup> de racine)	Solanacol (ng. g <sup>-1</sup> de racine)	Didéhydro-orobanchol (unités arbitraires)
<b>Milieu liquide</b>			
S	0,76	6,76	13048
R	0	0,61	408
<b>Terreau</b>			
S	0,37	0,19	123
R	0	0	0

D'autres mutants de tomate ont été obtenus à l'aide de la technique novatrice CRISPR-Cas9 (prix Nobel de chimie 2020) qui permet de modifier de manière ciblée une séquence d'ADN. La séquence d'ADN ciblée est celle d'un gène codant une enzyme de la voie de biosynthèse des strigolactones. Ces mutants ne produisent pas de strigolactones et sont résistants aux orobanches.

12°) A l'aide des documents 18 à 20, indiquer quelles peuvent être les méthodes de lutte mises en œuvre pour limiter l'infestation des plants de tomate par l'orobanche égyptienne. Pour chaque méthode, vous indiquerez les intérêts et les limites. Vous présenterez votre réponse sous forme d'un tableau.

**DOCUMENT 18 - Caractéristiques phénotypiques de mutants de tomates résistants aux orobanches, obtenus par la méthode CRISPR-Cas9.**

- i- Morphologie de l'appareil aérien
- ii- Morphologie de l'appareil racinaire
- iii- Morphologie du fruit
- iv- Productivité du plant (nombre de fruits produits). *Il s'agit de la moyenne de plusieurs résultats. Les barres d'erreur correspondent à l'erreur standard. Des lettres identiques au-dessus de deux résultats indiquent que les différences entre ces deux résultats ne sont pas significatives.*



**DOCUMENT 19 - Différents conseils de lutte contre les orobanches** ( *extrait du portail Ephytia de l'INRAE*)

Nous vous conseillons tout de même de mettre en oeuvre les mesures suivantes :

- arracher ou détruire par tous les moyens les plantes parasites avant leur floraison ;
- en présence d'un foyer débutant, traiter les orobanches et leurs hôtes avec un herbicide afin d'éviter que les plantes ne produisent des graines qui retourneront dans le sol ;
- dans certains pays, une désinfection du sol avec un fumigant est envisagée (bromure de méthyle).
- la **Solarisation**\* permettrait de détruire une partie du stock de graines présentes dans les premiers centimètres du sol ;
- l'enfouissement profond des graines est parfois conseillé car il les éloigne des futures racines de tomate qui ne seront parasitées que tardivement. Cette pratique est toutefois controversée car elle contribue à leur conservation ;
- l'augmentation des engrais azotés réduirait les infestations en diminuant le pouvoir de germination des graines et de fixation des plantules sur leurs hôtes.
- éviter de contaminer de nouvelles parcelles par le matériel agricole souillé. Pour cela, nous vous suggérons de toujours travailler les parcelles infestées en dernier et de bien laver le matériel après.

*\*la solarisation est une méthode qui consiste à chauffer artificiellement le sol en utilisant l'énergie solaire. Le sol est couvert avec une bâche, généralement en polyéthylène transparent, pour piéger l'énergie solaire et augmenter sa température. Ceci peut entraîner la mort de différents organismes du sol : champignons, bactéries, nématodes, acariens, végétaux (par exemple avec perte du pouvoir de germination des graines)*

## DOCUMENT 20 - Influence du microbiote de la tomate sur l'infestation par les orobanches.

Les bactéries présentes naturellement dans les tissus de la tomate ont été isolées puis mises en culture. Les cultures de bactéries ont ensuite été ajoutées dans le terreau de pots contenant des plants de tomates sensibles et des graines d'Orobanche égyptienne. On étudie l'aspect des racines de tomate au bout de 3 semaines.

**A-** Nombre moyen de tubercules développés sur l'appareil racinaire au bout de 3 semaines.

**B-** Morphologie de l'appareil racinaire de tomate au bout de 3 semaines.

*Les barres d'erreurs correspondent à l'erreur standard. Lorsque les barres d'erreur se recoupent, il n'y a pas de différences significatives entre les résultats.*

