

**Devoir surveillé de SVT n°7***Biologie**Durée de l'épreuve : 2 heures*

*L'usage d'abaques, de tables, de calculatrice et de tout instrument électronique susceptible de permettre au candidat d'accéder à des données et de les traiter par les moyens autres que ceux fournis dans le sujet est interdit.*

*Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.*

*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 un professeur surveillant qui vérifiera et éventuellement remplacera le sujet.*

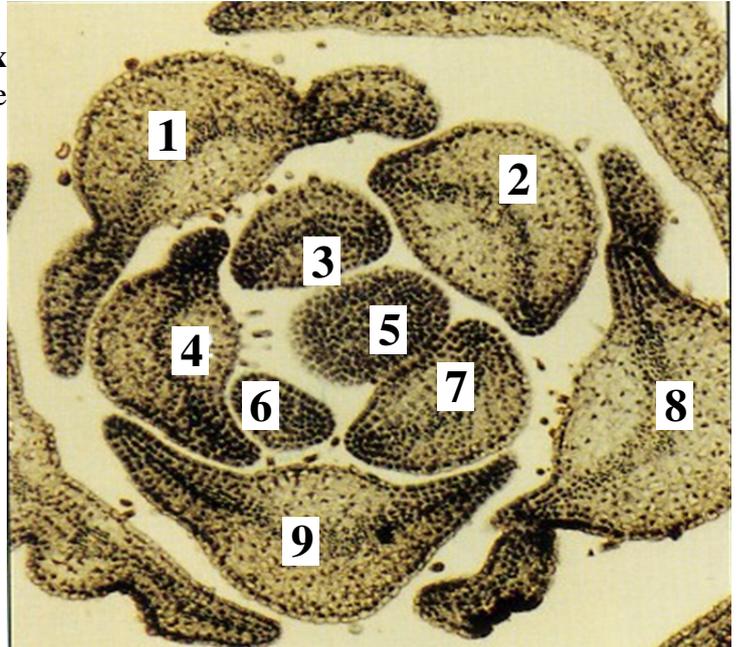
- Les numéros des questions et des documents étudiés seront clairement indiqués sur la copie.
- Vous répondrez aux questions posées en construisant méthodiquement votre argumentation à partir de l'analyse des documents proposés, en vous aidant de vos connaissances et en adéquation avec les consignes explicites propres à chaque question. Les réponses seront précises, concises et structurées.
- Le plus grand soin sera apporté à la présentation et à l'orthographe, ainsi qu'à la clarté et à la concision de vos réponses. Aucune abréviation non conventionnelle ne sera utilisée sans que n'en soit mentionnée la signification.

**Les trois thèmes du sujet sont indépendants.**

## Thème 1 : Les étapes précoces de l'organogenèse foliaire

Chez les Angiospermes, les différents organes se mettent en place progressivement à partir de la jeune plante issue de la germination de la graine, qui contient un embryon : c'est le développement post-embryonnaire. Il débute après la germination, et conduit à la mise en place d'un appareil caulinaire et racinaire différenciés. On cherche ici à étudier les modalités précoces de l'organogenèse foliaire dans le temps et l'espace.

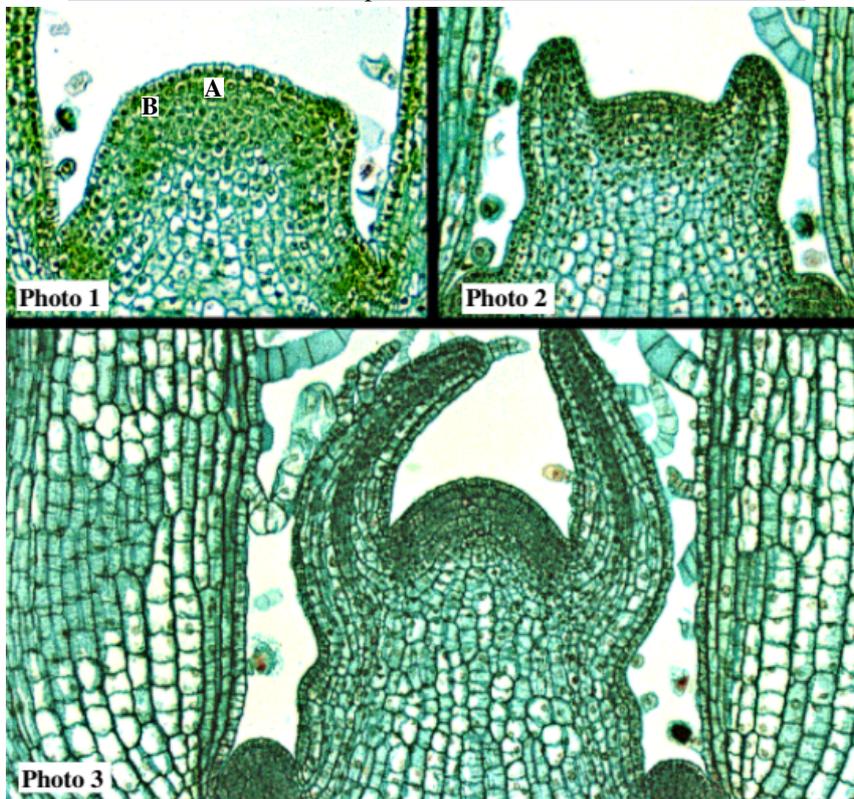
**Document 1A :** Coupe transversale d'apex caulinaire de *Solanum tuberosum* (Pomme de Terre, Dicotylédone) ; (M.O. x 65)



**Question 1a :** Précisez l'âge relatif de chaque structure indiquée par un chiffre. L'ordre des chiffres n'a aucune signification particulière.

**Document 1B :** Coupes longitudinales d'apex caulinaires de *Coleus sp.* à différents stades de développement (M.O. x 100).

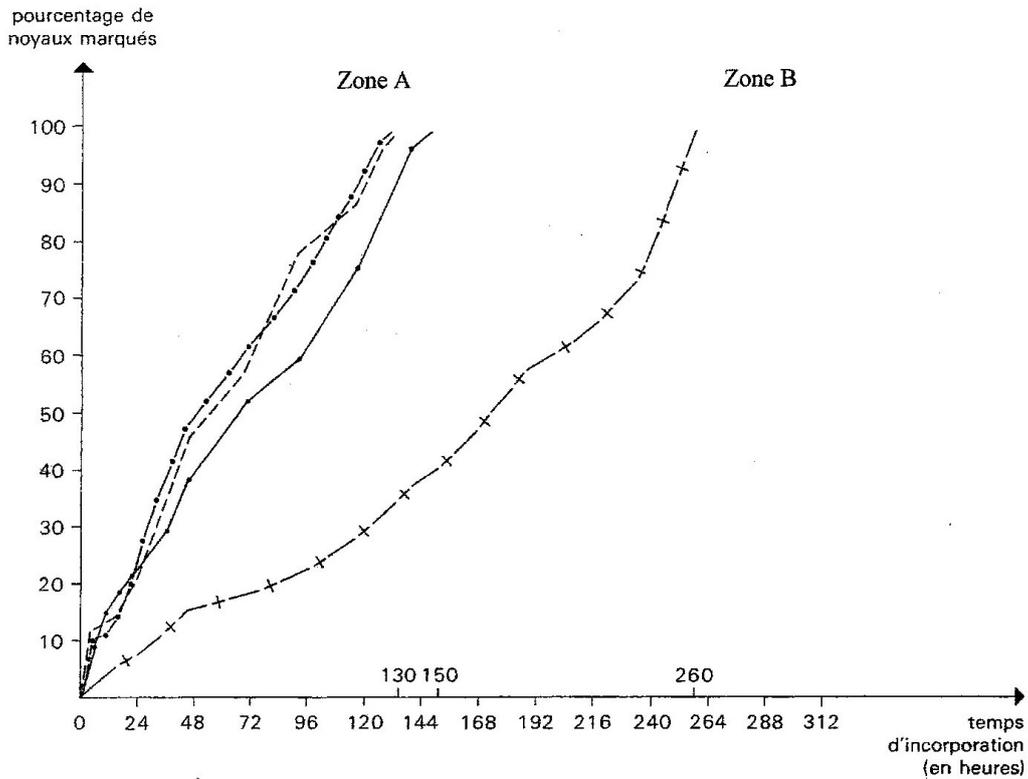
*Les lettres A et B de la photo 1 renvoient au document C.*



**Question 1b :** Sur le document 1B, reproduit en **annexe**, légendez la photographie 3 en insistant particulièrement sur les différentes zonations visibles

**Document 1C :** Pourcentage de noyaux marqués (marquage continu à la thymidine tritiée) dans les zones A et B de la photographie 1 du document 1B.

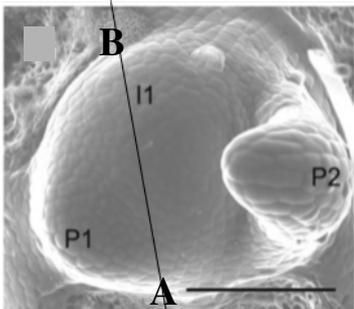
(d'après R. Saint-Côme, 1966, *Rev. Gén. Bot.*, t. 73, n°854).



**Question 1c :** Explicitez l'intérêt du marquage à la thymidine tritiée

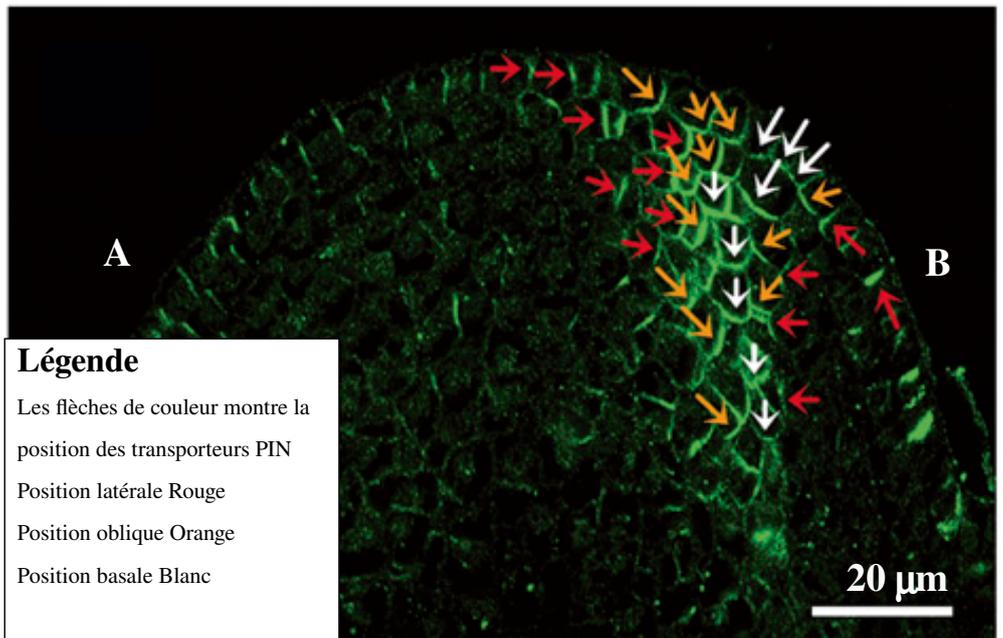
**Question 1d :** Analysez le document 1C et concluez sur les particularités des zones A et B

**Document 1D :** Positionnement des transporteurs PIN dans l'apex caulinaire de tomate



**Vue de l'apex par dessus**  
 Trait AB plan de coupe  
 I1 futur primordium  
 P1 et P2 Primordiums déjà mis en place

Echelle 60 µm



**Légende**

Les flèches de couleur montre la position des transporteurs PIN  
 Position latérale Rouge  
 Position oblique Orange  
 Position basale Blanc

20 µm

**Coupe de l'apex selon le trait AB**

Les transporteurs PIN sont visible en vert. Ce sont des transporteurs membranaires d'AIA. Ils permettent une entrée active d'AIA dans la cellule.

**Question 1e : Décrivez la disposition des transporteurs d'auxine dans l'apex. Quelle est la conséquence sur la teneur en auxine au sein de l'apex ?**

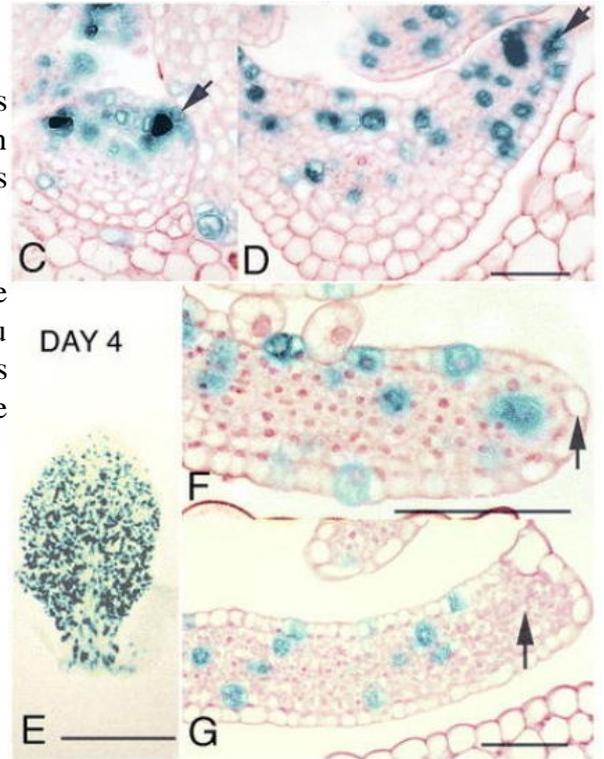
Au niveau de l'apex, l'augmentation de la teneur en auxine active la division cellulaire.

**Question 1f : proposez en bilan un scénario spatial et temporel de mise en place des différentes feuilles au niveau d'un apex caulinaire**

**Document 2 : Evénements précoces dans le développement de la feuille d'Arabidopsis.**

Les différents clichés correspondent à des coupes (photographies C, D, F et G) ou à une vue en plan (photographie E) de primordiums foliaires à différents stades.

Un gène GUS a été inséré en amont du gène qui code une protéine spécifique de la transition de la phase G2 / M du cycle cellulaire. Les zones colorées en bleu indiquent les domaines d'expression du gène GUS (ne pas tenir compte des flèches).



**Question 2a : Quel est le rôle du gène GUS ? Comment nomme-t-on ce type de gène ?**

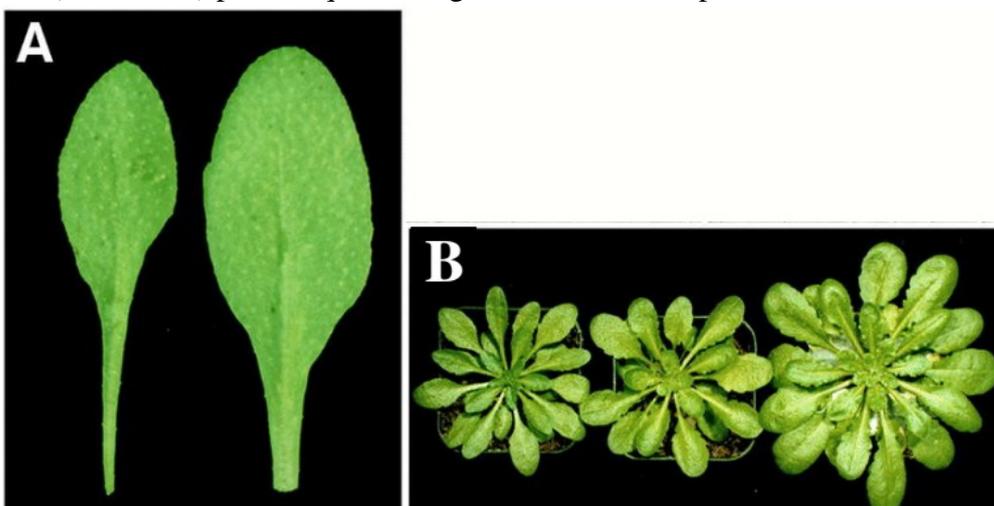
**Question 2b : Analysez le document 2 et concluez sur les processus cellulaires permettant le développement de la feuille d'Arabidopsis.**

**Document 3: Effets de la mutation du gène AINTEGUMENTA (*ant - 1*)**

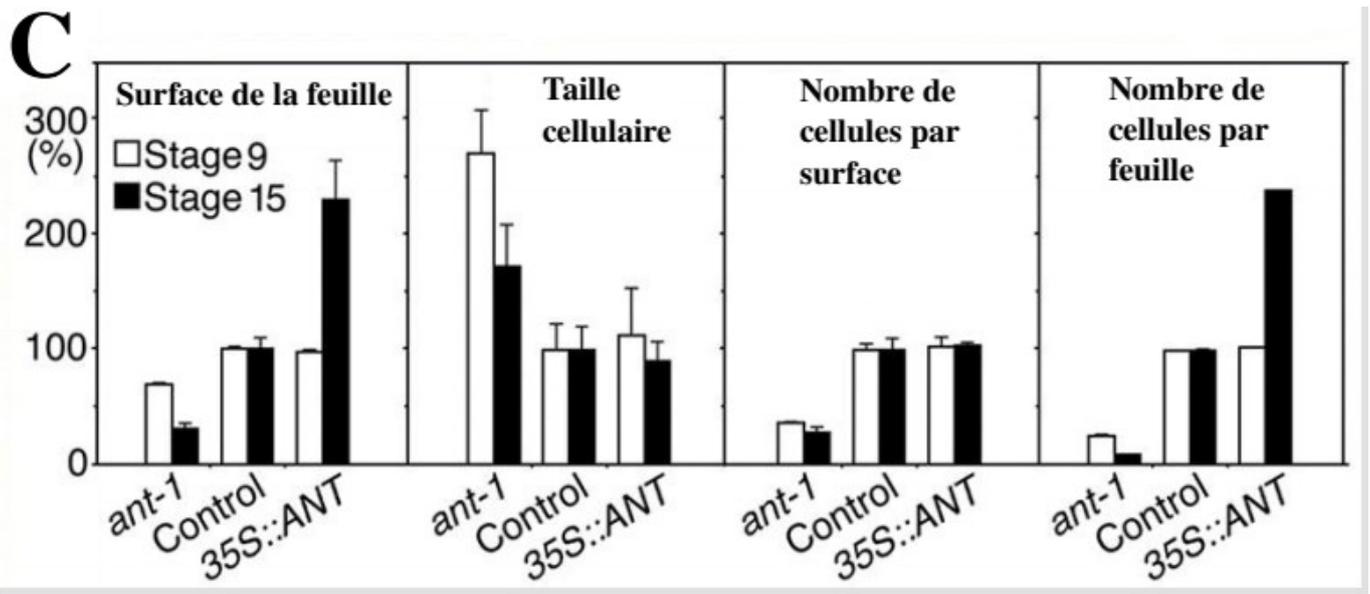
A : feuille de plant muté (*ant - 1*) à gauche et feuille de plant sauvage à droite.

B : morphologie de la rosette :

- des plantes mutées (*ant - 1*) à gauche,
- des plantes sauvages au milieu,
- des plantes (*35S ::ANT*) pour lesquelles le gène *ANT* est surexprimé à droite.



C : comparaison de diverses caractéristiques des feuilles chez les trois plantes à divers stades



**Question 3 :** Analysez l'ensemble du document 3 et concluez sur le rôle du produit du gène *ANT-1* dans le développement des feuilles. Précisez notamment quel(s) processus cellulaire(s) sont ainsi contrôlés.

---

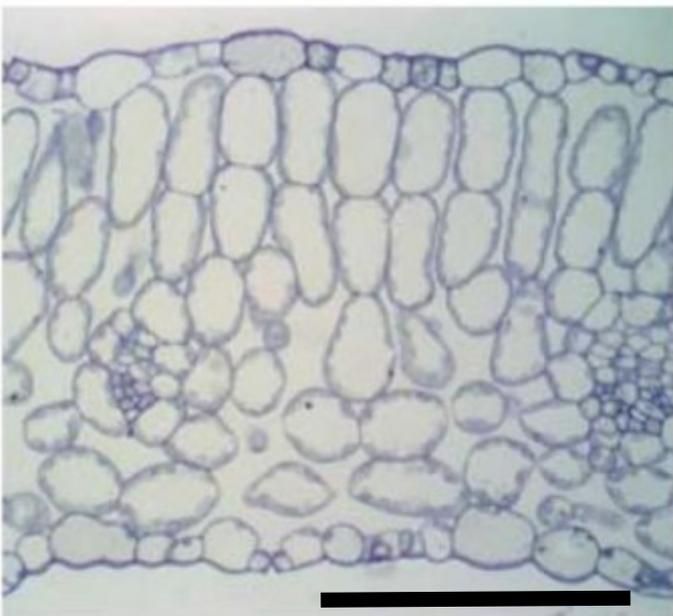
### Thème 2 : L'acquisition de la polarité adaxiale – abaxiale du limbe foliaire

---

D'après Kerstetter R.A. et al., 2001, *Nature*, 411, p. 706 – 709 et McConnell et al., 2001, *Nature*, 411, p. 709 – 713.

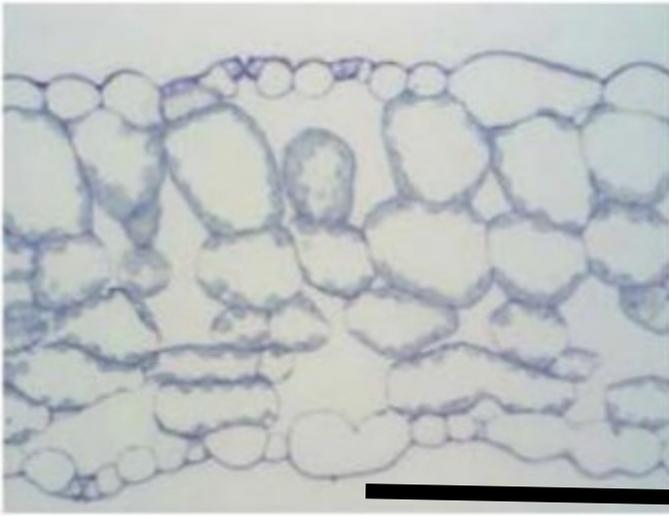
*Rappel : la face adaxiale est la face tournée vers l'axe de la tige. Elle est aussi appelée face ventrale ou face supérieure chez les feuilles de dicotylédones.*

#### **Document 4 : Coupes transversales d'un limbe foliaire d'*Arabidopsis thaliana*.**



Coupe A : d'un plant cultivé au soleil (éclairage direct)

Barre d'échelle : 100  $\mu$ m



Coupe B : d'un plant cultivé à l'ombre (éclairage indirect).

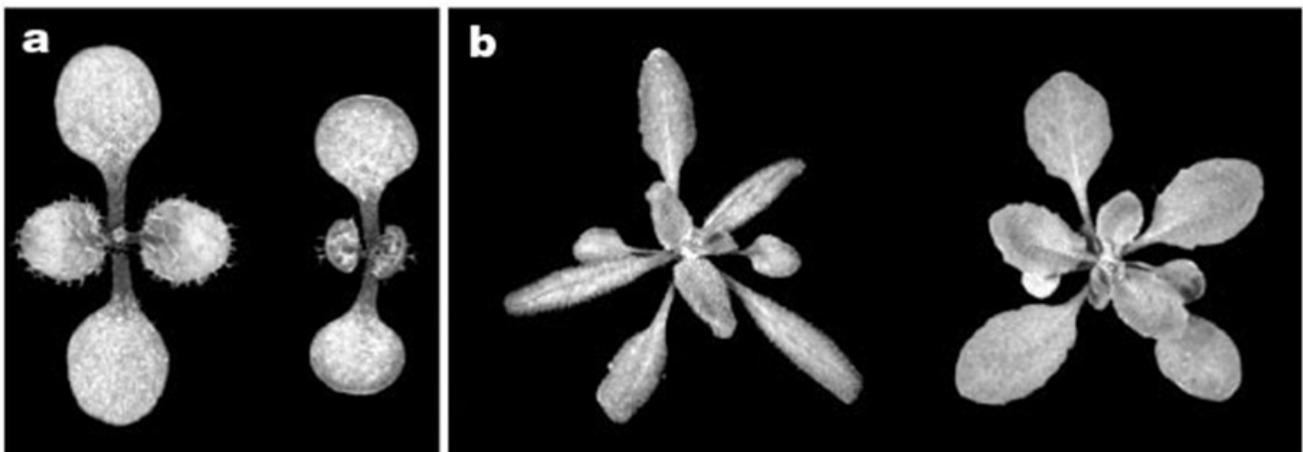
Barre d'échelle : 100  $\mu$ m

**Question 4 a :** Décrivez précisément l'organisation des deux feuilles, coupes A et B.

**Question 4b :** Pour la coupe A, précisez le rôle de chaque tissu.

**Question 4c :** Comparez l'anatomie de ces deux feuilles et proposez une hypothèse sur l'origine des différences.

**Document 5A :** Effets de la mutation du gène *KANADI* sur les feuilles d'*Arabidopsis thaliana*.

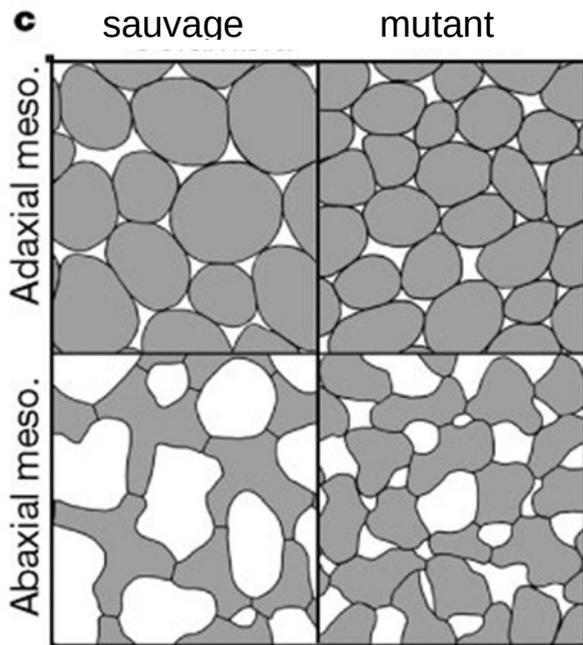


**a : plants de 7 jours.**

A gauche, phénotype sauvage, à droite, phénotype mutant.

**b : plants de 21 jours.**

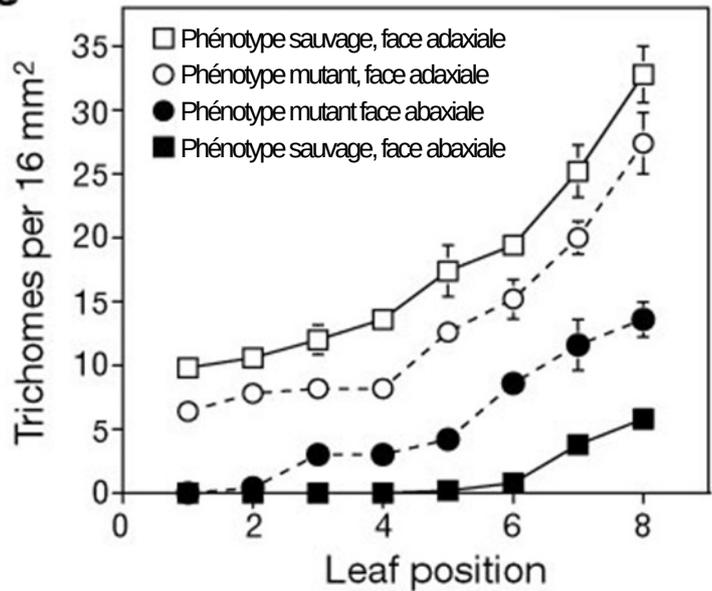
A gauche, phénotype mutant, à droite, phénotype sauvage.



**c** : parenchyme foliaire adaxial et abaxial de la feuille n°1 (première feuille).

A gauche, phénotype sauvage, à droite, phénotype mutant.

(meso : mésophylle)



**d** : densité des trichomes (poils épidermiques) (par 16 mm<sup>2</sup>) sur les faces adaxiales et abaxiales des feuilles en fonction de leur position dans la rosette.

N.B. « leaf » = feuille

**Question 5a : Comparez les caractéristiques des feuilles des plants sauvages et des mutants et concluez quant aux rôles du produit du gène *KANADI* sur la polarité de la feuille.**

**Document 5B : Expression du gène *KANADI*.**

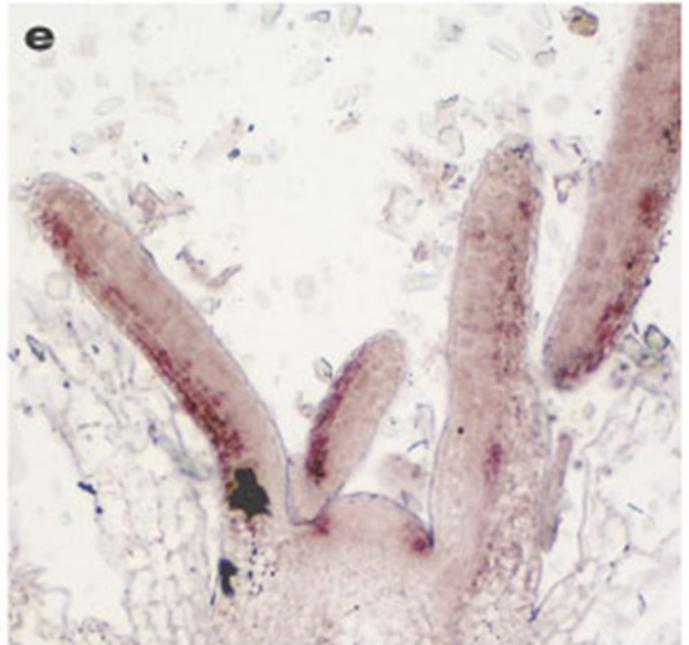
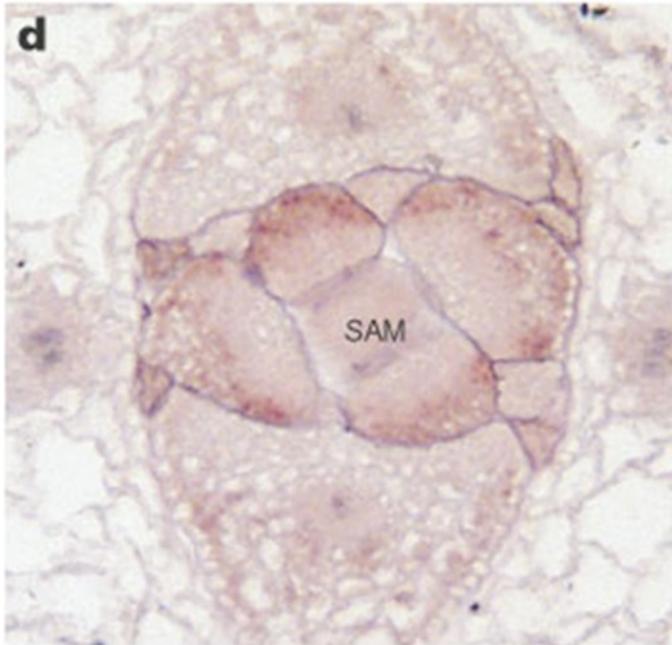
Coupes d'embryons (a, b, c) ou de plants sauvages (d et e) observées en microscopie optique, après incubation avec une sonde nucléotidique complémentaire des ARNm du gène *KANADI*, marquée à la digoxygénine-UTP (révélée par une couleur brune).



Echelle : barre d'échelle = 25 μm

- a. Embryon au stade globulaire.**
- b. Embryon à la fin du stade globulaire.**
- c. Embryon au début du stade cordiforme**

Remarque : sur les clichés a, b et c les structures à étudier sont cerclées.



**d. Coupe transversale de l'apex d'une plantule de 7 jours** (*SAM = Shoot Apical Meristem = Méristème Apical Caulinaire*).

**e. Coupe longitudinale de l'apex d'une plantule de 7 jours.**

**Question 6 a :** En quoi le protocole utilisé vous paraît-il pertinent ?

**Question 6 b :** Analysez le document 5B et concluez quant à l'expression du gène *KANADI*.

**Question 7 :** Dressez un bilan des facteurs contrôlant la mise en place de la polarité de la feuille mis en évidence dans le thème 2.

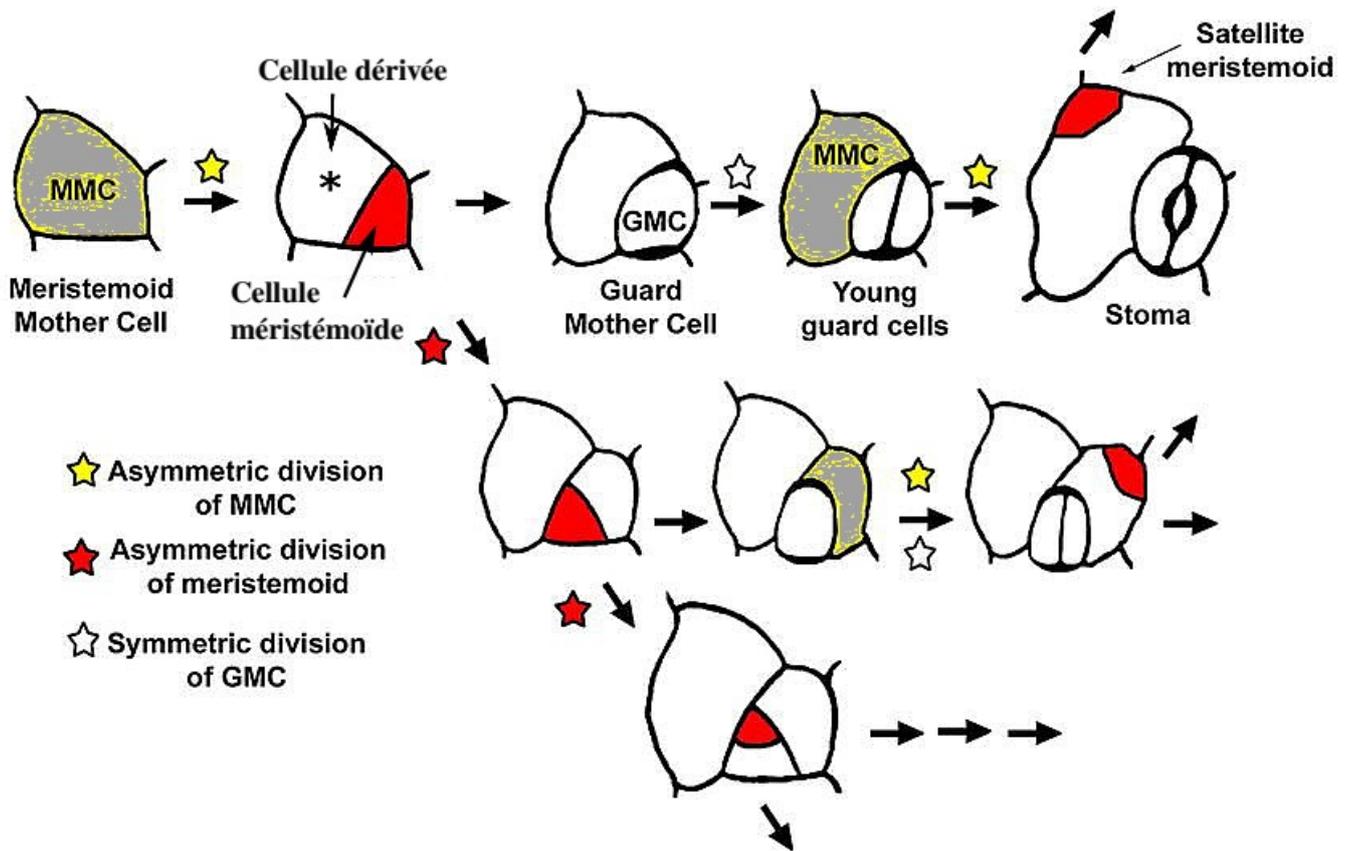
### **Thème 3 : Formation et distribution spatiale des stomates au cours de l'organogenèse foliaire**

*D'après Nadeau et al., 2002, Science, 296, 1697-1700 et Geisler et al., Planta, 216, 571-579*

Des divisions cellulaires asymétriques sont responsables de la formation et de la distribution des stomates dans l'épiderme foliaire d'*Arabidopsis*.

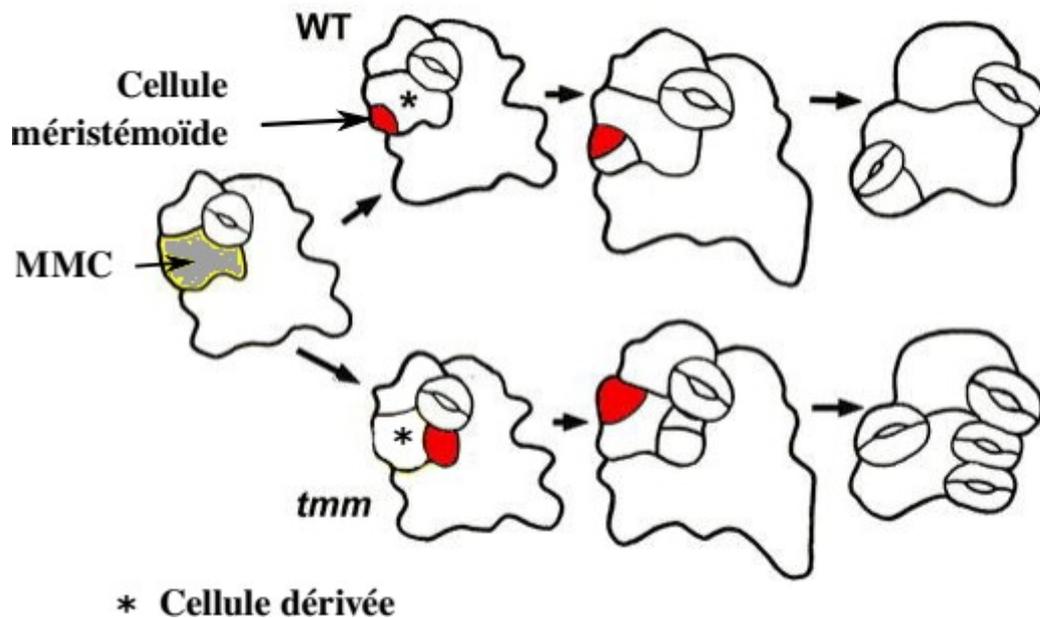
#### **Document 6A. Principe du développement des stomates dans l'épiderme foliaire d'*Arabidopsis*. CE DOCUMENT N'EST PAS DESTINÉ À ÊTRE ANALYSÉ**

Dans le protoderme (assise cellulaire qui se différencie en épiderme), des cellules mères méristémoïdes se divisent et engendrent une cellule méristémoïde et une cellule dérivée. La cellule méristémoïde peut éventuellement se différencier en cellule précurseur de stomate (GMC = Guard Mother Cells) et engendrer un stomate par une division supplémentaire. Quant à la cellule dérivée, elle engendre à son tour une cellule méristémoïde et une cellule dérivée,...ainsi de suite....



On a identifié des plants mutants (mutation *tmm* = too many mouths) qui possèdent un très grand nombre de stomates

**Document 6B.** Comparaison des modalités de développement des stomates dans l'épiderme foliaire d'un plant d'*Arabidopsis* sauvage (WT – en haut) et d'un plant mutant *tmm* (en bas).



**Question 8 :** En vous aidant du documents 6B, proposez une ou des hypothèses sur les causes de l'anomalie de distribution des stomates sur la feuille des mutants *tmm* d'*Arabidopsis thaliana*.

**Document 6C.** Quantification des divisions asymétriques dans les cellules voisines des stomates. Les valeurs sont en pourcentage.

	Type sauvage	Type mutant ( <i>tmm</i> )
Stomates autour desquels aucune cellule voisine ne se divise	42	6
Stomates autour desquels une seule cellule voisine se divise de façon asymétrique	46	69
Stomates autour desquels deux cellules voisines se divisent de façon asymétrique	12	21
Stomates autour desquels trois cellules voisines se divisent de façon asymétrique	0	3

**Question 9 : Analysez et interprétez le document 6C.**

**Proposez une hypothèse sur les modalités de contrôle des divisions asymétriques.**

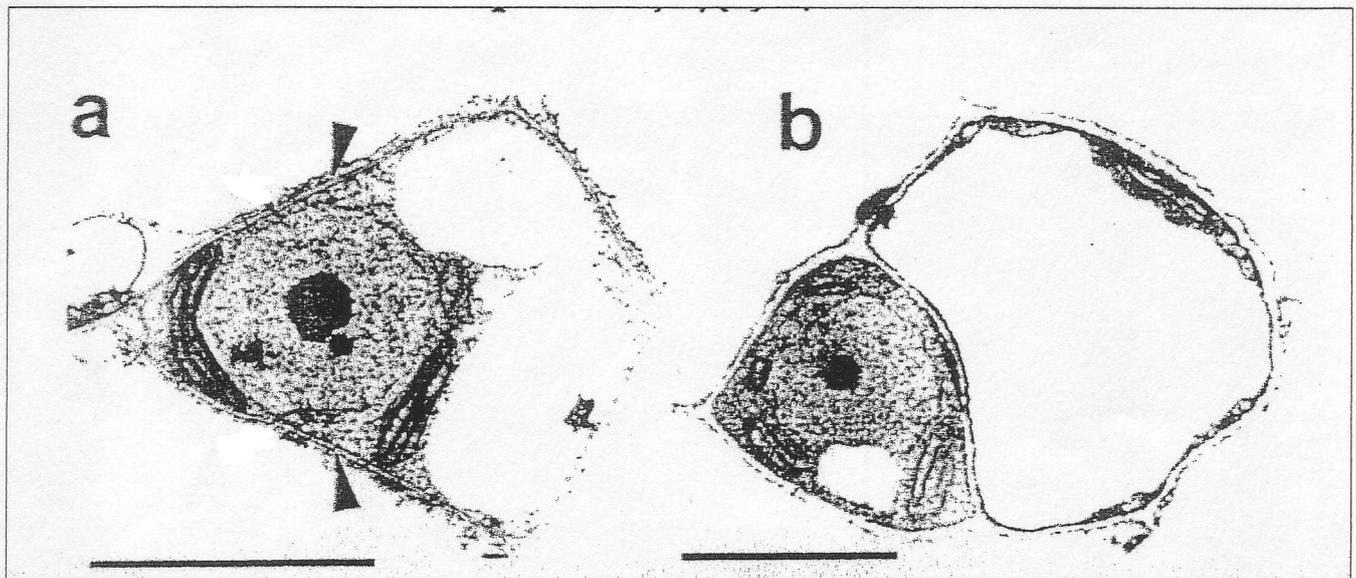
**Document 6D. Position du noyau dans la cellule mère méristémoïde et orientation du plan de division chez un plant sauvage.**

a. cellule mère méristémoïde (MET – barre d'échelle : 5  $\mu$ m) : les flèches indiquent la position du futur plan de division.

b. résultat de la division de la cellule présentée en a (même échelle)

La même observation est effectuée chez les plants mutants *tmm*

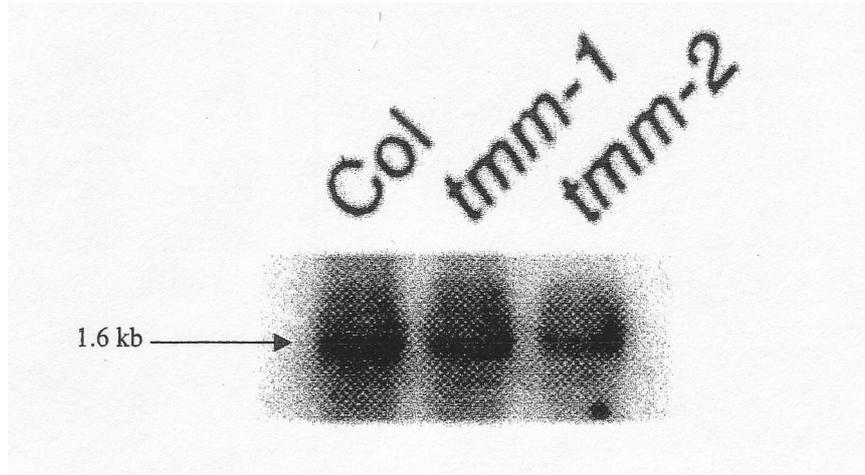
La même observation est effectuée chez toute cellule protodermique se divisant de façon asymétrique.



**Question 10 : Analysez le document 6D et concluez sur le mécanisme permettant une division asymétrique de la cellule mère méristémoïde.**

**Document 7A. Analyse par Northern blot de l'expression du gène *TMM* dans les feuilles de rosette d'un plant d'*Arabidopsis* âgé de 3 semaines.**

Col est le type sauvage ; *tmm-1* et *tmm-2* sont les deux mutants *TMM*.



**Question 11a :** Précisez l'intérêt de réaliser dans ce cas un Northern blot plutôt qu'un autre type de blot.

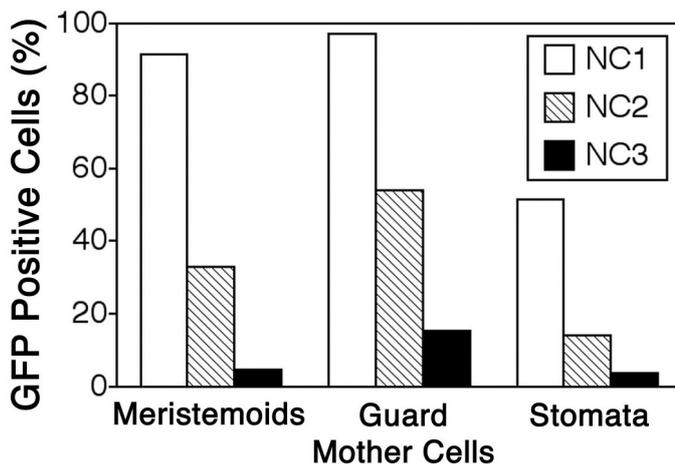
**Question 11b :** Analysez et interprétez le document 7A.

**Document 7B. Quantité de protéine GFP-TMM dans les cellules voisines des cellules méristémoides, des cellules précurseur des stomates (Guard Mother Cells) et des stomates.**

Les différentes cellules sont transformées par une construction génétique comprenant, sous le contrôle du promoteur du gène *TMM*, le gène codant pour une protéine fluorescente verte (GFP) suivi du gène *TMM*.

On a mesuré l'expression du gène *TMM* sur 300 cellules de chaque type. Les résultats sont exprimés en pourcentage de cellules fluorescentes (= % GFP-positive cells).

NC1, NC2, NC3 sont des cellules voisines (Neighbour Cells) de plus en plus âgées, donc de taille de plus en plus importante.



**Meristemoids :** cellules méristémoides  
**Guard Mother Cells :** cellules mères des cellules de garde  
**Stomata :** Stomates

**Question 12 :** Analysez et interprétez le document 7B.

La protéine codée par le gène *TMM* a été identifiée et séquencée : elle possède 496 acides aminés et sa séquence, comme son profil d'hydrophatie, suggèrent fortement qu'il s'agit d'un récepteur membranaire.

**Question 13 :** En vous aidant de ces données et de vos analyses des documents de ce thème, Schématisez un modèle simple du mécanisme de mise en place des stomates.

**FIN DE L'ÉPREUVE**