

Partie 1:

L'ÉCOLOGIE

Le mot écologie fut inventé en 1866 par le biologiste allemand Ernst Haeckel, il est composé du mot grec "oikos", qui signifie maison ou habitat, et le mot "logos", qui signifie science, ou étude.

L'écologie est la science qui étudie les relations entre les êtres vivants (humains, animaux, végétaux) et le milieu organique ou inorganique dans lequel ils vivent.

L'écologie est une science pluridisciplinaire qui fait appel à d'autres sciences comme : la biologie, la pédologie, la géologie, les mathématiques, etc.

- Quels sont les différentes techniques utilisées en écologie?
- Qu'est-ce qu'un écosystème et quelles sont ses caractéristiques?
- Quelles relations peut-il exister entre les différents êtres vivants?

Chapitre 1

Les techniques adaptatives à l'étude écologique sur le terrain

Introduction: L'étude écologique sur le terrain nécessite la maîtrise des connaissances scientifiques et des techniques spécifiques de l'écologie.

- Quelle sont les techniques utilisées en écologie sur le terrain ?
- Quelle démarche utilise-t-on pour l'étude écologique sur le terrain ?
- Quelles sont les connaissances scientifiques spécifiques à l'écologie ?

I- Les techniques d'étude sur le terrain.

① Répartition verticale des végétaux: les strates végétales

a- **Activité 1** : (voir document 1)

Document 1: Les strates végétales

Dans une forêt, existe une distribution des plantes en étages superposés appelés: strates. Le document suivant donne une représentation schématique de la stratification verticale des végétaux d'une forêt.

Strates végétales	
a = <u>Arborescente</u>	
b = <u>Arbustive</u>	
c = <u>Herbacée</u>	
d = <u>Muscinale</u>	
e = <u>Souterraine</u>	
<p>1) Nommer les strates numérotées (a, b, c, d, e). 2) Sur quel critère on s'est basé pour effectuer ce classement ?</p>	

- 1) Voir le document.
- 2) Pour effectuer ce classement on s'est basé sur la hauteur des plantes.

b- Activité 2 : (Voir document 2).

Document 2: Technique de mesure de la hauteur des arbres

On peut mesurer la hauteur des arbres en utilisant un triangle rectangle isocèle, selon la démarche illustrée sur ce document, et en appliquant la règle des triangles semblables:

$$\frac{a b}{a' b'} = \frac{a c}{a' c'}$$

Démontrer que la hauteur de l'arbre $H = D + h$

On peut mesurer la hauteur des arbres à l'aide d'un dendromètre, selon la démarche suivante :

- Se positionner face à un arbre.
- Reculer jusqu'à viser précisément le sommet de l'arbre (la visée se fait à travers le tuyau)
- Vérifier que l'appareil est bien vertical à l'aide du fil à plomb.
- Mesurer la distance qui vous sépare de l'arbre (D).
- Mesurer la hauteur située entre la base du dendromètre et le sol (h).
- La hauteur de l'arbre $H = D + h$

Démontrons que la hauteur de l'arbre $H = D + h$

On a abc et $a'b'c'$ sont des triangles semblables et isocèles.

$$\frac{ab}{a'b'} = \frac{ac}{a'c'} \Rightarrow (ab) \times (a'c') = (a'b') \times (ac)$$

Puisque $ab = ac$ (triangle isocèle) $\Rightarrow a'c' = a'b' = D$

On a donc $H = a'b' + h \Rightarrow D + h$

c- Conclusion:

Dans les milieux naturels comme les forêts, les végétaux sont le plus souvent disposés en strates, chacune de ces strates est caractérisée par une hauteur déterminée et par un type d'appareil végétatif :

- **La strate arborescente** : constituée de végétaux ligneux (arbres) dont la hauteur dépasse cinq mètres (Ex : Chêne liège, le cèdre, le pin ...)
- **La strate arbustive** : constituée d'arbustes et de plantes ligneuses de petite taille (ne dépasse pas 5 mètres) (Ex : l'olivier, le pommier, l'arganier ...)
- **La strate herbacée** : constituée de plantes à pieds non ligneux et des plantes à bulbes (Ex : Doum, asphodèle, le fraisier, ...)
- **La strate muscinale** : constituée de plantes qui poussent sur les troncs d'arbres, sur les rochers (Ex : les mousses, les lichens, les champignons, ...)
- **La strate souterraine** : c'est le prolongement des végétaux dans le sol, elle est constituée de racines, rhizomes, bulbes ...

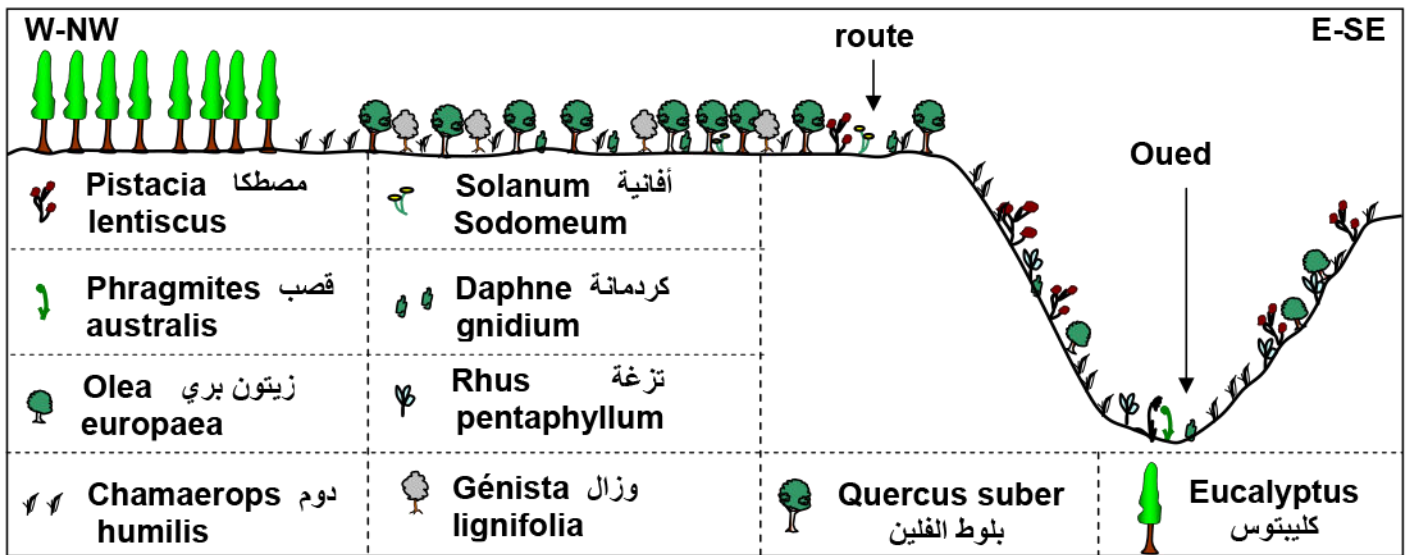
② Répartition horizontale des végétaux:

a- Réalisation d'une coupe horizontale de la répartition des végétaux: (voir document 3)

Document 3: coupe horizontale de la répartition des végétaux à travers la forêt M'khinza

La figure suivante représente une coupe, qui montre la distribution horizontale de la végétation au niveau de la forêt de M'khinza (témara).

- 1) Après avoir analysé cette figure, montrez quelles sont les étapes nécessaires à la réalisation de cette coupe.
- 2) Proposez des hypothèses qui peuvent expliquer la répartition de la végétation dans cette région.



1) La coupe horizontale de la répartition des végétaux se réalise sur un profil topographique. Cette coupe montre que la végétation diffère chaque fois que nous passons d'un point géographique vers l'autre.

Pour réaliser une coupe horizontale de la répartition des végétaux, on suit les étapes suivantes :

- ✓ On réalise un profil topographique à partir d'une carte topographique de la région, selon l'axe d'étude.
- ✓ On représente sur le profil les différents type de végétaux, les rivières, les routes, les constructions, la direction, la nature du sol, ...etc. en utilisant différents symboles.
- ✓ On dénomme les espèces.

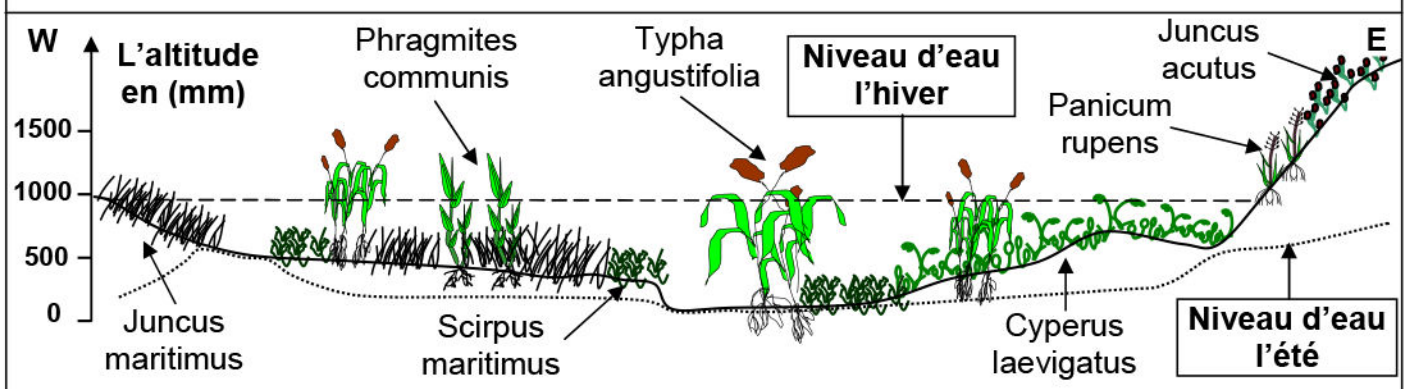
2) La répartition des végétaux dans cette région peut être due:

- ✓ A la nature du sol (facteurs édaphiques).
- ✓ Aux facteurs climatiques.
- ✓ A l'intervention de l'homme.

b- Répartition des végétaux dans un milieu aquatique: (voir document 4)

Document 4: coupe horizontale de la répartition des végétaux à Dayet Sidi Boughaba

La figures suivante représente une coupe horizontale de la répartition de la végétation au niveau de Dayet Sidi Boughaba (l'ouest de Mehdiya région de rabat).



Dayet Sidi Boughaba est un milieu aquatique, caractérisé par l'influence de plusieurs facteurs physiques et chimiques. On y trouve une multitude d'espèces végétales, qui sont distribués selon les facteurs biologiques déterminées par le milieu et les besoins de ces plantes. Certaines de ces plantes sont immergées dans l'eau. D'autres sont hygrophiles formant une ceinture autour de la Daya.

II - L'étude statistique de la répartition des organismes.

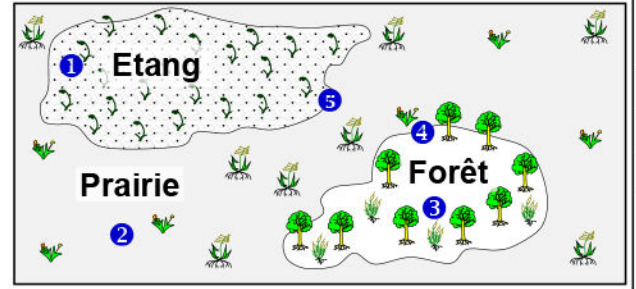
① L'étude statistique des végétaux.

a- Le choix de la station: (voir document 5)

Document 5: Le choix de la station

La figure suivante montre 5 stations différentes où on peut effectuer des relevés.

Quelles sont les stations où doit-on réaliser des relevés représentatifs des cinq milieux? Justifier votre réponse.



La station où on doit réaliser des relevés doit être située loin de la limite séparant deux milieux différents, donc les surfaces où on doit effectuer les relevés sont ①, ② et ③, car ces stations sont homogènes par contre les stations ④ et ⑤ sont hétérogènes. Vu la difficulté d'étudier tout l'espace d'une station, on recourt à la notion d'aire minimale.

- Comment déterminer l'aire minimale d'une station donnée ?

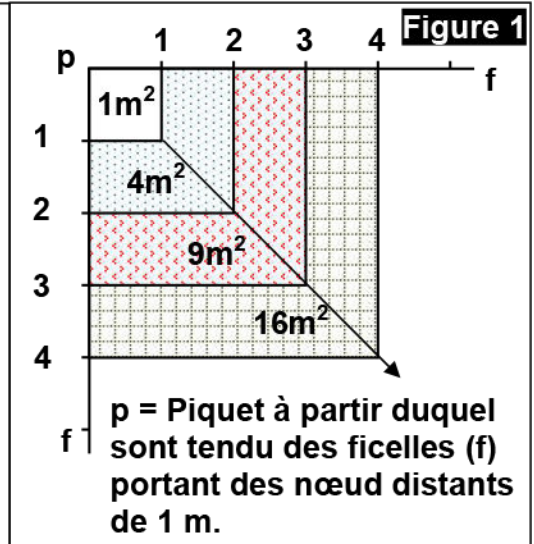
b- La détermination de l'aire minimale: (voir document 6)

Document 6: Technique du quadrillage

Pour délimiter la surface minimale des parcelles à étudier, on effectue un quadrillage (figure 1). Cela permet de dénombrer toutes les espèces végétales présentes sur 1 m^2 puis sur 4 m^2 , 9 m^2 , 16 m^2 etc. Jusqu'à ce que l'on ne trouve plus de nouvelles espèces végétales.

Une fois ces relevés exécutés, on établit une courbe, où l'on porte, en fonction de la surface explorée, le nombre d'espèces trouvées.

Le tableau suivant indique le nombre d'espèce recensées dans des carrés de 1 m^2 , 2 m^2 , ..., 25 m^2



L'aire de relevé en m^2	1	4	9	16	25
Le nombre d'espèce végétale	11	38	59	71	71

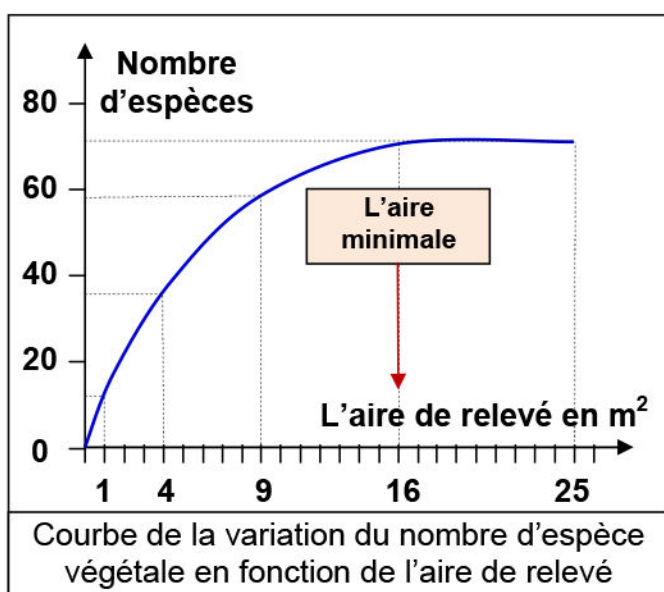
- 1) Tracer la courbe de la variation du nombre d'espèce en fonction de l'aire de relevé.
- 2) En analysant la courbe, déterminez l'aire minimale. Puis définir l'aire minimale.

1) voir tracé ci contre.

2) La courbe est ascendante, c'est-à-dire plus l'aire des relevés augmente, plus le nombre des espèces végétales augmente.

Puis on constate que la courbe montre un palier à partir de la surface 16 m². Ça signifie qu'on atteint la totalité des espèces végétales qu'on peut rencontrer dans le milieu étudié. Donc l'aire minimale est égale à 16m².

L'aire minimale est la plus petite surface où sont représentées toutes les espèces végétales du milieu étudié.



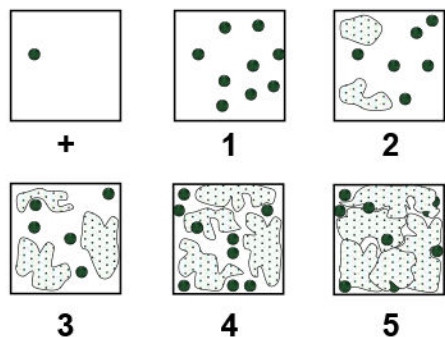
c- L'exploitation des données du relevé: (voir document 7)

Après avoir déterminé l'aire minimale il est recommandé de faire plusieurs relevés dont la surface est égale à l'aire minimale. Lorsque toutes les espèces végétales sont déterminées et recensées, on regroupe toutes les données dans un tableau.

c-1- Abondance – dominance.

- ✓ L'abondance d'une espèce végétale représente le nombre d'individu de la même espèce par unité de surface.
- ✓ La dominance ou recouvrement: représente la surface couverte par l'ensemble des individus d'une espèce donnée, elle est estimée par la projection verticale de leurs appareils végétatifs aériens sur le sol.
- ✓ Le coefficient d'abondance-dominance a été créé par Braun-Blanquet, il met en évidence la relation entre les deux critères : abondance et dominance. (Voir document 7)

Document 7: Le coefficient d'abondance-dominance:



Coefficients	Abondance	Recouvrement
+	Très rare	Très faible
1	Rare	< 5%
2	Abondant	Entre 5-25%
3		Entre 25-50%
4		Entre 50-75%
5		> 75%

c-2- Fréquence et indice de fréquence.

- ✓ La fréquence (F) : est un pourcentage qui exprime le degré de la liaison d'une espèce vis-à-vis au milieu. Elle est représentée par la formule:

$$F = \frac{(n) \text{ nombre de relevés renfermant l'espèce étudiée}}{(N) \text{ nombre des relevés réalisés}} \times 100$$

- ✓ Le chercheur DU RIETZ a divisé les fréquences en 5 classes, chacune correspond à un indice de fréquence et caractérise le type végétal. (voir document 8).

Document 8: Les indices de fréquence selon DU RIETZ :

Catégories	Indice de fréquence (IF)	Nature de l'espèce végétale
$F < 20 \%$	I	Accidentel
$20 \% \leq F < 40 \%$	II	Accessoire
$40 \% \leq F < 60 \%$	III	Assez fréquent
$60 \% \leq F < 80 \%$	IV	Fréquent
$80 \% \leq F \leq 100 \%$	V	Très fréquent

- ✓ Les espèces végétales dont l'indice de fréquence est de IV où V sont des végétaux indicateurs du milieu.
- ✓ Les espèces végétales dont l'indice de fréquence est de III sont des végétaux accompagnateurs, ils reflètent le changement ou l'interférence de deux milieux différents.
- ✓ Pour étudier les caractéristiques d'un milieu; on réalise l'histogramme des fréquences. On représente sur l'axe des abscisses les indices de fréquence; et on porte sur l'axe des ordonnées le nombre d'espèce correspondant à chaque indice. A partir de l'histogramme, on trace la courbe de fréquence.
 - Si la courbe de fréquence est unimodale; alors on dit que le groupement des êtres vivant est homogène; et cela reflète un milieu relativement stable du point de vue des conditions écologique.
 - Si la courbe de fréquence est bimodale ou multimodale, alors le groupement est hétérogène et reflète un milieu dont les conditions écologiques sont en évolution positive ou négative.

c-3- Exemple d'étude dans un milieu forestier. (Voir document 9)

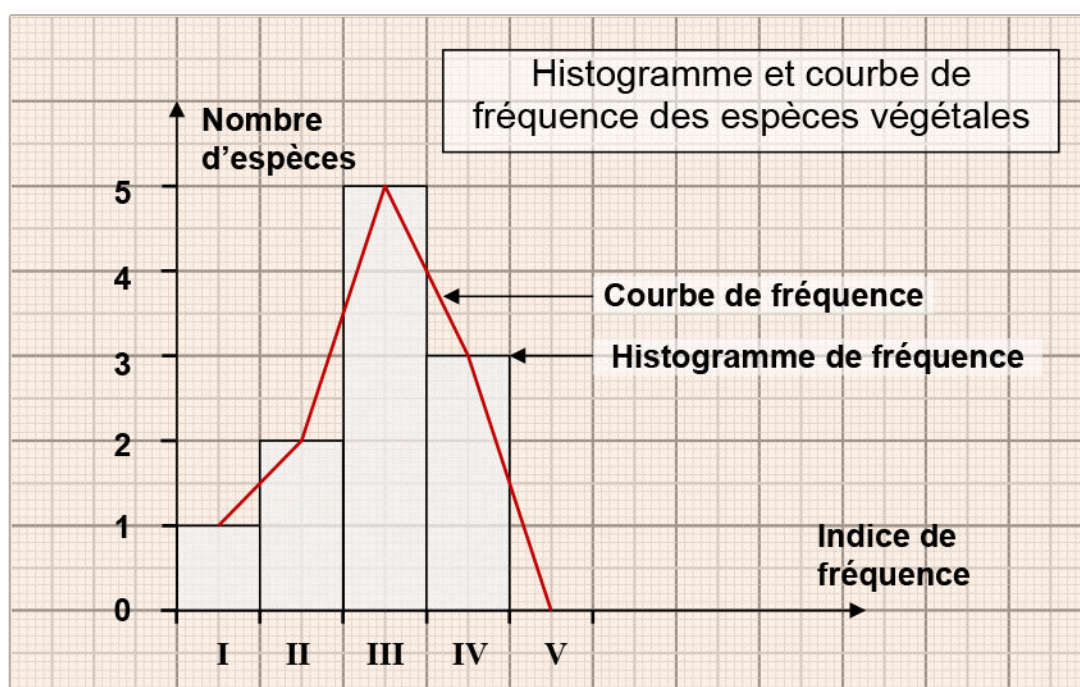
Document 9:

Le tableau suivant représente les résultats de l'étude de végétaux (la flore) d'un milieu forestier. (Le signe + indique la présence de l'espèce dans le relevé)

- 1) Compléter le tableau en calculant les fréquences (F) et les indices de fréquences (IF) des espèces.
- 2) Quelles sont les espèces caractéristiques et les espèces accompagnatrices dans ce milieu ?
- 3) Réalisez sur un papier millimétré l'histogramme et la courbe de fréquence, que pouvez-vous en déduire ?

Les relevés Les espèces	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	F (%)	IF
Fougère aigle	+	-	-	+	+	-	$(3/6) \times 100 = 50$	III
Bouleau blanc	+	+	+	-	+	-	$(4/6) \times 100 = 66.66$	IV
Bouleau pubescent	-	+	+	+	+	-	$(4/6) \times 100 = 66.66$	IV
Châtaigner	-	-	+	+	+	+	$(4/6) \times 100 = 66.66$	IV
Chêne	+	-	+	+	-	-	$(3/6) \times 100 = 50$	III
Saule	+	-	-	+	-	+	$(3/6) \times 100 = 50$	III
Aulne	-	+	-	+	-	+	$(3/6) \times 100 = 50$	III
Jonc	-	+	-	-	+	+	$(3/6) \times 100 = 50$	III
Pin sylvestre	+	-	-	-	+	-	$(2/6) \times 100 = 33.33$	II
Bruyère tétralix	-	-	-	-	+	-	$(1/6) \times 100 = 16.66$	I
rumex	-	+	-	-	+	-	$(2/6) \times 100 = 33.33$	II

- 1) Calcule des fréquences (F) et indices de fréquences (IF) des espèces, voir tableau.
- 2) Les espèces caractéristiques sont celles qui ont IF égale à IV ou V : Bouleau blanc, Bouleau pubescent, et châtaigner.
Les espèces accompagnatrices sont celle qui ont IF égale à III : Fougère aigle, Chêne, Saule, Aulne, et jonc.
- 3) l'histogramme et la courbe de fréquence :



On constate que la courbe de fréquence est unimodale (une seule valeur maximal), donc les relevés étudiés appartiennent à un groupement végétal homogène.

② L'étude statistique des animaux.

a- Dénombrement des espèces animales:

A cause de leur déplacement, il est relativement difficile de recenser les organismes animaux. Ceci nécessite donc l'utilisation de plusieurs techniques adaptées:

- ✓ Observation et localisation
- ✓ Pour les oiseaux : observation avec des jumelles ; observation des nids ; étude du chant.
- ✓ Etude des traces : traces des pattes ; excréments ;
- ✓ Différentes techniques et matériel de capture....

Ainsi l'observation et l'inventaire des animaux, va permettre de rechercher leurs interactions avec leur milieu de vie.

b- L'exploitation des données du relevé:

Après avoir réalisé des relevés, les résultats sont regroupés dans un tableau comme le cas des végétaux.

Pour l'exploitation des données, en plus de la fréquence et de l'indice de fréquence, on peut calculer la densité :

- ✓ La densité absolue (D) :

$$D = \frac{\text{Nombre total d'individu de l'espèce}}{\text{Surface totale des relevés effectués}}$$

- ✓ La densité relative (d) :

$$d = \frac{\text{Nombre total d'individu de l'espèce}}{\text{Nombre total d'individu de toutes les espèces}} \times 100$$

c- Exemple d'étude dans un milieu aquatique. (Voir document 10)

Document 10: Le tableau ci-dessous représente le résultat des relevés des espèces animales (la faune) réalisés dans la station de l'oudaya à l'embouchure de l'oued bouregreg.

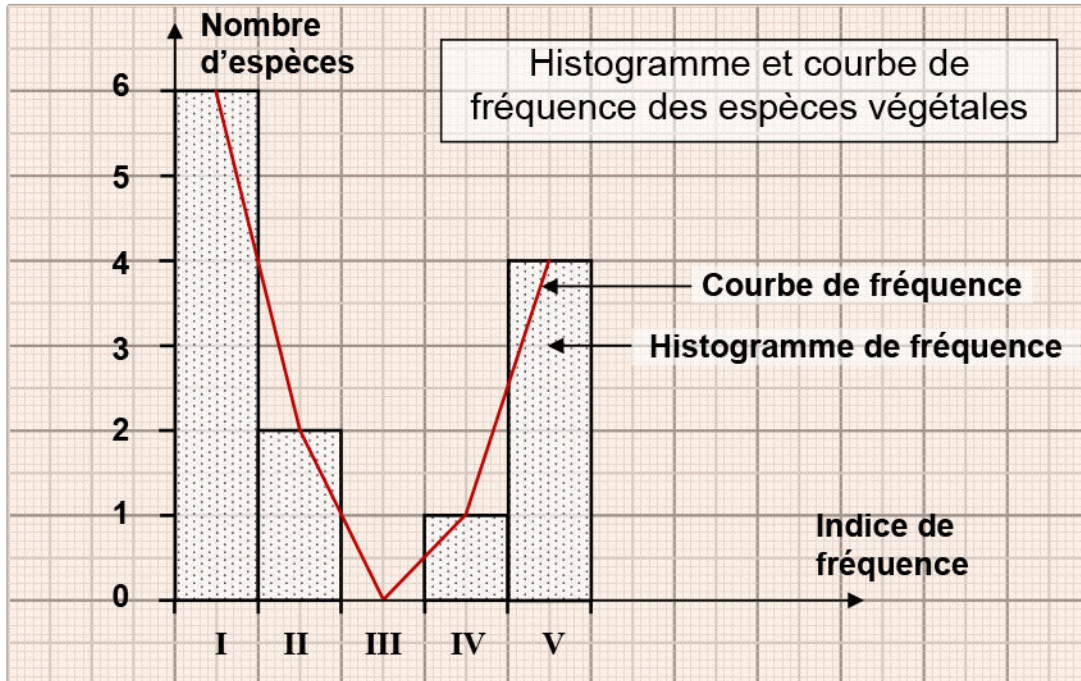
Espèces		Relevés						Total	F (%)	IF	D/m ²	d
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆					
1	Némertes				1			1	16.66	I	0.66	0.07
2	Capitella capitata	1						1	16.66	I	0.66	0.07
3	Diopatra neapolitana	1						1	16.66	I	0.66	0.07
4	Glycera convoluta	1	1	2		1		5	66.66	IV	3.33	0.38
5	Mysta picta			1		3		4	33.33	II	2.66	0.30
6	Nephtys homergii	3	1					4	33.33	II	2.66	0.30
7	Nereis diversicolor		7	81	99	202	6	395	83.33	V	263.33	30.24
8	Natica sp	4						4	16.66	I	2.66	0.30
9	Ceratoderma edule	1	27	8	6	7		49	83.33	V	32.66	3.75
10	Scrobicularia plana		156	213	214	138	1	722	83.33	V	481.33	55.28
11	Tapes decussatus	3	39	47	11	9		109	83.33	V	72.66	8.34
12	Nassarius peticulatus	9						9	16.66	I	6	0.68
13	Carcinus moenas					2		2	16.66	I	1.33	0.15
total		23	231	352	331	362	7	1306				

- 4) Compléter le tableau sachant que l'aire de chaque relevé est de 0.25m².
- 5) Quelles sont les espèces les mieux adaptées aux caractéristiques du milieu?
- 6) Tracer l'histogramme et la courbe de fréquence, que peut-on en déduire?

1) Complétons le tableau (voir tableau)

2) Les espèces les mieux adaptées aux caractéristiques du milieu sont celles qui ont un IF = V ou IV : sont donc les espèces 4,7,9,10, et 11.

3) Traçons l'histogramme et la courbe de fréquence :



La courbe de fréquence est plurimodale, donc les relevés étudiés appartiennent à un groupement animal hétérogène.

III – Techniques de collecte et conservation des êtres vivants.

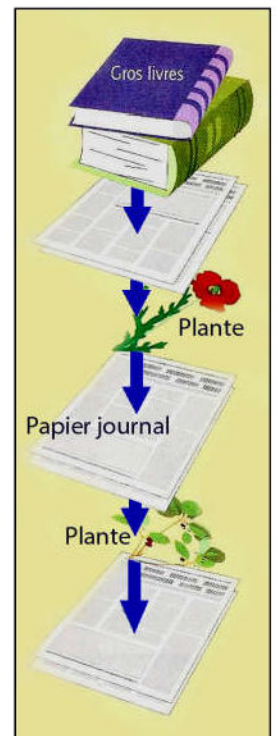
① **Collecte et conservation des espèces végétales.** (Voir document 11)

Document 11: Collecte et conservation des espèces végétales.

Pour réaliser un herbier (collection de plantes séchées) on procède comme suit :

- ✓ Avec un sécateur ou des ciseaux on prend un échantillon d'une espèce fréquente dans le milieu naturel étudié en découpant un morceau de la tige avec des feuilles et fleurs.
- ✓ Mettre cet échantillon entre les feuilles de papier.
- ✓ Mettre un poids sur le papier contenant l'espèce végétale; de temps en temps on change le papier.
- ✓ Après séchage on colle le végétale sur une feuille blanche cartonnée, tout en indiquant dans un espace réservé une fiche d'identité de l'espèce végétale; portant le nom commun, le nom latin, le lieu et la date de la récolte.

Réalisez un herbier contenant 5 espèces de plantes connues de votre région.



② Collecte et conservation des espèces animales. (Voir document 12)

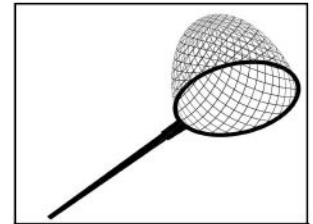
Document 12: Collecte et conservation des espèces animales.

Il est souvent difficile de collecter des animaux ; du fait qu'ils se déplacent couramment dans leur milieu de vie. Ceci nécessite donc l'utilisation de techniques de collection spéciale telles que:

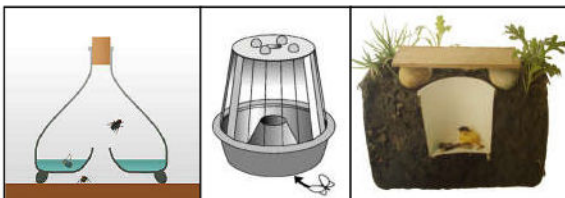
- ✓ Observation, identification, et localisation de la répartition des animaux en utilisant des jumelles, et des appareils d'enregistrement. (Enregistrer les chants, les cris et les sons des animaux).
- ✓ Recherche des traces d'animaux comme les nids, les excréments, les plumes, ... etc.
- ✓ Capture des animaux en utilisant des filets et des aspirateurs, en installant pièges.



Parapluie japonais



Filet fauchoir



Pièges à insectes



Filet à plancton



Aspirateur

Pour la conservation des animaux, on procède comme suit :

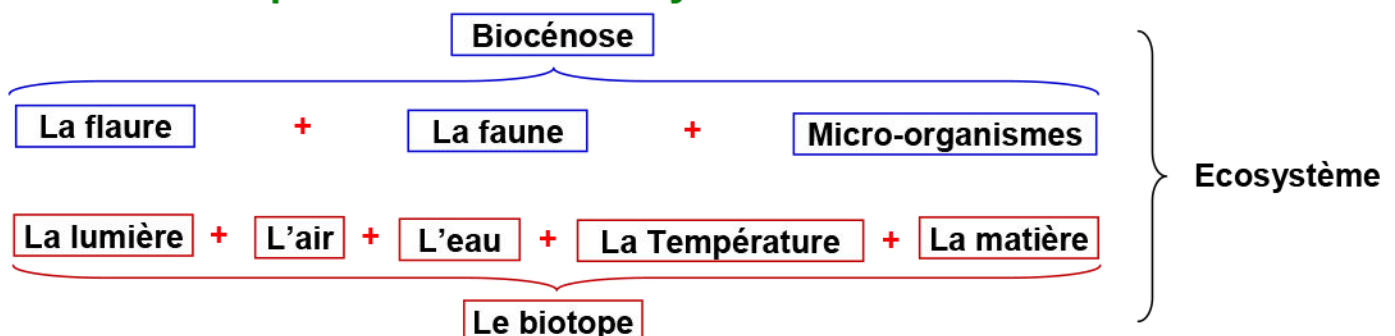
- ✓ Pour les annélides, les poissons, les amphibiens et les reptiles... etc. On les met dans des bocaux puis on remplit avec de l'eau et de l'alcool à volume égal, en suite on ajoute quelque morceaux de sucre pour conserver la couleur originale de l'espèce animale.
- ✓ Pour les insectes, on les fixe sur papier cartonné avec du scotch ou punaise, on met une sphère de phénolphtaléine, tout en indiquant le nom de l'espèce animale, le lieu, et la date de récolte.



La collection et la conservation des êtres vivants (animaux et végétaux) permettent de continuer les études de terrain au laboratoire et d'établir une classification de ces êtres vivants.

II – Définition préliminaire d'un écosystème.

① Les composantes d'un écosystème.

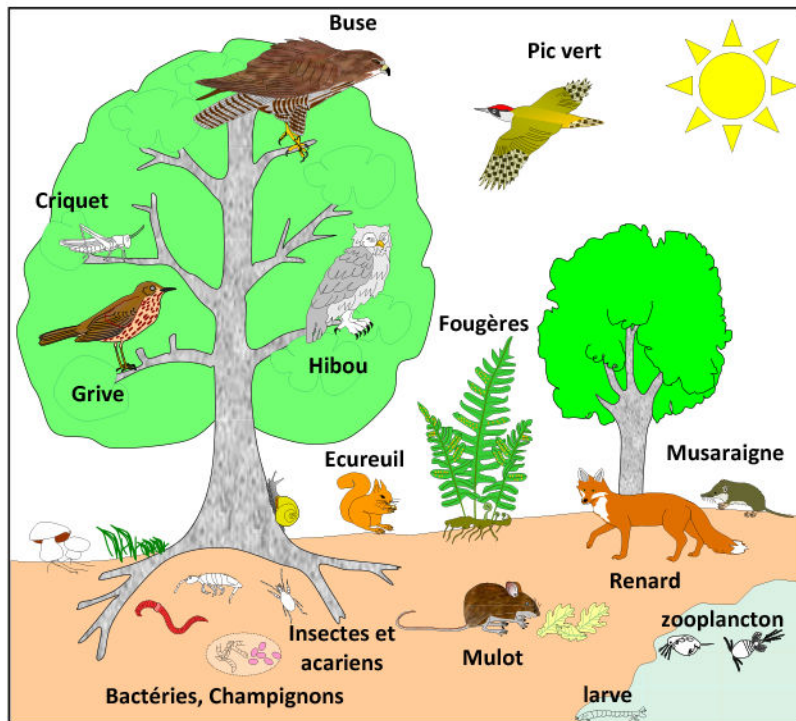


② Définition d'un écosystème. (Voir document 13)

Document 13: Notion d'écosystème.

Le schéma ci-contre représente un écosystème forestier.

- 1) Observez attentivement le schéma, puis classez les constituants de cet écosystème en composants biotiques (vivants) et abiotiques (non vivants).
- 2) Comment interagissent ces différents composants ?
- 3) Donnez une définition simplifiée à la notion d'écosystème.



1)

Les composants biotiques	Les composants abiotiques
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Animaux (renard, écureuil, hibou, buse, insectes, bactéries, ...) ➤ Végétaux (arbres, arbustes, fougères, herbe, ...) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Le sol ➤ L'air ➤ L'eau ➤ La lumière

2) Tous les êtres vivants sont plus ou moins liés entre eux (relations alimentaires : compétition, prédation, parasitisme, ...), ils sont aussi en relation avec les éléments physiques et chimiques qui les entourent (les facteurs abiotiques).

3) Dans tout milieu naturel, se trouvent des êtres vivants qui lui sont spécifiques, ils constituent alors une biocénose. Ces êtres vivants sont en relation entre eux et avec les constituants physiques et chimiques.

Donc l'écosystème est l'ensemble des êtres vivants qui sont en interaction entre eux (biocénose), et en interaction avec le milieu dans lequel ils vivent (le biotope). **Ecosystème = biocénose + biotope**

③ Classification des écosystèmes.

Les écosystèmes ont des dimensions différentes suivant les milieux naturels, ainsi on distingue :

- Les macro-écosystèmes : les grands forêts, les mers, les océans...
- Les méso-écosystèmes : les dayas, les lacs, les prairies...
- Les micro-écosystèmes : le tronc d'un arbre, au dessous d'une pierre...

Chapitre 2

Les facteurs édaphiques et leurs relations avec les êtres vivants

Introduction: Le sol est la partie superficielle de la croûte terrestre. Il constitue un milieu de vie pour plusieurs êtres vivants. Ainsi il existe des interactions entre ces deux composantes de l'écosystème.

- Quelles sont les propriétés du sol?
- Quel est le rôle du sol dans la répartition des êtres vivants?
- Quel est le rôle des êtres vivants dans l'évolution du sol?
- Quel est l'action de l'Homme sur le sol?

I- Les caractéristiques physiques et chimiques du sol.

① Les constituants du sol

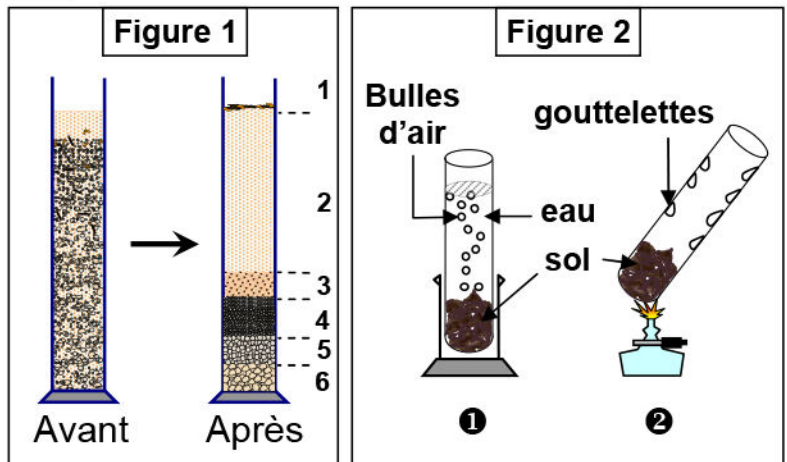
a- **Activités :** (voir document 1)

Document 1: Les constituants du sol

Afin de déterminer les éléments d'un sol, on peut réaliser les manipulations suivantes:

- ★ Dans une éprouvette graduée contenant de l'eau, on ajoute un échantillon de sol. On agite quelques instants puis on laisse décanter quelques heures.

La figure 1 illustre le résultat de cette manipulation



1) Nommez les différents constituants du sol, puis Légendez la figure 1.

- ★ Pour mettre en évidence d'autres constituants du sol, on réalise les manipulations illustrées par la figure 2.

2) Que peut-on déduire de l'analyse des résultats de ces manipulations?

1) Les constituants du sol se séparent selon leur masse ; on dit qu'ils sédimentent. Le sol semble constitué d'une fraction solide qui comporte:

- ✓ Une partie minérale (cailloux, graviers, sable...).
- ✓ Une partie organique (Restes d'animaux et végétaux)

La légende de la figure 1: 1= restes d'animaux et végétaux, 2= eau trouble, 3= argiles, limons, 4= sables fins, 5= sables grossiers 6= graviers.

2) On observe des bulles qui s'échappent du sol dans le tube ①, et des gouttelettes d'eau qui se forment sur la paroi du tube ②. Cela signifie que le sol contient de l'eau et des gaz

b- Conclusion:

Le sol est constitué de :

- ✓ Une partie solide: formée d'éléments minéraux et organiques.
- ✓ Une partie liquide: formée de l'eau et des substances dissoutes.
- ✓ Une partie gazeuse.
- ✓ Une partie vivante : les êtres vivants du sol.

② Les caractéristiques du sol

a- Les caractéristiques physiques du sol:

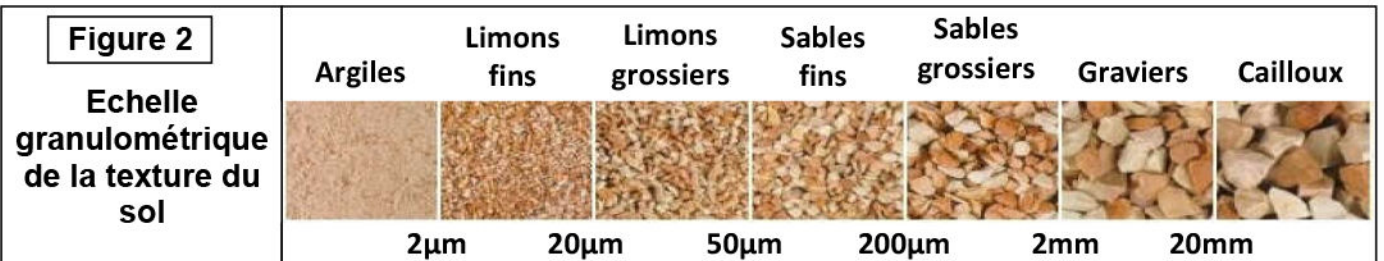
a1: La texture du sol (Voir document 2)

Document 2 : La texture du sol.

Pour déterminer la texture d'un échantillon du sol, on réalise la manipulation suivante :

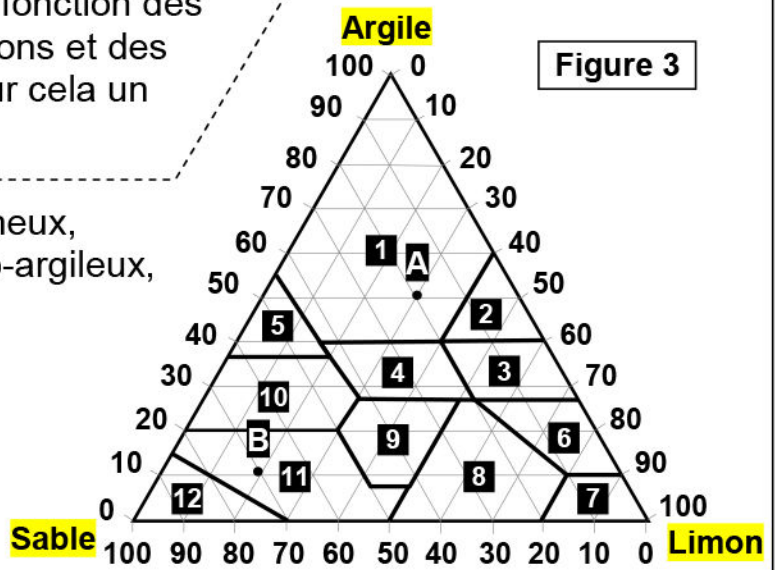
- On ajoute de l'eau oxygénée à un échantillon du sol qu'on met dans un bécher ; pour éliminer la matière organique.
- On ajoute ensuite de l'acide chlorhydrique (HCl) pour éliminer le calcaire.
- On rince l'échantillon à l'eau, puis on dessèche la partie minérale restante.
- On sépare la partie minérale ainsi isolée par tamisage en plusieurs catégories de grains de diamètres différents et décroissants en utilisant une série de tamis montés en colonne (figure 1).
- On pèse chaque catégorie de grains, et on calcule leurs pourcentages. Le résultat de cette manipulation est représenté dans la figure 2.

Figure 1



- On détermine la texture du sol en fonction des pourcentages des argiles, des limons et des sables qu'il contient, on utilise pour cela un triangle des textures. (figure 3)

- 1= texture argileux, 2= argilo-limoneux,
 3= limono-argileux fins, 4= Limono-argileux,
 5= argilo-sableux,
 6= Limoneux fins argileux,
 7= limoneux très fins,
 8= limoneux fins,
 9= limoneux,
 10= limono-argilo-sableux,
 11= limono-sableux, 12= sableux



Document 2: Suite L'analyse de deux échantillons S₁ et S₂ a donné le résultat présenté dans le tableau ci-dessous.

Particules Echantillons	Sable	Limon	Argile
S ₁	120 g	60 g	20 g
S ₂	20 g	70 g	110 g

- 1) D'après les données de ce document, définir la texture.
- 2) En utilisant le triangle des textures (figure 3), déterminez à quelle classe de texture appartient l'échantillon S₁ et S₂
- 3) Déterminez les pourcentages des éléments constituant les échantillons A et B figurant dans le triangle.

- 1) La texture est définie par le pourcentage d'éléments minéraux présents dans le sol.
- 2) Pour déterminer la texture des échantillons S1 et S2, il faut déterminer les pourcentages des particules :

Echantillons	% Sable	% Limon	% Argile
S ₁	$(120/200) \times 100 = 60$	$(60/200) \times 100 = 30$	$(20/200) \times 100 = 10$
S ₂	$(20/200) \times 100 = 10$	$(70/200) \times 100 = 35$	$(110/200) \times 100 = 55$

Donc d'après le triangle des textures : S₁ est un limon sableux, S₂ est un argile.

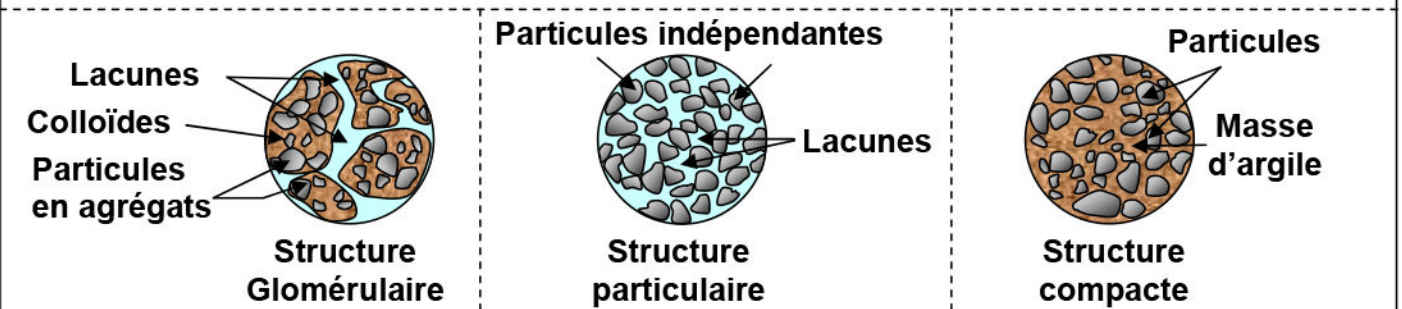
- 3) D'après le triangle des textures :

Echantillons	% Sable	% Limon	% Argile
A	20	30	50
B	70	20	10

a2: La structure du sol (Voir document 3)

Document 3: La structure du sol

La figure suivante illustre 3 types de structure:



Décrivez chaque structure en se référant aux schémas.

La structure du sol est la façon dont les particules de sable, de limon et d'argile sont disposées les unes par rapport aux autres.

On distingue trois grandes structures qui sont :

- ✓ **Structure particulaire** : est constituée d'éléments sableux de taille variable, entassés sans aucune liaison argileuse. Cette structure est caractérisée par la présence d'un grand nombre de pores.
- ✓ **Structure glomérulaire (grumeleuse)** : est constituée d'un ensemble de grumeaux (grains de sable et limon liés en agrégats par le complexe argilo-humique). Elle contient de nombreux espaces lacunaires.
- ✓ **Structure compacte** : est constituée d'éléments sableux liés par une masse d'argile. C'est une structure non poreuse (absence de pores).

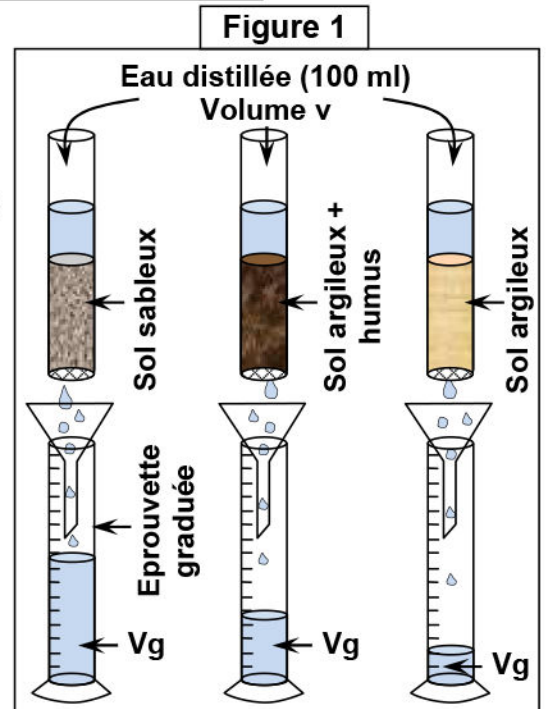
a3: La perméabilité et la capacité de rétention d'eau (Voir doc 4)

Document 4 : La perméabilité et la capacité de rétention d'eau

Pour mesurer la perméabilité et la capacité de rétention d'eau, on réalise la manipulation suivante :

- Placer 100g pour chacun des 3 échantillons du sol suivants (argileux, sableux, et argileux riche en humus) dans 3 tubes (voir figure 1)
- Verser 100 ml d'eau distillée dans chaque tube (Volume V).
- Prenez pour chaque tube le temps t_1 d'écoulement de la première goutte dans l'éprouvette.
- Mesurer le temps t_2 et le volume V_g obtenu à l'arrêt de l'écoulement d'eau.

Les résultats de cette manipulation sont groupés dans le tableau suivant :



	V (ml)	Vg (ml)	t_1	t_2
Sol sableux	100	80	9h10mn	9h20mn
Sol argileux riche en humus	100	30	9h10mn	9h35mn
Sol argileux	100	10	9h10mn	9h45mn

- 1) Définir la perméabilité et la capacité de rétention d'eau.
- 2) Calculez la perméabilité et la capacité de rétention d'eau pour les trois sols.
- 3) Comparez et expliquez les résultats obtenus.
- 4) Quel est le type de sol le plus intéressant pour les plantes.

- 1) La perméabilité s'exprime par la quantité d'eau qui traverse le sol par filtration. On peut l'exprimer par la vitesse de filtration d'eau dans un temps donné en cm^3/mn : $P = V_g/(t_2-t_1)$

La capacité de rétention d'eau est le volume d'eau retenu par le sol après filtration (drainage d'eau par la gravité) : $V_r = V - V_g$

- 2) Calcule de la perméabilité et la capacité de rétention d'eau :

	Sol sableux	Sol argileux + humus	Sol argileux
La perméabilité	$80/10=8\text{cm}^3/\text{mn}$	$30/25=1.2\text{cm}^3/\text{mn}$	$10/35=0.28\text{cm}^3/\text{mn}$
La capacité de rétention d'eau	$100-80=20\text{ml}$	$100-30=70\text{ml}$	$100-10=90\text{ml}$

3) On constate que la perméabilité est plus importante dans un sol sableux que dans un sol argileux riche en humus ; elle est encore moins importante dans un sol argileux, contrairement à la capacité de rétention d'eau.

Cela peut être expliqué ainsi :

- ✓ Pour le sol sableux, les grains sont relativement grossiers et de structure particulaire, ce qui permet l'écoulement facile de l'eau, et diminue la capacité de rétention d'eau.
- ✓ Pour le sol argileux, les grains sont très fins et de texture compacte, ce qui empêche l'écoulement de l'eau et augmente la capacité de rétention d'eau.
- ✓ Pour le sol argileux riche en humus, il est caractérisé par une structure grumeleuse, les grains sont très fins formant avec l'humus des grumeaux, et contient de nombreux lacunes permettant l'écoulement de l'excès d'eau.

4) Le type de sol le plus intéressant pour les plantes est le sol argileux-humique, car sa capacité de rétention d'eau est moyenne, ce qui favorise le développement idéal des plantes

a4: La répartition de l'eau dans le sol (Voir document 5)

Document 5: La répartition de l'eau dans le sol

On immerge dans un récipient remplis d'eau un bac plastique percé contenant de la terre dans laquelle vit une plante, on sature d'eau cette terre (S_1) son poids est $P_1=156.5\text{g}$.

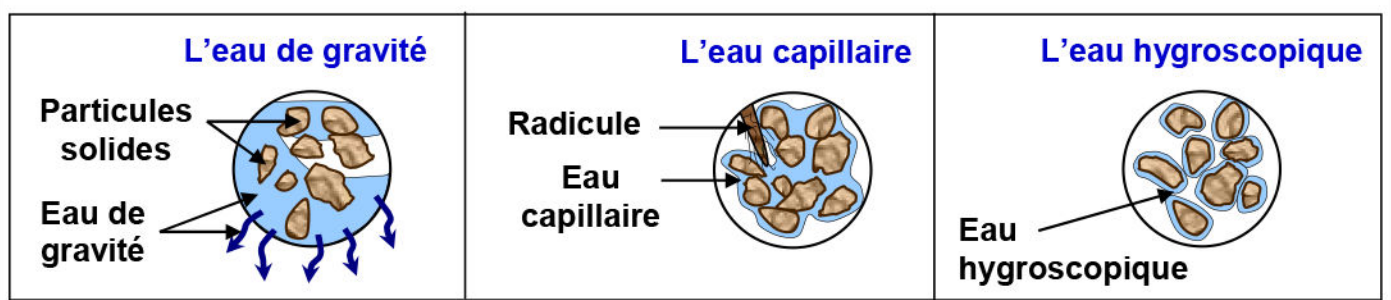
Après avoir retiré le bac du récipient on constate qu'une certaine quantité d'eau s'écoule d'abord rapidement, puis de plus en plus lentement, ensuite l'eau ne s'écoule plus, on obtient une terre S_2 de poids $P_2=149\text{g}$.

Au bout d'un certain temps, la plante semble souffrir de la sécheresse, elle se fane. On obtient une terre S_3 dont le poids est $P_3=131.5\text{g}$.

On sèche la terre S_3 dans un four à 105°C pendant 24h, on obtient une terre S_4 de poids $P_4=100\text{g}$.

1) Que représentent les poids P_1 , P_2 , P_3 et P_4 ?

2) En utilisant la figure ci-dessous, déduire les différents états de l'eau dans le sol, en précisant leurs poids.



1) les poids :

- ✓ P_1 représente le poids du sol saturé en eau.
- ✓ P_2 représente le poids du sol après arrêt de l'écoulement d'eau. Dans ce cas la terre atteint le point de ressuyage (laisser sécher).
- ✓ P_3 représente le poids du sol lorsque la plante se fane et atteint son point de flétrissement. (l'état de la plante quand la force de la capacité de rétention d'eau du sol s'égalise avec la force de la succion par les racines, et la plante flétrit)
- ✓ P_4 représente le poids du sol après l'avoir sécher.

2) Les différents états de l'eau dans le sol :

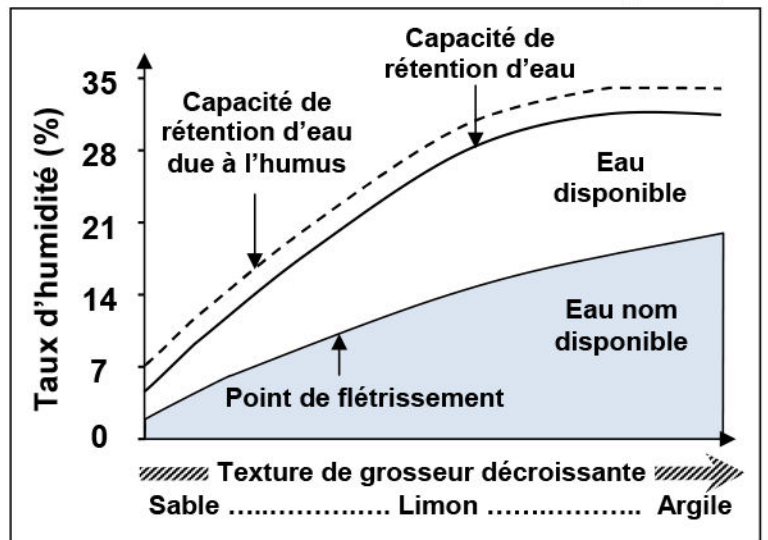
- ✓ **L'eau de gravité:** l'eau qui s'écoule facilement sous l'effet de la gravité. Elle occupe les espaces lacunaires, son poids est $P_1 - P_2 = 159.5 - 149 = 10.5g$.
- ✓ **L'eau capillaire:** l'eau retenue dans le sol autour des particules du sol. Cette eau est facilement utilisable par la plante. Son poids est $P_2 - P_3 = 149 - 131.5 = 17.5$
- ✓ **L'eau hygroscopique:** L'eau qui reste trop bien retenue par les particules du sol. Cette eau n'est pas absorbable par les racines des plantes. Son poids est $P_3 - P_4 = 131.5 - 100 = 31.5g$.

a5: Variation de la capacité de rétention en eau du sol et du point de flétrissement (Voir document 6)

Document 6: Variation de la capacité de rétention en eau du sol et du point de flétrissement

Le document ci-contre représente la variation de la capacité de rétention d'eau et du point de flétrissement en fonction de la texture du sol.

- 1) Définir la capacité de rétention en eau et le point de flétrissement.
- 2) Interpréter le document, et déduire l'effet de l'adition de l'humus.



1) La capacité de rétention en eau : c'est le volume d'eau retenu par le sol après écoulement de l'eau de gravité (drainage d'eau par la gravité).

Le point de flétrissement détermine la teneur minimale en eau du sol en dessous de laquelle la plante ne peut vaincre la tension capillaire de l'eau (ne peut plus absorber l'eau).

2) On constate que plus la taille des grains diminue, plus la capacité de rétention d'eau et le point de flétrissement augmentent. En présence de l'humus, on constate une amélioration de la capacité de rétention d'eau pour les différents types de sol.

b- Les caractéristiques chimiques du sol:

b1: L'acidité du sol (Voir document 7)

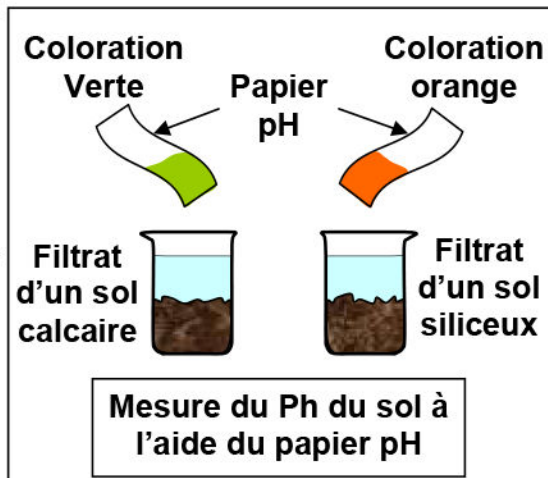
Document 7: La mesure de l'acidité du sol

L'acidité du sol dépend de la concentration en ion hydrogène H^+ . Le pH est l'unité qui permet de quantifier l'acidité d'un échantillon ($[H^+] = 10^{-pH}$).

On verse une quantité d'eau distillée sur deux échantillons du sol mis dans deux récipients. En suite on filtre le mélange à l'aide d'un papier filtre, pour obtenir un filtrat du sol dans lequel on mesure l'acidité du sol à l'aide du papier pH.

Les résultats de cette manipulation sont illustrés par la figure ci-contre.

Que peut-on déduire de ces résultats ?



On constate que le pH du sol varie en fonction de la nature de la roche-mère. Un granit provoquera un sol de pH acide, à l'inverse, une roche-mère calcaire provoquera un pH plus élevé (basique).

Donc les caractéristiques chimiques du sol dépendent de sa concentration en composants minéraux. Le sol siliceux acide est riche en silicium et pauvre en calcium, par contre le sol calcaire est riche en calcium pauvre en silicium.

b2: Mise en évidence du complexe argilo-humique (Voir doc 8)

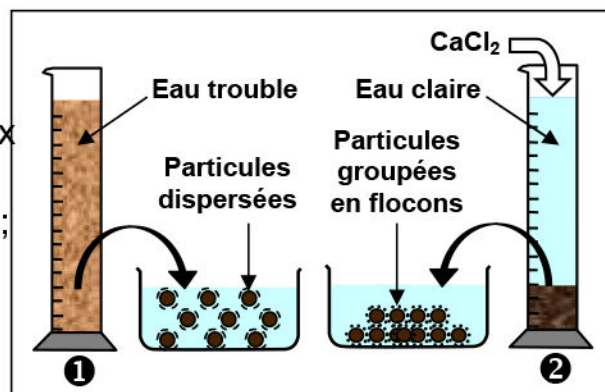
Document 8 :Mise en évidence du complexe argilo-humique

Pour mettre en évidence la formation du complexe argilo-humique, on réalise la manipulation suivante :

- On prépare deux solutions du sol dans deux éprouvettes ① et ②;
- On ajoute une solution de Ca^{2+} au milieu ②;
- On laisse décanter pendant quelques heures, puis on observe.

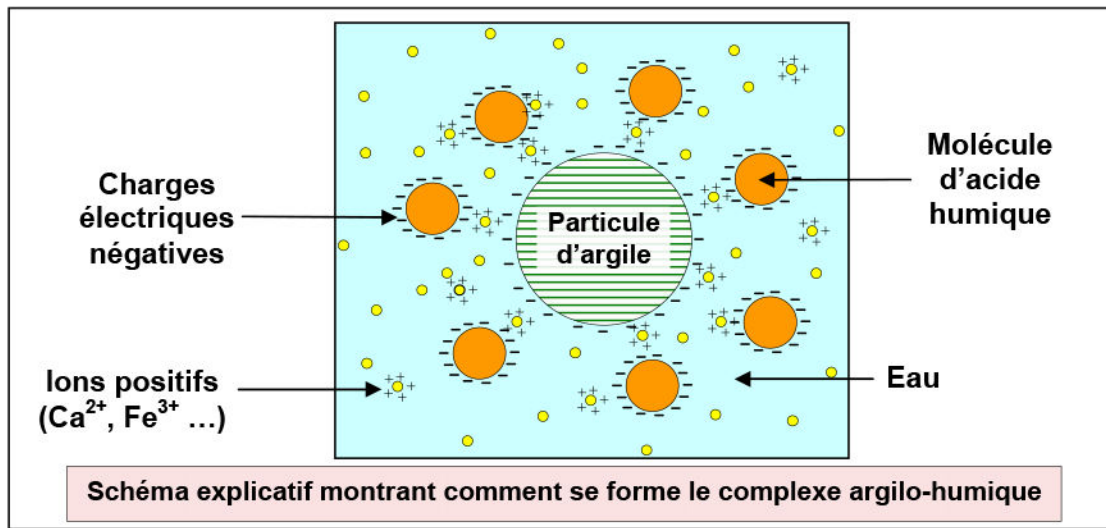
Les résultats sont illustrés par la figure ci-contre.

Comparer l'aspect de la solution du sol dans les deux cas, puis proposer une explication des résultats obtenus.



- ✓ Dans l'éprouvette ① les molécules argilo-humique restent en suspension dans l'eau.
- ✓ Dans l'éprouvette ② les molécules argilo-humique se sédimentent sous forme de flocons.

Les constituants colloïdaux argilo-humiques sont chargés d'ions négatifs, en ajoutant des ions positifs, cela contribue à la formation des amas ou flocons, par le phénomène de floculation (voir le schéma suivant).

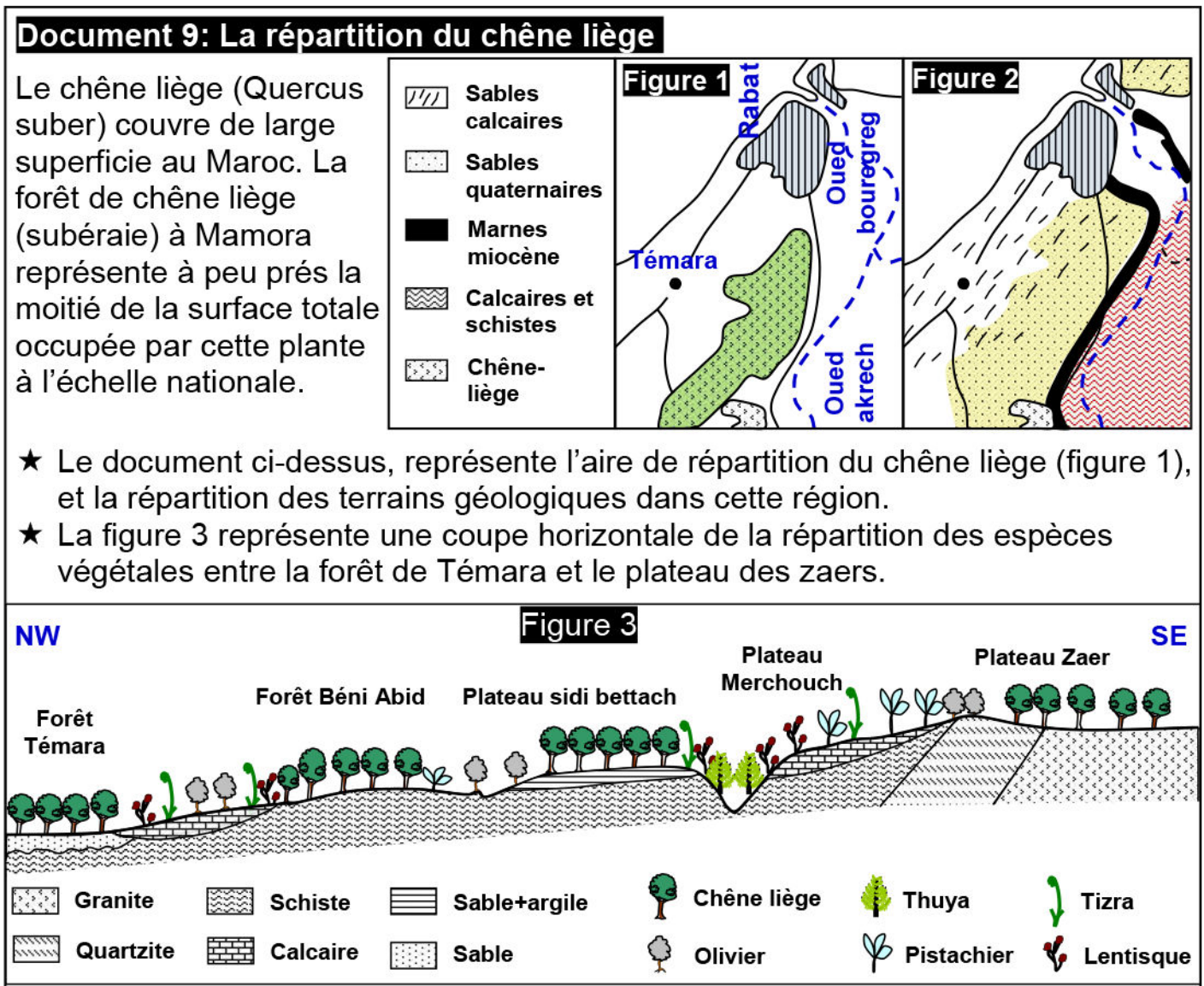


Le complexe argilo-humique est une association de composés organiques (humus) et de composés d'origine minérale (argile). Cette association maintient la structure du sol, protège les ions minéraux contre le lessivage et améliore ainsi la fertilité du sol.

II- Rôle du sol dans la répartition des êtres vivants.

① L'influence de la composition chimique du sol sur la répartition du chêne liège.

a- Observations : (voir document 9)



Document 9: Suite

1) Analysez les figures 1, 2 et 3 puis formulez une hypothèse qui explique l'absence de chêne liège dans certains endroits.

★ Pour mettre en évidence la relation entre le chêne liège et la nature du sol, des expériences ont été réalisées dans des stations de recherches. La figure 4 représente les résultats obtenus.

Expériences	Résultats obtenus après quelques semaines
Plantation d'un jeune pied de chêne liège sur un sol de la forêt de Témara (sol A)	Le plant se développe normalement
Plantation d'un jeune plant de chêne liège sur un sol de la forêt de Témara + calcaire (sol B)	Le plant meurt
Plantation d'un jeune pied de chêne liège sur un sol Mérchouch (sol C)	Le plant meurt

2) En exploitant les résultats de ces expériences, testez vos hypothèses.

3) Dédurre la relation entre le chêne liège et la nature du sol.

b- Analyse et conclusion :

1) A partir des figures 1, 2 et 3, on observe que le chêne-liège se développe sur les sols de nature siliceuse (Granite, sable, sable+argile, schiste). Alors qu'il ne pousse pas dans les sols de nature calcaire.

Sachant que les sols siliceux sont riches en silice et ont un pH acide, alors que les sols calcaires sont riches en calcium, et ont un pH basique ; peut être que la présence du chêne-liège est liée au pH du sol, ou à la teneur du sol en calcium.

2) A partir de la figure 4 on constate que :

- ✓ Dans le sol A (sol siliceux), la plante se développe normalement.
- ✓ Dans le sol B (sol siliceux + calcaire), la plante meurt.
- ✓ Dans le sol C (sol calcaire), la plante meurt.

Donc le chêne-liège préfère le sol siliceux et fuit les sols calcaires.

3) Dédurre : le chêne-liège est une espèce qui ne pousse que dans les sols siliceux, donc c'est une espèce silicole. Elle ne pousse pas dans les sols calcaires, donc c'est une espèce calcifuge.

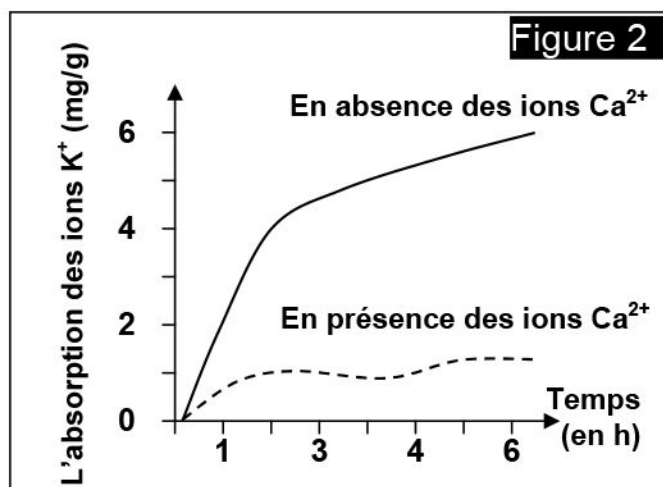
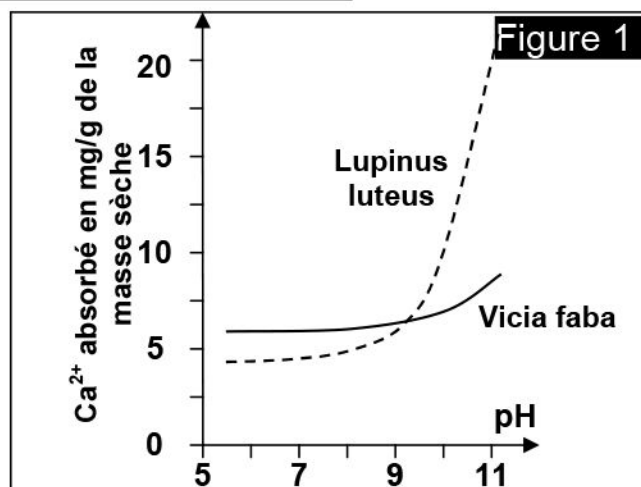
c- L'influence du pH sur la croissance végétale: (Voir document 10)

Document 10: Influence de pH sur la croissance végétale

Pour connaître l'influence du pH du sol sur la croissance et la répartition végétale, on cultive deux espèces de légumineuses (Le lupin jaune ou *lupinus luteus* qui est calcifuge, et la féverole ou *Vicia faba* qui est calcicole) dans des conditions de pH du sol différentes. Puis on mesure la quantité de calcium absorbée par des racines isolées de ces deux espèces végétales.

Les résultats obtenus sont représentés sur la figure 1 :

Document 10: suite



- 1) Etablir la relation entre le pH du sol et l'absorption du Ca^{2+} par les racines de chacune des deux plantes étudiées.

On mesure la vitesse d'absorption des ions K^+ par les racines du lupin jaune selon la concentration des ions Ca^{2+} dans le sol.

Le graphique de la figure 2 représente les résultats obtenus.

- 2) Déterminer l'effet des ions Ca^{2+} sur l'absorption des ions K^+ par les racines de la plante sachant que le K^+ et d'autres ions sont indispensables au développement des plantes.

- 1) Lorsque le pH du sol est inférieur à 7 (acide), la quantité de calcium absorbée par les deux types de plantes est faible. Mais le taux d'absorption augmentera avec l'augmentation du pH du sol (acidité du sol diminue), et cette augmentation est plus importante chez le lupin jaune malgré que ce dernier soit calcifuge.

Nous concluons de cette analyse que l'augmentation du pH du milieu, entraîne l'augmentation de l'absorption du calcium par les plantes.

- 2) On constate que la vitesse d'absorption des ions K^+ par les racines du lupin jaune en absence des ions Ca^{2+} , est beaucoup plus grande que la vitesse d'absorption de ces ions en présence de Ca^{2+} .

Nous concluons donc que la présence d'ions Ca^{2+} dans le sol empêche l'absorption des ions K^+ par la plante.

Conclusion :

Les ions K^+ sont essentiels pour la croissance des plantes, ils ont également un rôle dans l'absorption de l'eau. Comme les ions Ca^{2+} empêchent l'absorption du lupin jaune pour K^+ , ils empêchent le développement de la plante, ce qui explique l'absence de lupin jaune sur un terrain calcaire.

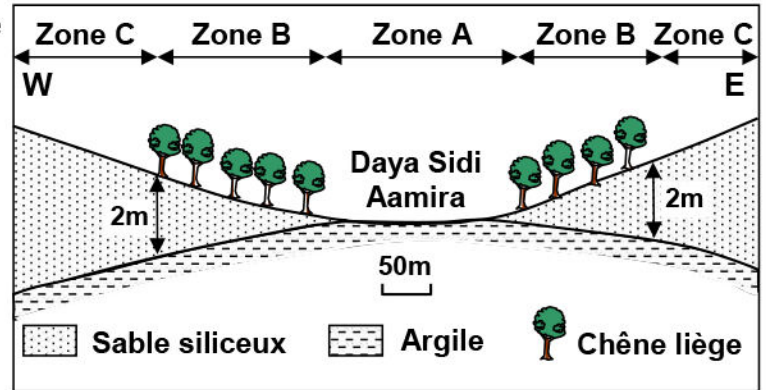
② L'influence de la capacité de rétention d'eau du sol sur la répartition du chêne.

a- **Observations** : (voir document 11)

Document 11: Influence de la capacité de rétention d'eau

Le document ci-contre présente une coupe horizontale de la répartition de chêne liège faite à la forêt de la Mamora.

- 1) Après l'analyse des données de ce document, expliquer la cause de l'absence du chêne liège dans les zones A et C.
- 2) Dédire les facteurs édaphiques favorables à l'existence du chêne liège.



b- Analyse et déduction:

- 1) On constate que le chêne liège apparaît dans la zone B, et n'apparaît pas dans la zone A et C, malgré que ces milieux soient des sols siliceux. Doc la nature chimique du sol n'intervient pas dans cette répartition du chêne.

On explique alors l'absence du chêne liège :

- ✓ Dans la zone A, l'horizon argileux qui a une forte capacité de rétention de l'eau va provoquer l'asphyxie des racines. Ce sont donc des conditions non convenables à la survie des plantes.
- ✓ Dans la zone C, l'horizon sableux est trop épais, sa faible capacité de rétention de l'eau ne favorise pas la survie des plantes.

- 2) Le sol le plus convenable à la vie du chêne liège est celui pour lequel l'horizon sableux est d'une épaisseur moyenne (moins de 2m). Ce qui veut dire qu'il va permettre aux racines d'atteindre l'horizon argileux pour s'approvisionner en eau, sans toutefois que ces racines s'asphyxient.

Donc les facteurs édaphiques favorables à l'existence du chêne liège : un sol sableux qui ne dépasse pas 2m d'épaisseur au-dessus d'un horizon argileux.

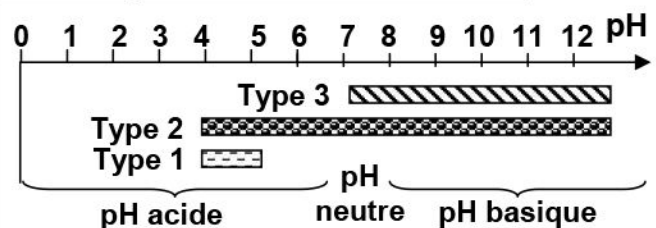
③ L'influence de l'acidité du sol sur la répartition des animaux.

a- **Activité:** (voir document 12)

Document 12 : influence du pH du sol sur la répartition des animaux

Le document ci-contre représente la répartition de 3 types de vers de terre: 1, 2 et 3, en fonction du pH du sol.

Que pouvez vous déduire de l'analyse de ce document ?



b- Analyse du document:

L'espèce 1 se répartie dans un sol à pH compris entre 4 et 5.2 (pH acide).

L'espèce 2 se répartie dans un sol à pH compris entre 4 et 13 (pH acide et basique).

L'espèce 3 se répartie dans un sol à Ph compris entre 7 et 13 (pH basique).

c- Dédution:

L'espèce 1 préfère les sols acides et fuient les sols basique, contrairement à l'espèce 3 qui préfère des sols basiques et fuient les sols acides, par contre l'espèce 2 reste indifférente à la nature du pH du sol.

Donc le pH est un facteur limitant pour l'espèce 1, qui ne peut survivre que dans un sol de pH bien déterminé compris entre 4 et 5.2.

④ Bilan

Le sol est un support mécanique pour les êtres vivants. Il agit sur la répartition de ces êtres vivants par l'influence des:

- ✓ Caractéristiques physiques : la texture, la structure, la capacité de rétention d'eau, la perméabilité, la porosité...
- ✓ Caractéristiques chimiques : pH, teneur en matière minérale ...

III- Rôle des êtres vivants dans l'évolution du sol.

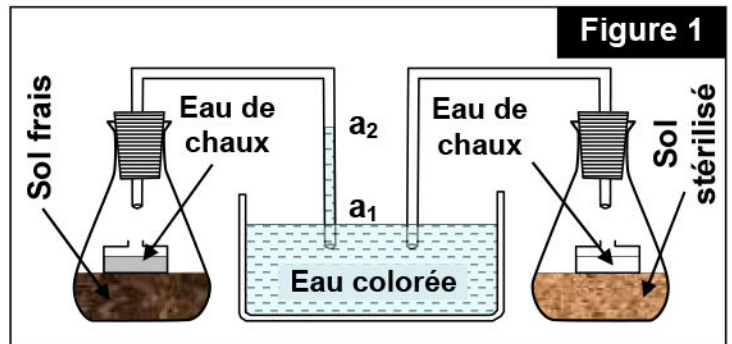
① Mise en évidence de la faune du sol. (voir document 13)

Document 13: mise en évidence de la faune du sol

★ A partir de l'activité respiratoire:

Pour mettre en évidence l'existence des êtres vivants dans le sol, on réalise le montage expérimental présenté par la figure 1.

- 1) Expliquer les résultats obtenus
- 2) Que peut-on déduire ?

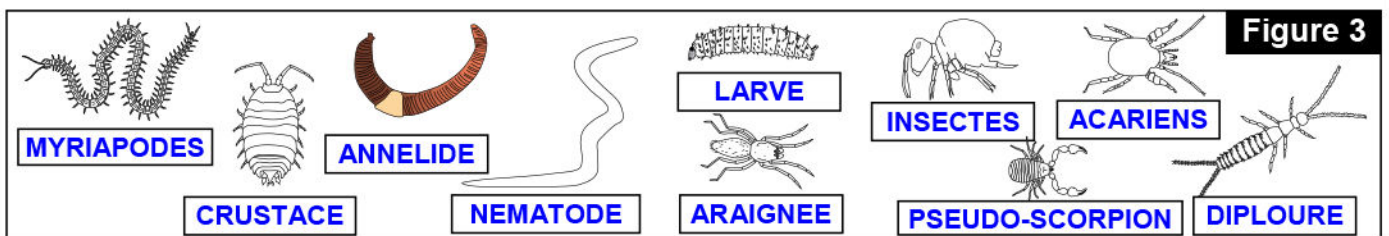
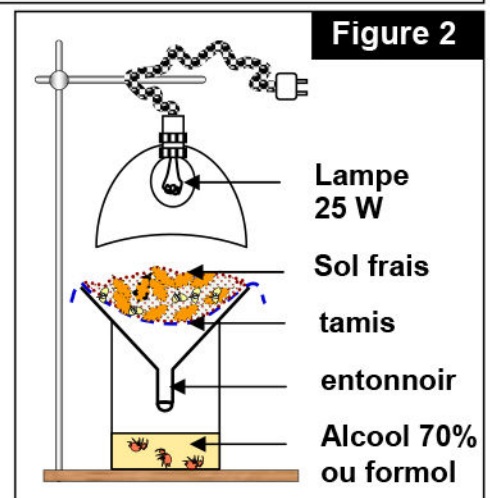


★ A l'aide du dispositif de Berlèse :

La technique de Berlèse se base sur le principe que les animaux vivant dans le sol fuient la lumière et la chaleur de la lampe, et tombent dans le flacon qui contient de l'alcool, permettant leurs conservations. On peut en suite les observer à la loupe binoculaire puis les classer.

La figure 3, illustre certaines espèces appartenant à la faune du sol.

- 3) Réalisez les manipulations de ce document. Isolez puis observez les animaux du sol.



- 1) D'après la figure 1, on constate que pour le sol frais, l'eau de chaux devient trouble et l'eau colorée monte dans le tube ; par contre pour le sol stérilisé on n'observe aucun changement.
 - ✓ La montée de l'eau colorée est due à l'absorption de l'oxygène existant dans ce milieu.
 - ✓ Le trouble de l'eau de chaux est dû au dégagement du dioxyde de carbone CO_2 .
- 2) On déduit que le sol contient des micro-organismes qui respirent, le sol est donc un milieu vivant.
- 3) On peut classer la faune du sol en 3 classes :
 - ✓ La microfaune : sa taille est inférieure à 0.2 mm (les protozoaires, certains vers filamenteux,...)
 - ✓ La mésofaune : sa taille varie entre 0.2 mm et 4 mm (certains insectes comme les collemboles, les diplures, arthropodes...)
 - ✓ Macrofaune : sa taille est supérieure à 4 mm (des araignées, vers de terre, des insectes, des larves...)

② Mise en évidence de la microflore du sol. (Voir document 14)

Document 14: mise en évidence de la microflore du sol

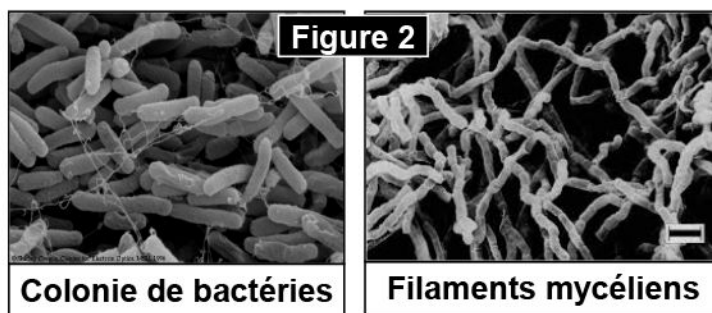
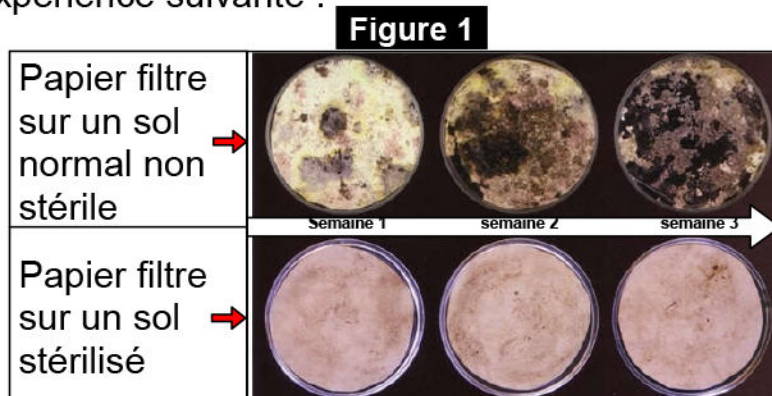
Pour mettre en évidence la microflore du sol et son action sur la litière (le reste des êtres vivants riche en matière organique et qui constitue la couche superficielle du sol), on propose l'expérience suivante :

On prépare deux boîtes de pétri:
 Une contenant du sol stérilisé (sol chauffé à 100°C pendant 30 mn) humidifié sur lequel est déposé un papier filtre. L'autre identique mais avec du sol non stérilisé, humidifié, à température de 30°C .

NB : Le papier filtre est composé de cellulose (matière organique).

Le résultat de l'observation microscopique des taches et des filaments présents sur la boîte de pétri à la fin de l'expérience est donnée sur la figure ci-contre.

Décrire les résultats de l'expérience, que peut-on en déduire ?



Aucune modification n'est observée sur le papier filtre du sol stérile. Par contre celui du sol normal est complètement décomposé et présente des taches colorées et des filaments à la fin de l'expérience.

D'après la figure 2, on déduit que ces taches et ces filaments représentent des bactéries, des champignons et des actinomycètes. De ce fait on peut déduire que ce sont des micro-organismes appelés microflore, qui sont responsables de la décomposition de la matière organique.

③ Action des êtres vivants sur le sol.

a- Action mécanique des êtres vivants sur le sol.

a1: L'action mécanique des végétaux sur le sol. (Voir document 15)

Document 15 : L'action des végétaux sur le sol

L'action mécanique des végétaux sur le sol se manifeste par la croissance exagérée de leurs racines, qui traversent les couches du sol, et les fissures existantes au niveau de la roche mère (Voir figure ci-contre).

D'après les données de ce document, déduire les effets de l'action mécanique des racines sur le sol.



Racines traversant le sol

L'action mécanique des racines, favorise non seulement la dégradation progressive de la roche mère, mais aussi, il fait augmenter la porosité du sol, ce qui facilite l'infiltration d'eau de pluie et d'irrigation, ainsi que l'aération du sol.

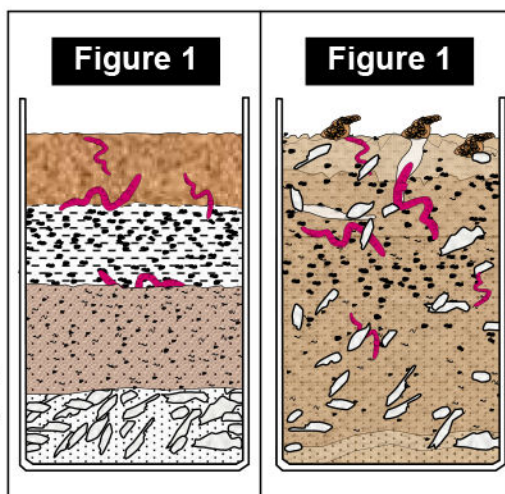
a2: L'action mécanique des animaux sur le sol. (Voir document 16)

Document 16 : L'action mécanique des animaux sur le sol

Les vers de terres (Lombric) sont considérés comme les plus importants animaux qui ont une action mécanique sur le sol. Pour mettre en évidence le rôle mécanique des lombrics sur le sol, on réalise l'expérience suivante :

Des couches de sable ont été déposées en alternance avec des couches d'humus dans un aquarium vide, le tout a été humidifié. Des lombrics y ont été ajoutés avec des feuilles mortes (figure 1). Le dispositif est préparé depuis quelques semaines. La figure 2 représente le résultat.

Après analyse des figures de ce document, précisez l'action des lombrics sur le sol.



- ✓ Au début de l'expérience, les couches sont superposées et bien limitées.
- ✓ A la fin de l'expérience, les couches sont complètement mélangées avec la présence des galeries (Des voies de déplacement des vers de terre).

Ainsi les lombrics agissent mécaniquement sur le sol par :

- ✓ Le creusement des galeries, ce qui assure à la fois la dissociation des particules du sol, son aération et l'infiltration d'eau.

- ✓ L'enfouissement de la litière (matière organique), et son mélange avec les constituants minéraux.
- ✓ Mélange des différents horizons du sol, ce qui assure son homogénéité.
- ✓ Distribution de l'humidité

Donc les lombrics grâce à leur action mécanique, améliorent la structure et la texture du sol.

b- Action chimique des êtres vivants sur le sol.

b1: L'action chimique des lombrics sur le sol. (Voir document 15)

Document 17 : Action chimique des vers de terre sur le sol

Les vers de terre peuvent avaler des quantités importantes de sol. Dans le tube digestif de ces êtres vivants se rétablissent des liaisons chimiques entre les molécules organiques et les molécules minérales aboutissant à la formation des structures appelées agrégats biologiques qu'on trouve en quantité importante dans les déjections des lombrics (Turricules), (figure 1)



Figure 2

Elément chimique	Teneur du sol (%)	Teneur des turricules (%)
Calcium (Ca^{2+})	19.9	27.9
Magnésium (Mg)	1.62	4.92
Azote (N)	0.04	0.22
Phosphore (P)	0.09	0.67
Potassium (K)	0.32	3.58

Pour mettre en évidence l'action chimique du lombric sur le sol, on compare le résultat d'analyse chimique d'un échantillon de déjections et d'un échantillon du sol de même quantité et prélevé à la même profondeur. La figure 2 représente les résultats obtenus.

Comparez la composition chimique des déjections de lombric à celle du sol environnant. Que peut-on déduire ?

Les déjections des lombrics sont plus riches en éléments chimiques que le sol environnant. Donc le sol s'enrichit en éléments chimiques grâce à l'action chimique des lombrics, ce qui améliore la qualité du sol et le rend plus fertile.

b2: L'action chimique de la microflore sur le sol. (Voir document 18)

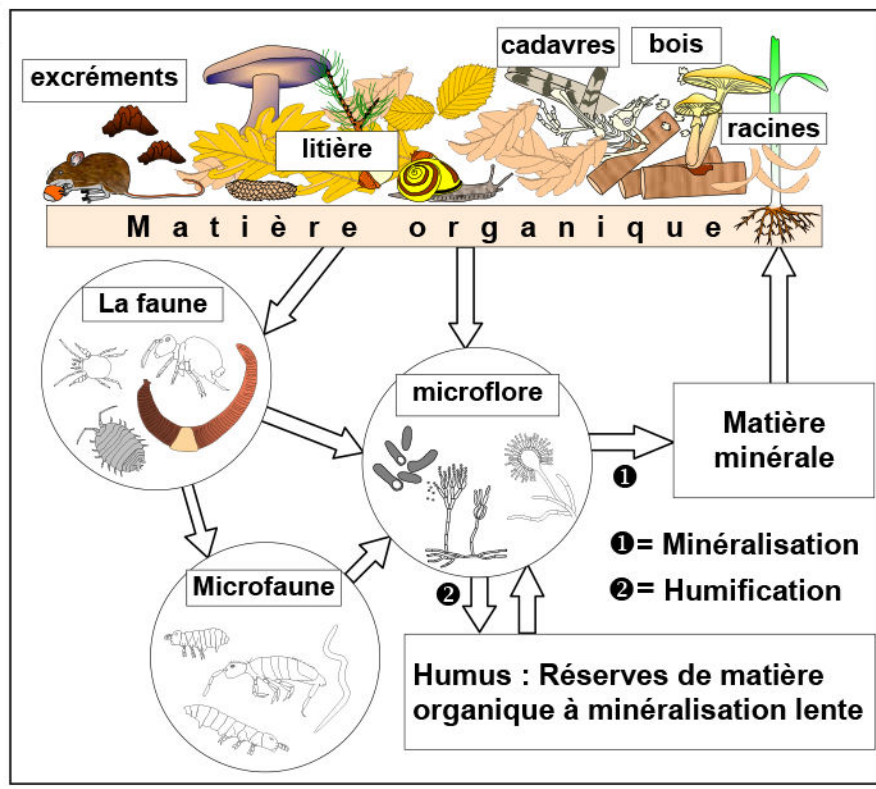
Document 18 : L'action chimique de la microflore sur le sol

Les microorganismes du sol (Bactéries et champignons microscopiques) agissent au niveau des horizons supérieurs par des phénomènes de décompositions de la matière organique, en deux opérations principales et parallèles: la minéralisation et l'humification.

La figure ci-dessous résume les différentes étapes de la minéralisation et l'humification de la litière dues à l'action chimique de la microflore.

Retirez les différentes étapes de la minéralisation et de l'humification.

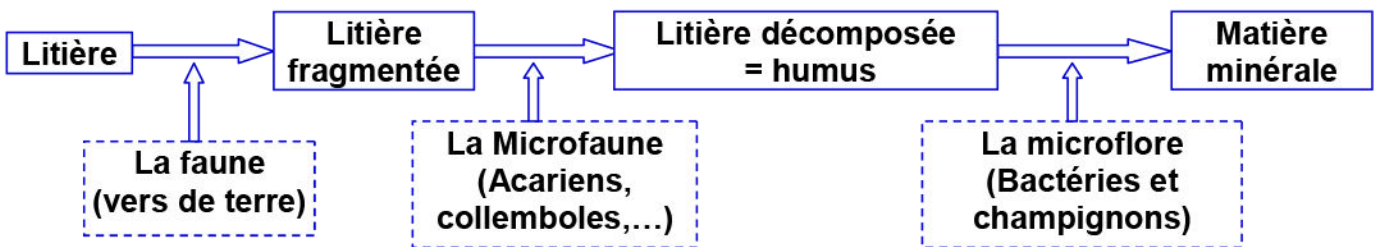
Quel est le rôle du complexe argilo-humique dans l'amélioration du sol ?



★ **L'humification** : Les molécules complexes de la matière organique morte qui forme la litière, subissent une décomposition par la microflore du sol (bactéries et champignons), et se transforment en composés simples formant l'humus, c'est l'humification.

(A partir de la lignine et la cellulose incomplètement dégradées, apparaissent des molécules de grandes tailles appelées les acides humiques)

★ **La minéralisation** : Parallèlement à l'humification, il y'a décomposition complète de certaines molécules organiques, ce qui engendre la formation de molécules minérales tels que le dioxyde de carbone (CO_2), de l'ammoniac (NH_3), de l'hydrogène (H_2), du méthane (CH_4)...

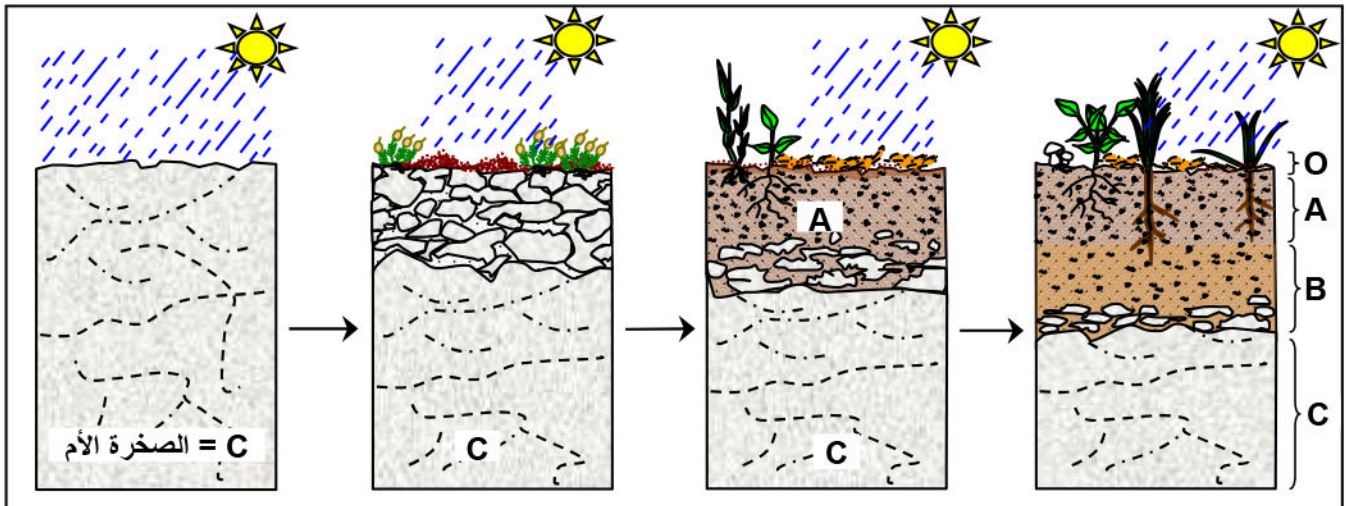


★ **Le complexe argilo-humique**: L'humus provenant de la décomposition de la matière organique, se lie aux particules d'argile pour former le complexe argilo-humique qui retient l'eau et les ions minéraux. Ceux-ci resteront donc à la disposition des plantes chlorophylliennes. L'humus est ainsi important pour la fertilité du sol.

④ **Les stades de la formation d'un sol.** (Voir document 19)

Document 19 : Les stades de la formation d'un sol

Un sol résulte d'un long processus où plusieurs facteurs écologiques interagissent. Le schéma ci-dessous montre les principales étapes de la formation d'un sol (ou pédogénèse).



- 1) Quels sont d'après vous les facteurs écologiques qui contrôlent la formation d'un sol ?
- 2) En utilisant le schéma ci-dessus, et en se référant à vos connaissances, citez les étapes de la formation d'un sol.
- 3) Identifiez les différents horizons du sol.

1) La genèse d'un sol dépend de trois facteurs principaux :

- ★ **La roche mère:** Par ses propriétés physiques (dureté ou friabilité), et par sa composition chimique, la roche mère favorise une évolution plus ou moins rapide du sol.
- ★ **Les êtres vivants:** Les êtres vivants favorisent l'enrichissement du sol en matières organiques.
- ★ **Le climat:** Le climat joue un rôle décisif grâce à la température qui influe sur la vitesse d'altération de la roche mère. Et aussi aux précipitations qui conditionnent l'intensité des phénomènes de migration et d'accumulation se déroulant dans le sol.

2) La formation du sol se fait selon les étapes suivantes :

- ★ **La dégradation de la roche mère:** C'est le résultat de processus physiques (Action du gel, action des racines ...) et de phénomènes chimiques (Altération des minéraux de la roche mère...)
- ★ **Incorporation de la matière organique:** Formation d'une litière à partir des débris de végétaux et d'animaux.
- ★ **Minéralisation et humification:** Décomposition microbienne de la litière.
- ★ **Formation du complexe argilo-humique:** Les acides humiques se lient aux particules argileuses grâce aux cations (Ca^{2+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} ...) formant le complexe argilo-humique, qui fixe les sels minéraux et empêche le lessivage du sol.

3) Identification des horizons :

- ★ **Horizon C** : La roche mère.
- ★ **Horizon B** : Horizon d'accumulation (riche en sels minéraux)
- ★ **Horizon A** : Horizon humifère (riche en humus)
- ★ **Horizon O** : La litière

IV- Action de l'Homme sur le sol.

① Quelques aspects de la dégradation du sol. (Voir document 20)

Document 20: Quelques aspects de la dégradation du sol

Le sol est un milieu fragile qui peut être facilement dégradé par diverses activités humaines. Ces activités se répercutent sur la fertilité et le rendement du sol. Les photos de ce document illustrent les principales manifestations de la dégradation des sols.

Déterminez les principales causes de la dégradation des sols.



Déforestation



Surpâturage



Erosion du sol



Désertification



Incendie de forêt

L'abattement des arbres, les incendies, le surpâturage, l'ensablement, l'érosion et le lessivage du sol, qui sont à l'origine de la dégradation du sol.

- ★ **Déforestation et incendie** : La surexploitation de la forêt vise à produire du bois ou pour installer des terres cultivées ainsi que les incendies accidentelles ou volontaires conduisent à une déforestation. Ce qui provoque l'érosion (Exportation massive du sol).
- ★ **Surpâturage** : C'est l'utilisation abusive d'un couvert végétal par des herbivores. Ces derniers provoquent la disparition définitive de la végétation ce qui entraîne une dégradation du sol et sa désertification.
- ★ **L'utilisation irrationnelle des pesticides et des engrais chimiques** : L'utilisation irrationnelle des insecticides et pesticides, entraîne leur concentration dans le sol où ils peuvent rester pendant de longues années, entraînant la disparition progressive de sa microfaune et sa microflore, et la diminution de sa fertilité.

② Quelques pratiques d'amélioration de rendement du sol.

(Voir document 21)

Document 21: Quelques pratiques d'amélioration de rendement du sol

L'augmentation des besoins en aliments engendrée par l'augmentation de la population a conduit l'homme à faire face à la pénurie alimentaire, et à améliorer les rendements agricoles. A partir des documents suivants, identifiez les pratiques permettant d'améliorer les rendements

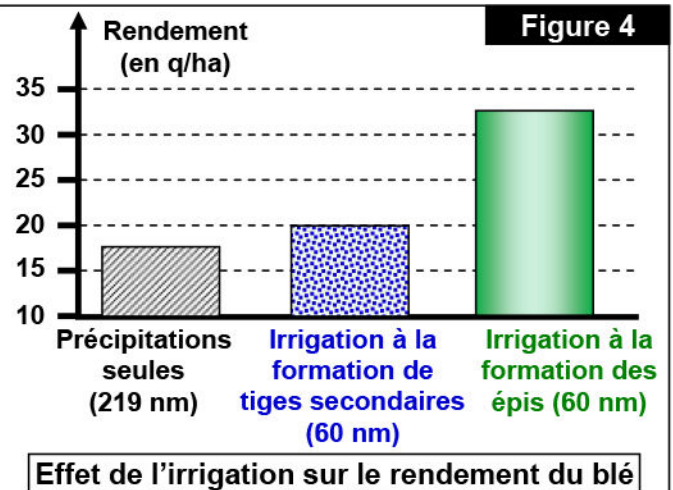
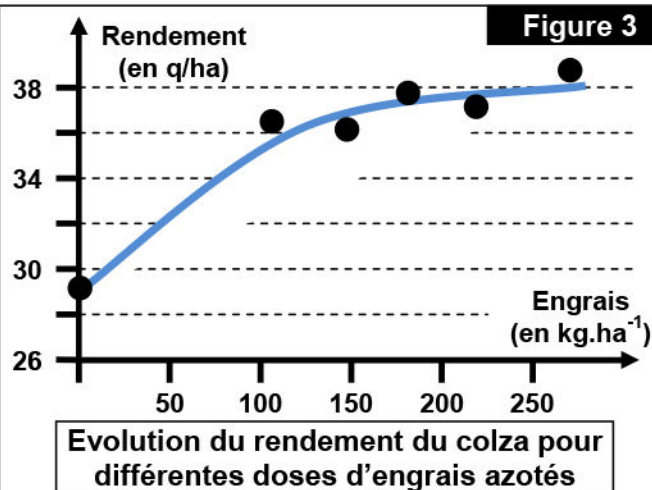
Figure 1

Sol et types de cultures	Moyenne d'érosion en T/ha/an
Sol entièrement arborisé	5.8
Sol partiellement arborisés ou cultivé	18.4
Sol entièrement cultivé	93.7

Figure 2

	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₂
Mais	22	10	20.8	5	4.5	7
Riz	22	5	17.5	-	-	37.5
Colza	53	20	90	8	14	68

Appauvrissement du sol en éléments minéraux



L'intervention de l'Homme pour augmentation la fertilité du sol et son rendement se fait sur trois niveaux :

★ **Protection du sol contre l'érosion:** Pour cela il faut :

- ✓ Maintenir la couverture végétale et son renouvellement.
- ✓ Encourager le reboisement surtout dans les régions montagneuses.
- ✓ Cultiver les terres de fortes pentes suivant des banquettes ou terrasses de végétation.
- ✓ Utiliser des brise-vent en plantant des arbres ou autres barrières de plantes du coté exposé au vent.

★ **Lutte contre la désertification:** Pour cela on utilise plusieurs moyens:

- ✓ Couvrir les dunes de sable avec une couche de goudron.
- ✓ Combattre l'extension du sable en mettant des barrières formées de plantes aux racines résistantes qui maintiennent les dunes du sable.
- ✓ Organiser l'élevage des animaux herbivores surtout dans les régions sur-pâturées.

★ Amélioration des caractéristiques physico-chimiques du sol:

Cette amélioration peut se faire de plusieurs manières :

- ✓ Par amendement qui consiste à utiliser des engrais organiques ou minéraux. Les premiers proviennent des déjections d'animaux et des restes de végétaux (fumier). Les seconds sont d'origine minérale constitués principalement d'azote, de phosphore et de potassium.
- ✓ Par irrigation qui consiste à utiliser plusieurs techniques d'arrosage (Horizontal, vertical, goutte à goutte)
- ✓ Par l'application du système de rotation des cultures qui est basé sur l'alternance de culture variées sur le même sol (Exemple le blé avec les légumineuses).
- ✓ Par utilisation des pesticides de manière rationnelle pour éviter la dégradation biologique du sol, ou on recourt à la lutte biologique.
- ✓ Par le labourage en utilisant des machines modernes pour mieux travailler le sol.
- ✓ Par la sensibilisation des citoyens sur l'importance de conserver les sols.

Chapitre 3

Les facteurs climatiques et leurs relations avec les êtres vivants

Introduction: Le climat est l'ensemble des conditions atmosphériques qui règnent dans une région donnée, pendant une longue période. Ces conditions ou composantes sont appelés facteurs climatiques.

- Quelles sont les différents facteurs climatiques?
- Comment peut-on mesurer ces facteurs climatiques?
- Quelle est l'influence des facteurs climatiques sur la répartition des êtres vivants?
- Comment maîtriser les facteurs climatiques pour améliorer la production agricole?

I- Les facteurs climatiques et leurs mesures:

① Quelques instruments de mesure des facteurs climatiques

(Voir document 1)

Document 1: Les instruments de mesure des facteurs climatiques

Parmi les facteurs climatiques on cite : les précipitations, la température, Le vent, la pression atmosphérique... etc.

La figure ci-contre montre quelques instruments utilisés dans la mesure de quelques facteurs climatiques.

① = Thermomètre, ② = Hygromètre
③ = Héliographe, ④ = Pluviomètre
⑤ = Anémomètre, ⑥ = Luxmètre.

Quel est le rôle et l'unité de mesure de chaque instrument de mesure ?



① = Le thermomètre : il sert à mesurer la température minimale et maximale. La mesure de la température extérieure se fait quotidiennement sous abri à 1.5 m du sol. L'unité de mesure de la température est le degré Celsius (°C), et l'unité internationale est le degré Kelvin (°K). La relation entre ces deux unités s'écrit : $(t)^\circ\text{C} = (t+273)^\circ\text{K}$

- ✓ On mesure la température maximale M en cours d'après-midi.
- ✓ On mesure la température minimale m vers le lever des jours.
- ✓ On peut mesurer la moyenne mensuelle ou annuelle des températures maximales M.
- ✓ On peut mesurer la moyenne mensuelle ou annuelle des températures maximales m.
- ✓ La moyenne mensuelle ou annuelle de la température T est calculée ainsi :

$$T = \frac{M + m}{2}$$

- ✓ (M-m) est l'amplitude thermique.

② = **Hygromètre** : il sert à mesurer l'humidité de l'air, c'est-à-dire, la quantité d'eau sous forme de vapeur, contenue dans un mètre cube d'air (g/m^3). C'est l'humidité absolue (Ha).

L'humidité relative (Hr) de l'air, ou degré hygrométrique correspond au rapport pour une température donnée, entre la quantité d'eau que contient l'air et la quantité maximale qu'il est capable de contenir. On exprime ce résultat en pourcentage.

$$Hr = \frac{H_1}{H_2} \times 100$$

H_1 = La masse de la vapeur d'eau dans un temps t.

H_2 = La masse de la vapeur d'eau dans l'air en saturation

③ = **L'héliographe** : est un instrument qui permet de mesurer la durée de l'ensoleillement sur un lieu donnée, dans une journée. Les mesures sont données par le nombre d'heures d'ensoleillement total de la journée.

④ = **Pluviomètre** : il sert à collecter la quantité de pluie précipitée en un lieu donné pendant une journée. L'unité pluviométrique est le mm, ce qui représente les précipitations d'un litre de pluie sur une surface d'un mètre carré ($1\text{mm}=1\text{l/m}^2$). Les mesures journalières de la pluviosité permettent de calculer la pluviométrie mensuelle et la pluviométrie annuelle (Pa)

La pluviométrie annuelle est calculée en additionnant l'ensemble des précipitations mensuelles.

⑤ = **Anémomètre** : il sert à mesurer la vitesse du vent. Les unités de mesure sont : le Km/h, le m/s, le nœud (noté Kt), le mile par heure (mph) ;
 $1 \text{ nœud} = 1.852 \text{ km/h} = 0.515 \text{ m/s} = 1.1 \text{ mph}$.

⑥ = **Luxmètre** : Il sert à mesurer l'intensité de la lumière. L'unité de mesure est le lux (symbole lx). Il caractérise le flux lumineux reçu par unité de surface.

② Représentation graphique des facteurs climatiques (voir doc 2)

Document 2: Représentation graphique des facteurs climatiques

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) permet de comparer l'évolution des valeurs des températures et des précipitations à l'aide de deux courbes respectives. Pour le réaliser on reporte sur l'axe horizontal les douze mois de l'année, et sur deux axes verticaux, l'un à gauche pour les précipitations en mm et l'autre à droite pour les températures mensuelles en °C (les axes verticaux doivent être gradués de telles sortes que $P=2T$).

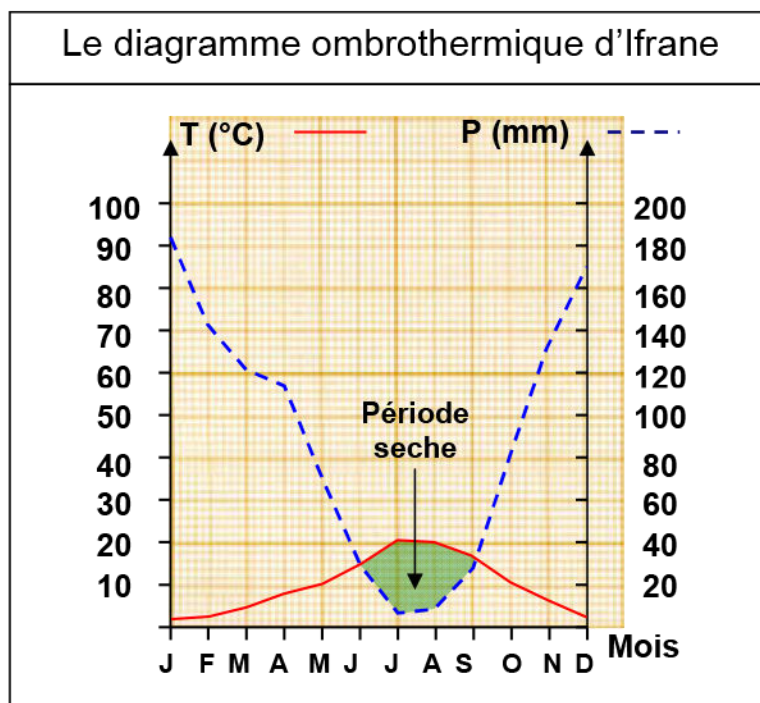
Le tableau suivant présente les données relatives à la station d'Ifrane :

		Janv	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Altitude 1635m	P	181.8	141.8	121.2	117.7	74	34.6	8.7	11.2	30.3	81.9	133.6	168.4
	T	2.1	3.5	6.5	9	11.4	16.8	21.2	20.9	17	11.7	7.6	3.3

Réalisez le diagramme ombrothermique d'Ifrane en se référant aux consignes.

Analysez le diagramme et déterminez les durées des périodes humides et sèches

★ Le diagramme ombrothermique d'Ifrane :



- ★ On constate sur le diagramme ombrothermique que les deux courbes (Précipitations et températures) se recoupent, ce qui détermine deux périodes : une de sécheresse où $P \leq 2T$, et l'autre d'humidité où $P > 2T$.

Dans la station d'Ifrane, la période de sécheresse dure trois mois (de juin à septembre), donc neuf mois humides.

II – Rôle des facteurs climatiques dans la répartition des êtres vivants:

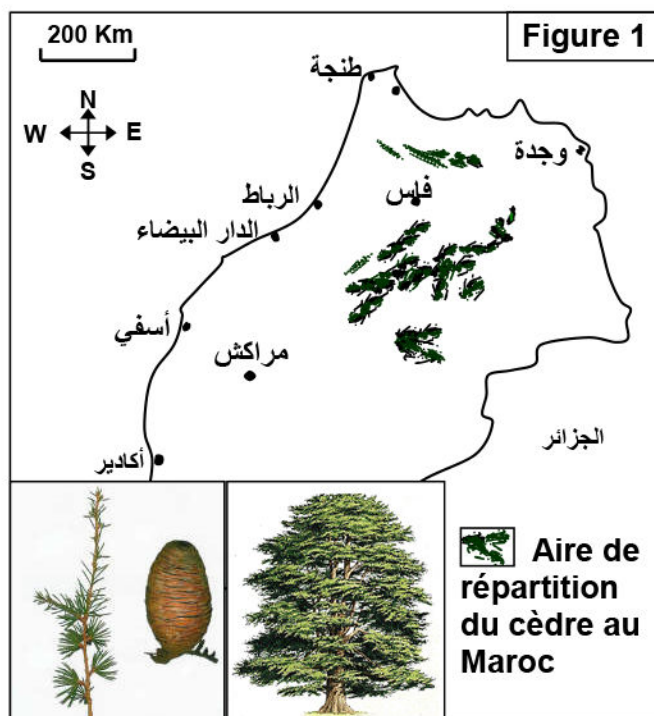
① Influence des facteurs climatiques sur la répartition des végétaux

a- La répartition du cèdre : (Voir document 3)

Document 3 : Quelques caractéristiques des cédraies

Les cédraies au Maroc (figure 1) occupent une surface proche de 133000 ha où domine plus particulièrement le cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica*) qui est un conifère d'allure majestueuse et imposante pouvant atteindre une hauteur de 30 à 40m, et ayant des racines qui se propagent horizontalement et à la surface

- 1) Localisez les zones de répartition du cèdre à partir de la figure 1.
- 2) Quelles hypothèses pouvez-vous annoncer pour expliquer cette répartition ?



Document 3 : suite

Pour déterminer l'influence des facteurs climatiques sur la répartition des cédraines au Maroc, on propose les études suivantes :

Figure 2 : Nature du sol de quelques cédraines au Maroc

Zone	Nature du socle rocheux du sol
Kétama	Quartzite et schiste créacé
Chefchaoun	Calcaire jurassique
Moyen atlas oriental (Tazeka)	Schiste et roches métamorphique hyrcinien
Bouiblane	Roches marneuses schisteuses et roches gréseuses
Moyen atlas central	Calcaire et calcaire dolomitique, dolorite sableux du jurassique inférieur
Azrou et Timahdit	Coulées basaltiques

Figure 3 : Données climatiques de quelques stations au Maroc

Station et altitude en (m)	La moyenne annuelle de la température en (°C)	Précipitations annuelles (en mm)	Présence ou absence du cèdre
Kétama (1521)	9.18	1608	+
Ifrane (1635)	10.9	1105	+
Azrou (1250)	15	528	-
Tanger (751)	17.43	751	-

Des mesures ont été réalisées dans quatre stations différentes. Le tableau de la figure 4, présente les résultats de ces mesures.

Mois	Ain Kahla (2000m)				Azrou (1250m)				Tanger (15m)				Kétama (1520m)			
	T	m	M	P	T	m	M	P	T	m	M	P	T	m	M	P
Janvier	- 0.5	- 6.7	5.6	78	7.4	2.4	12.5	97.5	12.5	9.6	15.4	117.4	3.2	0	6.5	308.4
Février	- 0.4	- 7.2	6.4	60	8.6	3.6	13.6	99.1	12.9	10	15.9	104.6	4	0	8	294.2
Mars	6	2.8	9.3	78	10.6	5.1	16.1	106.3	14.3	11.2	17.4	95.5	3.7	0.5	7	237.2
Avril	7.1	1.9	12.4	101	12.8	7	18.7	93.7	15.8	12.4	19.2	56.7	6	2	10	140.9
Mai	8.8	1.5	16.1	71	15.3	9.2	21.4	59	17.8	14.3	21.4	39.2	7.5	3.5	11.5	77.2
Juin	13.8	4.9	22.7	21	20.4	13.5	27.4	33.7	20.5	16.8	24.2	12.5	13.5	8.5	18.5	27.2
Juillet	18.1	8.7	27.6	09	25.1	17.6	32.7	6	22.6	18.8	26.4	0.5	18.5	13	24	4.5
Aout	18.2	8.8	27.6	27	24.6	17.7	31.5	8	23.1	19.4	26.8	2.5	19.7	14.5	25	4.7
Septembre	14	5.7	22.4	39	21	14.3	27.7	30.2	21.7	18.3	25.1	16.9	17.2	12.5	22	28.6
Octobre	9.3	2.2	16.4	84	16.2	10.6	21.9	76.4	19.1	16.1	22.1	63.5	11.2	6.5	16	106.7
Novembre	6.7	0.3	13.2	94	11.4	6.4	16.5	111.3	15.7	12.9	18.5	109.2	5.7	3	8.5	299.7
Décembre	2.4	- 3.2	8.1	92	8.3	3.5	13.2	108.6	13.2	10.4	16	133.1	3.2	0.5	6	119
Pa	Pa = 754 mm				Pa = 829.8 mm				Pa = 751.6 mm				Pa = 1648.3 mm			

P= précipitations en mm, M=Températures maximales en °C, m=Températures minimales en °C
T=Températures moyennes en °C, Pa=Précipitations annuelle en mm

- 3) A partir des tableaux 2 et 3, déduisez les facteurs écologiques responsables de la répartition des cèdres au Maroc.
- 4) A partir du tableau de la figure 4, tracez le diagramme ombrothermique pour chaque station.
- 5) Analysez les diagrammes obtenus
- 6) Expliquez l'absence du cèdre dans les stations de Tanger et Azrou.

1) Le cèdre de l'atlas se localise dans les régions montagneuses plus particulièrement le moyen atlas, la partie Est du haut atlas et le rif.

2) La répartition du cèdre peut être due:

- ✓ A la nature du sol.
- ✓ Aux facteurs climatiques.

3) D'après la figure 2, on constate que le cèdre pousse aussi bien dans les sols siliceux que dans les sols calcaires. On peut dire donc que le cèdre est indifférent à la nature du sol.

D'après la figure 3, on constate que le cèdre se développe dans les régions où la moyenne annuelle de température est faible ($< 11^{\circ}\text{C}$), et les précipitations annuelles sont élevées ($> 1000\text{ mm/an}$).

On peut dire donc que les facteurs climatiques qui sont responsables de la répartition du cèdre au Maroc, et plus précisément la température et les précipitations.

4) les diagrammes ombrothermique :

Diagramme ombrothermique de Ain Kahla

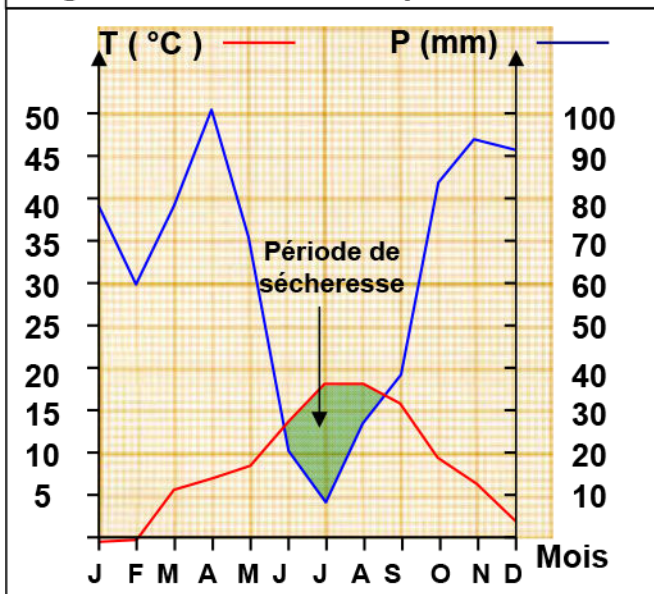


Diagramme ombrothermique d'Azrou

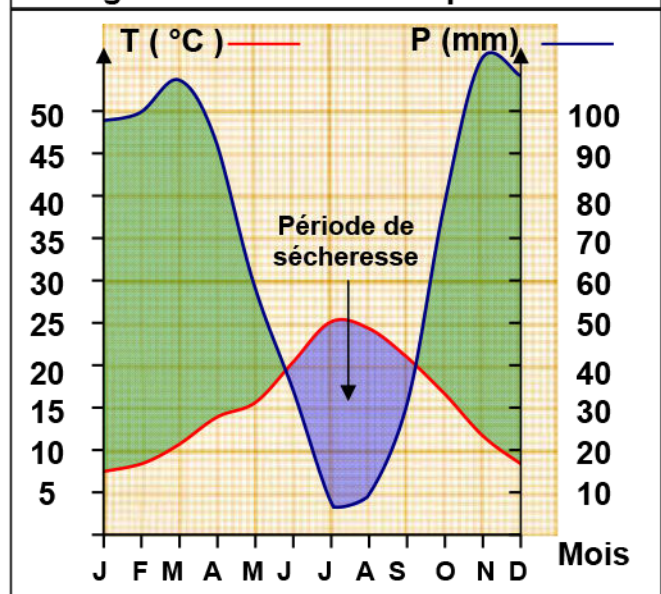


Diagramme ombrothermique de Tanger

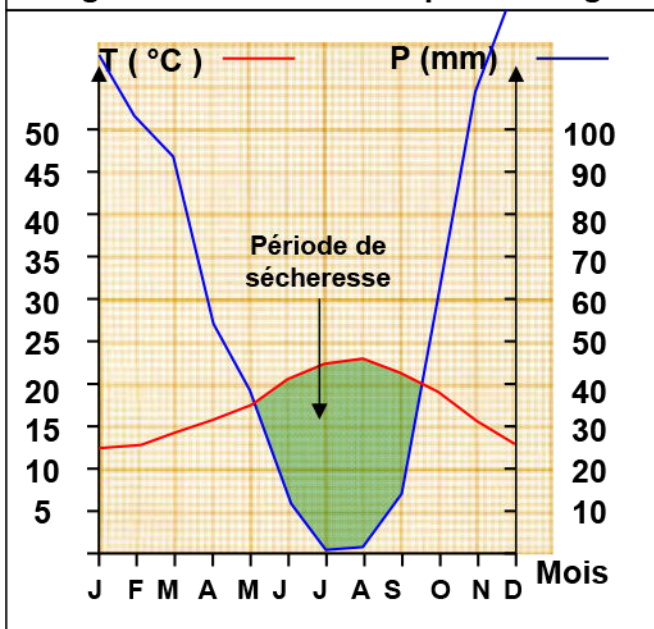
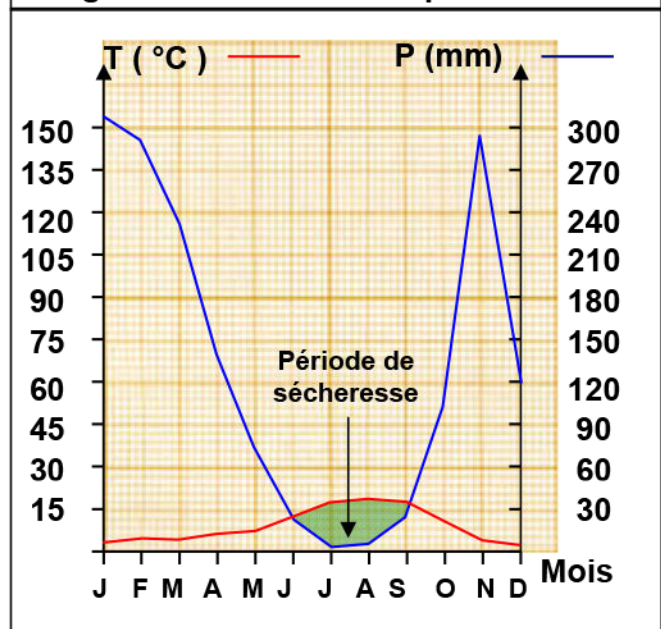


Diagramme ombrothermique de Kétama



- 5) Dans la station de Kétama, la période de sécheresse dure trois mois (de juin à septembre)
 Dans la station de Ain Kahla, la période de sécheresse dure deux mois et demi (de juin au mi-août)
 Dans la station de Tanger, la période de sécheresse dure 4 mois (de mi-mai jusqu'à la mi-septembre)
 Dans la station d'Azrou, la période de sécheresse dure trois mois et demi (de fin mai à mi-septembre)
- 6) L'absence du cèdre dans les stations de Tanger et d'Azrou s'explique par :
- ✓ Les précipitations sont insuffisantes (Ne dépassent pas 1000mm/an)
 - ✓ La période de sécheresse dans ces stations est très longue (Dépasse 3 mois) et puisque les racines du cèdre se propagent horizontalement, cela les empêche d'arriver jusqu'à la nappe phréatique pour absorber l'eau souterraine

b- Les facteurs de variation des paramètres climatiques sur le plan national : (Voir document 4)

Document 4 : Variation des paramètres climatiques sur le plan national

Le Maroc est caractérisé par un climat très différent selon les régions.
 Les Figures 1 et 2, représentent quelques variations des paramètres climatiques sur le plan national.
 La figure 3, présente un profil pluviométrique entre Rabat et Midelt.

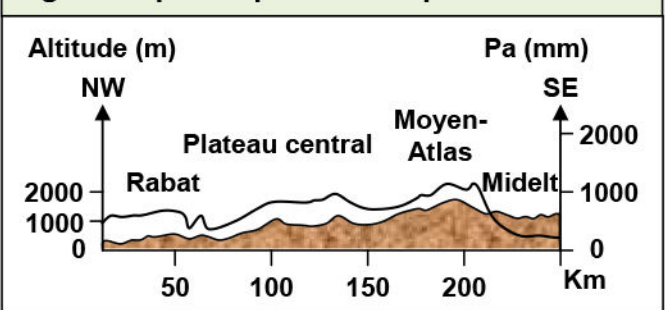
Figure 2 : Précipitations annuelles de quatre stations situées de l'Ouest vers l'Est.

Stations	Safi	Youssoufia	Sidi-Mbark	Benguerir
Altitude (m)	15	170	320	475
Eloignement de la mer (Km)	1	31	73	113
Pa (mm)	337	305	254	233

Figure 1 : Précipitations annuelles de quatre stations situées le long du littoral atlantique.

Stations	Tanger	Rabat	Safi	Agadir
Altitude (m)	15	75	15	18
Pa (mm)	752	587.5	337	248

Figure 3 : profile pluviométrique Rabat-Midelt



D'après ces figures, quels sont les facteurs de variation des précipitations sur le plan national ?

- ✓ D'après la figure 1, les villes représentées sont toutes des villes côtières, qui sont presque sur la même altitude, mais elles diffèrent par la latitude. Donc les précipitations dans ce cas varient selon la latitude (En allant vers le nord, les précipitations augmentent).
- ✓ D'après la figure 2, plus on s'éloigne de la mer, plus les précipitations diminuent.
- ✓ D'après la figure 3, plus l'altitude augmente plus les précipitations augmentent.

Conclusions :

A l'échelle nationale, les précipitations varient selon l'altitude, la latitude et l'éloignement de la mer. Ainsi on distingue plusieurs domaines climatiques au Maroc :

★ selon les précipitations annuelles :

- ✓ **Domaine humide** : $700 \text{ mm} \leq Pa < 2000 \text{ mm}$
- ✓ **Domaine aride** : $100 \text{ mm} \leq Pa < 700 \text{ mm}$
- ✓ **Domaine saharien** : $Pa < 100 \text{ mm}$

★ Selon la température minimale du mois le plus froid (Janvier) :

- ✓ **Domaine à hiver très froid** : $m < 0 \text{ }^\circ\text{C}$
- ✓ **Domaine à hiver froid** : $0 \text{ }^\circ\text{C} \leq m \leq 3 \text{ }^\circ\text{C}$
- ✓ **Domaine à hiver tempérée** : $3 \text{ }^\circ\text{C} < m \leq 7 \text{ }^\circ\text{C}$
- ✓ **Domaine à hiver chaud** : $m > 7 \text{ }^\circ\text{C}$

A fin de prendre en considération toutes les données climatiques en même temps (Pa, M, et m), le phytogéographe français Louis Amberger a proposé une formule connue sous le nom de quotient pluviométrique (Voir document 5).

Document 5 : Quotient pluviométrique d'Emberger

L.Emberger a étudié les types de climat de la région méditerranéenne. Il a proposé le quotient pluviométrique Q (Ou indice pluviométrique d'Emberger). Il est donné par la formule suivante :

$$Q = \frac{1000 \times Pa}{\frac{(M + m)}{2} \times (M - m)}$$

Q= Quotient pluviométrique.

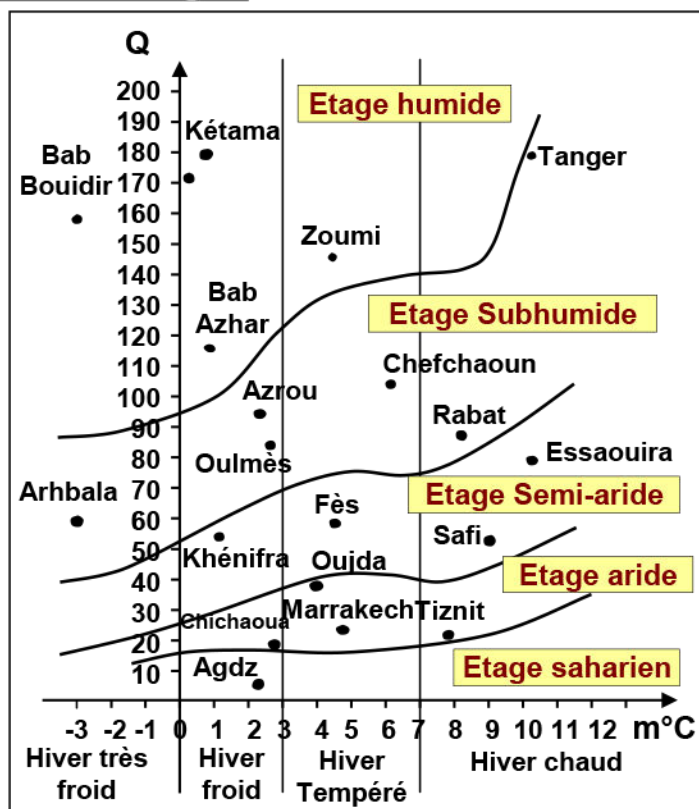
Pa= Précipitations annuelles (mm),
(x1000 pour éviter les décimales).

M= Température maximal du mois le plus chaud (En degré Kelvin : °K).

m= Température minimale du mois le plus froid (En degré Kelvin : °K).

$(M+m)/2$ = Moyenne annuelle de la t°.

$(M-m)$ = est l'amplitude thermique.



Ainsi Emberger a pu réaliser un diagramme appelé diagramme bioclimatique d'Emberger (Voir la figure ci-dessus), où il a représenté tous les domaines climatiques ou étages bioclimatiques (Chaque étage bioclimatique regroupe un ensemble de végétaux qui ont les mêmes conditions climatiques et écologiques)

Document 6 : Variation des paramètres climatiques sur le plan national

Le tableau de la figure 1 regroupe les données climatiques de certaines stations qui se trouvent aux limites de l'aire de répartition du Thuya.

- 1) Représentez sur le diagramme bioclimatique d'Emberger (Figure 3) par le signe (+) les stations représentées dans le tableau de la figure 1.
- 2) Nommez les étages de 1 à 5, puis limiter sur le diagramme l'aire de répartition du Thuya.
- 3) Que peut-on dire de la répartition du Thuya ?

Le tableau de la figure 2 regroupe quelques données climatiques de certaines stations.

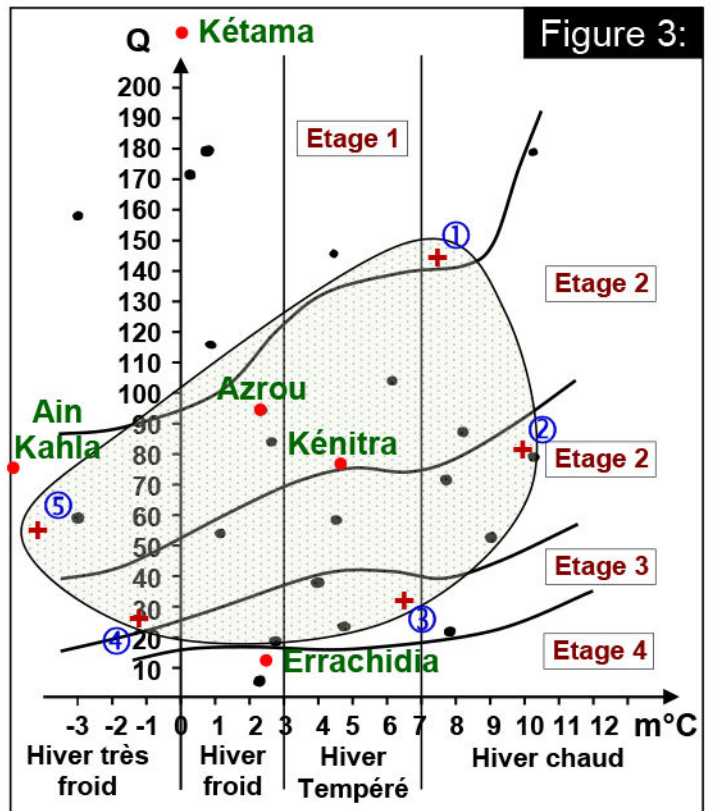
- 4) Calculez le coefficient pluviométrique (Q) de chaque station.
- 5) En utilisant les données du tableau de la figure 2 et la figure 1, Précisez les stations où se trouve le Thuya. Justifiez votre réponse.
- 6) Sachant que le Thuya nécessite un minimum de pluviosité de 189mm/an et un maximum de 897mm/an. Comment peut-on expliquer l'absence du thuya dans certaines stations ?

Figure 1

Stations	1	2	3	4	5
m °C	7.5	10	6.5	-1.1	-4.5
Q	145	82	32	28	56

Figure 2

Stations	m °C	M °C	Pa	Q
Azrou	2.4	32.7	829	94.16
Kétama	0	25	1609.2	225.45
Ain Kahla	-7	27.6	764	76.92
Kenitra	4.8	31.6	608.4	77.95
Errachidia	2.4	40.1	112.5	10.14



- 1) Voir figure 3
- 2) Les étages : étage 1 : Humide, étage 2 : Subhumide, étage 3 : Semi-aride, étage 4 : Aride, étage 5 : Saharien (Voir figure 3)
- 3) Le thuya est bien présent dans 2 domaines : le subhumide et le semi aride, il est moins présent dans le domaine aride et humide, et absent dans le domaine saharien, et s'étale sur tous les types d'hivers.
- 4) Calcule du coefficient pluviométrique (Q) de chaque station (Voir figure 2) :

★ **Azrou :**

$$Q = \frac{1000 \times 829}{\frac{((32.7 + 273) + (2.4 + 273))}{2} \times ((32.7 + 273) - (2.4 + 273))} = 94.16$$

★ **Kétama :**

$$Q = \frac{1000 \times 1609.2}{\frac{((25 + 273) + (0 + 273))}{2} \times ((25 + 273) - (0 + 273))} = 225.45$$

★ **Ain Kahla :**

$$Q = \frac{1000 \times 764}{\frac{((27.6 + 273) + (-7 + 273))}{2} \times ((27.6 + 273) - (-7 + 273))} = 77.94$$

★ **Kenitra :**

$$Q = \frac{1000 \times 608.4}{\frac{((31.6 + 273) + (4.8 + 273))}{2} \times ((31.6 + 273) - (4.8 + 273))} = 77.95$$

★ **Errachidia :**

$$Q = \frac{1000 \times 112.5}{\frac{((40.1 + 273) + (2.4 + 273))}{2} \times ((40.1 + 273) - (2.4 + 273))} = 10.14$$

5) D'après la figure 1, le Thuya se trouve dans 2 stations : Azrou et Kenitra, car ces stations sont inclus dans la zone de répartition de Thuya.

6) L'absence de Thuya dans :

★ **La station de Kétama :** est dû aux précipitations annuelles qui sont beaucoup plus importantes que les besoins de Thuya.

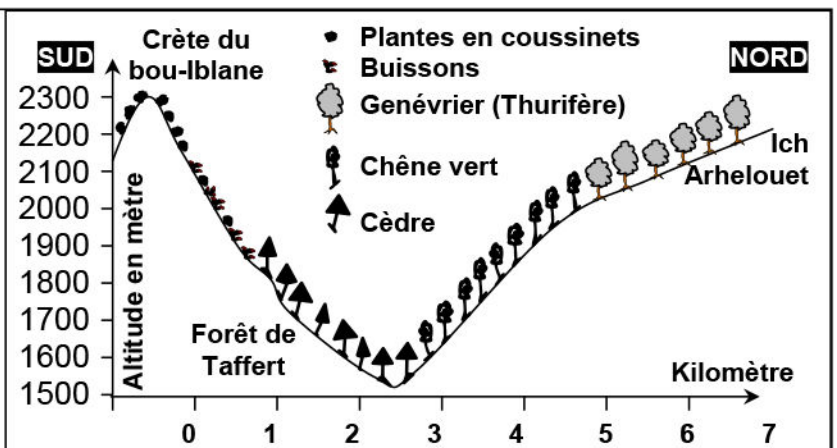
★ **La station de Ain Kahla :** est dû à la température minimal (-7°C) qui est inférieur à la température minimale exigée par le Thuya (-4.5°C°).

★ **La station d'Errachidia :** est dû au faite que les précipitations annuelles sont insuffisantes.

d- Influence de la topographie sur les facteurs climatiques: (Voir doc 7)

Document 7: Influence de la topographie sur les facteurs climatiques

La figure ci-contre représente la répartition de la végétation sur les deux versants de la vallée de Bouiblanc, et le tableau suivant résume quelques facteurs climatiques qui règnent dans cette vallée.



Document 7 : (Suite)

	Versant nord	Versant sud
Température	17 °C	9 °C
Ensoleillement	50000 Lux	15000 Lux
Humidité	60 %	80 %
Pluviométrie	55 mm	55 mm

- 1) Décrire la répartition de la végétation dans la vallée.
- 2) A l'aide des données du tableau expliquer cette répartition de la végétation.

1) On constate que la végétation diffère d'un versant à l'autre :

- ★ Sur le versant sud, on trouve du haut en bas les plantes suivantes : les plantes en coussinet (entre 2000 et 2300m), les buissons (entre 1800 et 2100m) et le cèdre (entre 1550 et 1800m).
- ★ Sur le versant nord : on trouve de haut en bas les plantes suivantes : le genévrier (entre 2000 et 2200), et chêne vert (entre 1600 et 2000).

2) Le cèdre se localise en bas du versant sud (Exposé au nord) qui est moins ensoleillé (15000 Lux) et disparaît en haut car la température est très faible. Alors dans le versant nord on note la présence de chêne vert à la place du cèdre, et cela est dû à l'ensoleillement très élevé qui provoque l'évaporation des eaux superficielles utilisées par le cèdre.

Conclusion:

La topographie intervient en modifiant les facteurs climatiques non seulement à l'échelle régionale, mais aussi à l'échelle locale (On parle de microclimat). En général les versants exposés au sud sont plus secs et plus chaud, contrairement aux versants exposés au nord.

② Influence des facteurs climatiques sur la répartition des animaux

Les animaux sont moins influencés par les facteurs climatiques que les végétaux, car certains animaux migrent lorsque les conditions climatiques deviennent défavorables, d'autres changent de comportement pour s'adapter aux nouvelles conditions climatiques, comme l'hibernation des escargots pendant l'été et des ours pendant l'hiver...

a- Influence de la température : (Voir document 8)

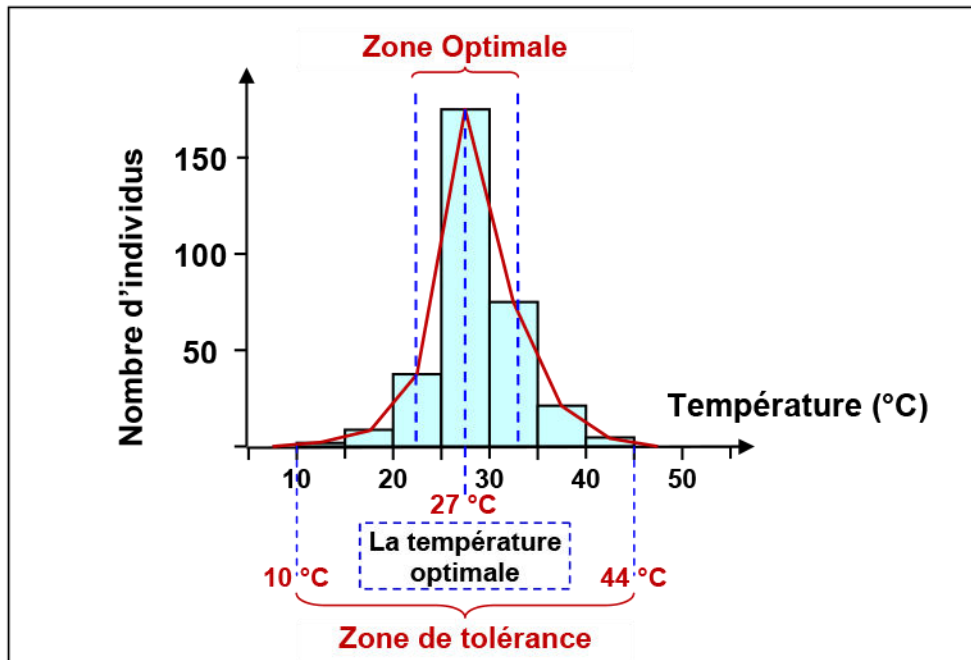
Document 8 : Influence de la température sur la répartition des animaux

Le tableau ci-dessous résume l'étude statistique des températures que peut supporter les Fourmies bruns.

Température (°C)	< 10	10 - 14	15 - 19	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 44	> 45
n ^{bre} d'individus	0	1	11	45	159	77	18	4	0

- 1) Tracez la courbe de variation du nombre d'individus en fonction de température
- 2) Déterminez la zone de tolérance et la zone optimale.
- 3) Déduisez l'effet de la température sur la répartition des animaux.

1) La courbe de variation du nombre d'individus en fonction de température :



2) Voir courbe ci-dessus :

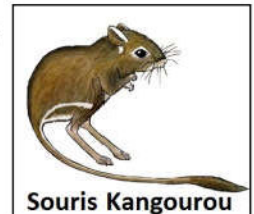
- ✓ Zone de tolérance [10 °C, 44°C]
- ✓ Zone optimale [22 °C, 32 °C]

3) La température influence la répartition des Fourmies car ces derniers ne peuvent pas survivre qu'entre 10 et 44 °C.

b- Influence de l'humidité : (Voir document 9)

Document 9 : Influence de l'humidité sur la répartition des animaux

Certains animaux sont xénophiles, ils peuvent vivre dans des zones moins humides, comme les souris Kangourou, alors que les souris normales ne peuvent pas survivre dans ces zones. Pour expliquer cette répartition, le tableau suivant regroupe quelques données physiologiques de ces deux espèces.



Espèce	Souris Kangourou	Souris normal
Caractères physiologiques		
Transpiration (mg/cm ³)	0.54	0.94
L'urine (%)	45	68

En comparant les résultats, expliquez l'absence des souris normales dans les zones moins humides. Que peut-on déduire ?



D'après le tableau, les souris normales perdent plus d'eau que les souris Kangourou, ce qui explique leur absence dans les régions moins humides. On déduit donc que le taux d'humidité influence également la répartition des animaux.

c- Influence de la température et l'humidité : (Voir document 10)

Document 10 : Influence de la température l'humidité sur les animaux

La température et l'humidité relative sont interdépendantes dans la nature. C'est pourquoi on doit tenir compte de la variation de ces deux composants en même temps, ainsi on réalise le diagramme climatogramme, en représentant sur l'axe des abscisses la température moyenne mensuelle, et sur l'axe des ordonnées l'humidité relative moyenne de chaque mois. On représente les coordonnées de chaque mois de l'année. On relie les points obtenus à partir de janvier jusqu'au décembre.

Le tableau suivant montre les conditions de vie de la coccinelle qu'on voulait intégrer dans la région de Midelt pour exterminer un insecte nuisible (la cochenille) qui se nourrit des fruits des pommiers et des orangers.

		Zone de tolérance	Zone optimale		
humidité relative en %	Limite inf	40	60		
	Limite sup	100	85		
température en °C	Limite inf	12.5	16	Coccinelle	Cochenilles
	Limite sup	24	20		

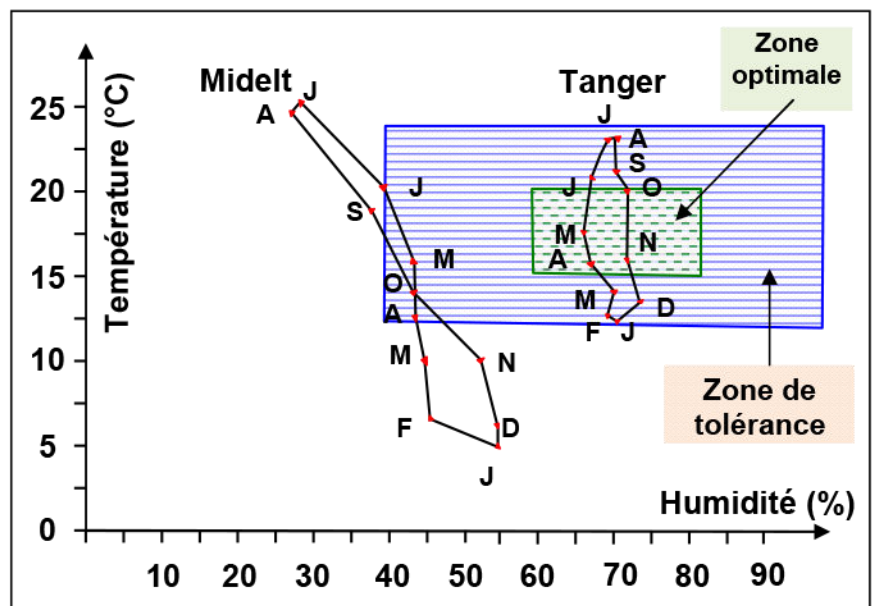
Le tableau suivant présente les données relatives à la station de Midelt et Tanger :

Mois		Janv	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Tanger	Humidité %	71.5	70	72	67	66	67	68	70	71.5	73	73	75
	Température °C	12	12.5	14	15.5	17	21	22	23	21	20	16	13
Midelt	Humidité %	55	46	45	44.5	44.5	40	28.5	27	38.5	44.5	53.5	55.5
	Température °C	5	6.2	10	12.5	16	20	25	24	18	14	10.5	6.5

- 1) A partir des données du tableau 1 et 2, tracer le climatogramme de Midelt et Tanger, puis l'écoclimatogramme de la coccinelle.
- 2) D'après les résultats obtenus peut-on introduire la coccinelle dans la région de Midelt et Tanger ? Justifier votre réponse.

1) Traçons le climatogramme de Midelt et Tanger, et l'écoclimatogramme.

L'écoclimatogramme est représenté sous forme de rectangle dont les sommets sont les combinaisons des valeurs extrêmes de chaque facteur climatique. Ainsi on obtient deux rectangles, l'un qui représente la zone optimal, l'autre représente la zone de tolérance.



2) D'après le diagramme réalisé, la coccinelle peut survivre et se reproduire dans la région de Tanger, et elle ne peut pas survivre dans la région de Midelt, car elle ne peut pas supporter la température basse des mois de novembre jusqu'au mars, ni l'humidité faible des mois de juillet, août et septembre.

Donc la réalisation du diagramme climatogramme d'une région donnée, puis l'écoclimatogramme d'un être vivant pourra nous informer sur les possibilités que possède l'être vivant pour supporter la vie dans une telle région, dans le but de l'introduire dans un nouvel écosystème.

III – Influence des facteurs climatiques sur le comportement des êtres vivants:

① Influence des facteurs climatiques sur le comportement des végétaux

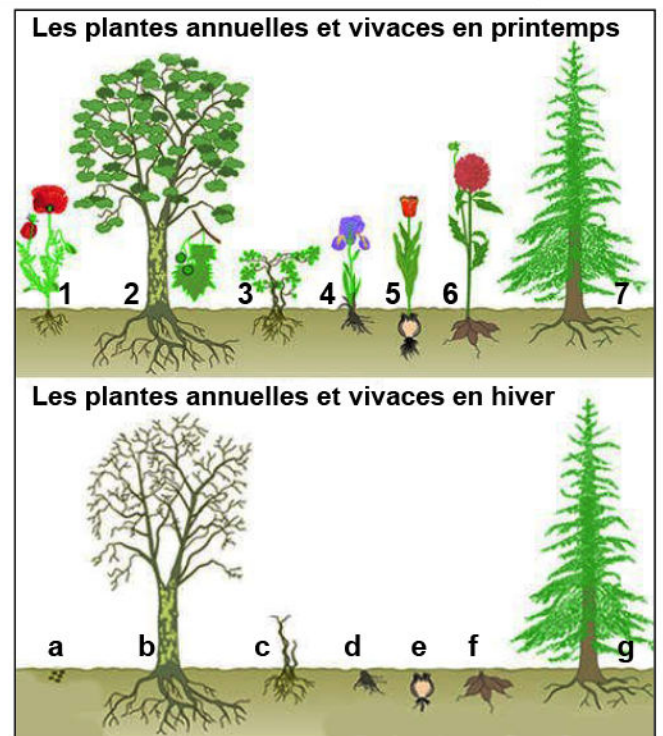
(Voir document 11)

Document 11 : Influence du climat sur le comportement des végétaux

L'hiver est la saison la plus froide de l'année, avec des périodes de gel régulières ainsi que peu de nourriture disponible. Pour passer l'hiver, les végétaux ont recours à diverses solutions: (voir figure ci contre).

1 : Coquelicot, 2 : Platane, 3 : Vigne, 4 : Iris, 5 : Tulipe, 6 : Dahlia, 7 : Epicéa
a: Graines, b,c : Bourgeon, d : Rhizome, e : Bulbe, f : tubercule, g : arbre à feuilles

- 1) Classez ces végétaux en «Végétaux annuels» et «Végétaux vivaces»
- 2) Expliquez ce qui se passe dans chaque cas à la fin de l'hiver.



- 1) Les végétaux annuels sont : 1 : coquelicot.
Les végétaux vivaces : 2 : platane (arbre à feuilles caduques), 3 : Vigne (arbuste) 4 : Iris (plante à rhizome), 5 : Tulipe (plante à bulbe), 6 : Dahlia (plante à tubercules), 7 : Epicéa (arbre à feuille persistantes).
- 2) Les plantes annuelles (les coquelicots) ne subsistent en hiver que sous forme de graines. Les feuilles, les tiges, les racines disparaissent au début de l'hiver. Seules les graines libérées résistent au froid. Au printemps suivant, elles peuvent germer et donner de nouvelles graines.
Les plantes vivaces, elles, peuvent vivre plusieurs années. En automne, les arbres (par exemple, le platane) et les arbustes (par exemple, la vigne) à feuilles caduques perdent leurs feuilles ; il reste, sur leurs branches, des bourgeons bien protégés du froid et de la pluie par leurs écailles. D'autres végétaux (comme les tulipes, les dahlias, les iris, etc.) perdent leurs feuilles et leurs tiges et ne conservent que leurs parties souterraines résistantes, bulbes, rhizomes,

tubercules, qui portent des bourgeons. Au printemps, les bourgeons des plantes vivaces se développent ; tiges et feuilles réapparaissent.

② Influence des facteurs climatiques sur le comportement des animaux

(Voir document 12)

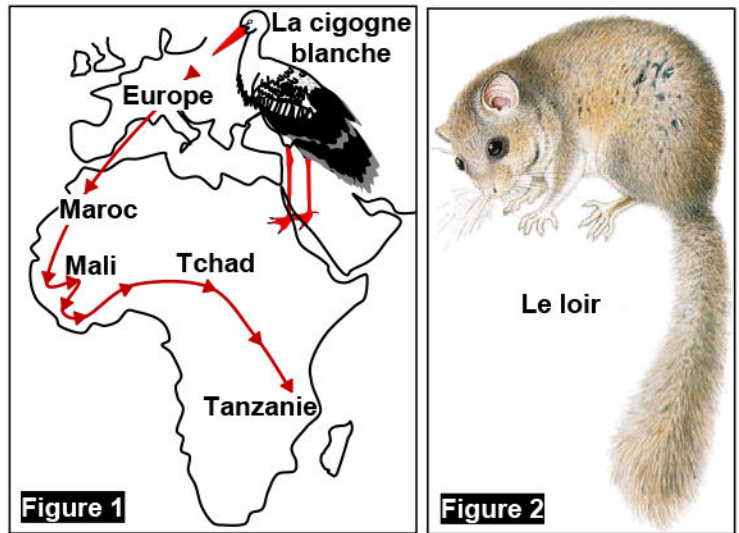
Document 12 : Influence du climat sur le comportement des animaux

★ La Cigogne blanche est un oiseau migrateur. Ainsi, avant l'arrivée de la mauvaise saison, au mois d'août, elle part vers les pays chauds. Puis elles reviennent en Europe de l'Ouest le printemps. La figure 1, illustre le trajet de migration de la cigogne blanche.

★ Des animaux comme le loir ou la grenouille après avoir fait des réserves en été, dorment pendant tout l'hiver. (Figure 2).

★ Des animaux comme le dromadaire ou l'ours blanc ont un corps qui leurs permet de supporter la rigueur du climat où ils vivent.

A partir des exemples proposés par ce document, citez les comportements des animaux pour passer la rigueur des conditions climatiques de la mauvaise saison.



Les comportements permettant aux animaux de passer la rigueur des conditions climatiques de la mauvaise saison sont :

- ★ Des animaux migrent lorsque les conditions climatiques deviennent défavorables.
- ★ Pour passer la mauvaise saison, certains animaux s'endorment dans un abri : ils hibernent. comme l'hibernation des loirs et des grenouilles pendant l'hiver, ainsi ils réduisent leur dépense d'énergie.
- ★ Certains animaux (papillon, cigale) présentent plusieurs formes successives différentes. L'une de ces formes permet à l'espèce de passer l'hiver dans un lieu discret.
- ★ Certains animaux présentent des caractéristiques physiologiques, qui leurs permet de supporter la rigueur du climat où ils vivent, comme l'épaisse couche de graisse qui permet à l'ours polaire de mieux affronté les hivers très froids.

IV – L'importance du contrôle des facteurs climatiques en agronomie:

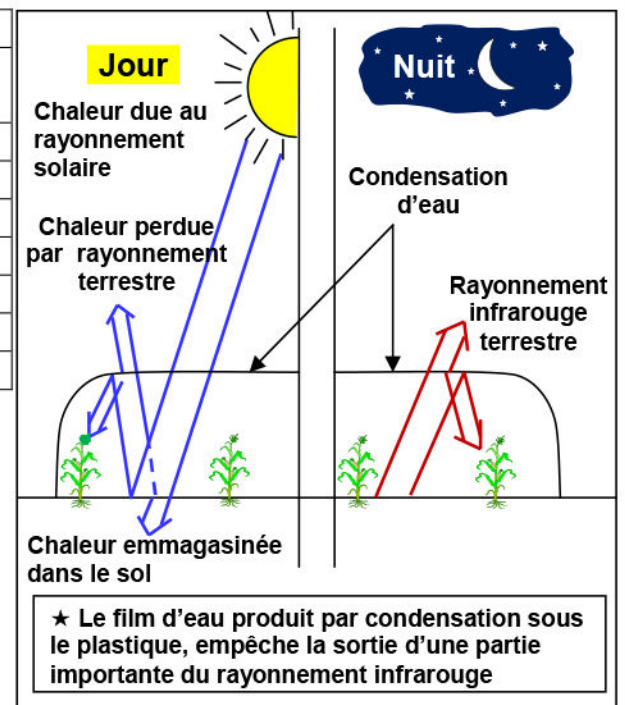
Pour améliorer la production agricole, les spécialistes et les producteurs ont développé des techniques pour contrôler les facteurs climatiques optimales qu'exigent les végétaux.

① La serre, agent de modification du climat : (Voir document 13)

Document 13 : Influence du climat sur le comportement des animaux

Le tableau suivant montre le rendement de quelques espèces cultivées selon la technique utilisée.

Types de cultures	Rendements (en t/ha)		
	A l'air libre	Serre normale	Serre climatisée
Concombre	30.6	99.5	204.8
Tomate	35.5	92.6	117.7
Aubergine	20.2	37.9	106.4
Poivron	19.7	40.2	55.6
Laitue	22.7	33.2	36.4
Melon	12.8	26.2	34.2
Fraise	12.5	17.5	24.8



- 1) Comparez en utilisant les données du tableau le rendement des cultures.
- 2) Quel est le rôle des serres dans le domaine agricole ?
- 3) En exploitant les données de la figure ci-contre, expliquez l'effet de serre.

- 1) D'après le tableau, on remarque que le rendement des cultures varie selon les conditions du milieu, il est plus important dans une serre climatisée que dans une serre normale, et il est minime dans les cultures à l'air libre.
- 2) La culture dans les serre permet de :
 - ✓ Augmenter le rendement des cultures.
 - ✓ Améliorer la qualité des produits agricoles.
 - ✓ Avancer la date de culture de quelque mois.
 - ✓ La culture de certaines espèces en dehors de leur milieu naturel.
- 3) La serre a le rôle de piéger les radiations solaires pendant la journée non seulement par l'abri, mais aussi par le sol. Ce dernier pendant la nuit émet des rayonnements infrarouges, et à cause de la condensation des vapeurs d'eau à la face interne du toit de la serre, une grande partie des rayons infrarouges reste emprisonnée dans la serre, et fait augmenter la température, c'est l'effet de serre.

② L'amélioration de la production animale:

L'élevage des animaux (Poules pondeuses, poules de chair, lapins, bovins...) doit répondre à des normes permettant d'assurer un confort optimal, pour assurer une bonne production. Pour cela les producteurs ont développés des techniques pour contrôler les facteurs climatiques. (Voir document 14)

Document 14 : Influence du climat sur le comportement des animaux

De nombreux élevages utilisent des bâtiments spécialisés pour la production. Ils permettent l'automatisation de certaines tâches (distribution de nourritures, ramassages des œufs...), une meilleure surveillance sanitaire, et la maîtrise de certains paramètres tels que la température, la ventilation, l'humidité, l'éclairage... Ainsi dans les élevages avicoles (élevage des volailles), on varie le programme de luminosité pour deux types de poules. Les résultats obtenus sont groupés dans les tableaux suivants :

Poules pondeuses					Poulets de chair		
Programme	Consommation (en g/jour)	Nombre d'œufs	Poids moyen d'œuf (en g)	Œufs cassés	Programme	Poids vif (en Kg)	Pattes tordues
14 h lumière	123	271	62.5	5 %	24 h lumière	1.718	2.7 %
3h lumière 3h obscurité X 4	118	266	61.3	7 %	1 h lumière 3 heures obscurité X 6	1.689	5.7 %

En comparant ces résultats, déduisez le rôle de la lumière dans l'amélioration de la production avicole.

D'après les tableaux, on remarque que le nombre d'œufs, le poids et la consommation augmentent, alors que le pourcentage des œufs cassés et des pattes tordues diminue quand on prolonge la phase lumineuse.

Donc la lumière joue un rôle important dans l'augmentation du rendement des volailles, car elle stimule non seulement la ponte mais aussi l'appétit.

Chapitre 4

Flux de la matière et de l'énergie dans l'écosystème

Introduction: En plus des facteurs climatiques et édaphiques qui influencent la répartition des êtres vivants, il existe d'autres facteurs qui régissent les équilibres naturels dans les écosystèmes, ce sont les relations trophiques, intra-spécifiques et interspécifiques.

L'écosystème est donc une structure extrêmement complexe au sein duquel s'établissent des liens entre les êtres vivants ; à travers ces liens on assiste à un transfert de la matière et de l'énergie.

- Quels sont les différents types de relations trophiques ?
- Comment les relations trophiques sont-elles organisées au sein de l'écosystème ?
- Quel est le lien entre les relations trophiques et le flux de la matière et l'énergie ?
- Comment ces relations influencent-elles la naissance d'un écosystème ?

I- Les relations trophiques existantes entre les êtres vivants:

Au sein des écosystèmes, les êtres vivants assurent leur survie par l'établissement de relations trophiques divers et complexes. Le document 1 illustre quelques exemples de ces relations. (Voir document 1)

Document 1: Exemples de relations trophiques	
Relations alimentaires	Exemples
Les pucerons sont des petits insectes qui dépendent des plantes dont ils sucent la sève, ce qui cause des dégâts considérables aux plantes	
La coccinelle est un petit insecte qui se nourrit de pucerons.	
Le pinnothère est un petit crabe qui se protège dans la coquille de la moule et mange parmi le plancton qui est filtré par la moule. La présence de ce crabe ne nuit pas à la moule.	
On observe souvent dans la nature des fourmis autour d'un groupe de pucerons sur une plante : Les fourmis apprécient les pucerons, qui fournissent un miellat (déjection) riche en sucre, et en même temps les fourmis protègent les pucerons.	
Les termites se nourrissent de la cellulose du bois. Des protozoaires vivent dans les intestins des termites et sont essentiels pour la digestion de la cellulose qu'il transforment en acétate consommé par le termite si on expose les termites à une forte concentration en oxygène qui tue les protozoaires mais laisse le termite vivant, celui-ci meurt quelque jours plus tard de faim.	
En cultivant le radis oléagineux et le blé dans un même milieu, leurs rendements de croissance baissent de 36 % pour le blé et de 34 % pour le radis. Mais cultivés séparés, leurs rendements augmentent. Le radis comme le blé est gourmand en azote.	
De nombreux champignons se développent et croissent sur des arbres ou des feuilles mortes.	

Document 1: Suite

- 1) Après la lecture des exemples proposés, complétez le tableau suivant en utilisant le signe + (avantage) ou – (désavantage) ou 0 (neutre), puis nommez la relation trophique reliant les deux espèces pour chacun des cas cités.
- 2) Donnez une définition à chacune des relations nommées.

Les êtres vivants		Influence de la présence des deux espèces dans le même milieu sur		Influence de la séparation des deux espèces sur		Nom de la relation trophique
Espèce A	Espèce B	Espèce A	Espèce B	Espèce A	Espèce B	
Puceron	Végétaux	+	-	-	+	Parasitisme
Coccinelle	Puceron	+	-	-	0	Prédation
Crabe	Moule	+	0	-	0	commensalisme
Fourmi	Puceron	+	+	0	-	Coopération
Termite	Protozoaire	+	+	-	-	Symbiose
Blé	radis	-	-	+	+	Compétition
champignon	Végétaux morts	+	0	-	0	saprophytisme

1) **Complétons le tableau:** (Voir document 1)

2) **Définition des relations trophiques observées.**

- ★ **Le parasitisme:** C'est une relation trophique obligatoire ou provisoire entre deux espèces dont l'une est bénéficiaire appelée le parasite, et l'autre perdante, appelée hôte.
- ★ **La prédation:** Relation qui lie deux ou plusieurs espèces animales vivant dans un même écosystème (Interspécifique), où les faibles sont éliminés (La loi du plus fort).
- ★ **Le commensalisme:** Interaction directe ou indirecte entre deux espèces dont une seule profite avec ou sans nuisance pour l'autre.
- ★ **La coopération ou mutualisme:** Relation mutualiste non obligatoire entre deux espèces, où les deux sont bénéficiaires.
- ★ **La symbiose:** Relation permanente entre deux espèces différentes, et qui se traduit par des effets bénéfiques aussi bien pour l'un que pour l'autre.
- ★ **La compétition:** C'est lorsque deux espèces au moins colonisent le même lieu et exploitent la même source (Nourriture, habitat, lumière...), chacun utilise ses propres moyens pour être bénéficiaire.
- ★ **Le saprophytisme:** Un organisme est saprophyte, lorsqu'il est capable de se nourrir de la matière organique non vivante, en la décomposant.

II - Les réseaux trophiques:

① Les régimes alimentaires:

Le régime alimentaire d'un animal correspond à l'ensemble des aliments qu'il prélève dans son milieu.

a- Méthodes utilisées pour connaître le régime alimentaire d'un animal:

- ✓ L'observation directe des animaux.
- ✓ L'observation des traces d'un repas.
- ✓ L'examen du contenu du tube digestif.
- ✓ L'analyse des excréments.
- ✓ L'analyse d'une pelote de régurgitation de rapace.

b- Les différents types de régimes alimentaires :

- ✓ **Le régime végétarien (phytophage)** : se nourrissent surtout de végétaux.
 - Les herbivores, ne consomment que de l'herbe (la vache) ;
 - Les granivores, ne mangent que des graines (le bec croisé) ;
 - Les frugivores, ne consomment que des fruits (le singe) ;
 - Les nectarivores, ne se nourrissent que de nectar (le colibri).
- ✓ **Le régime carnivore (Zoophage)** : Se nourrissent surtout d'aliments d'origine animale.
 - Les insectivores, ne consomment que des insectes (L'hirondelle) ;
 - Les piscivores ne mangent que des poissons (le balbuzard pêcheur) ;
 - Les charognards mangeurs de cadavres abandonnés (Le vautour).
- ✓ **Le régime omnivore** : Se nourrissent à la fois d'aliments d'origine animale et d'aliments d'origine végétale. (Les planctophage : baleine).

② Les chaînes alimentaires: (Voir document 2)

Document 2: Notion de chaîne alimentaire

Les flamants mangent les artémies (Crustacé) qui eux se nourrissent de phytoplancton tel que l'algue *Dunaliella*.



Artémia salina



Flamants rose



Dunaliella salina

- 1) En sachant que les molécules qui teintent les flamants sont des caroténoïdes, pigments que seuls les végétaux peuvent synthétiser. Pourquoi donc les flamants roses sont-ils de cette couleur?
- 2) Quelle est la nature de relation qui lie entre ces êtres vivants?
- 3) Représentez cette relation sous forme d'un schéma.
- 4) Donnez la définition d'une chaîne alimentaire.
- 5) Déterminez le régime alimentaire et le niveau trophique pour chacun des êtres vivants.

1) Les flamants roses sont de cette couleur car ils se nourrissent des artémies. Ces derniers se nourrissent de l'algue *Dunaliella salina* qui concentre des pigments rouges (Caroténoïdes).

2) Les liens qui unissent ces êtres vivants dans ce milieu sont d'ordre alimentaire.

3) *Dunaliella salina* → *Artémia salina* → Flamant rose
(→ : Être mangé par)

Chaque individu mange celui qui le précède, et il est à son tour mangé par celui qui le suit. Cet enchaînement constitue une chaîne alimentaire.

- 4) Une chaîne alimentaire est la succession d'êtres vivants qui sont liés entre eux par une relation alimentaire.
Dans une chaîne alimentaire les relations sont représentées par des flèches qui traduisent le transfert de la matière et de l'énergie.
- 5) Régime alimentaire (Nature des aliments consommés par l'être vivant) et niveau trophique (Emplacement qu'occupe un être vivant dans une chaîne alimentaire).

	Dunaliella salina	Artémia salina	Flamant rose
Régime alimentaire	Autotrophe	Herbivore	Carnivore
Niveau trophique	Producteur (P)	Consommateur primaire (CI)	Consommateur secondaire (CII)

Bilan:

Dans un écosystème, on distingue trois catégories d'organismes :

- ✓ **Les producteurs (P)** : ce sont les végétaux chlorophylliens. Ils occupent toujours le premier maillon dans une chaîne alimentaire. Ils sont autotrophes (Ils fabriquent leur propre matière organique grâce au phénomène de la photosynthèse).
- ✓ **Les consommateurs (C)** : ce sont des animaux hétérotrophes qui se nourrissent de la matière organique existante dans les êtres vivants, et selon ce qu'ils ingèrent on distingue :
 - **Consommateur primaire ou consommateur de premier ordre (CI)** : Ce sont les herbivores qui se nourrissent directement au dépend du producteur.
 - **Consommateur secondaire ou de deuxième ordre (CII)** : Ce sont des carnivores qui se nourrissent des herbivores.
 - **Consommateurs tertiaire ou de troisième ordre (CIII)** : Ce sont des carnivores qui se nourrissent des carnivores (CII).
- ✓ **Les décomposeurs (D)** : ils occupent le dernier maillon de la chaîne alimentaire. Ils dégradent la matière organique provenant de l'ensemble des catégories précédentes.

Remarques:

- Chez certaines espèces, le régime alimentaire peut varier au cours d'un cycle de vie ou au cours des saisons, il peut même varier en fonction du sexe.
- Un omnivore se nourrit d'animaux et de végétaux. Selon les cas, il peut être consommateur primaire ou secondaire ou tertiaire.

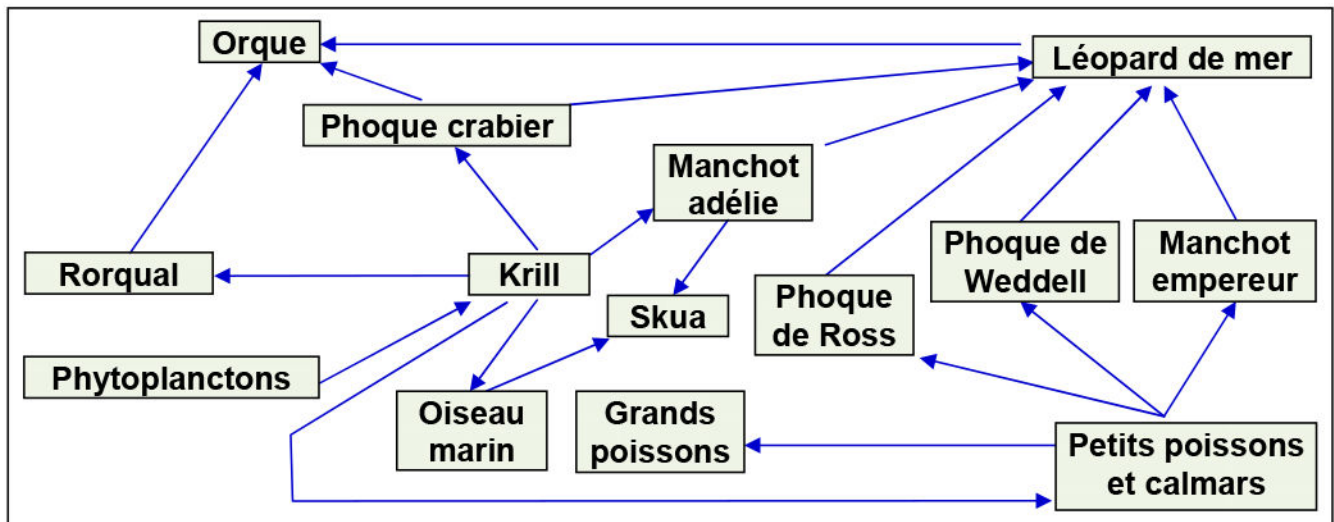
③ Notion de réseau alimentaire: (Voir document 3)

Document 3: Notion de réseau alimentaire

Dans les mères australes, le Krill (Petit crevette de corps transparent de taille <5cm, vit près de la surface) joue un rôle primordial dans ces écosystème marins. Le tableau suivant regroupe les êtres vivants qui vivent dans ces milieux, et leurs régimes alimentaires.

Les espèces observées	Le régime alimentaire
Les phytoplanctons	Sels minéraux
Le krill	Les phytoplanctons
Le léopard de mère	Le manchot empereur, le phoque de Ross, le phoque de Weddell, manchot adélie, phoque crabier
L'orque	Léopard de mer, Rorqual, phoque crabier
Rorqual	Krill
Phoque crabier	Krill
Manchot adélie	Krill
Oiseau marin	Krill
Skua	Oiseaux marins, Manchot adélie
Phoque de Weddell	Petits poisson et calamars
Phoque de Ross	Petits poisson et calamars
Manchot empereur	Petits poisson et calamars
Grands poissons	Petits poisson et calamars
Petits poissons et calamars	Krill

- 1) Etablir les différentes chaines alimentaires présentes dans le tableau, en reliant par des flèches les êtres vivants dans le schéma suivant :



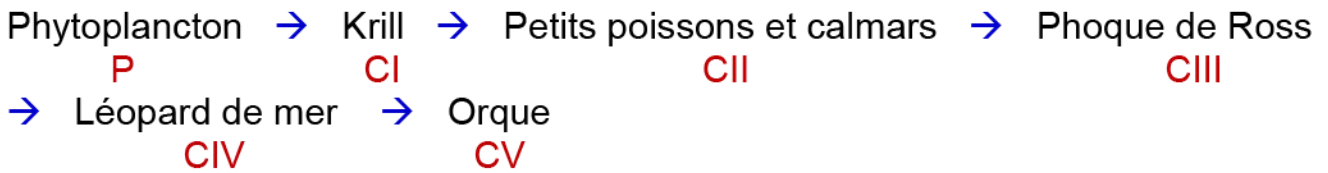
- 2) De quoi s'agit-il ?
- 3) Donner le niveau trophique de l'orque.
- 4) Extraire une des plus longues chaines alimentaires, et déterminer les niveaux trophiques de ses maillons
- 5) Quel est l'intérêt des phytoplanctons dans cet écosystème ?

1) Présentation des différentes chaines alimentaires voir le schéma du document 3.

2) Il s'agit d'un réseau trophique : c'est l'ensemble des chaines alimentaires entrecroisées d'un même écosystème.

3) L'orque appartient à plusieurs chaînes alimentaires, donc son niveau trophique varie selon la chaîne. Il est CIII, CIV, CV.

4) Une des plus longues chaînes alimentaires de cet écosystème c'est :



5) Les phytoplanctons sont des végétaux chlorophylliens, ils utilisent la matière minérale et le dioxyde de carbone du milieu et le transforment en matière organique en utilisant l'énergie solaire, ils jouent donc le rôle des producteurs. Ils constituent le premier maillon du réseau trophique (l'orque représente le dernier maillon).

III - L'étude quantitative des relations alimentaires:

① Productivité primaire et productivité secondaire:

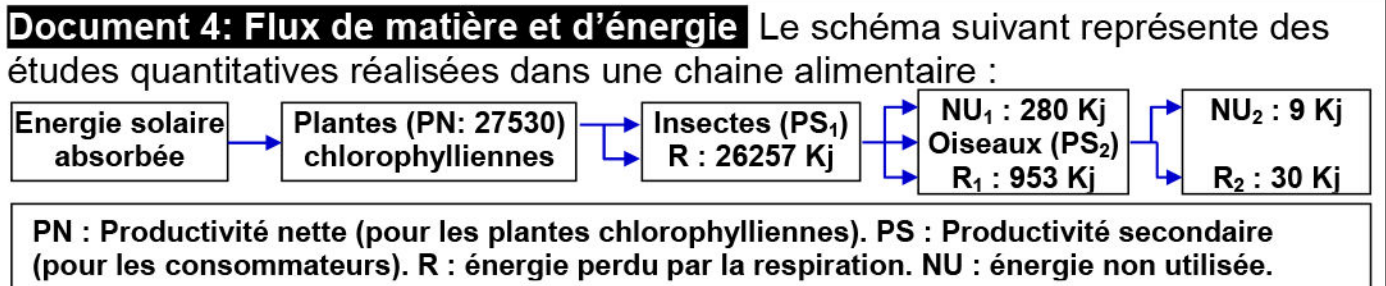
Dans un écosystème, les êtres vivants autotrophes (Les végétaux chlorophylliens) convertissent l'énergie lumineuse en énergie chimique contenue dans la matière organique produite: c'est la productivité primaire. Une partie de cette matière organique est consommée par les êtres vivants hétérotrophes (Les consommateurs et décomposeurs), pour produire leur propre matière organique: c'est la productivité secondaire.

② Flux de la matière et de l'énergie:

Les plantes chlorophylliennes produisent leur matière organique en utilisant les sels minéraux, le CO₂ et l'énergie solaire. Les herbivores élaborent leur matière organique à partir des plantes qu'elles consomment, les carnivores élaborent leur matière organique à partir d'autres animaux consommés. On constat donc un transfert de la matière et de l'énergie d'un niveau trophique à un autre dans les écosystèmes. C'est le flux de la matière et de l'énergie qui est exprimé par la formule suivante :

$$A = PN + R \text{ (A = le flux d'énergie, PN = Production nette, R = perte d'énergie)}$$

★ Etude d'un exemple : (Voir document 4)



- 1) Quelle est la source de l'énergie dans l'écosystème?
- 2) Calculer en Kj : PN ; PS₁ et PS₂.
- 3) Calculer le rendement R pour chaque maillon
- 4) Comparez les résultats obtenus. Comment expliquer ces résultats ?
- 5) Quelle est à votre avis la nutrition la plus rentable.

$$R = \frac{\text{Quantité de matière produite} \times 100}{\text{Quantité de matière ingérée}}$$

1) La source de l'énergie dans cet écosystème est l'énergie solaire.

2) Calculer de PN ; PS₁ et PS₂ :

On a le flux d'énergie A = PN + R (PN=Production nette, R= perte d'énergie)

Donc PN = A – R = 27530 – 26257 = **1273 Kj**

PS₁ = PN – (R₁ + NU₁) = 1273 – (953 + 280) = **40 Kj**

PS₂ = PS₁ – (R₂ + NU₂) = 40 – (9 + 30) = **1 Kj**

3) Le rendement du producteur est Rp :

Rp = (PN/A) x100 = (1273/27530) x100 = **4.62 %**

Le rendement du consommateur (CI) est R₁ :

R₁ = (PS₁/PN) x100 = (40/1273) x100 = **3.14 %**

Le rendement du consommateur (CII) est R₂ :

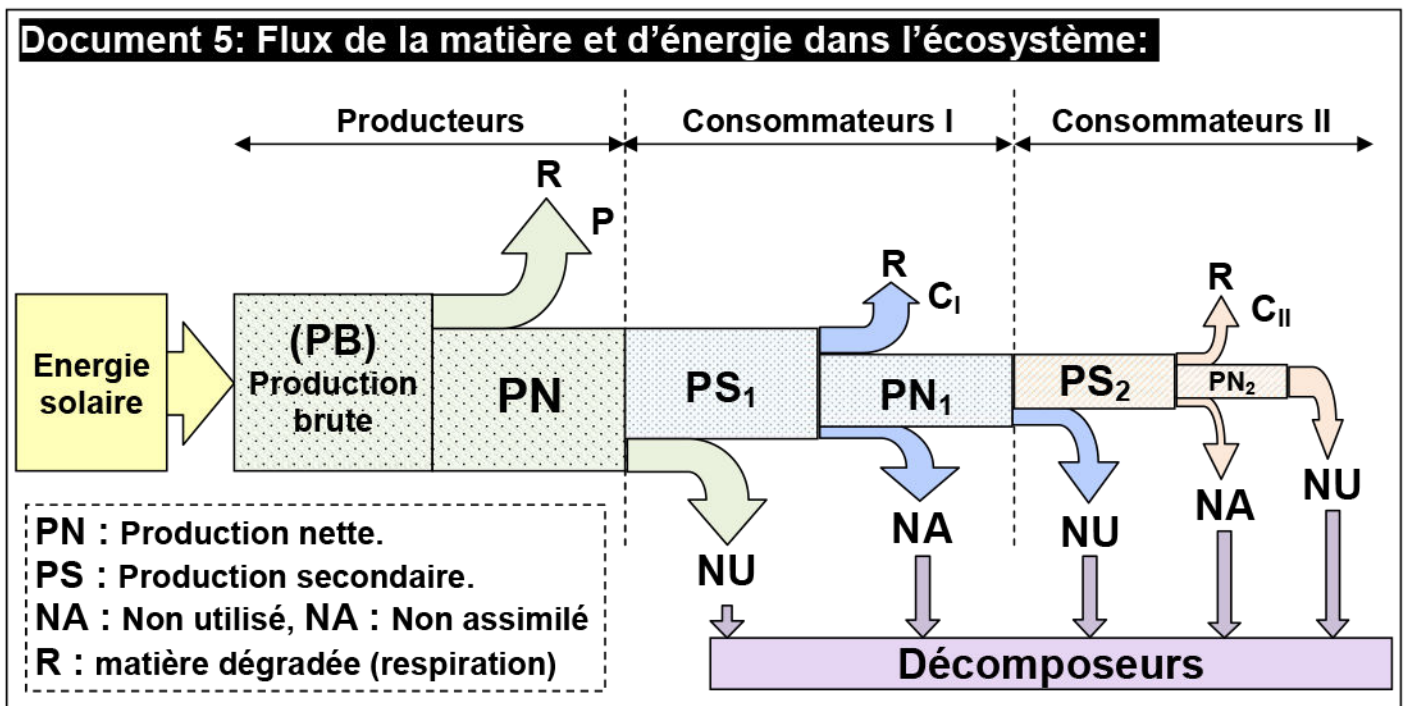
R₂ = (PS₂/PS₁) x100 = (1/40) x100 = **2.5 %**

4) On constate que le rendement diminue d'un niveau trophique à un autre plus élevé dans la chaîne alimentaire. Cette diminution peut être expliquée par la perte de la matière organique et par suite la perte de l'énergie, soit par le phénomène de respiration, ou sous forme de matière non utilisée (Déchets, racines, os, cornes, dents, plumes, poiles...)

5) La nutrition la plus rentable est la nutrition végétale, car elle a le rendement le plus élevé.

★ Bilan:

Le flux de la matière et de l'énergie dans les écosystèmes commence au niveau des végétaux chlorophylliens (production primaire). Ce flux traverse les différents niveaux trophiques, tout en diminuant sans cesse. Et ce à cause des parties non utilisées ; non assimilées ; et des parties consommées dans le cadre de la respiration cellulaire pour produire de l'énergie indispensable à toutes les activités biologiques (Voir document 5)



③ Pyramides de biomasse et les pyramides d'énergie: (voir doc 6)

Document 6: Les pyramides trophiques (écologiques)

En étudiant une chaîne alimentaire du point de vue quantitative, on se rend compte que lorsqu'on passe d'un niveau trophique à l'autre, le nombre d'individus, la biomasse et l'énergie diminuent. Ce phénomène peut être schématisé sous forme de pyramides trophiques ou écologiques (voir figure 1).

La biomasse d'un être vivant correspond à la masse totale de matières organiques et minérales qui le constituent.

Soit un écosystème composé d'un champ de luzerne de 4 ha qui sert à nourrir des veaux eux-mêmes mangés en un an par un enfant (voir la figure 2).

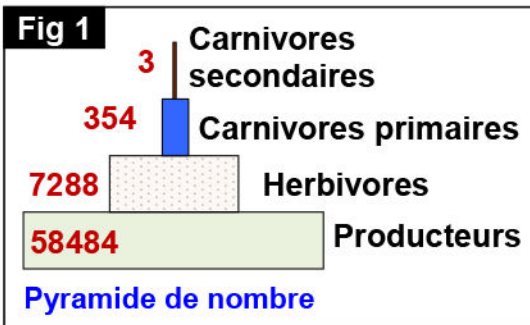


Fig 2

Producteur	Nombre	Biomasse pour 1 hectare de culture	Energie (Kj)
Energie solaire	-	-	26.334x10 ⁹
Luzerne	2.10 ⁷	8211 Kg	6.23x10 ⁷
Veaux	4.5	1035 Kg	4.97x10 ⁶
Garçon	1	48 Kg	36.7x10 ³

- 1) Reconstituez la chaîne alimentaire étudiée.
- 2) Définir les pyramides trophiques.
- 3) En utilisant l'échelle adéquate, construisez les pyramides trophiques de cette chaîne alimentaire.
- 4) Calculez le rendement de biomasse pour chaque niveau, sachant que le rendement correspond au rapport de la biomasse ingérée par un maillon de la chaîne, et de la biomasse produite par ce maillon.
- 5) Calculez le rendement énergétique pour chaque niveau trophique.
- 6) Comment expliquer l'évolution des rendements énergétiques d'un niveau trophique à un autre plus élevé dans cette chaîne alimentaire?

1) la chaîne alimentaire étudiée :

Luzerne → Vaches → Garçon
 P CI CII

2) Les pyramides sont des représentations graphiques sous forme de rectangles superposés et centrés, dont la longueur est proportionnelle aux paramètres étudiés alors que la largeur est constante. On distingue :

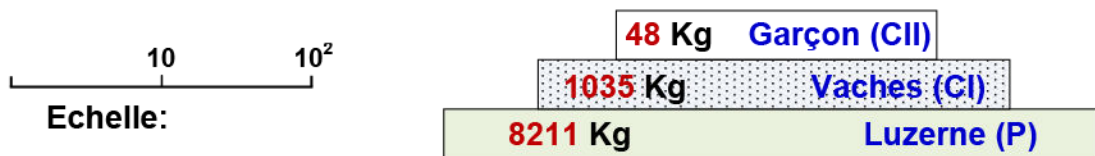
- ✓ Pyramide des nombres : représentation du nombre d'individus.
- ✓ Pyramide de biomasse : représentation de la variation de biomasse.
- ✓ Pyramide d'énergie : représentation de la variation de la quantité d'énergie.

3) Représentation des pyramides écologiques:

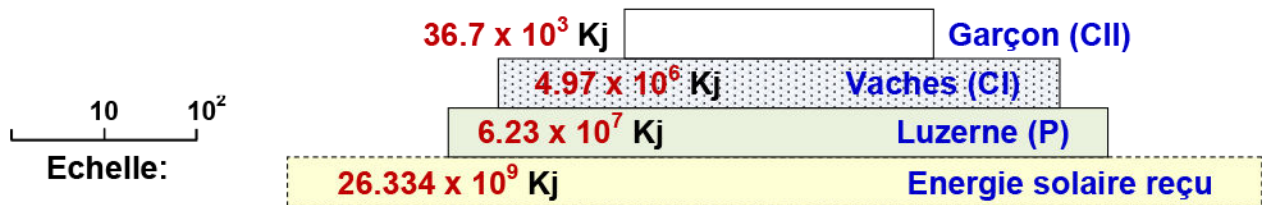
★ **Pyramide des nombres :**



★ Pyramide des biomasses:



★ Pyramide de l'énergie:



4) Calcule des rendements de biomasse:

- ✓ Entre la luzerne et les vaches $R_1 = (1035/58484) \times 100 = 1.77 \%$.
- ✓ Entre les vaches et le garçon $R_2 = (48/1035) \times 100 = 4.64 \%$.
- ✓ Entre la luzerne et le garçon, c'est le rendement final R_f :
 $R_f = (48/58484) \times 100 = 0.08 \%$.

5) Calcule des rendements de biomasse:

En considérons que : ECI : Production énergétique des consommateurs I.

EP : Production énergétique des producteurs.

ES : Energie solaire assimilée par les plantes.

On détermine le rendement énergétique soit :

- ✓ D'un niveau trophique par rapport au niveau sous-jacent :
 C'est : $R_1 = (EP/ES) \times 100$, $R_2 = (ECI/EP) \times 100$, $R_3 = (ECII/ECI) \times 100$.

$$R_1 = (6.23 \times 10^7 / 26.334 \times 10^9) \times 100 = 0.236 \%$$

$$R_2 = (4.97 \times 10^6 / 6.23 \times 10^7) \times 100 = 7.977 \%$$

$$R_3 = (36.7 \times 10^3 / 4.97 \times 10^6) \times 100 = 0.738 \%$$

- ✓ D'un niveau trophique par rapport à l'énergie solaire assimilée :
 C'est : $R_1 = (EP/ES) \times 100$, $R_2 = (ECI/ES) \times 100$, $R_3 = (ECII/ES) \times 100$

$$R_1 = (6.23 \times 10^7 / 26.334 \times 10^9) \times 100 = 0.236 \%$$

$$R_2 = (4.97 \times 10^6 / 26.334 \times 10^9) \times 100 = 0.019 \%$$

$$R_3 = (36.7 \times 10^3 / 26.334 \times 10^9) \times 100 = 0.00014 \%$$

6) On constate que le rendement énergétique diminue d'un niveau trophique à un autre plus élevé dans cette chaîne alimentaire.

La matière produite par les êtres vivants qui constituent un niveau trophique, sert de nourriture pour les êtres vivants du niveau suivant. Donc chaque niveau transforme l'énergie pour synthétiser sa propre biomasse, ce qui explique la diminution du rendement énergétique en passant d'un niveau trophique à un autre plus élevé.

IV – L'écosystème et ses aspects dynamiques:

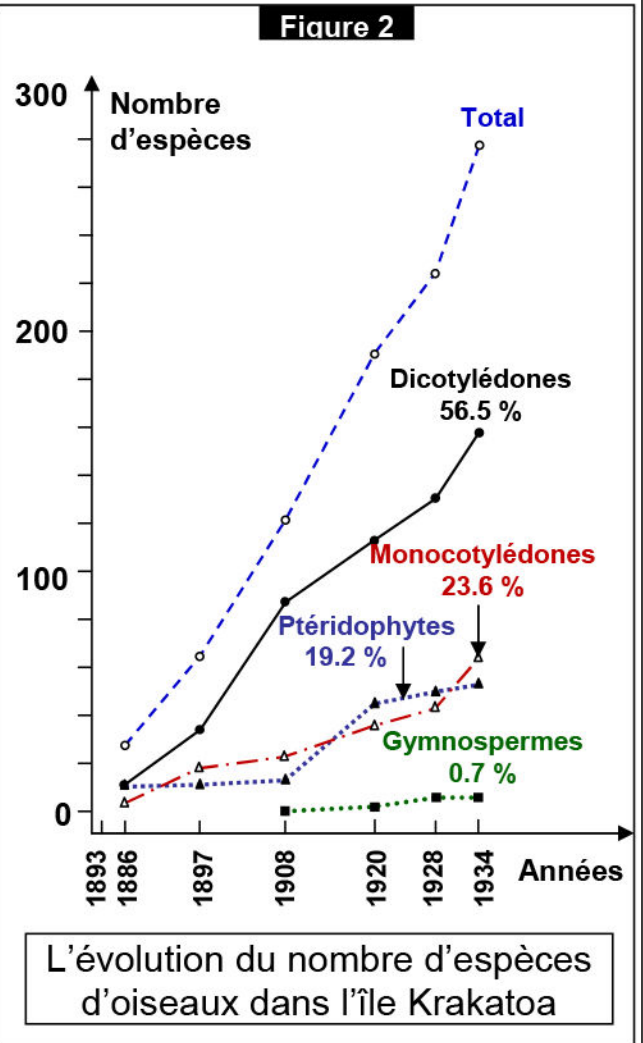
① Naissance et évolution d'un écosystème: (Voir document 7)

Document 7: Naissance et évolution d'un écosystème

★ Le tableau de la figure 1, montre les étapes de repeuplement végétal et animal de l'île de KRAKATOA (Indonésie) après l'explosion d'un volcan en 1883.

★ La figure 2, montre l'évolution du nombre d'espèces d'oiseaux dans l'île Krakatoa en fonction du temps.

Figure 1	Les événements et les phénomènes naturels
Le temps	
1883	l'expression d'un volcan sur l'île KRAKATOA, dont il ne reste qu'un pic recouvert de 30 à 60 cm de cendres. Seuls demeuraient quelques racines et quelques spores de champignons et des bactéries.
Après l'explosion	9 mois le seul indice de vie constaté était une araignée solitaire.
	3 ans Recensement de 11 espèces de fougères et 15 espèces de plantes à fleurs.
	10 ans la verdure recouvrait l'île; de jeunes cocotiers poussaient le long des côtes. Apparition de cannes à sucre et des orchidées.
	25 ans 263 espèces d'animaux étaient présentes, surtout des insectes (200) mais également 16 espèces d'oiseaux, 2 sortes de reptiles et 4 espèces d'escargots.
50 ans l'île était recouverte d'une forêt dense dans laquelle furent reconnues 47 espèces de vertébrés (Oiseaux, chauves-souris, rats) parmi les 1100 espèces recensées.	



- 1) En se référant aux données de ce document, retirer les principales étapes de la création d'un écosystème.
- 2) Donner la définition d'un climax.

1) Les principales étapes de la création d'un écosystème sont :

- ✓ Les roches du milieu sont altérées par les intempéries et l'action chimique des eaux de pluies.
- ✓ Le sol ainsi formé, purement minéral est enrichi par les fientes (excréments) des oiseaux et d'autres mammifères. (Apport des grains de pollens par le vent et par les oiseaux migrateurs).
- ✓ Installation des espèces pionnières comme les lichens, mousses, bactéries, champignons, ce qui améliore le sol primitif.

- ✓ Les insectes, les vers occupent le sol amélioré, sur lequel apparaissent les premières fougères et plantes à fleurs.
- ✓ Peuplement progressif du milieu par des végétaux et des animaux.
- ✓ Etablissement d'un équilibre naturel entre les êtres vivants, sol et le climat, ce qui favorise l'augmentation du nombre d'espèce et d'individus dans l'écosystème.
- ✓ Réalisation du climax.


2) Définition du climax :

Le climax est le stade final de l'évolution d'un écosystème. Il représente l'état d'équilibre entre les différentes espèces animales et végétales qui vivent dans un même biotope et dans des conditions climatiques et édaphiques bien déterminées.

② Dynamisme de l'écosystème: (Voir document 8)

Document 8: Dynamisme de l'écosystème

★ Les lemmings (Figure 1), sont des rongeurs qui occupent les régions froides d'Europe et d'Amérique du nord. Le tableau de la figure 2, présente la fluctuation de la population de lemmings durant 4 ans.

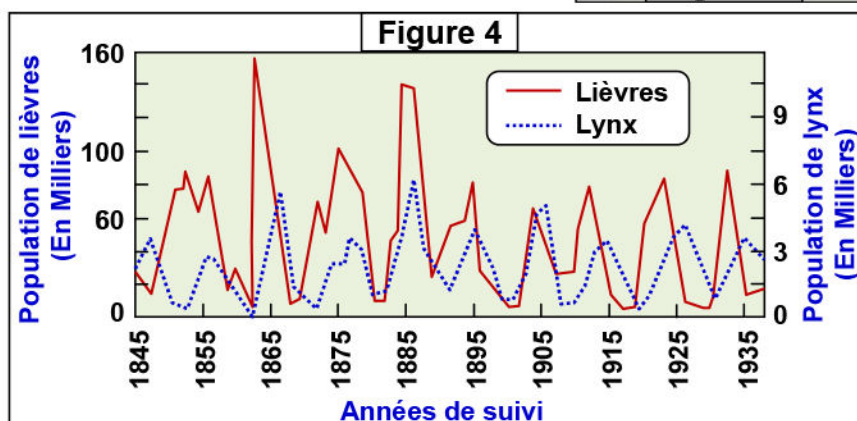
Figure 1 : le lemming	Figure 2 : fluctuation de la population de lemmings			
	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	3 ^{ème} année	4 ^{ème} année
	De 80 à 140 individus par hectare	1 individu pour cinq hectares	40 individus par hectare	De 80 à 140 individus par hectare

★ Le lynx du canada (Figure 3) est un félin (chat) sauvage de la forêt boréale (La forêt la plus au nord de l'hémisphère nord). Il se nourrit presque exclusivement de lièvres d'Amérique. Les scientifiques ont décelé des cycles étroitement liés de dix ans de croissance et de déclin des populations des deux espèces au cours des 200 dernières années.

La figure 4 présente l'évolution du nombre de lynx et de lièvres en fonction du temps.



A partir de l'analyse des données de ce document, montrer que tout écosystème est caractérisé par un dynamisme.



On constate que :

- ★ Le nombre des lemmings augmente et décroît selon un cycle de trois ou quatre ans. Ce cycle dépend de la quantité de nourriture et du nombre de prédateurs.
- ★ Le nombre de lynx fluctue en même temps que les populations de lièvres, atteignant un sommet pour ensuite s'effondrer.
On remarque que les pics de lynx et de lièvres se suivent : lorsqu'on a un pic de lièvre, un pic de lynx suit l'année suivante, et inversement lorsqu'on a une chute du nombre de lièvres, le nombre de lynx chute aussi.

On conclue que :

L'écosystème est caractérisé par son dynamisme (Évolue d'un état vers un autre état), suite aux variations qui affectent les liens et relations qui existent entre les divers composants de cet écosystème.

Chapitre 5

Les équilibres naturels

Introduction: Dans un écosystème, plusieurs êtres vivants coexistent et interagissent entre eux. Ils sont capables de s'adapter aux évolutions lentes de leur environnement. Mais le développement industriel, la croissance démographique et l'expansion urbaine, provoquent la surexploitation des ressources naturelles, ce qui engendre des déséquilibres naturels.

- Quels sont les différents types de pollution?
- Quel est l'impact des pollutions sur les équilibres naturels ?
- Comment peut-on préserver les équilibres naturels ?

I- Quelques aspects de déséquilibre naturel:

① **L'utilisation excessive des produits chimiques:** (Voir document 1)

Document 1: L'utilisation excessive des produits chimiques

Pour lutter contre les larves d'une mouche aquatique qui gêne les estivants d'un lac en Californie, on a utilisé un insecticide TDE (Tetrachlorodiphényléthane). Après 3 ans on a constaté la diminution du nombre d'un oiseau aquatique le Grèbe : son nombre est passé de 3000 couples fertiles à 30 couples dont la plus part sont stériles (le Grèbe se nourrit du poisson perche de ce lac).

Le tableau suivant donne des mesures de la concentration de TDE dans l'eau du lac et dans le corps de certains animaux qui vivent dans ou à côté du lac.

Les niveaux de l'écosystème lacustre	La concentration de TDE (ppm)
L'eau lacustre	0.014
Phytoplanctons	5
Zooplanctons	16
Poissons mangeurs	Entre 27 et 39
Poissons Perche	Entre 22 et 222
Grèbes mortes	Jusqu'à 2500 dans les graisses



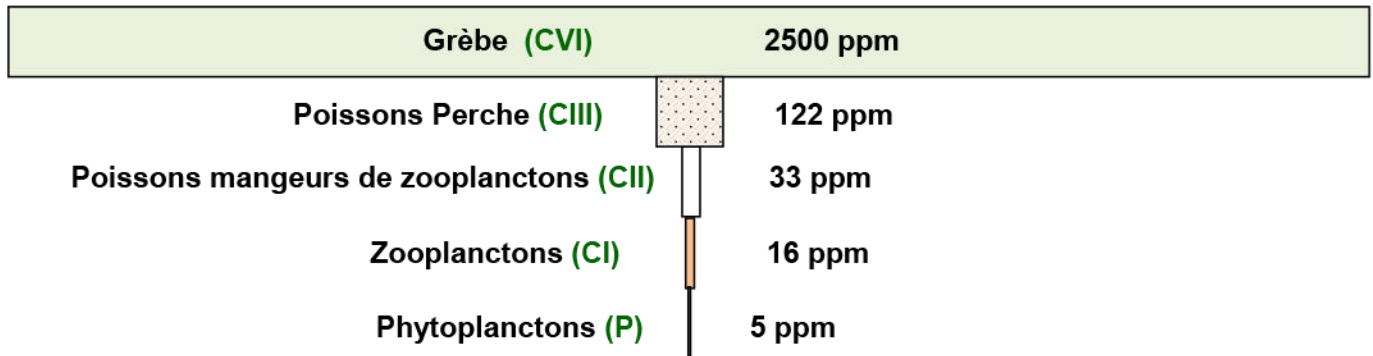
- 1) Déterminer la nature de la relation qui relie les différents organismes de cet écosystème lacustre.
- 2) Dégager la chaîne alimentaire de ce lac, et déterminer le niveau trophique de chaque maillon.
- 3) Représenter la pyramide de la concentration de TDE.
- 4) En se basant sur la chaîne alimentaire, analyser les données du tableau.
- 5) Quels sont les conséquences de la disparition des grèbes dans cet écosystème ?
- 6) Sachant que les habitants des régions avoisinantes du lac se nourrissent des poissons du lac, quel sera l'impact du traitement du lac par le TDE ?
- 7) Proposer une autre solution pour lutter contre les larves de la mouche.

- 1) La nature de la relation qui relie les différents niveaux de cet écosystème lacustre, est une relation trophique.

2) la chaîne alimentaire de ce lac :

Phytoplanctons **P** → Zooplanctons **CI** → Poissons nageurs **CII** → Perche **CIII** → Grèbe **CIV**

3) La pyramide de la concentration de TDE :



4) Lorsqu'on passe d'un maillon à un autre plus élevé, le taux de TDE augmente contrairement aux pyramides de biomasse et d'énergie.

5) La disparition des Grèbes de cet écosystème, entraînera la prolifération des poissons Perches qui entre en compétition intra spécifique, ce qui entraîne un déséquilibre de l'écosystème lacustre.

6) Puisque les habitants de cette région consomment les poissons du lac, ils seront eux même fortement intoxiqués, à cause de l'accumulation du TDE dans l'organisme humain.

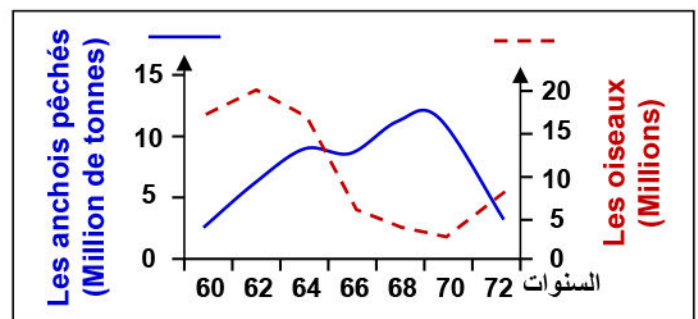
7) Pour lutter contre les larves de cette mouche, la meilleure solution est la lutte biologique.

② **L'exploitation non raisonnée des ressources naturelles:** (Voir doc 2)

Document 2: L'exploitation non raisonnée des ressources naturelles

Le document ci-dessous montre la variation de la pêche des anchois et du nombre des oiseaux qui s'en nourrissent (Le cormoran), le long des côtes du Pérou et du nord du Chili, entre 1960 et 1972.

- 1) Analyser parallèlement les deux courbes ?
- 2) Comment expliquer les variations observées ?
- 3) Quelles sont les conséquences de la pêche excessive des anchois ?
- 4) Proposer des solutions convenables pour remédier à ce problème.



1) D'après le graphique, on constate que plus le nombre d'anchois pêchés augmente, plus le nombre d'oiseau Cormoran diminue. Après 1970, on observe une chute du nombre d'anchois pêchés, accompagnée d'une augmentation du nombre d'oiseau.

- 2) Entre 1960 et 1970, l'augmentation du nombre d'anchois pêché, est due à la surpêche de ce poisson, ce qui va causer par la suite la diminution du nombre d'oiseau, puisque ces derniers se nourrissent principalement des anchois. Après 1970, la diminution du nombre d'anchois pêchés, permet la multiplication de ces poissons, et par la suite l'augmentation du nombre d'oiseaux.
- 3) La pêche excessive des anchois, provoque l'extinction de cette espèce, les oiseaux qui s'en nourrissent entrent en compétition et s'entretuent, ce qui provoque un déséquilibre dans cet écosystème.
- 4) Parmi les solutions convenables :
 - ✓ On suggère des lois de réglementation de la pêche maritime.
 - ✓ Utiliser des filets à larges mailles.
 - ✓ Respecter la période de repos biologique qui a pour objectif d'assurer la maturité de ces espèces de poisson, pour une meilleure reproduction.

II- L'impact de la pollution sur les équilibres naturels:

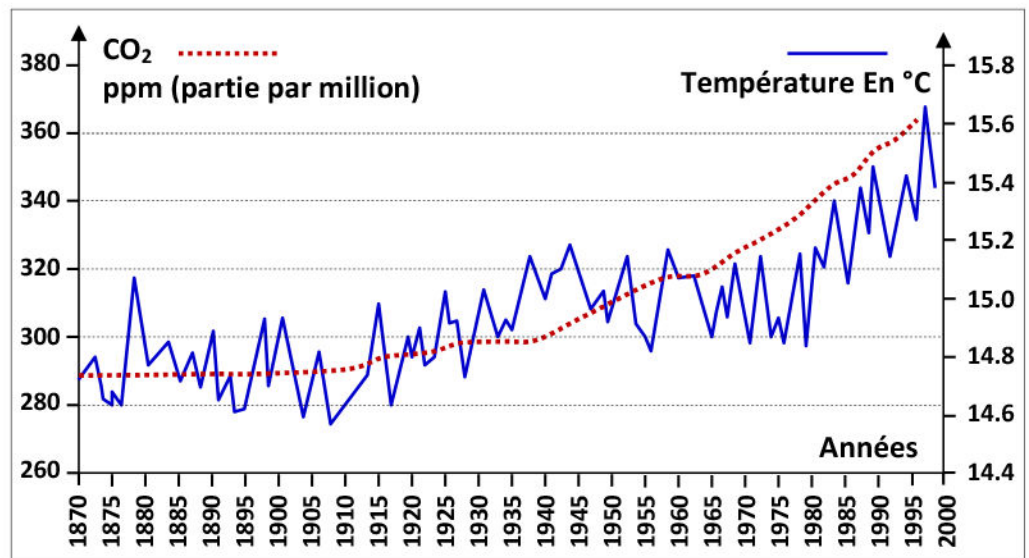
① La pollution de l'air et ses conséquences: (Voir document 3)

Document 3: Quelques aspects de la pollution de l'air

L'effet de serre est un phénomène naturel qui entraîne le réchauffement de l'atmosphère. Sans ce phénomène la terre serait invivable car sa température serait d'environ -18°C pendant la journée.

Certaines activités humaines rejettent des quantités élevées des gaz qui amplifient le phénomène de l'effet de serre. Parmi ces gaz on cite le CO_2 .

Le document ci-contre montre la variation de la concentration de CO_2 dans l'atmosphère, et celle de la température atmosphérique depuis la révolution industrielle en 1860.



- 1) Analyser les 2 courbes et déduire les causes de la variation de la température atmosphérique.

Il existe d'autres gaz à effet de serre, le tableau ci-contre montre quelques exemples.

Les gaz	Contribution dans l'effet de serre depuis 1850	Sources des gaz polluants
CO_2	65 %	Moyens de transport, industrie ...
CH_4	19 %	Domaine agricole
NO_2	6 %	Engrais agricoles
CFC	9 %	Gaz réfrigérants

Document 3: Suite

- 2) D'après le tableau, déterminer les différentes sources de ces gaz.
- 3) D'après vos connaissances quelle seraient les conséquences de l'effet de serre sur l'environnement.
- 4) Comment peut-on remédier à ce phénomène ?

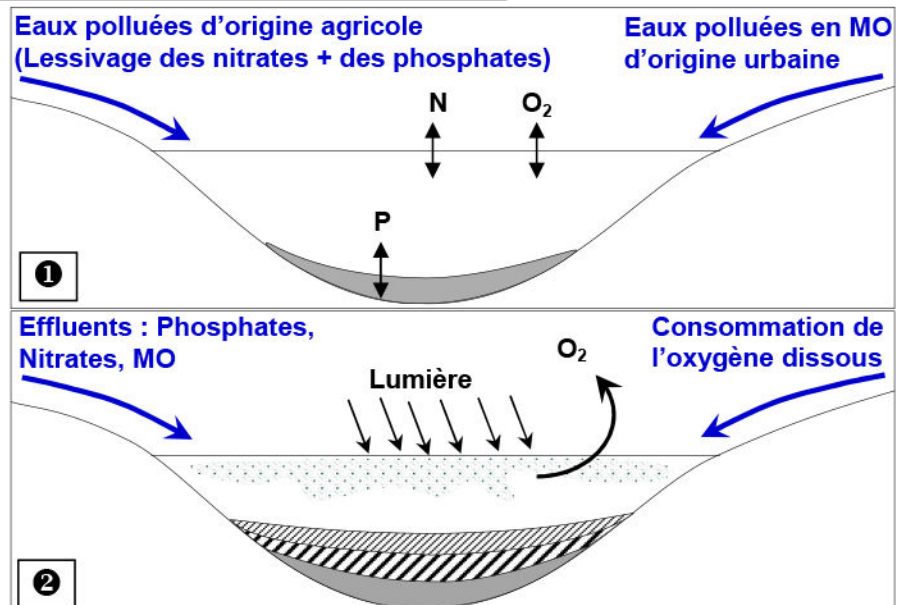
1) Depuis la révolution industrielle (1860), on constate que le taux de CO_2 dans l'atmosphère augmente, et plus que ce taux de CO_2 augmente, plus la température atmosphérique augmente.
Le CO_2 libéré augmente l'épaisseur de la couche atmosphérique, ce qui entraîne la réflexion des rayons infrarouge vers le sol en grande quantité, et donc l'augmentation de la température.

- 2) Les gaz à effet de serre ont des sources variés :
 - ✓ Des sources naturels : activité volcanique, incendies, activités des êtres vivants ...
 - ✓ Sources Humaines : activités industrielles et agricoles, les déchets ménagères...
- 3) Les conséquences de l'effet de serre sont :
 - ✓ L'augmentation de la température du globe qui provoque la fonte des glaciers dans les deux pôles, et par suite, augmentation du niveau de la mer.
 - ✓ Désertification grâce à l'accélération du processus de l'évaporation de l'eau
 - ✓ la formation de l'ozone de surface.
 - ✓ Formation des pluies acides.
- 4) Pour éviter l'amplification de l'effet de serre, il faut :
 - ✓ Utilisation des énergies renouvelables non polluantes (Energie solaire, éolienne...)
 - ✓ Utilisation des filtres pour purifier les gaz d'échappement.
 - ✓ Encourager le reboisement des forêts.

② La pollution de l'eau et ses conséquences: (Voir document 4)

Document 4: Quelques aspects de la pollution de l'eau

De tout temps l'Homme a utilisé l'eau pour différents usages, et de ce fait il en a modifié sa qualité originelle par la pollution résultante de ses activités diverses. La pollution par les matières organiques représente le premier danger pour les eaux douces dans les quelles ces effluents sont déversés, ce type de pollution s'appelle l'eutrophisation.

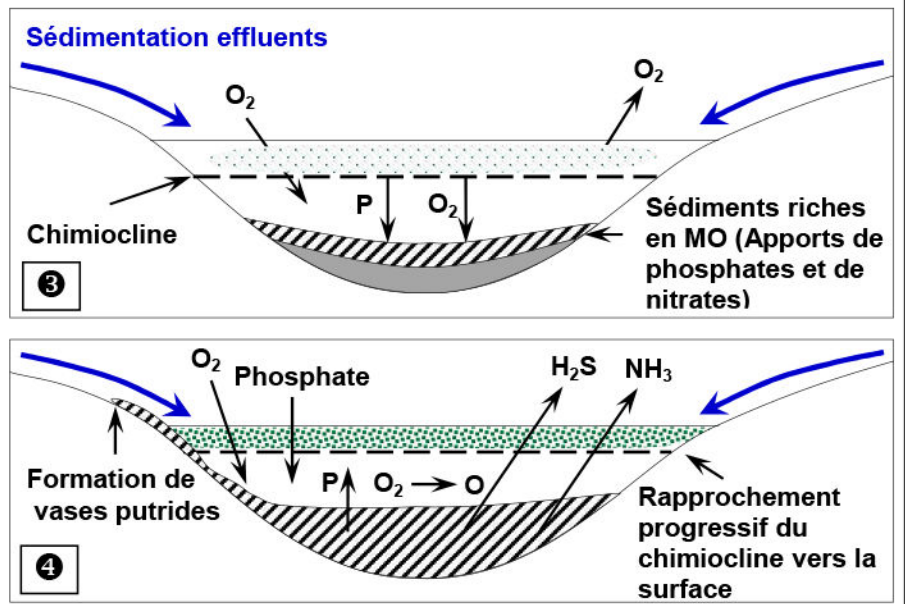


Document 4: Suite

Les figures ①, ②, ③ et ④, montrent les étapes de ce phénomène.

- 1) Décrire les différentes étapes d'eutrophisation.
- 2) Définir l'eutrophisation.
- 3) Selon vos connaissances proposer des solutions pour éviter ce phénomène.

MO = matière organique
O₂: oxygène, P: Phosphore
H₂S : hydrogène sulfuré
NH₃ : ammoniac, N: azote
Chimiocline : Interface entre différentes couches d'eau.
Putride : en décomposition.



1) Le phénomène d'eutrophisation se fait selon les étapes suivantes :

★ Premier stade :

Le lac exposé à une pollution croissante accumule dans ses eaux de grandes quantités de sels minéraux nutritifs amenés par des effluents d'origines diverses (Les eaux usées, l'irrigation...).

★ Deuxième stade :

L'enrichissement des eaux en éléments nutritifs déclenche la prolifération des algues vertes en surface, ce qui diminue la transparence de l'eau, et la photosynthèse n'est possible que dans les couches superficielles, ce qui provoque la diminution du taux d'oxygène.

★ Troisième stade :

Mort de l'énorme quantité d'algues, puis décomposition aérobie de la matière organique, avec consommation rapide de l'oxygène contenu dans les eaux profondes.

★ Quatrième stade :

Dans les couches profondes, apparition de fermentations anaérobies après disparition de l'oxygène dissous, ce qui provoque le dégagement de sulfure d'hydrogène (H₂S) et d'ammoniac (NH₃). Cette phase ultime de l'évolution est marquée par la disparition de tous les êtres vivants de ce milieu.

2) L'eutrophisation est une forme de pollution qui se produit lorsqu'un milieu aquatique reçoit trop de matière nutritive assimilable par les algues qui entraîne la prolifération excessive de la végétation aquatique, provoquant la mort de l'écosystème.

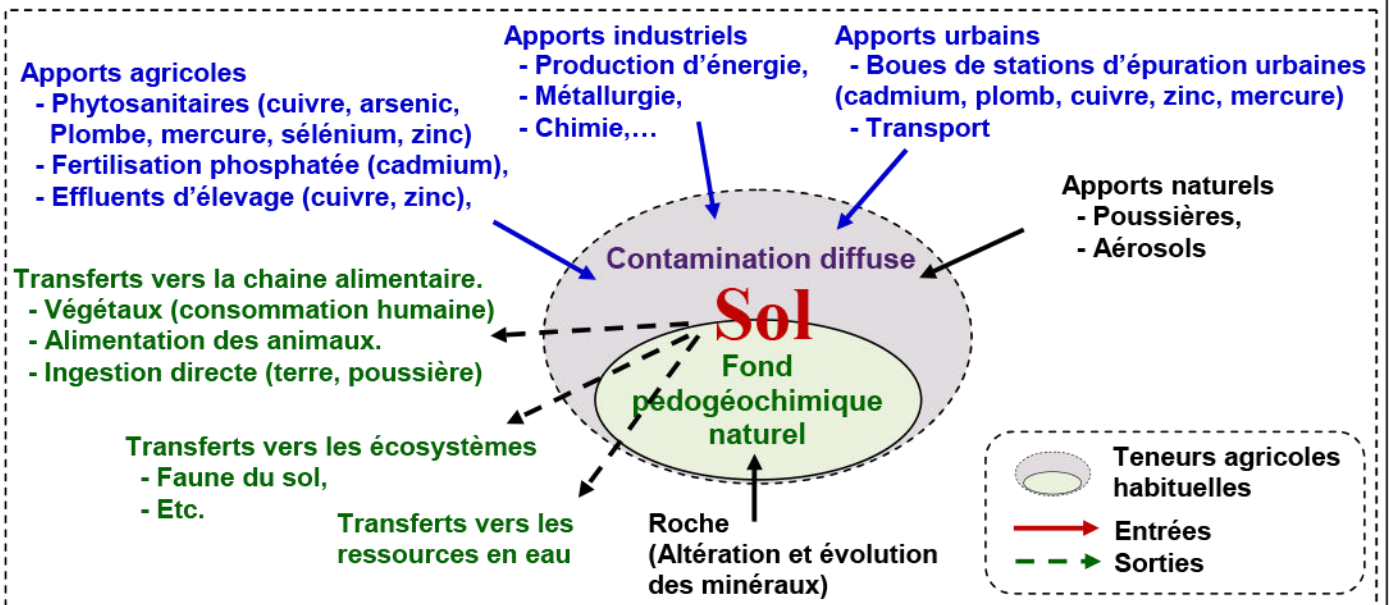
3) Pour éviter l'eutrophisation :

- ★ Eviter l'utilisation des engrais chimiques (ou les utiliser selon des normes bien précis), et utiliser des engrais organiques.
- ★ Réduire l'utilisation des pesticides utilisés dans les cultures.
- ★ Construction des stations d'épuration pour traiter les eaux usées avant de les rejeter dans les milieux naturels.

③ La pollution du sol et ses conséquences: (Voir document 5)

Document 5: Quelques aspects de la pollution du sol

Le schéma ci-dessous montre les origines des traces métalliques dans les sols :



A partir des données de ce document et de vos connaissances :

- 1) Donner une définition à la pollution du sol.
- 2) Donner les causes possibles de la pollution du sol.
- 3) Donner les conséquences possibles de la pollution du sol sur la santé.
- 4) Proposer quelques solutions pour éviter l'impact de la pollution du sol sur les milieux naturels.

1) Définition:

On dit qu'un sol est pollué lorsqu'il contient une concentration anormale de composés chimiques potentiellement dangereux pour la santé, des plantes ou des animaux. La contamination se fait alors soit par voie digestive (consommation d'eau polluée par exemple), ou par voie respiratoire (poussières des sols pollués dans l'atmosphère).

2) Les causes possibles:

Ce sont la plupart du temps les activités humaines qui sont à l'origine des pollutions des sols :

- ★ Les installations industrielles peuvent provoquer une pollution, dans le cas d'une fuite, d'un accident, ou encore dans l'abandon d'une usine.
- ★ L'épandage des produits phytosanitaires et les rejets des bâtiments d'élevage, des exploitations agricoles sont également à l'origine de nombreuses pollutions

des sols (notamment par l'azote et les phosphates), qui vont à leur tour amener la contamination des eaux de ruissellement, et par la suite les cours d'eaux.

- ★ Les actions des collectivités territoriales peuvent également être à l'origine d'une pollution des sols: gestion des décharges et des stations d'épuration.

3) Les conséquences possibles sur la santé:

La pollution du sol est à l'origine d'effets néfastes sur les équilibres des écosystèmes et sur la santé de l'Homme. Par exemple, les métaux lourds tels que le plomb, le chrome et le mercure libérés par des activités industrielles dans le sol, s'accumulent dans les tissus végétaux et animaux et peuvent se retrouver dans l'organisme humain. Cette bioaccumulation provoque des effets toxiques à court et ou à long terme. Ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires...

4) Pour éviter l'impact de la pollution du sol sur le milieu naturel, on propose:

- ★ Encourager le développement de technologies plus propres et l'utilisation de produits biodégradables.
- ★ Limiter la pollution due aux apports urbains, en garantissant l'étanchéité des décharges publiques et des dépôts de produits toxiques.
- ★ Pour limiter les pollutions d'origine agricole, les " bonnes pratiques " doivent être favorisées, par exemple apporter les quantités exactes de produits (eau, engrais ou pesticides) dont les plantes ont besoin.

III- La préservation des équilibres naturels:

Le sol, l'air et l'eau sont des milieux de vie naturels. L'exploitation non raisonnée de ces milieux, entraîne des déséquilibres naturels. La préservation de ces équilibres présente un défi pour toute l'humanité.

Pour préserver les équilibres naturels, il faut agir dans les milieux de vie :

① Améliorer la qualité de l'air:

Pour réduire la concentration des gaz polluants dans l'air, plusieurs solutions peuvent être adoptées :

- ✓ La production et l'utilisation des énergies renouvelables et propres, comme l'énergie solaire, éolienne, et hydroélectrique ;
- ✓ L'utilisation des déchets organiques comme source d'énergie.
- ✓ L'utilisation des transports en commun et la réduction de l'usage des véhicules particuliers ;
- ✓ La diminution de la vitesse ;
- ✓ La mise au point de nouveaux moteurs non polluants (véhicules électriques, moteurs à hydrogène qui n'émet pas de CO₂)

② Améliorer la qualité de l'eau:

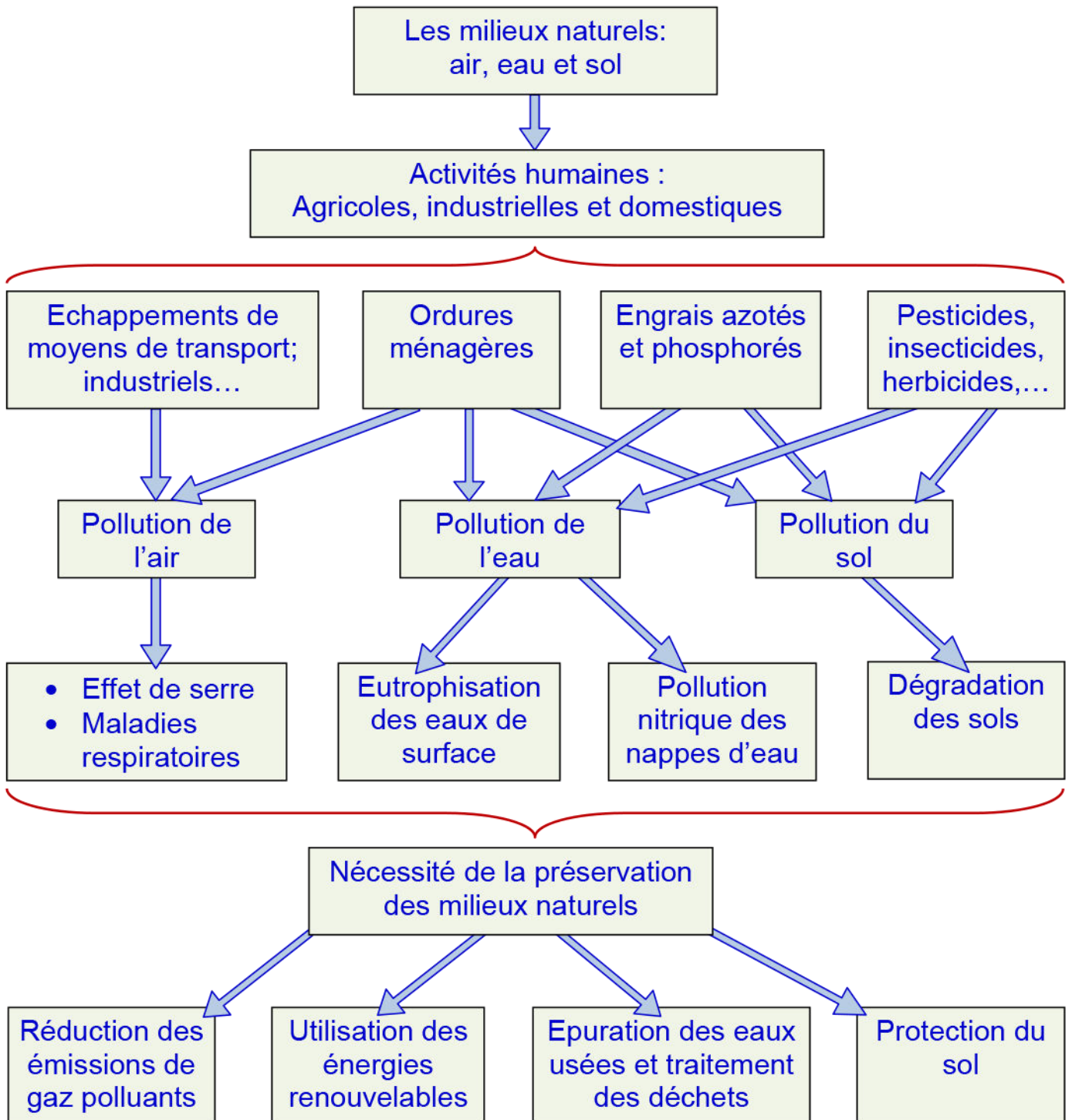
La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et perturbe les écosystèmes aquatiques. Plusieurs solutions peuvent être apportées pour réduire

la pollution des eaux, comme l'épuration des eaux usées avant leur rejet dans les milieux naturels,

③ Préserver le sol:

Le sol a plusieurs fonctions : retient les eaux de pluie et de ruissellement, nourrit les plantes et produit des récoltes. Plusieurs solutions peuvent être apportées pour réduire la pollution du sol, comme la rationalisation de l'utilisation des produits chimiques, pratiquer la lutte biologique pour réduire la lutte chimique (éviter les pesticides)

Synthèse



Partie 2:

LA REPRODUCTION CHEZ LES PLANTES

Pour assurer la continuité de l'espèce et sa dispersion, comme chez les animaux, les plantes se reproduisent. Cette reproduction se fait par voie sexuée ou asexuée.

La reproduction sexuée est caractérisée par l'intervention des cellules reproductrices ou gamètes, qui s'unissent lors de la fécondation.

La reproduction asexuée (Multiplication végétative) : ne nécessite pas l'intervention des gamètes, elle se fait par simple division cellulaire.

- Comment se fait la reproduction chez les plantes?
- Quels sont les organes impliqués dans la reproduction des plantes?
- Comment se fait la modification génétique des espèces? quels sont les avantages et les inconvénients de cette modification?
- Quels sont les critères essentiels utilisés pour classer les plantes?

Chapitre 1

La reproduction sexuée chez les plantes à fleurs

Introduction: les plantes à fleurs sont des plantes qui produisent des fleurs, qui constituent les organes reproducteurs de ces organismes.

Parmi les plantes à fleurs, certains ont des graines enfermées à l'intérieur de l'ovaire qui donnera le fruit, ce sont les angiospermes comme l'oranger, pommiers, oliviers... D'autres ont des graines nues, ce sont les gymnospermes, comme le pin, le cèdre...

- Quelle sont les organes qui assurent la reproduction chez les plantes à fleurs?
- Quelle sont les étapes de la gamétogenèse, la fécondation et la formation des graines chez les plantes à fleurs?
- Quelles sont les étapes de la germination de la graine?

I- La reproduction sexuée des angiospermes

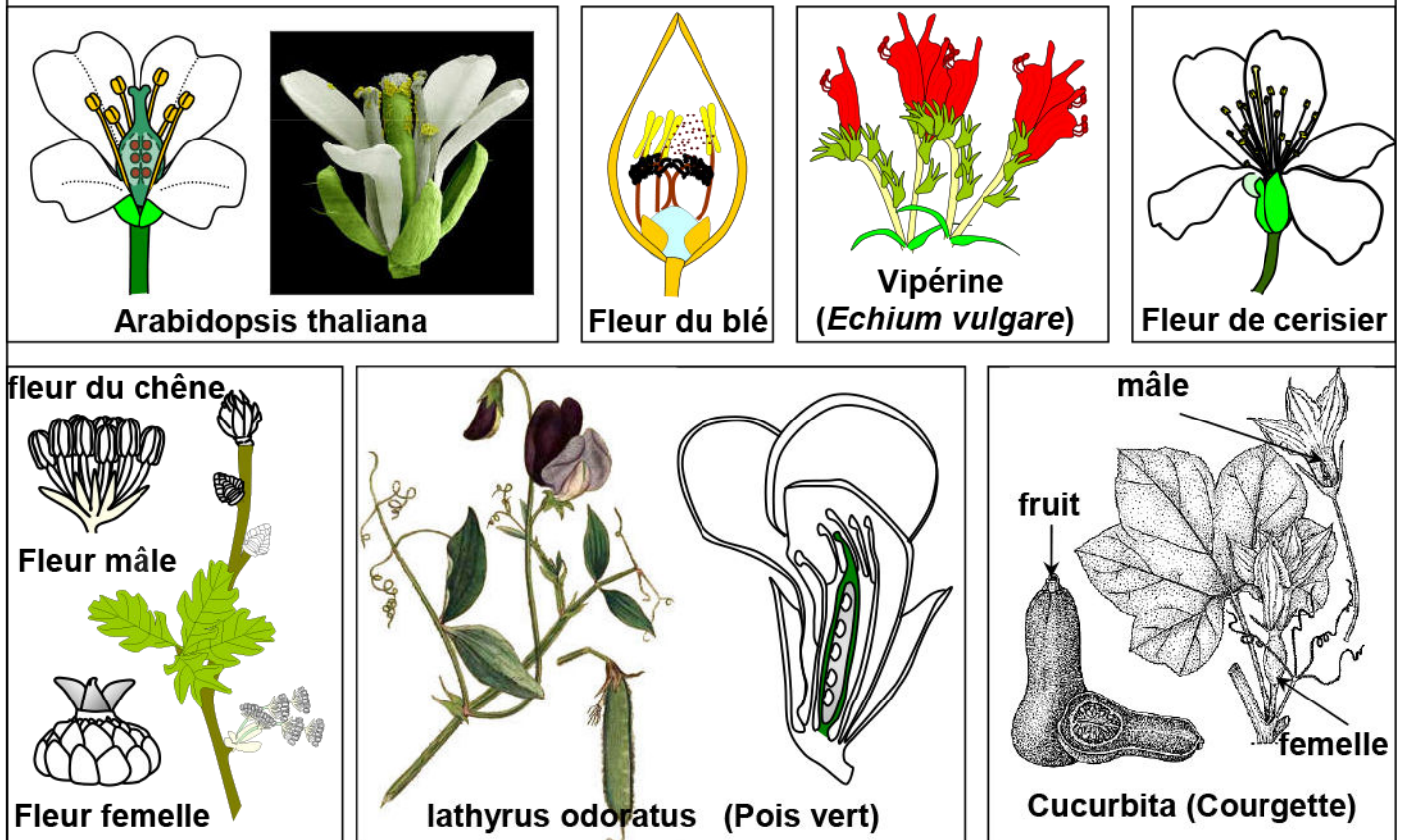
Les angiospermes, constituent une grande variété de plantes, dont les graines sont enfermées à l'intérieur du fruit. Elles comprennent 200000 à 250000 espèces.

① Organisation de la fleur chez les angiospermes

a- Observation de types distincts de fleurs : (voir document 1)

Document 1 : une grande variation des plantes à fleurs

Identifier et comparer les différentes variétés de fleurs incluses dans le document. Que peut-on conclure de ces observations ?



Les angiospermes, présentent une grande diversité biologique. Une diversité dans la couleur, la forme, le nombre et le positionnement des organes floraux.

On distingue :

- ★ Des plantes à fleurs simples (orange), ou à fleurs composées (Inflorescence) comme le tournesol.
- ★ Des plantes à fleurs Bisexuées : la fleur porte en même temps les organes mâle et femelle (fleur d'orange).
- ★ Des plantes à fleurs unisexuées, La fleur porte soit les organes mâles ou les organes femelles, et on distingue dans ce cas:
 - Des plantes unisexuées dioïques: les fleurs mâles et fleurs femelles portées par deux plantes différentes (palmier dattier, Kiwi).
 - Des plantes unisexuées monoïques : les fleurs mâles et fleurs femelles portées par la même plante (courgette, maïs).

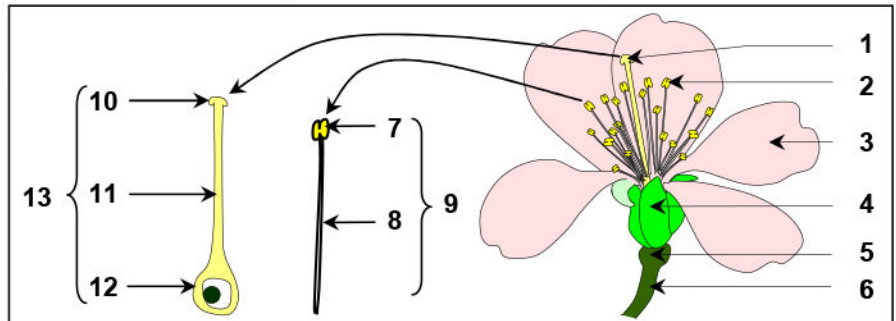
Malgré la diversité de la forme extérieure, la couleur, les fleurs des angiospermes se caractérisent par une constance de leurs organes reproducteurs.

b- Observation et dissection d'une fleur : (voir document 2)

Document 2: Observation des différents organes d'une fleur

La figure ci-contre, montre l'organisation générale d'une fleur.

- 1) Légendez cette figure.
- 2) Déterminez et définissez les différents constituants de la fleur.



1) La légende:

- 1 : le pistil, 2 : l'étamine, 3 : le pétale, 4 : le sépale, 5 : le pédoncule,
6 : la tige, 7 : l'anthère, 8 : le filet, 9 : l'étamine, 10 : le stigmate,
11 : le style, 12 : l'ovaire, 13 : le pistil.

2) Une fleur typique d'angiosperme comporte:

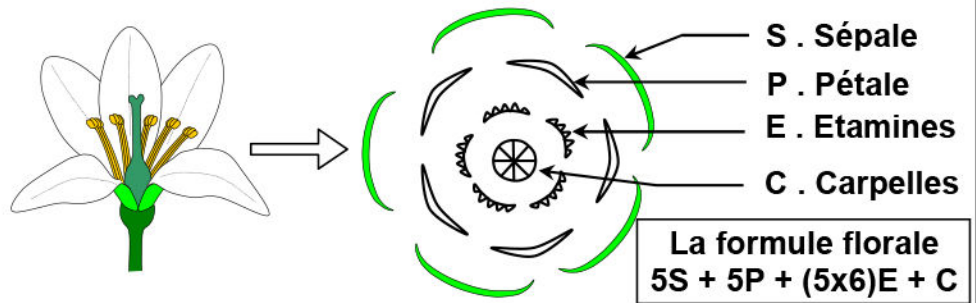
- ★ Des organes protecteurs (Périanthe): qui sont les sépales, dont l'ensemble constitue le calice, et les pétales dont l'ensemble constitue la corolle.
- ★ Des organes reproducteurs, qui sont :
 - ✓ Les organes mâles : ce sont les étamines dont l'ensemble constitue l'androcée.
 - ✓ Les organes femelles : c'est le pistil ou le gynécée, qui est formé d'un stigmate, d'un style et d'un ovaire. L'ovaire peut être formé d'une ou plusieurs chambres appelées carpelles, qui contiennent un ou plusieurs ovules.

c- Le diagramme floral et la formule florale:

Les pièces florales sont représentées par des cercles concentriques. Ainsi on peut décrire la structure de la fleur d'une espèce donnée par un schéma dit diagramme floral, et une formule dite formule florale. Comme l'indique la figure du document 3.

Document 3 : Le diagramme floral

La figure ci-contre, présente le diagramme floral, et la formule florale d'une fleur.



Le diagramme floral est donc une représentation schématique d'une coupe transversale d'une fleur qui passerait par toutes les pièces florales.

La formule florale décrit d'une manière simplifiée la composition d'une fleur en chiffres, lettres et symboles.

② Organisation de l'appareil reproducteur chez les angiospermes
a- L'androcée est l'appareil reproducteur mâle (Voir document 4)

Document 4 : L'androcée ; organe reproducteur mâle

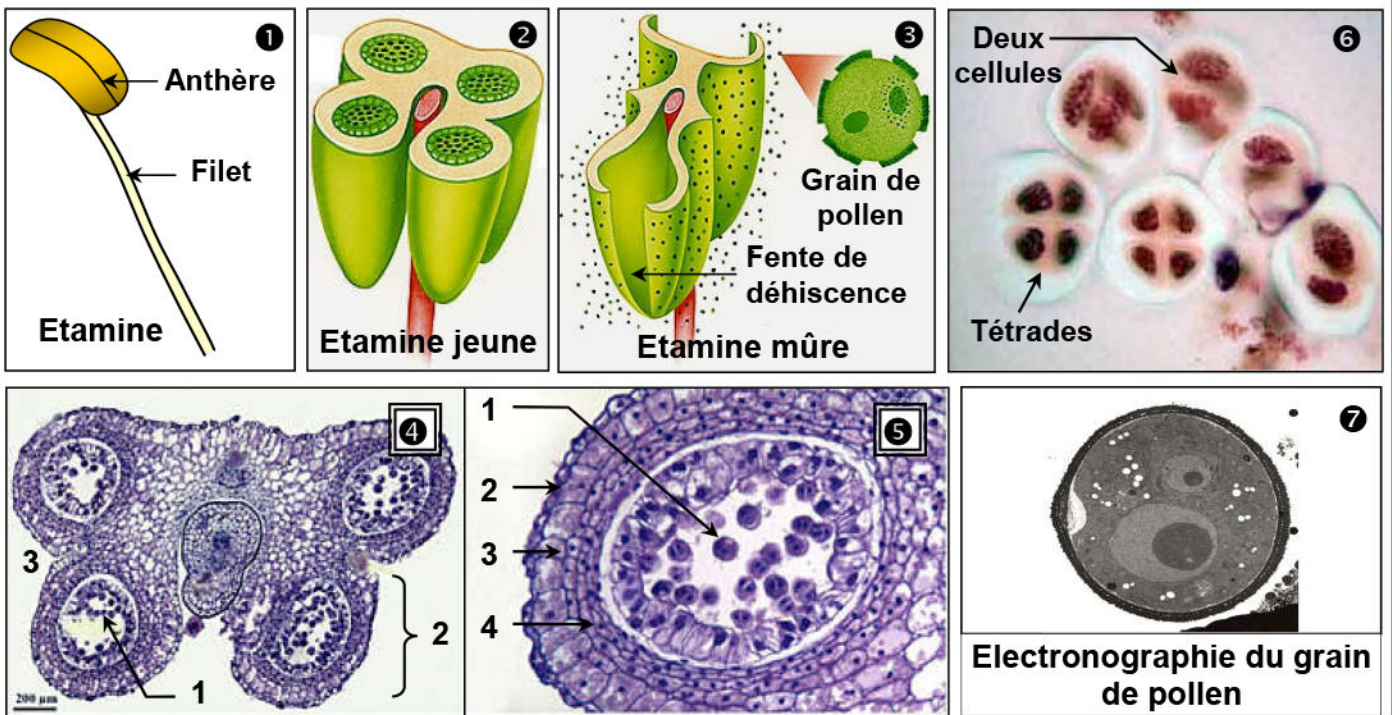


Figure ① : Etamine, Figure ② : coupe transversale d'une jeune anthère, Figure ③ : coupe transversale d'anthère mûre, Figure ④ : observation microscopique d'une coupe transversale d'anthère, Figure ⑤ : observation microscopique d'une coupe transversale d'un sac pollinique, Figure ⑥ : observation des cellules souches des grains de pollen.

A partir des données de ce document :

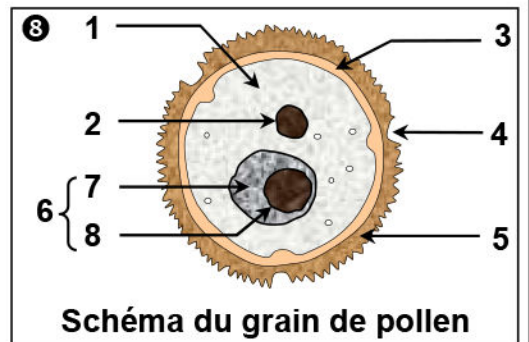


Schéma du grain de pollen

- 1) Annoter convenablement les figures de ce document.
- 2) décrire les constituants de l'organe reproducteur mâle, et du grain du pollen.
- 3) décrire les étapes de la formation des grains de pollen.

1) Annotation des figures du document :

La figure ④: 1= Cellules souches des grains de pollen, 2= Sac pollinique, 3= fente de déhiscence.

La figure ⑤: 1= Grain de pollen, 2= Epiderme, 3= Assise mécanique, 4= Assise nourricière.

La figure ⑥: 1= Cytoplasme, 2= Noyau végétatif, 3= Intine, 4= Pore, 5= Exine (membrane épaisse), 6= Cellule reproductrice, 7= Cytoplasme, 8= noyau reproducteur.

2) L'étamine est l'organe reproducteur mâle. elle présente une partie allongée : le filet portant une masse renflée : l'anthère. Ce dernier porte des fentes longitudinales qui partagent l'anthère en loges.

La coupe transversale de l'anthère montre que cette dernière est formée de deux lobes renfermant des loges qui sont des sacs polliniques.

Pendant le stade de maturation, les cellules de l'assise mécanique se contractent provoquant ainsi l'ouverture des fentes de déhiscence, ce qui projette les grains de pollen : c'est la dissémination.

3) Les étapes de la formation des grains de pollen:

★ Le grain de pollen à une forme spécifique. Il est constitué de deux cellules : une de grande taille appelé cellule végétatif, qui renferme une cellule de petite taille appelé cellule reproductrice ou génératrice. L'ensemble est entouré de deux membranes : une externe : l'Exine, parsemé de pores. Et une interne dite l'Intine.

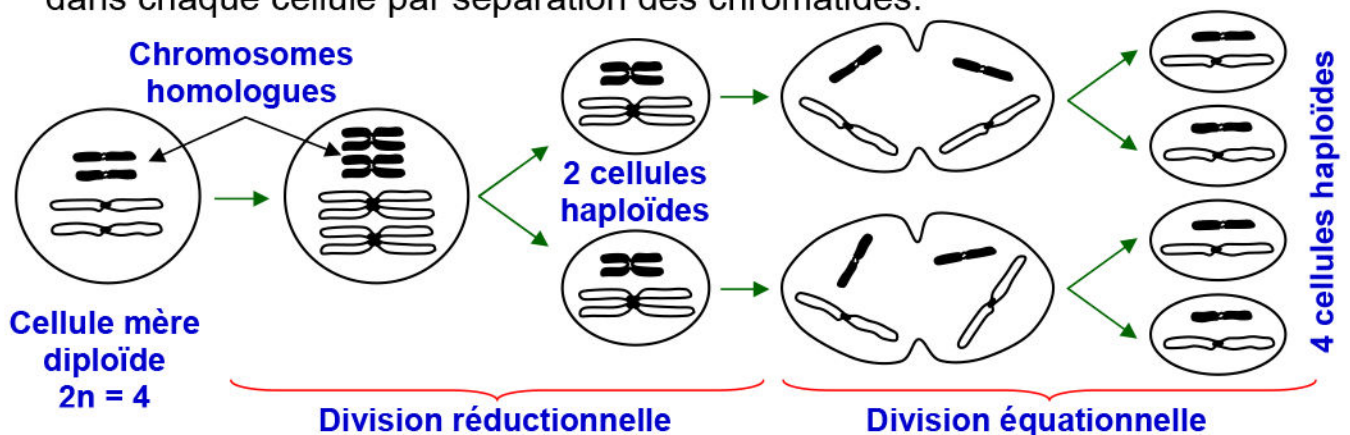
★ Rôle de la méiose dans la genèse du grain de pollen:

A l'intérieur de chaque sac pollinique, existe les cellules mères des grains de pollen. Ces cellules comportent des chromosomes homologues (Présentant deux exemplaires de chaque chromosome), on dit des cellules diploïdes ($2n$). Ces cellules subissent une réduction chromatique ou méiose, pour donner quatre cellules haploïdes (n) (Un seul exemplaire de chaque cellule). (Voir document 5)

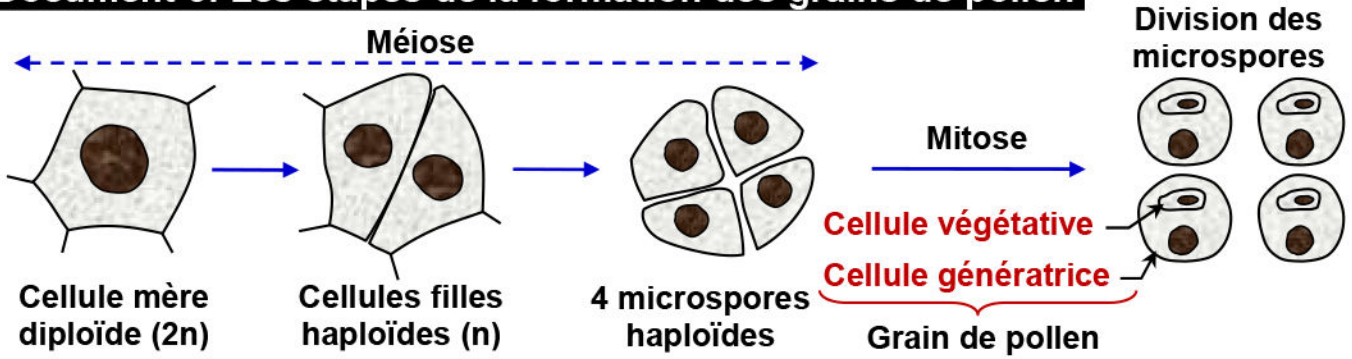
Document 5 : Les étapes de la méiose

Dans une jeune anthère chaque cellule mère diploïde subit une méiose, qui comporte deux divisions :

- **Une division réductionnelle:** divise par deux le nombre de chromosomes. Ceux-ci passent de $2n$ à n par séparation des chromosomes homologues.
- **Une division équationnelle:** maintient le même nombre de chromosomes dans chaque cellule par séparation des chromatides.



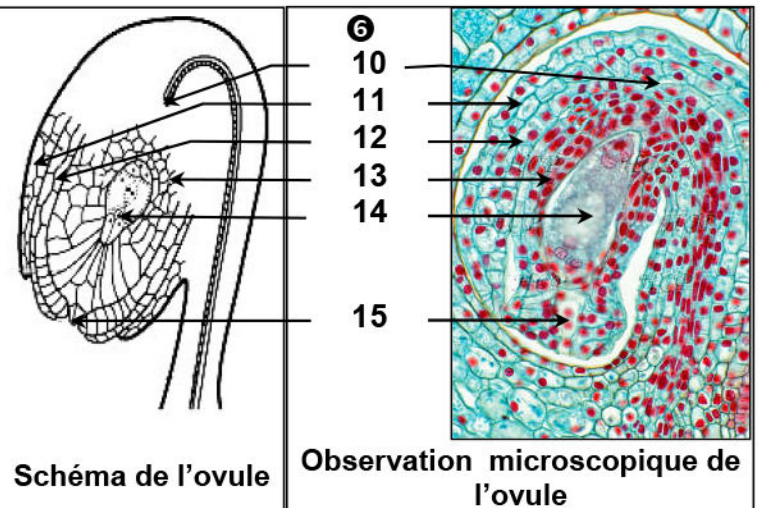
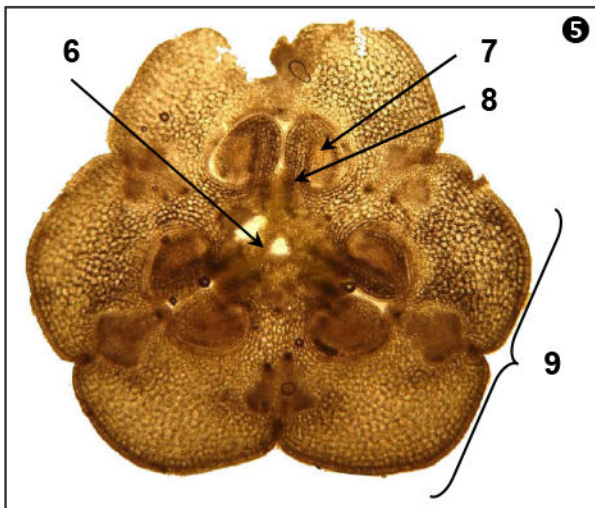
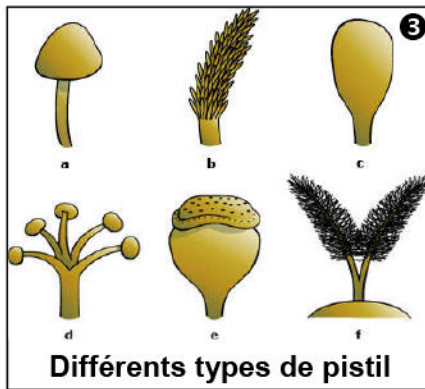
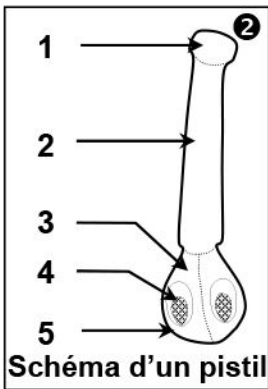
Document 6: Les étapes de la formation des grains de pollen



Au niveau du jeune sac pollinique, des cellules mères diploïdes subissent une méiose pour donner quatre cellules filles haploïdes (n) ou microspores. Ces cellules haploïdes constituent l'équivalent des microspores, qui restent groupées en tétrades. Chaque microspore subit une seule mitose pour aboutir à la formation du grain de pollen formé de deux cellules haploïdes : une cellule végétative à l'intérieur de laquelle se trouve une cellule reproductrice. De ce fait le grain de pollen est qualifié de gamétophyte mâle.

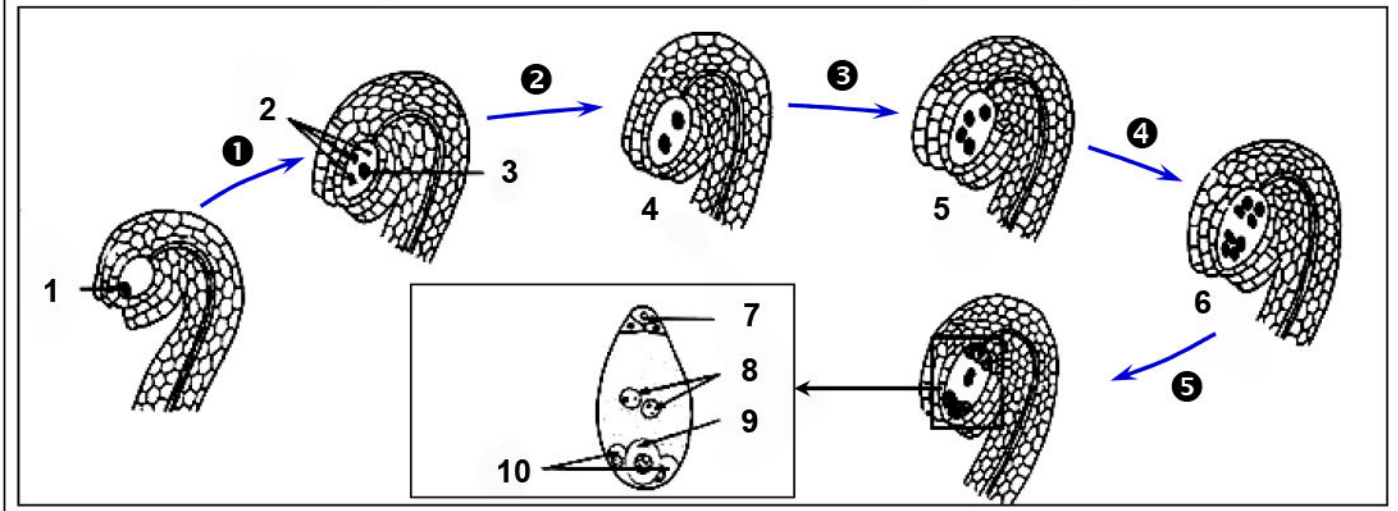
b- Le gynécée est l'appareil reproducteur femelle (Voir document 7)

Document 7 : Le gynécée est l'appareil reproducteur femelle



- 1) Donner les noms des différents constituants des figures de ce document.
- 2) Décrire de quoi est constitué le pistil, l'ovaire et l'ovule.
- 3) Annoter le document 8, puis en vous aidant des données de ce document, décrire les étapes de formation du sac embryonnaire.

Document 8 : les étapes de formation du sac embryonnaire



1) Les noms des différents constituants des figures du document 7:

La figure ②: 1= stigmate, 2= style, 3= carpelle, 4= ovule, 5= ovaire

La figure ⑤: 6= placenta, 7= ovule, 8= funicule 9= carpelle

La figure ⑥: 10= Chalaze, 11= tégument externe, 12= tégument interne,
13= nucelle, 14= sac embryonnaire, 15= micropyle

2) Décrire le pistil, l'ovaire et l'ovule:

- Le pistil (gynécée) est constitué de trois parties: le stigmate, le style et l'ovaire.
- L'ovaire est formé d'un ou plusieurs carpelles. Chaque carpelle est une enveloppe protectrice du pistil définissant une cavité contenant un ou plusieurs ovules.
- L'ovule est un organe qui renferme le gamétophyte femelle. C'est un macrosporange. Le gamétophyte femelle des angiospermes s'appelle « sac embryonnaire ». Il contient le gamète femelle: l'oosphère.

L'ovule montre les structures suivantes :

- Placenta: Partie de l'ovaire à laquelle sont fixés les ovules, directement ou par l'intermédiaire d'un funicule.
- Funicule : Zone intermédiaire entre le placenta et l'ovule.
- Les téguments (Secondine et Primine): deux enveloppes de l'ovule.
- Micropyle : Ouverture dans les téguments de l'ovule.
- La chalaze : Base d'attache du nucelle aux téguments de l'ovule, par où pénètrent les sucs nourriciers.
- Nucelle : le tissu qui constitue la partie centrale de l'ovule.
- Le sac embryonnaire: C'est le gamétophyte femelle.

3) Les étapes de formation du sac embryonnaire:

★ Annotation du document 7:

1= cellule mère du sac embryonnaire, 2= 3 spores qui dégèrent, 3= mégaspore,
4= 1^{ère} mitose, 5= 2^{ème} mitose, 6= 3^{ème} mitose, 7= 3 antipodes,
8= 2 noyaux de la cellule centrale, 9= oosphère, 10= 2 synergides.

①= La méiose, ②+③+④= des mitoses, ⑤= La formation du sac embryonnaire.

★ Les étapes de formation du sac embryonnaire:

Au sein du nucelle, une cellule mère diploïde ($2n$) subit une méiose et donne 4 cellules haploïdes (n) dont 3 dégèrent. La cellule restante est une mégaspore (macrospores). La mégaspore subit 3 mitoses successives pour donner 8 noyaux répartis en 7 cellules formant le sac embryonnaire.

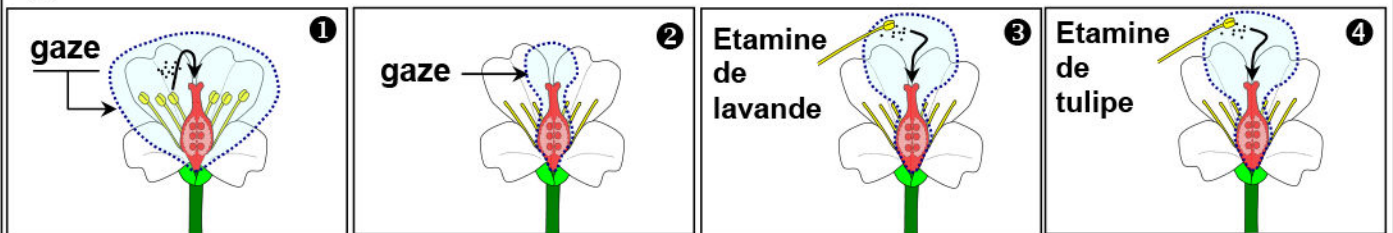
Ainsi le sac embryonnaire mature est formé d'une cellule centrale à 2 noyaux; 3 cellules dites cellules antipodes au pôle chalazien; 2 synergides en plus du gamète femelle c'est-à-dire l'oosphère au pôle micropylaire.

③ La pollinisation et son intérêt agricole

a- La pollinisation (Voir document 9)

Document 9 : Transformation de la fleur en fruit et graine

Pour comprendre le rôle du grain du pollen, on choisit des fleurs de jeune pied de lavande ①, ② et ③, sur les quelles on réalise les expériences illustrées sur les figures ci-dessous:



① : La fleur est à l'état normal, qu'on protège avec une gaze (une étoffe légère, faite de fil de coton). Le pistil se transforme en fruit contenant des graines.

② : On recouvre le pistil par une gaze, on supprime les étamines avant la maturation. Le pistil ne se transforme pas en fruit contenant des graines.

③ : On recouvre le pistil par une gaze, on enlève les étamines avant leur maturation, on saupoudre le pistil avec des graines de pollen appartenant à une autre lavande, le pistil se transforme en fruit contenant des graines.

④ : On saupoudre le pistil avec des graines de pollen appartenant à une tulipe, le pistil ne se transforme pas en fruit contenant des graines.

A partir de l'analyse des résultats de ces expériences déduisez :

- 1) le phénomène mis en évidence
- 2) l'importance de ce phénomène dans la formation du fruit.
- 3) Les différents types de pollinisation

1) Pour la lavande ① et ③, le pistil s'est transformé en fruit mûrs avec des graines, alors que celui de la lavande ② et ④, dégère.

Le phénomène mis en évidence par ces expériences est la pollinisation.

2) La pollinisation correspond au transport des grains de pollen des étamines d'une fleur sur les stigmates du pistil de la même fleur ou d'une autre fleur de la même espèce. C'est un phénomène indispensable pour que le pistil se transforme en fruit contenant des graines.

3) On distingue différents types de pollinisation :

- **La pollinisation directe ou autopolinisation:** C'est quand les grains de pollen d'une fleur arrivent sur le pistil de la même fleur. C'est le cas de la fleur ❶.
- **La pollinisation croisée :** C'est le transfert des grains de pollen d'une fleur sur une autre fleur de la même espèce. C'est le cas de la fleur ❸.

Remarque : La pollinisation croisée est obligatoire pour les fleurs unisexuées. Elle peut être aussi nécessaire pour les fleurs bisexuées dans le cas où:

- ✓ La disposition des étamines et inconvenable à celle du pistil.
- ✓ La non simultanété de la maturation des étamines et du pistil.

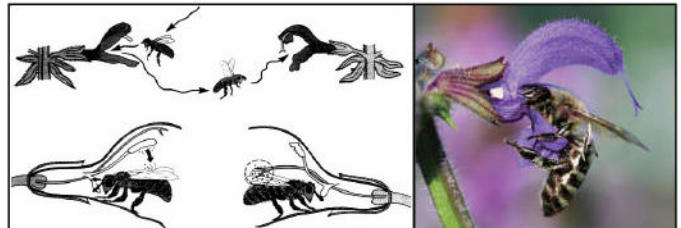
b- Les facteurs de pollinisation (Voir document 10)

Document 10 : Les facteurs de pollinisation

A maturité, le sac pollinique s'ouvre par les fentes de déhiscence et libère les grains de pollen. Ces derniers vont être transportés depuis les étamines vers le pistil. Ce processus fait intervenir des agents pollinisateurs. Les figures ci-contre, illustrent quelques facteurs de pollinisation.

- **Entomophile:** Pollinisation assurée par les insectes.
- **Ornitophile:** Pollinisation assurée par les oiseaux
- **Anémophile:** Pollinisation assurée par le vent ou l'eau.
- **Cheiroptérofile:** Pollinisation assurée par les chauves souris.

Déterminez d'après ces figures, les facteurs de la pollinisation.



Entomophilie: Chez la sauge (salvia officinalis)



Anémophilie



Ornitophilie



Pollinisation par l'Homme



Cheiroptérophilie

La pollinisation peut être favorisée par divers agents pollinisateurs: Le vent et les insectes sont considérés comme les facteurs fondamentaux de la pollinisation. Mais l'eau, l'Homme et d'autres animaux tels que les oiseaux et les chauves souris, interviennent dans la pollinisation.

c- L'intérêt agricole de pollinisation (Voir document 11)

Document 11 : L'importance agricole de la pollinisation

Le tableau ci-dessous montre les résultats de la production de différents fruits, en deux situations différentes : en présence et en absence d'abeilles.

		Oranger	Amandier	Tournesol	Lavande
Quantité de fruit (Kg)	En présence d'abeilles	100	10.5	300	110
	En absence d'abeilles	40	0.15	100	100

Document 11 : Suite

- 1) Comparer les résultats obtenus, puis déduire le rôle que jouent les abeilles dans ce cas.
- 2) Quel est le type de phénomène représenté par cette expérience ?
- 3) Que peut-on déduire ?

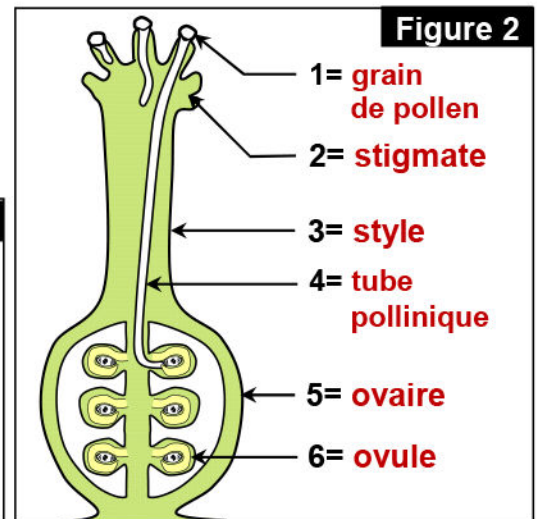
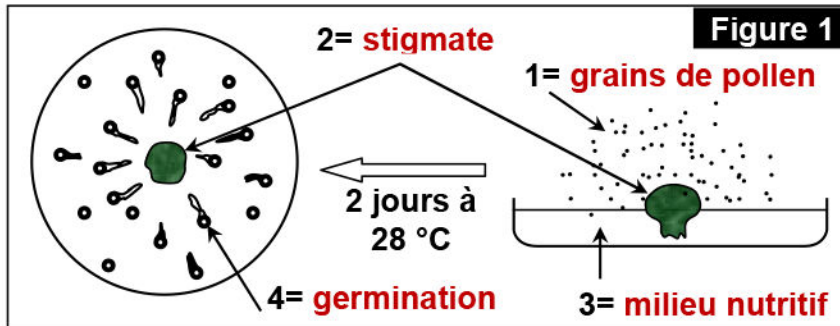
- 1) On constate que la production des fruits en présence d'abeilles est plus importante qu'en absence de ces insectes.
Les abeilles jouent un rôle de facteur pollinisateur.
- 2) Il s'agit d'une pollinisation indirecte ou croisée.
- 3) On déduit que la pollinisation augmente le rendement des cultures.

④ La germination du grain de pollen (Voir document 12)

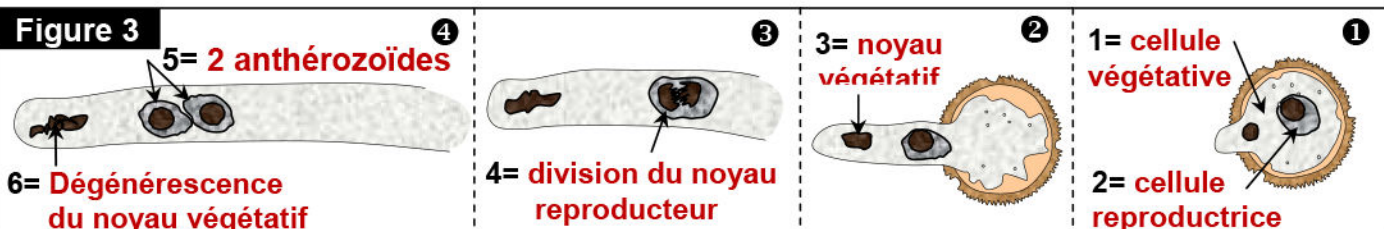
Document 12 : Expérience de germination du grain de pollen (Molisch 1889)

Dans une boîte de pétri, on prépare une solution nutritive à partir de 10 g de sucre, 2g de gélatine et 100cm³ d'eau. On met au milieu de la boîte un fragment de pistil, puis on saupoudre cette boîte de pétri avec des grains de pollen. La boîte est placée à une température de 18°C pendant deux jours. Les résultats obtenus sont indiqués sur la figure 1.

- 1) Décrire le changement que les grains de pollen ont subi après 2 jours.
- 2) Déduire le facteur responsable de ces changements observés.



L'observation microscopique a permis de suivre la pénétration du tube pollinique et son allongement jusqu'à l'ovule. Ce phénomène est illustré par le schéma de la figure 2. La figure 3 illustre les transformations que subissent les grains de pollen lors de leur germination.



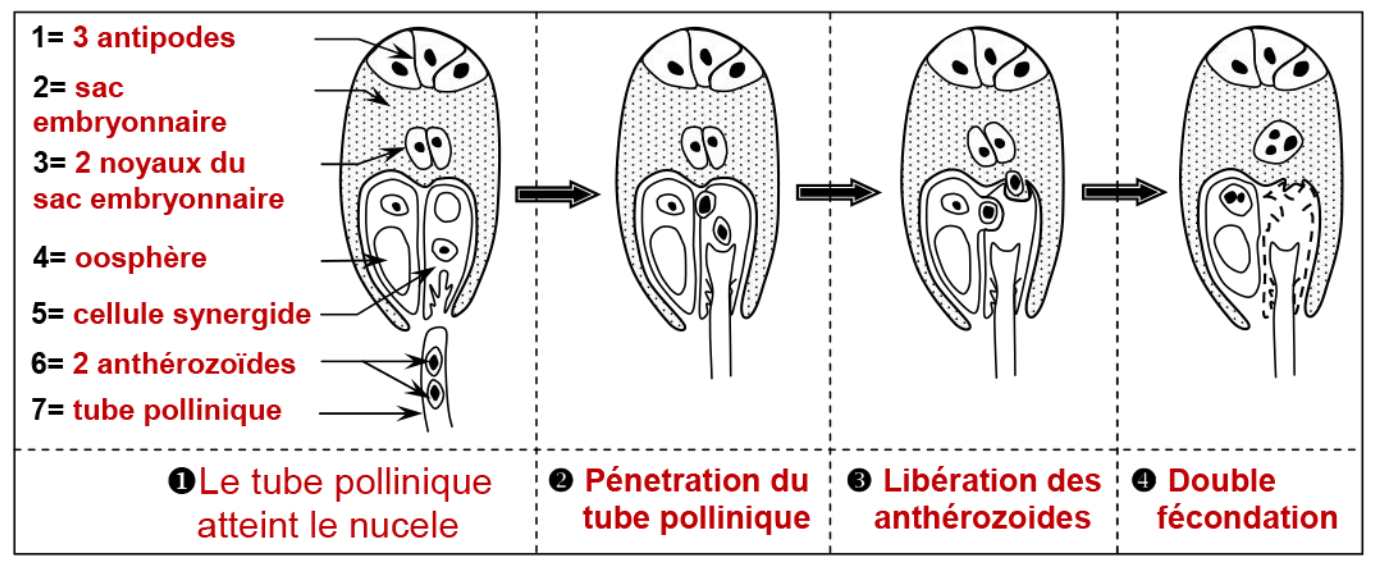
- 3) Annotez ces schémas puis en vous aidant de ces documents décrivez les différentes étapes de la germination du grain de pollen.

- 1) On constate que les grains de pollen émettent des prolongements appelés tubes polliniques, et que ces tubes sont orientés vers le stigmate.
- 2) La croissance orientée des tubes polliniques est provoquée par la sécrétion d'une substance chimique par le stigmate. On parle de chimiotropisme.
- 3) Juste après son chute sur le stigmate, le grain de pollen subit plusieurs changements :
 - ✓ Il se fixe au stigmate grâce à une substance gluante (qui colle).
 - ✓ Il se réhydrate et passe en vie active, puis il germe en donnant un tube pollinique qui est un prolongement de la cellule végétative.
 - ✓ Le tube pollinique croît en traversant le style jusqu'à atteindre le sac embryonnaire où se trouve l'oosphère.
 - ✓ Durant la croissance du tube pollinique, le noyau végétatif reste à l'extrémité du tube poursuivi par la cellule reproductrice qui subit une mitose et donne deux cellules haploïdes, ce sont les gamètes mâles ou anthérozoïdes.
 - ✓ Lorsque le tube pollinique se rapproche de l'ovule, le noyau végétatif dégénère.

⑤ La double fécondation (Voir document 13)

Document 13 : La double fécondation chez les angiospermes

Le schéma suivant illustre la double fécondation chez les angiospermes. En se basant sur ce schéma, expliquez l'appellation « double fécondation ».



Arrivé au micropyle, le tube pollinique s'insinue entre les cellules du nucelle et atteint le sac embryonnaire, il franchit ce sac et décharge les deux gamètes mâles:

- Un gamète mâle fusionne avec l'oosphère pour donner un œuf ou zygote principal diploïde ($2n$).
- L'autre gamète mâle fusionne avec les deux noyaux haploïdes du sac embryonnaire pour former le zygote accessoire triploïde ($3n$).

C'est pour ça qu'on parle chez les angiospermes de double fécondation.

Document 14 : formation de la graine et du fruit

Les figures suivantes montrent les transformations que subit la fleur après la fécondation.

Annotez les figures du document puis commentez-les en décrivant les étapes de formation de la graine

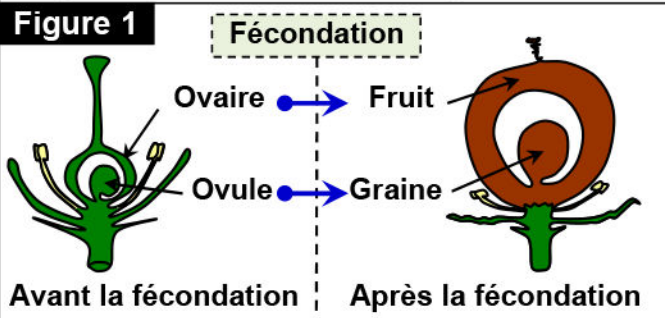
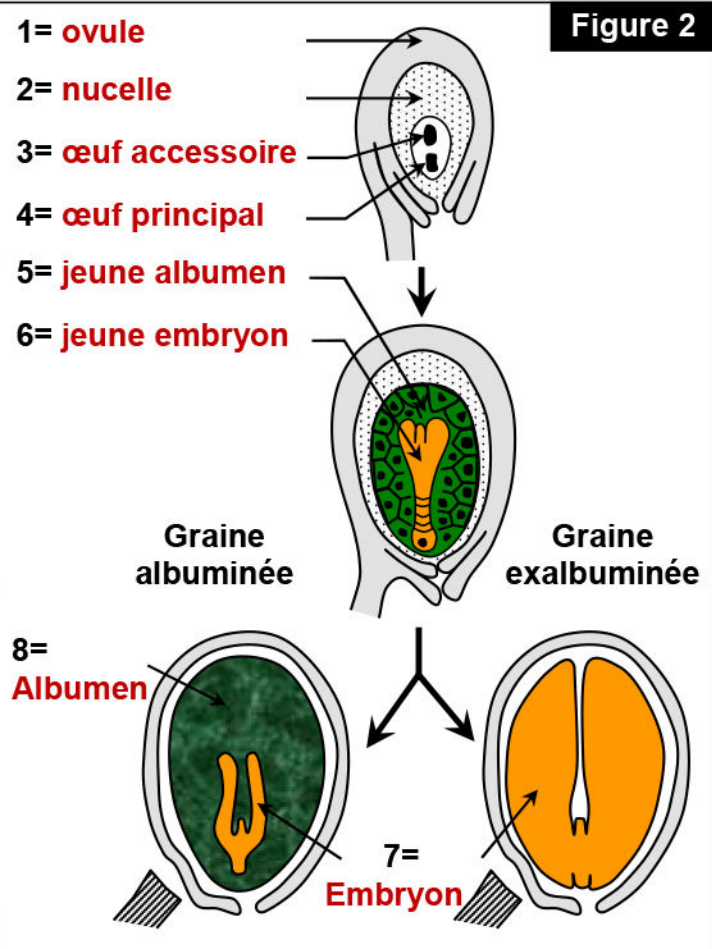


Figure 3

Déshydratation de la graine chez le maïs:

Jours après floraison	21	42	63	77	91
Masse d'eau g/50 graines	8	10.5	8	6.3	4.4



- ★ D'après la figure 1, on constate qu'après la fécondation, l'ovaire se transforme en fruit, et le ou les ovules évoluent vers la constitution d'une ou de plusieurs graines.
- ★ D'après la figure 2, les synergides et les antipodes dégèrent alors que les deux œufs se développent :
 - ✓ L'œuf principal subit des divisions cellulaires et donne un embryon qui montre une ébauche de la racine (la radicule), une ébauche de bourgeon terminal (la gemmule) et une ébauche du ou des cotylédons (tigelle).
 - ✓ L'œuf accessoire se divise et donne un tissu à rôle nourricier, l'albumen.
- ★ On constate deux types de graine selon l'évolution de l'embryon et l'albumen :
 - ✓ Soit l'albumen se développe aux dépens du nucelle, ce dernier disparaît progressivement jusqu'à ce que l'albumen remplisse presque entièrement la graine. On parle de graines albuminées (le coquelicot, le ricin...etc.).
 - ✓ Soit les réserves sont accumulées dans les cotylédons, on assiste donc à la disparition du nucelle et de l'albumen. On parle de graines exalbuminées (le haricot, le pois, la fève...etc.).

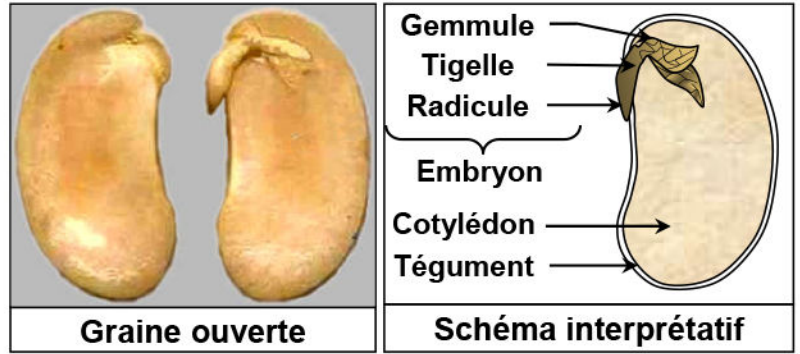
- ★ L'embryon mature s'entoure de réserves, il est protégé par des téguments. L'ensemble se déshydrate et forme une graine qui entre en vie ralentie. Ainsi la graine est une forme de dissémination et de résistance.

⑦ La germination de la graine chez les angiospermes

a- La structure d'une graine (voir document 15)

Document 15 : la structure d'une graine (exemple : graine d'haricot)

Mettre des graines d'haricot dans un récipient contenant de l'eau pour quelques heures. Les graines gonflent, et les téguments s'assouplissent de façon qu'ils soient facilement déchirables. Enlever délicatement les téguments et observer.



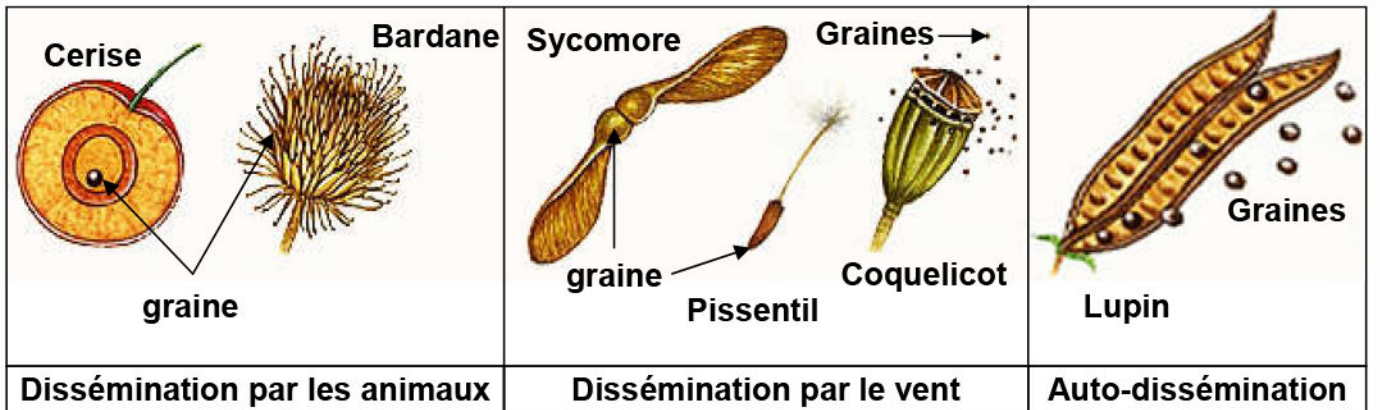
La graine est composée de trois parties : les téguments, l'embryon (formé de gemmule, tigelle et radicule), et les cotylédons. Doc on peut dire que la graine est un embryon de plante entouré de réserves nutritives, et qui est en état de dormance, en attendant les conditions favorables pour germer.

b- La dissémination des graines (voir document 16)

Document 16 : La dissémination des graines

Les plantes sont immobiles, mais certaines semences peuvent parcourir de longues distances.

La figure ci-dessous, montre quelques aspects de la dissémination des graines.



En utilisant les données présentées sur cette figure, déterminer les caractéristiques de la graine pour chaque type de dissémination.

Les végétaux utilisent différents modes de dissémination de leurs graines pour atteindre des milieux favorables au développement des futures pousses.

- ★ **La dissémination anémochore** : Ce transport est assuré par le vent, dans ce cas les graines sont souvent ailées et légères.
- ★ **La dissémination zoochore** : elle est assurée par les animaux, surtout lorsque les graines ont une structure qui permet de coller au corps de l'animal.

- ★ **La dissémination hydrochore** : elle est assurée par l'eau, surtout pour les espèces aquatiques et littorales.
- ★ **L'auto-dissémination** : La dissémination des graines se fait par un mécanisme propre à l'espèce.

c- Les conditions de germination des graines (voir document 17)

Document 17 : Les conditions de germination des graines

Pour mettre en évidence les conditions indispensables à la germination, on réalise les expériences suivantes :

Expérience 1 : Dans une boîte de pétri on met du coton et des graines de haricot. Puis on suit la germination de ces graines dans des conditions différentes.

Le tableau ci-contre (figure 1) montre les conditions et les résultats de cette expérience.

Figure 1

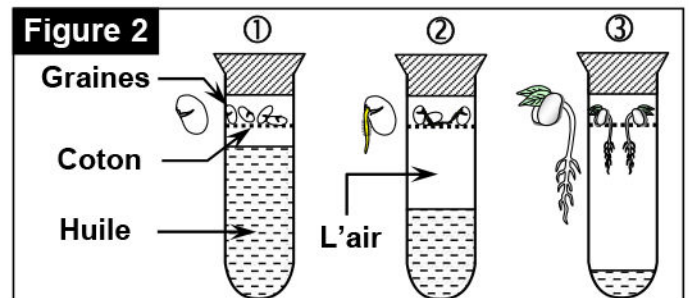
Les conditions du milieu		L'état des graines
La température (°C)	L'état du coton	
20	Imbibé d'eau	Germination
20	Sec	Pas de germination
6	Imbibé d'eau	Pas de germination

1) Que peut-on déduire à partir de l'analyse de ce tableau ?

Expérience 2 : Dans 3 tubes à essais (①, ② et ③) remplis d'huile à des niveaux différents, on met en haut du tube du coton imbibé d'eau contenant des graines de haricot, puis on ferme les trois tubes.

Après quelques semaines on obtient les résultats indiqués sur la figure 2:

- 2) Analysez les résultats obtenus.
- 3) Comment expliquez ces résultats ?
- 4) En se basant sur les résultats des deux expériences, déduisez les conditions de germination.



- 1) Dans la même température (20 °C), la germination des graines ne se produit que si le coton est imbibé d'eau. Mais pour une faible température, la germination ne se produit pas même en présence d'eau.

On peut déduire de cette analyse que la germination ne se fait que si le milieu est humide, et dans une température déterminée.

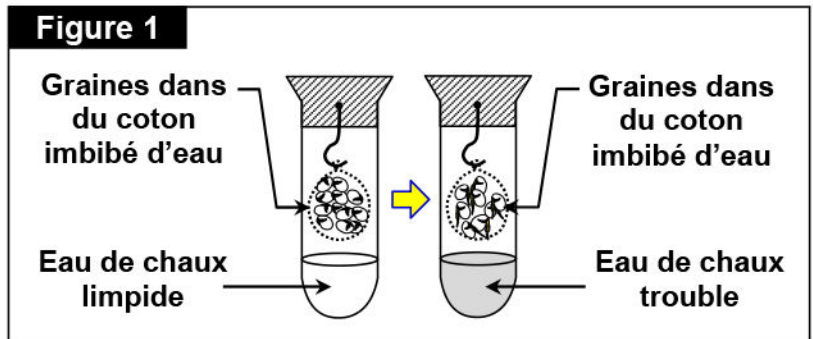
- 2) On constate que la germination ne se produit pas dans le tube ①, se produit d'une manière faible dans le tube ②, et se produit d'une manière importante dans le tube ③.
- 3) On peut expliquer ces résultats par la quantité d'air contenue dans chaque tube. Plus la quantité d'air est grande, plus la germination est importante.
- 4) La germination des graines est conditionnée par des facteurs externes à savoir l'humidité, la température, l'air (l'oxygène)

Document 18 : Les manifestations physiologique de la germination

La germination des graines se manifeste par la reprise de la vie active qui se traduit par un ensemble de changements physiologiques. Pour démontrer le passage de la graine de la vie ralentie à la vie active, on procède aux expériences suivantes :

Expérience 1 : On place des graines de haricot, selon les conditions expérimentales énoncées dans la figure 1.

1) Que pouvez- vous conclure de l'analyse des résultats obtenus ?



Expérience 2 : On prend des graines dans différentes périodes de germination (1h, 2j et 3j), on enlève les embryons et on garde l'albumen qu'on écrase en présence d'eau. Après filtration des solutions obtenues. Sur ces solutions on réalise des testes avec l'eau iodée et la liqueur de Fehling. La figure 2 indique les résultats obtenus.

2) En se basant sur le degré de coloration des réactifs utilisés, indiquez sur la figure 2 le taux d'amidon et de glucose dans l'albumen de chaque graine en utilisant les symboles + et -.

Figure 2

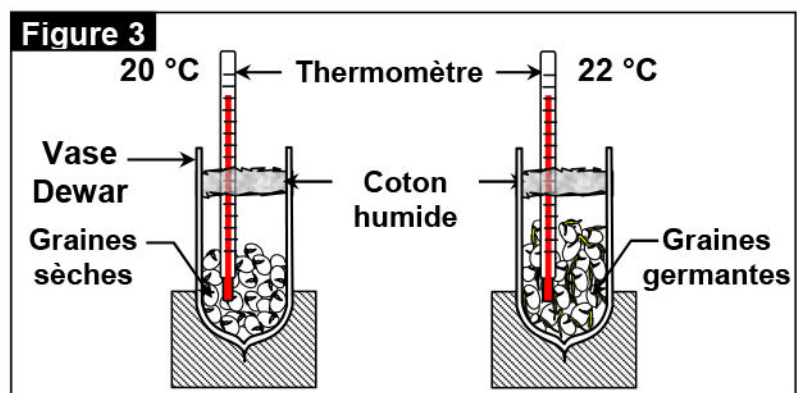
Les étapes de la germination	1h	2j	3j
Test avec l'eau iodée	Coloration bleu très foncée	Coloration bleu foncée	Coloration bleu claire
Quantité d'amidon	+++	++	+
Test avec la liqueur de Fehling + réchauffement	Absence de dépôt rouge	Dépôt rouge - brique	Dépôt rouge - brique foncée
Quantité de glucose	-	++	+++

+++ présence importante, ++ modérée, + faible, - absence

3) Comment peut-on expliquer ces résultats ?

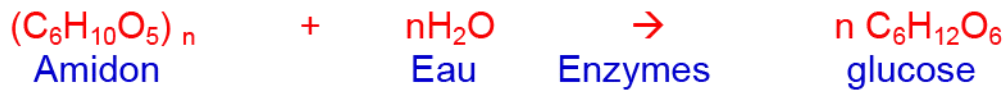
Des graines (germantes ou sèches) sont placées dans un vase Dewar (Qui fournit une très bonne isolation thermique) et on mesure la température.

4) Que montre la mesure de température dans les deux vases ?



5) En utilisant les réponses des questions précédentes et tes connaissances, expliquer les phénomènes physiologiques accompagnant la germination des graines.

- 1) On constate que l'eau de chaux devient trouble après germination. Cela ne peut être expliqué que par le dégagement du dioxyde de carbone lors de la germination. On conclut donc que la germination se manifeste par la reprise de la vie qui se traduit par la respiratoires.
- 2) Voir le tableau de la figure 2.
- 3) A partir du 2^{ème} jour, on constate l'apparition du glucose au dépend de l'amidon. Donc au cours de la germination, l'amidon se transforme en glucose en présence d'eau. C'est l'hydrolyse de l'amidon, qui se déroule selon la réaction chimique suivante:



- 4) D'après la figure 3, on constate que la germination est accompagnée par un dégagement de température. Cela ne peut être expliqué que par l'oxydation du glucose pour produire l'énergie nécessaire a la germination. Cette oxydation se déroule selon la réaction chimique suivante:



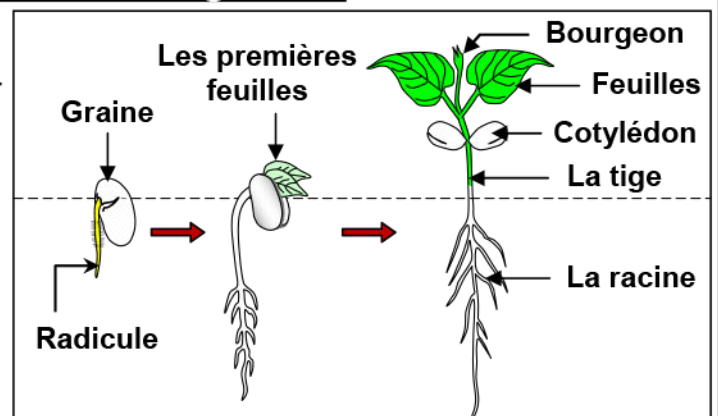
- 5) Lorsque les conditions sont favorables (O_2 ; humidité ; T°), la graine germe, elle passe ainsi de la vie ralentie à la vie active. La germination se déclenche par l'hydratation de l'embryon. L'augmentation de la température active l'hydrolyse des réserves nutritives (l'amidon) et les réactions de la respiration cellulaire (Oxydation du glucose). L'embryon passe par une phase hétérotrophe, pour donner une nouvelle plante autotrophe.

e- Les étapes de la germination des graines (voir document 19)

Document 19 : Les étapes de la germination des graines

Suivre les étapes de germination d'une graine peut se faire en mettant à germer des graines d'haricot dans un milieu convenable. Les résultats de cet étude est illustré par le schéma ci-contre.

A partir de ce schéma décrire les étapes de la germination d'une graine.



Lorsque les conditions sont favorables, la graine germe selon les étapes suivantes :

- Hydratation de la graine suivie d'une déchirure de l'écorce et sortie de la racicule qui se dirige vers le sol.

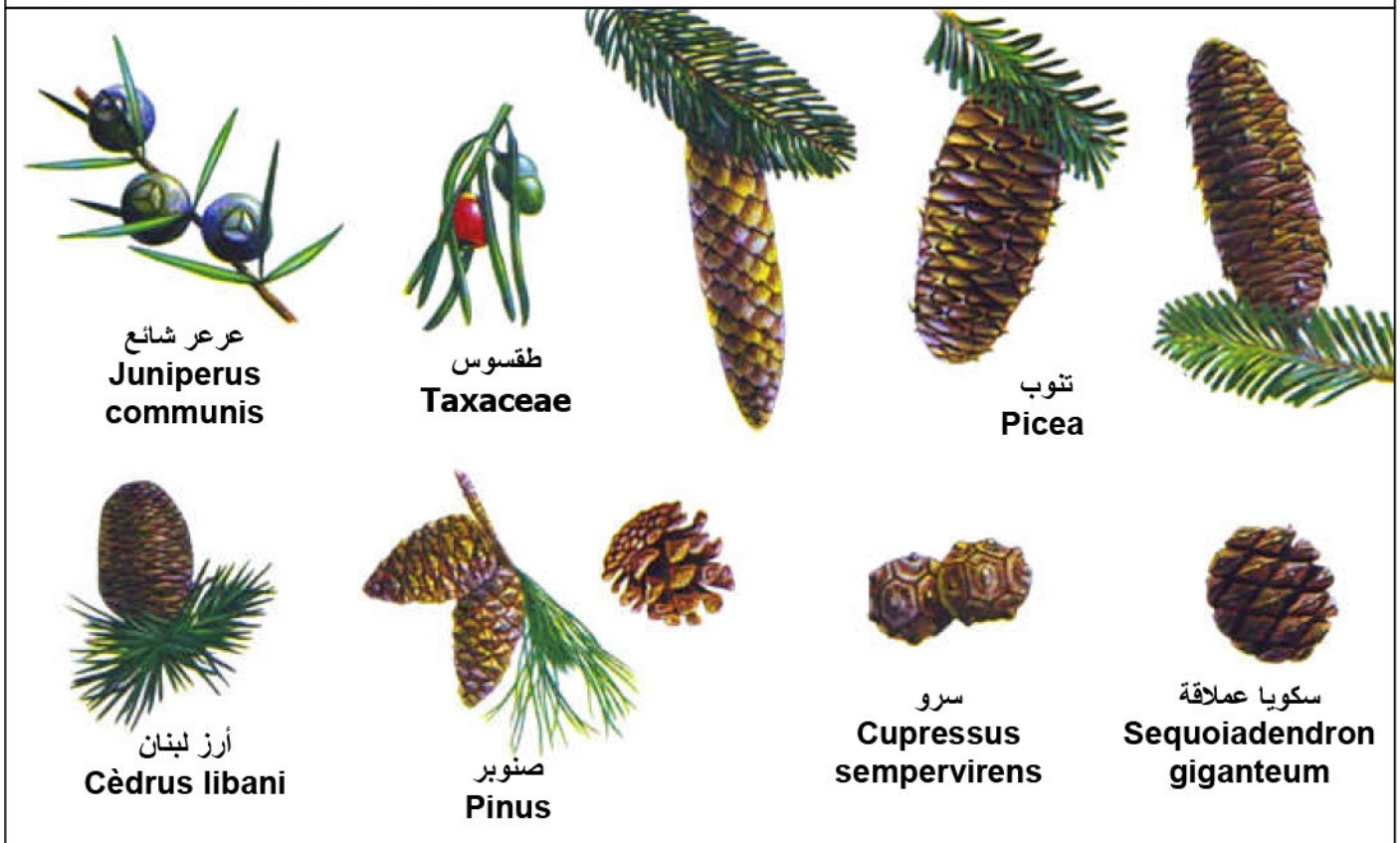
- Les cotylédons sortent de la graine et s'élèvent du sol, provoquant l'élongation de la tigelle et l'apparition de la plantule.
- Chute des téguments protecteurs et apparition des premières feuilles.
- Fanaison des cotylédons (Par épuisement des réserves).
- Elongation du reste des éléments et leur développement.

II - La reproduction sexuée des gymnospermes

Les gymnospermes, constituent un ensemble de plantes peu représentées actuellement sur terre, dont les graines sont non enfermées à l'intérieur du fruit. Elles comprennent 700 espèces environ (voir document 20).

Document 20 : Principaux types de fruit et feuilles chez gymnospermes

Les figures suivantes, représentent quelques types de fruits ainsi que les types de feuilles chez des gymnospermes. Précisez les principales caractéristiques végétaives des gymnospermes.



La majorité des gymnospermes sont des arbres à feuilles en aiguilles ou en écailles vertes persistantes, leurs fruits sont généralement sous forme d'un cône, ainsi que leurs organes reproducteurs mâles et femelles, on parle donc de conifères. Les conifères forment le groupe principal des gymnospermes (500 espèces des 700).

- Comment les cônes mâles et femelles interviennent dans la reproduction ?
- Comment se fait la pollinisation et la fécondation ?
- Comment se fait la formation et la germination de la graine ?

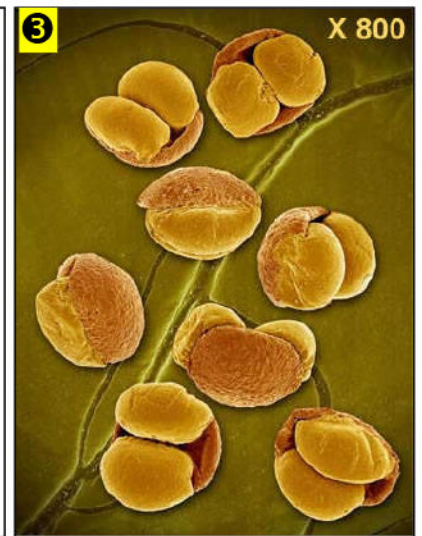
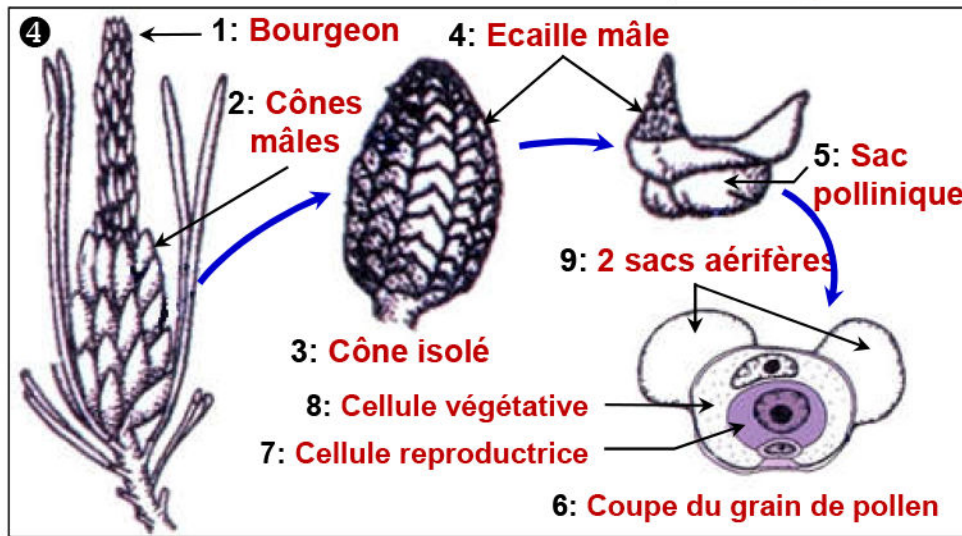
① Organisation de l'appareil reproducteur des gymnospermes

a- L'appareil reproducteur mâle: (Exemple le pin) (Voir document 21)

Document 21 : Les organes reproducteurs mâles du pin

- ① : Cônes et feuilles du pin
- ② : Cône mâle du pin
- ③ : Observation microscopique des grains de pollen chez le pin.
- ④ : Schémas des organes reproducteurs mâles du pin.

Annoter le document, puis à partir des données de ce document, tirer les caractéristiques du pin, et décrire les organes reproducteurs mâles du pin.

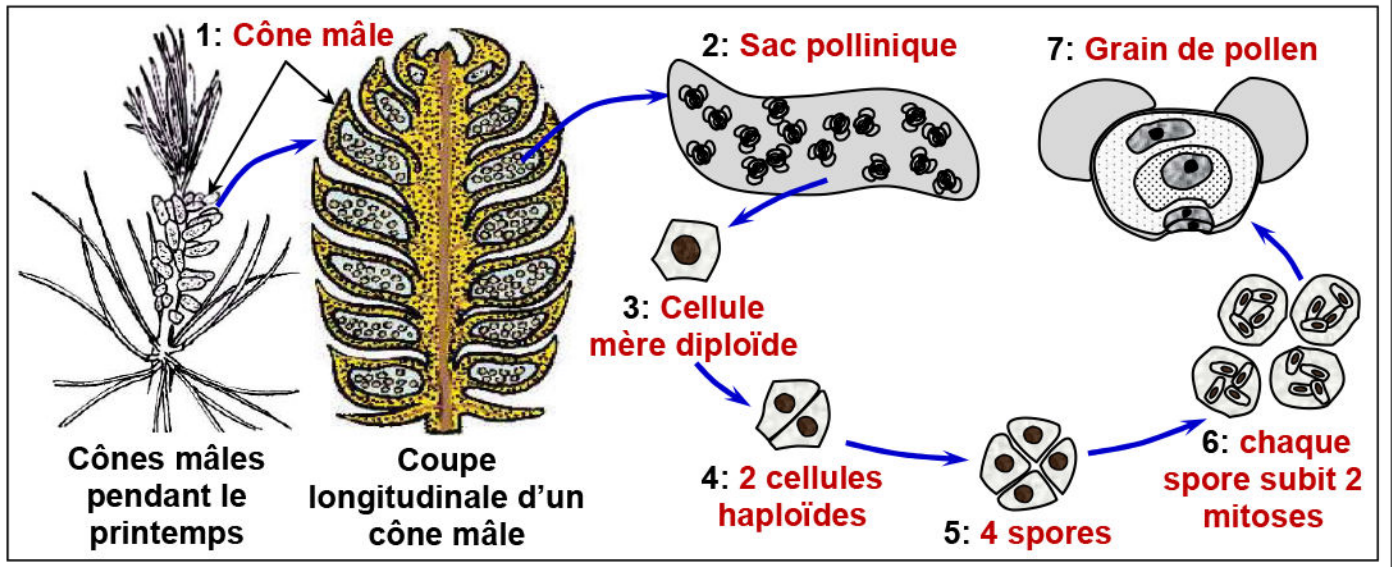


- ★ Le pin est une plante unisexuée monoïque, c'est-à-dire que les fleurs mâles et fleurs femelles sont portées par la même plantes. Elle a des feuilles doubles en aiguille et des fleurs sous forme de cônes.
- ★ Chez le pin, les fleurs mâles forment de petits cônes groupés en épis à la base de certaines pousses de l'année. Et on constate que:
 - Chaque cône mâle est constitué d'un certain nombre d'écailles organisées autour d'un axe.
 - Chaque écaille porte sur sa face inférieure deux microsporangies (sacs polliniques) qui contiennent les grains de pollen.
 - Chaque écaille peut être considérée comme une étamine. Le cône tout entier est donc une fleur mâle unisexuée.
 - A l'intérieur des sacs polliniques se forment des grains de pollen. Chaque grain est constitué de deux cellules une végétative et une reproductrice, deux cellules prothalliennes, en plus de deux ballonnets (sacs aérières) qui facilite sa dissémination par le vent.

b- Les étapes de la formation du grain de pollen: (Voir document 22)

Document 22 : Les étapes de la formation du grain de pollen chez le pin

Le schéma ci-dessous représente les étapes de la formation d'un grain de pollen chez le pin. Annoter ce schéma, puis décrire les étapes de la formation des grains de pollen.



Au niveau du sac pollinique, la cellule mère diploïde ($2n$) subit une méiose, ce qui donne 4 cellules haploïdes (n); ce sont des microspores. Chaque microspore subit deux mitoses successives et engendre quatre cellules qui entourées par l'intine et l'exine, vont constituer le grain de pollen mûr.

c- L'appareil reproducteur femelle: (Exemple le pin) (Voir document 23)

Document 23 : Les organes reproducteurs femelles du pin

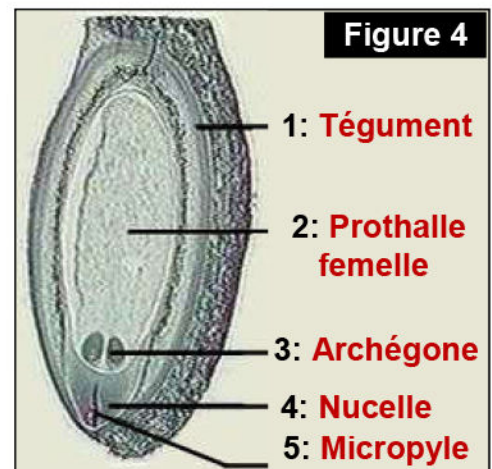
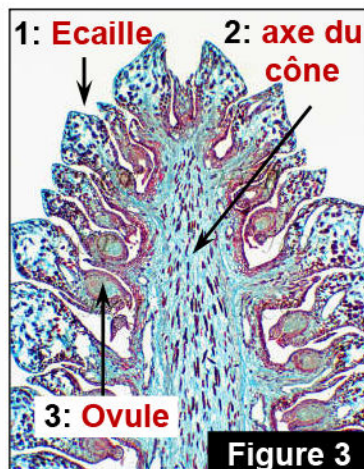
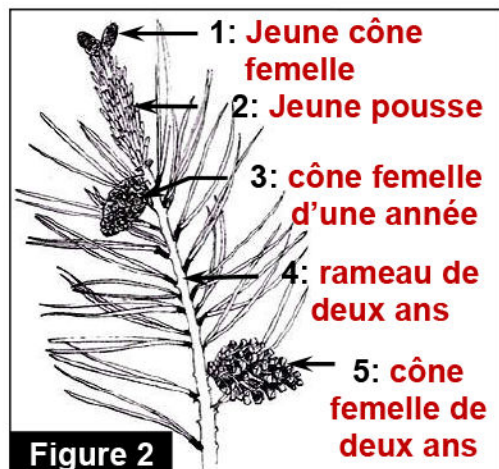
Les figures ci-dessous présentent la structure des organes reproducteurs femelles chez le pin.

La figure 1: Cône femelle du pin avant la pollinisation.

La figure 2: Rameau du pin portant des cônes femelle.

La figure 3: Coupe longitudinale d'un cône femelle du pin.

La figure 4: Coupe longitudinale d'un ovule du pin.



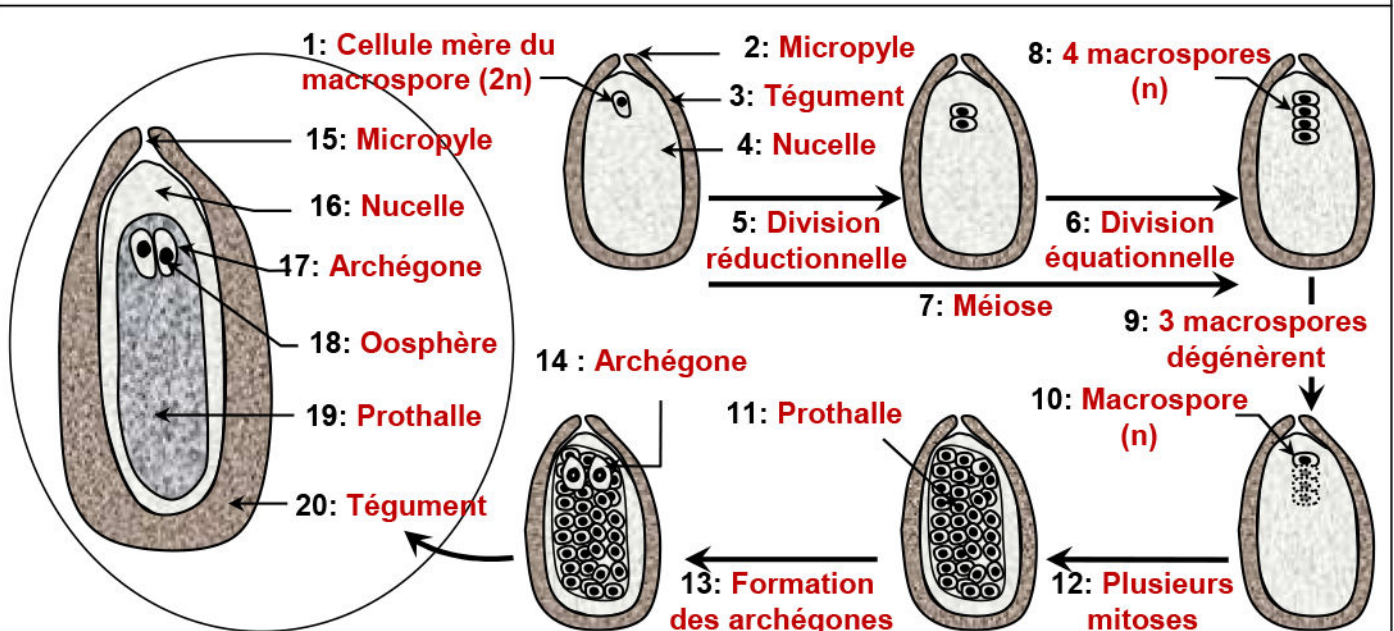
Annoter les figures représentées sur le document puis identifier les différents organes de l'appareil reproducteur femelle.

- ✓ Chez le pin, l'appareil reproducteur femelle est représenté par des cônes développés au sommet des pousses de l'année. Les cônes femelles persistent plusieurs années sur les rameaux.
- ✓ Le cône femelle est formé de plusieurs écailles serrées autour d'un axe. Sur la face de chaque écaille se trouve une bractée, et sur sa face supérieure se trouve deux ovules contenant le gamétophyte femelle, on parle d'écaille ovulifère. Le cône femelle a besoin d'environ 4 ans pour devenir mature et ainsi libérer les graines.
- ✓ L'écaille ovulifère et la bractée qui se trouve au dessous, sont considérées comme étant une fleur unisexuée.
- ✓ L'ovule de la première année est entouré d'un tégument qui laisse à son sommet un orifice étroit appelé micropyle.
- ✓ A l'intérieur de l'ovule on distingue une masse cellulaire périphérique, c'est le macrosporange ou nucelle, qui entoure une seconde masse cellulaire qui est le prothalle femelle ou endosperme.
- ✓ Au sommet de l'endosperme se forment 2 à 3 archégones (gamétophyte femelle) contenant chacun une oosphère.

d- Les étapes de la formation de l'endosperme: (Voir document 24)

Document 24: Les étapes de la formation de l'endosperme (prothalle)

La figure ci-dessous est une représentation schématique de la formation d'un prothalle femelle chez le pin.



Annoter la figure représentée sur le document puis dégager les étapes de la formation de l'endosperme (Prothalle) chez le pin.

- ✓ Au cours de la première année une cellule diploïde ($2n$) au sein de l'ovule subit une méiose et donne quatre cellules haploïdes (n) ou macrospores, dont 3 dégénèrent. La macrospore restante s'accroît et forme un mégaspore.

- ✓ La mégaspore se développe au sein du nucelle par mitose et donne le prothalle femelle ou endosperme. A ce stade la croissance s'arrête pour reprendre l'année suivante.
- ✓ Le développement de l'endosperme reprend durant la deuxième année. Ainsi apparaissent au pôle micropylaire, 2 à 3 archégonés dont chacun contient une oosphère (gamète femelle).

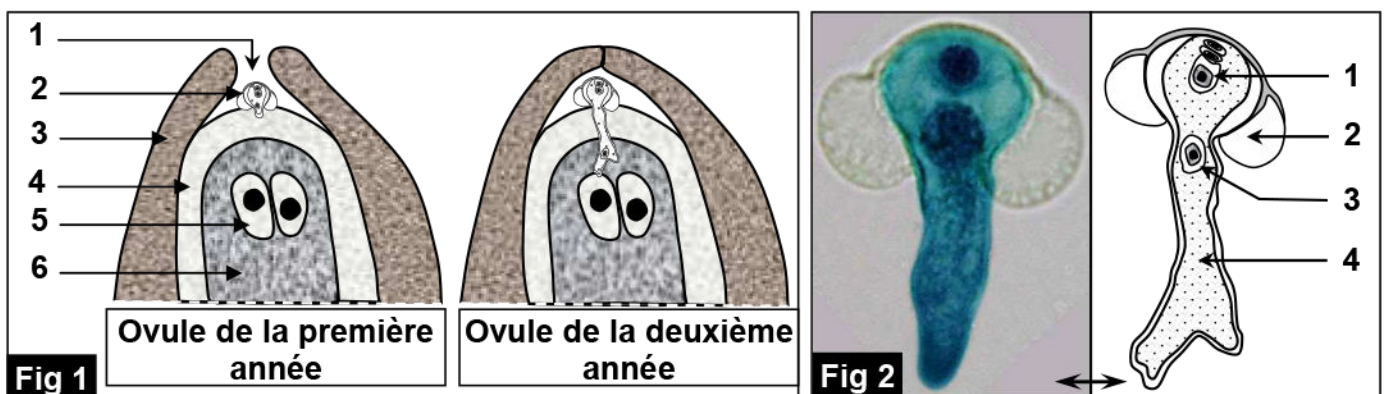
② De la pollinisation à la germination des graines

a- La pollinisation et la germination du pollen: (Voir document 25)

Document 25: La pollinisation et la germination du grain de pollen

Grâce aux ballonnets, les grains de pollen des gymnospermes sont transportés par le vent jusqu'aux cônes femelles qui sont encore ouvertes et aptes à la réception des grains de pollen.

Les figures suivantes illustrent la structure de l'ovule pendant la germination du grain de pollen.



Annotez ces figures puis décrire les transformations que subit le grain de pollen.

★ Annotation:

- ✓ Fig 1: structure de l'ovule pendant la germination du pollen : 1= micropyle, 2= grain de pollen, 3= tégument, 4= nucelle, 5= oosphère, 6= prothalle.
- ✓ Fig 2: Grain de pollen en germination: 1= cellule anthéridiale, 2= ballonnet, 3= cellule végétative, 4= tube pollinique.

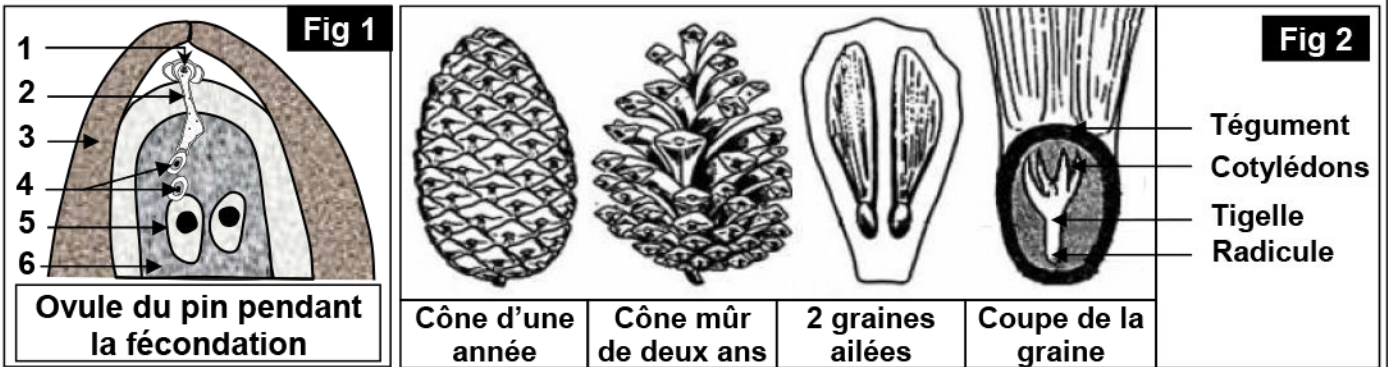
★ La germination du grain de pollen s'étale sur deux ans successifs avec un arrêt pendant l'hiver :

- ✓ Durant la première année : Les grains de pollen disséminés par le vent, pénètrent entre les écailles écartées des cônes femelles. Ils sont captés par un liquide sécrété par le nucelle des ovules. Après la pollinisation, les écailles femelles se ferment, les grains de pollen commencent à germer en formant un tube pollinique à partir de la cellule végétative, alors que les deux cellules prothalliennes dégénèrent. La cellule anthéridiale reste en place et se divise en une cellule socle (cellule basale) et une cellule reproductrice. A ce stade la germination s'arrête.
- ✓ Durant la deuxième année : le tube pollinique reprend sa croissance et s'allonge vers l'archégoné, et pénètre à travers le nucelle jusqu'à une oosphère. La cellule reproductrice se divise donnant naissance à deux anthérozoïdes.

b- La fécondation et la formation des graines: (Voir document 26)

Document 26: La fécondation et la formation de la graine

Les figures suivantes illustrent l'évolution du zygote après fécondation chez les gymnospermes.



Annotez ces figures puis décrire les étapes de la fécondation et l'évolution du zygote après fécondation.

★ Annotation:

Fig 1: l'ovule pendant la fécondation : 1= grain de pollen, 2= tube pollinique, 3= tégument, 4= 2 anthérozoïdes, 5= oosphère, 6= prothalle.

★ Lorsqu'un tube pollinique atteint le col de l'archégone, son extrémité s'ouvre et libère les deux anthérozoïdes, l'un féconde le gamète femelle qui devient un zygote (œuf diploïde $2n$) et l'autre dégénère.

Dans certains cas, plusieurs oosphères sont fécondées en donnant naissance à plusieurs embryons, mais un seul embryon arrive au stade de maturité, les autres dégénèrent.

Le zygote se développe au sein du gamétophyte femelle et un embryon se différencie en plantule. Cette différenciation est accompagnée par l'accumulation des réserves nutritives : le zygote est ainsi transformé en graine ailée.

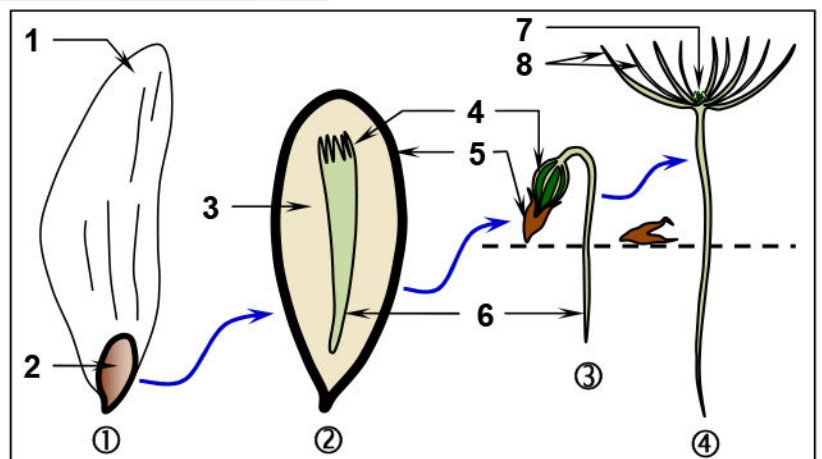
L'écartement des écailles des cônes femelles libère les graines dont la dissémination par le vent est favorisée par une aile.

c- La germination de la graine: (Voir document 27)

Document 27: La germination de la graine du pin

Le document ci contre montre une graine du pin et quelques étapes de sa germination.

- 1) Légendez cette figure en donnant à chaque numéro le nom qui convient.
- 2) Décrire les étapes de la germination de la graine des gymnospermes.



1) La légende :

1 : aile, 2 : graine, 3 : gamétophyte femelle transformé en réserves

4 : cotylédons, 5 : tégument, 6 : radicule, 7 : bourgeon, 8 : cotylédons.

① : Graine ailée de pin, ② : coupe d'une graine, ③ : germination de la graine,

④ : jeune plantule de pin.

2) Les étapes de la germination :

L'initialisation de la germination de la graine aura lieu à la suite d'absorption d'eau qui imbibe les téguments. Ce qui déclenche des transformations métaboliques aboutissant à la digestion des réserves nutritives, libérant ainsi des substances nutritives utilisables par l'embryon en développement.

La croissance de la radicule permet à la plantule de se fixer au sol, ensuite la tigelle surgit traversant le sol et étalant ses feuilles. C'est ainsi que la germination de la graine donne naissance à une nouvelle plante feuillée.

Document 28: Evaluation

Complète le texte ci-dessous avec les termes suivants : pédoncule, grains de pollen, mâles, sépales, ovules et pétales, reproduction.

Les pièces florales servant à la **reproduction** sont insérées sur le réceptacle rattaché au **pédoncule**.

La protection est assurée par les **sépales** formant le calice et par les **pétales** formant la corolle.

Parmi les pièces reproductrices, on distingue les étamines qui sont les organes reproducteurs **mâles** et le pistil qui est l'organe reproducteur femelle.

Chaque étamine est constituée d'un filet se terminant par une anthère contenant les **grains de pollen** (eux-mêmes contenant les cellules reproductrices mâles).

Le pistil comprend une partie renflée, ou ovaire surmontée par un style terminé par un stigmate. L'ovaire contient un ou plusieurs **ovules** (= cellules reproductrices femelles).

Chapitre 2

La reproduction sexuée chez les plantes sans fleurs

Introduction: les plantes sans fleurs sont des plantes qui ne possèdent ni fleurs ni cônes et pourtant elles se reproduisent sexuellement en produisant des gamètes mâles et des gamètes femelles.

Parmi les plantes sans fleur, on distingue:

- ✓ les thallophytes (algues) qui sont des plantes dépourvues de tiges de feuilles et de racines.
- ✓ Les mousses et les fougères qui présentent des rameaux feuillés.
 - Où se localisent les organes reproducteurs de ces plantes ?
 - Comment ces plantes sans fleurs produisent les gamètes ?
 - Comment se déroule la fécondation chez les plantes sans fleurs ?
 - Quel est le devenir du zygote chez les plantes sans fleurs ?

I- La reproduction sexuée des algues

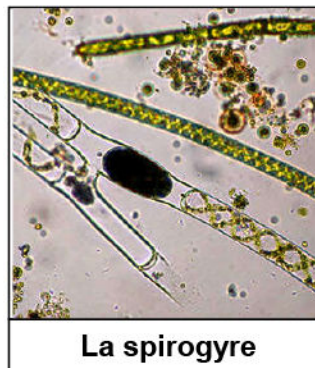
① Quelques caractéristiques végétatives des algues

a- Observation de quelques types d'algues: (voir document 1)

Document 1: Observation de quelques types d'algues

Les algues sont des végétaux chlorophylliens vivant en majorité dans un milieu aquatique (marin ou dulcicole). Ils sont dépourvus de tiges, de racines, de feuilles et de fleurs, un tel appareil végétatif s'appelle un thalle, et les plantes qui ont cette structure sont appelées les thallophytes.

Les photos ci-dessous montrent quelques algues.



Exploiter les données de ce document pour préciser les principaux caractéristiques des algues.

b- Les caractéristiques végétatives des algues:

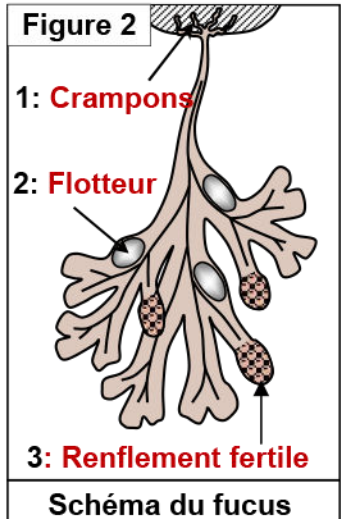
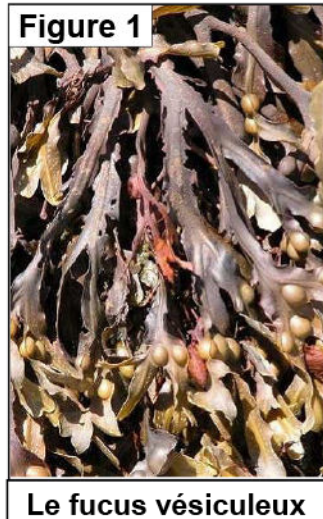
Les algues sont des plantes autotrophes. Elles tolèrent les conditions climatiques les plus dures. Certains sont unicellulaires et de tailles microscopiques, d'autres sont multicellulaires et peuvent atteindre des tailles impressionnantes (plusieurs mètres). Certains algues sont diploïdes, d'autres sont haploïdes. Les algues sont de couleurs très variées, bleues, brunes, rouges ou vertes.

② La reproduction sexuée chez le fucus vésiculeux

a- L'appareil végétatif du fucus vésiculeux: (voir document 2)

Document 2 : L'appareil végétatif du fucus vésiculeux

Le fucus vésiculeux est une algue brune marine très répandue dans les côtes atlantiques (figure 1). Il vit fixée aux rochers à l'aide des crampons. Il est caractérisé par des terminaisons bifurquées remplies d'air ; les flotteurs (figure 2). Au début du mois de mars, apparaissent aux extrémités de ses bifurcations des renflements ovoïdes granuleux, les renflements fertiles (réceptacles). Ils sont de couleur orange chez les mâles et de couleur brune verdâtre chez les femelles.



- 1) A l'aide de ces données légèrer la figure 2.
- 2) Comment peut-on distinguer le fucus mâle du fucus femelle ?
- 3) Proposer une hypothèse concernant la localisation des organes reproducteurs du fucus.

- 1) La légende : voir la figure 2.
- 2) Le fucus est une espèce dioïque (les organes mâles et femelles sont portés par des thalles séparés). Les fucus mâles sont distingués des fucus femelles par la couleur des renflements fertiles (les réceptacles), orange chez les mâles et verdâtre chez les femelles.
- 3) Les organes reproducteurs sont localisés dans les renflements fertiles.

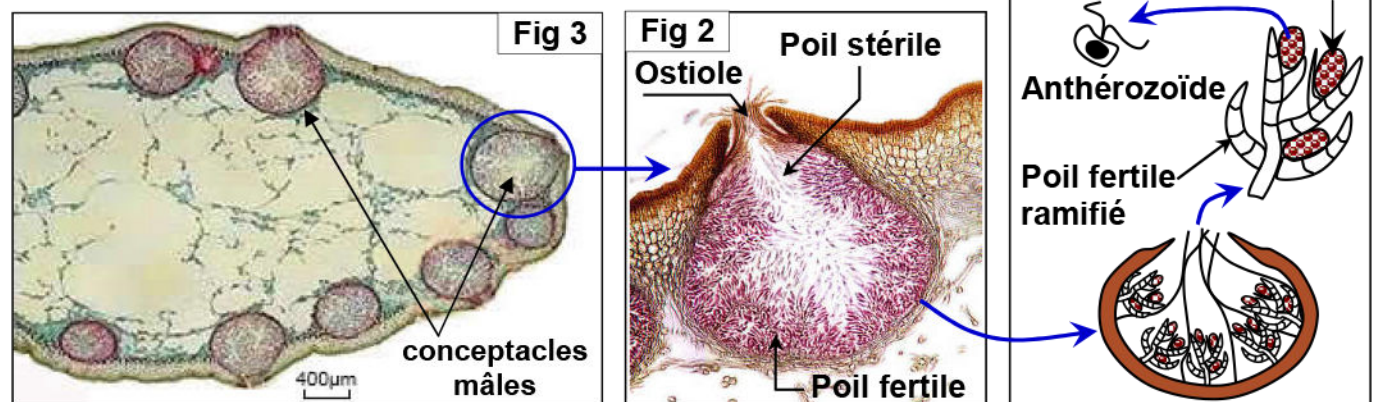
b- L'appareil reproducteur du fucus vésiculeux

★ Organisation de l'appareil reproducteur mâle: (voir document 3)

Document 3: Organisation de l'appareil reproducteur mâle

Chez le fucus vésiculeux, On réalise des coupes transversales au niveau des réceptacles mâles et on observe au microscope. Les figures ci-dessous représentent le résultat de cette observation.

Décrire l'appareil reproducteur mâle chez le fucus.



L'appareil reproducteur mâle est constitué par des réceptacles orange. Chaque réceptacle mâle est formé de nombreuses cavités appelées conceptacles mâles qui communiquent avec l'extérieur par un orifice: l'ostiole.

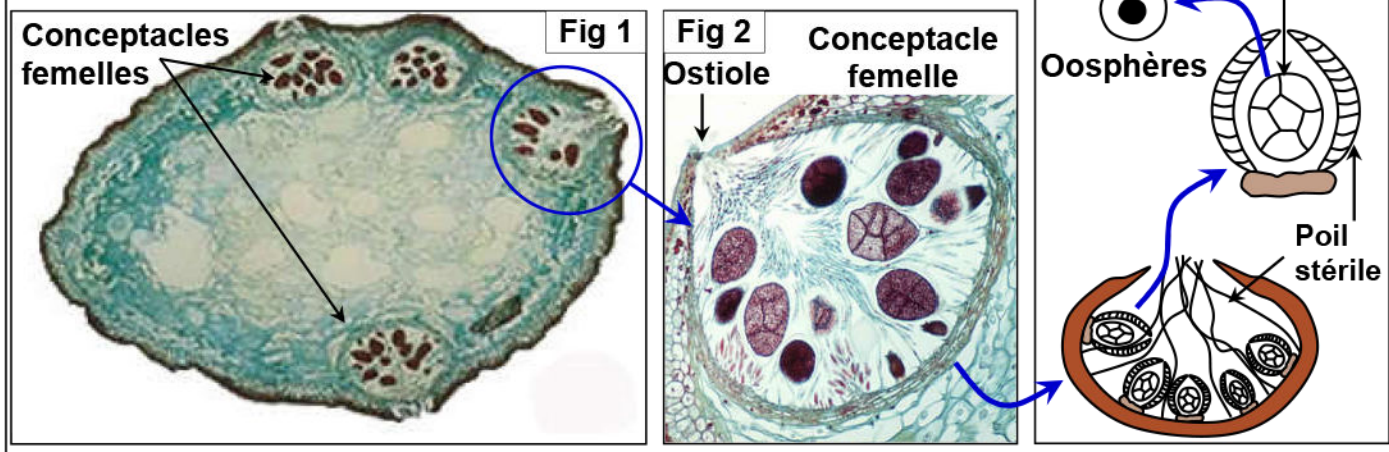
Un conceptacle contient plusieurs petits sacs ce sont les gamétocystes mâles (les anthéridies), portés par des poiles ramifiées fertiles. Chaque anthéridie contient 64 anthérozoïdes qui se déplacent dans l'eau de mer, grâce à une paire de flagelle.

★ **Organisation de l'appareil reproducteur femelle:** (voir document 4)

Document 4: Organisation de l'appareil reproducteur femelle

Chez le fucus vésiculeux, On réalise des coupes transversales au niveau des réceptacles femelles et on observe au microscope. Les figures ci-dessous représentent le résultat de cette observation.

Décrire l'appareil reproducteur femelle chez le fucus.



L'appareil reproducteur femelle est constitué par des réceptacles verdâtres. Chaque réceptacle femelle est formé de nombreuses cavités appelées conceptacles femelles qui communiquent avec l'extérieur par un orifice: l'ostiole.

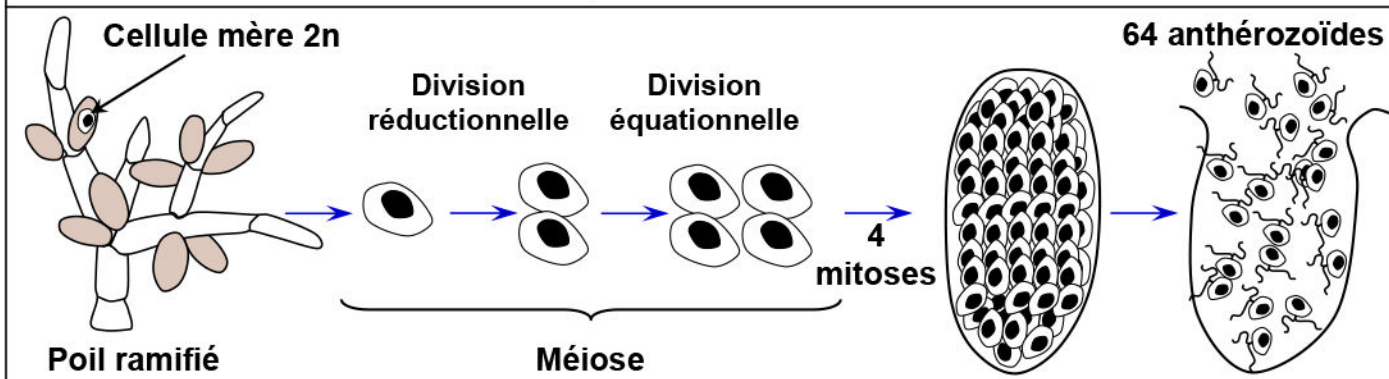
A l'intérieur des conceptacles femelle se trouvent de gros sacs, ce sont des gamétocystes femelles (les oogones), portés par des poiles non ramifiées fertiles. Chaque oogone contient 8 corpuscules sphériques de grande taille immobile, ce sont les oosphères.

c- La formation des gamètes chez le fucus vésiculeux

★ **Formation des gamètes mâles:** (voir document 5)

Document 5 : Formation des gamètes mâles du fucus

La figure suivante montre les étapes de formation des gamètes mâles chez le fucus vésiculeux. Décrivez ces étapes.

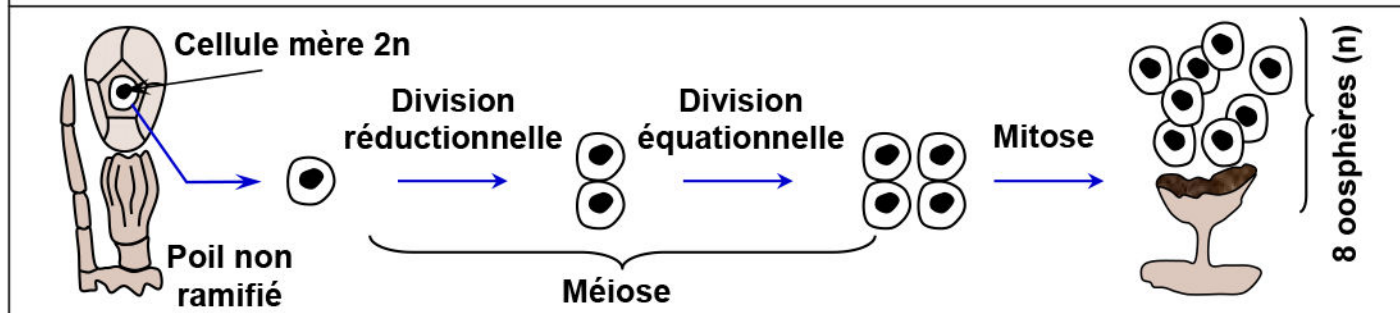


Au sein des anthéridies, une cellule mère ($2n$) subit une méiose et donne naissance à 4 cellules haploïdes (n). Ces cellules subissent 4 mitoses et une différenciation pour donner 64 anthérozoïdes qui se libèrent dans l'eau de mer après ouverture du conceptacle mâle.

★ **Formation des gamètes femelles:** (voir document 6)

Document 6 : Formation des gamètes femelles du fucus

La figure suivante montre les étapes de formation des gamètes femelles chez le fucus vésiculeux. Décrivez ces étapes.

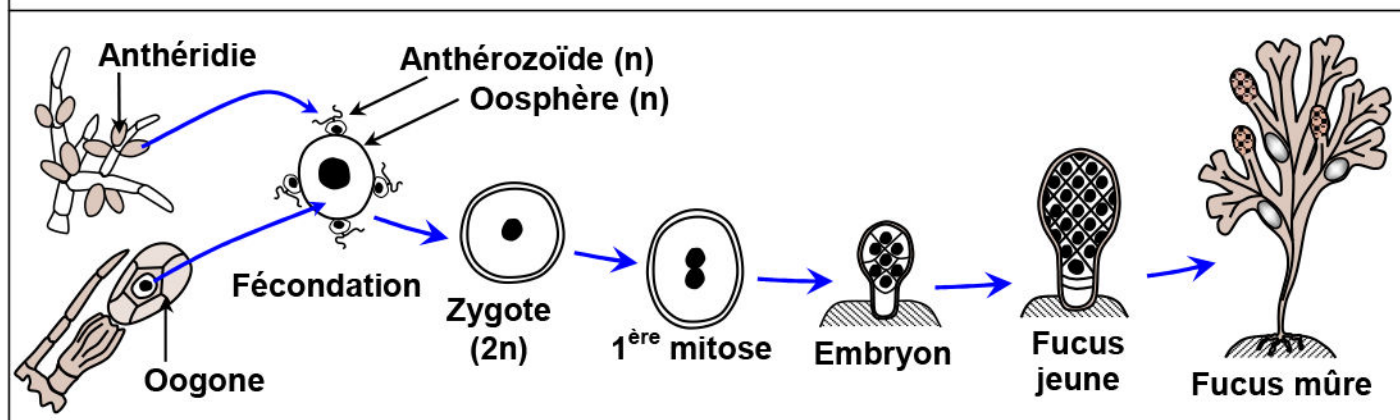


Au sein de l'oogone, une cellule mère ($2n$) subit une méiose et donne naissance à 4 cellules haploïdes (n). Ces cellules subissent 1 mitoses et une différenciation pour donner 8 oosphères de grande taille et immobiles, qui se libèrent dans l'eau de mer après ouverture du conceptacle femelle.

d- La fécondation et le développement du zygote (voir document 7)

Document 7 : La fécondation et le développement du zygote

La figure suivante montre les étapes de la fécondation chez le fucus vésiculeux. Décrire ces étapes.



Après leur libération dans l'eau de mère, chaque oosphère se trouve entouré d'un grand nombre d'anthérozoïdes, un seul parmi eux parvient à traverser la membrane de l'oosphère ; c'est la fécondation.

Les 2 noyaux mâle et femelle se rapprochent et fusionnent donnant ainsi une cellule diploïde appelée zygote. Ce dernier subit plusieurs mitoses successives donnant naissance à un embryon qui s'attache à un substrat rocheux par le crampon puis se développe pour donner un jeune fucus mâle ou femelle.

③ La reproduction sexuée chez la spirogyre (voir document 8)

Document 8: La reproduction chez la spirogyre

La spirogyre est une algue verte filamenteuse, longue de plusieurs décimètres. Elle est munie de rhizoïdes lui permettant de se fixer à un substrat. Le filament non ramifié est fait d'un enchainement linéaire de cellules haploïdes (n) pourvues de plusieurs chloroplastes en forme de ruban spiralé.

D'habitude la spirogyre se multiplie par une simple division cellulaire, mais lorsque les conditions deviennent défavorables, elle adopte une autre manière dite la conjugaison qui peut être considérée comme une reproduction sexuée.

Les figures ci-dessous montrent des étapes de la conjugaison. En utilisant ces figures, décrire les étapes de la reproduction de la spirogyre.

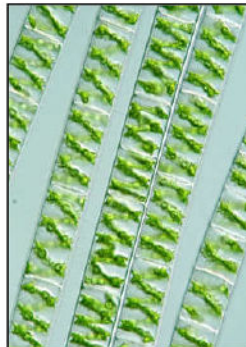


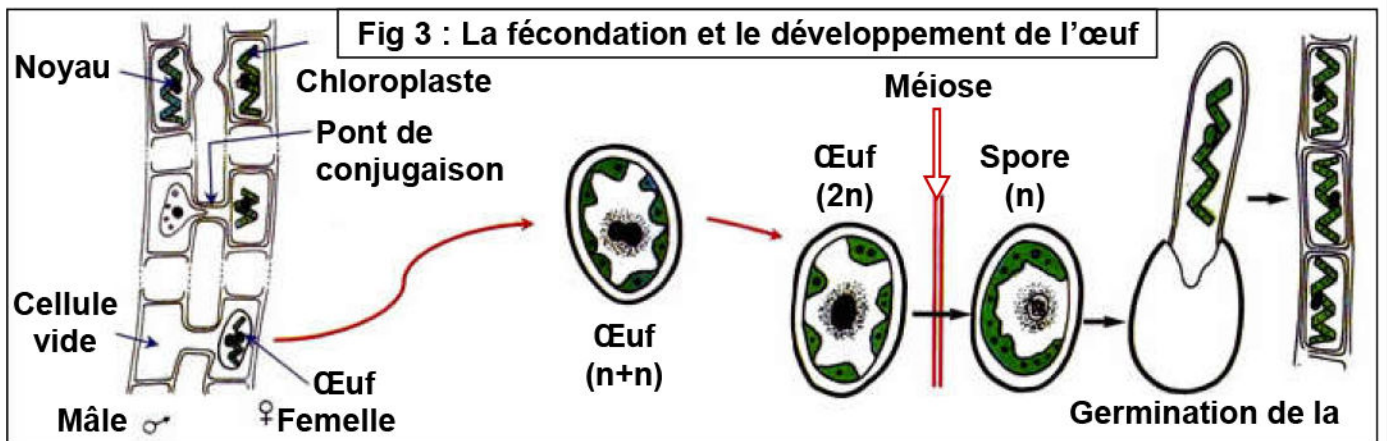
Fig 1:
Filaments de spirogyre



Fig 2:
Formation de tube de conjugaison



Fig 3:
Formation de tube de conjugaison



Quand les conditions climatiques deviennent défavorables, la spirogyre se reproduit sexuellement. Les cellules de filaments adjacents développent des ponts entre elles (pont de conjugaison). Le contenu d'une cellule d'un filament (filament mâle) passe à travers le pont et fusionne avec le contenu d'une cellule d'un autre filament (filament femelle): c'est la conjugaison qui aboutit à la formation d'un œuf diploïde ou zygote. L'œuf s'entoure d'une membrane protectrice épaisse et se transforme en zygospore. Au retour des conditions favorables, le zygospore reprend son activité, se divise par méiose formant ainsi quatre noyaux dont trois dégénèrent ; et le quatrième se divise par mitoses pour générer un nouveau filament de spirogyre.

II - La reproduction sexuée chez les mousses

① Quelques caractéristiques végétatives des mousses

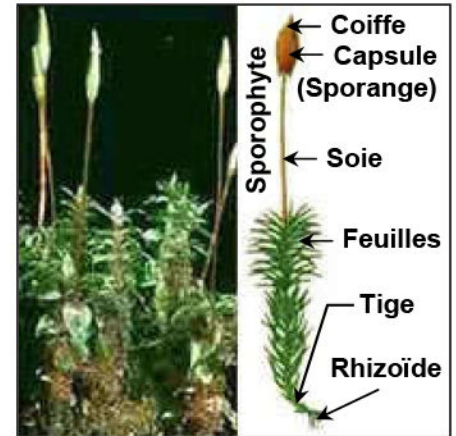
(Voir document 9)

Document 9: Quelques caractéristiques végétatives des mousses (Polytric).

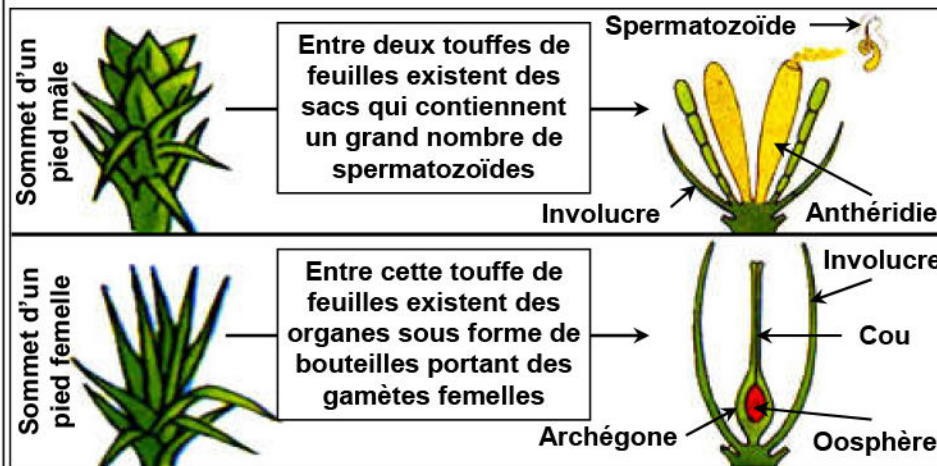
Les mousses (Bryophytes) sont des plantes chlorophylliennes de petite taille qui poussent dans les milieux humides. Elles se développent en touffes serrés et étendues sur tous les terrains, les pierres, les écorces, les rochers.

Le polytrichum formosum (polytric) est une mousse qui pousse généralement en colonie dense au pied des arbres. L'appareil végétatif de ce polytric est simple, il se présente sous deux formes : un gamétophyte qui peut être mâle ou femelle, et un sporophyte qui vit en parasite sur le gamétophyte femelle. Le sporophyte porte des sporanges qui libèrent à maturité des spores haploïdes issues de la méiose.

Les figures de ce document illustrent quelques caractéristiques végétatives des mousses. Utilisez ces figures pour dégager les caractéristiques des mousses.



Gamétophyte + Sporophyte



Gamétophyte mâle

Les mousses sont des plantes de structure simple appartenant à L'embranchement des Bryophyte (plantes terrestres qui ne possèdent pas de vrai système vasculaire). Elles sont dépourvues de racines et de lignine, leurs rhizoïdes permettent l'ancrage au substrat.

Les mousses peuvent se reproduire de manière asexuée, par simple fragmentation de la tige, qui conduit à la formation de touffes fournies de mousses.

La reproduction sexuée se fait par alternance d'une génération gamétophytique et une génération sporophytique.

② Les organes reproducteurs de la mousse: (Voir document 9)

La reproduction des mousses commence par l'apparition à l'extrémité des tiges, deux zones distinctes qui produiront les gamètes:

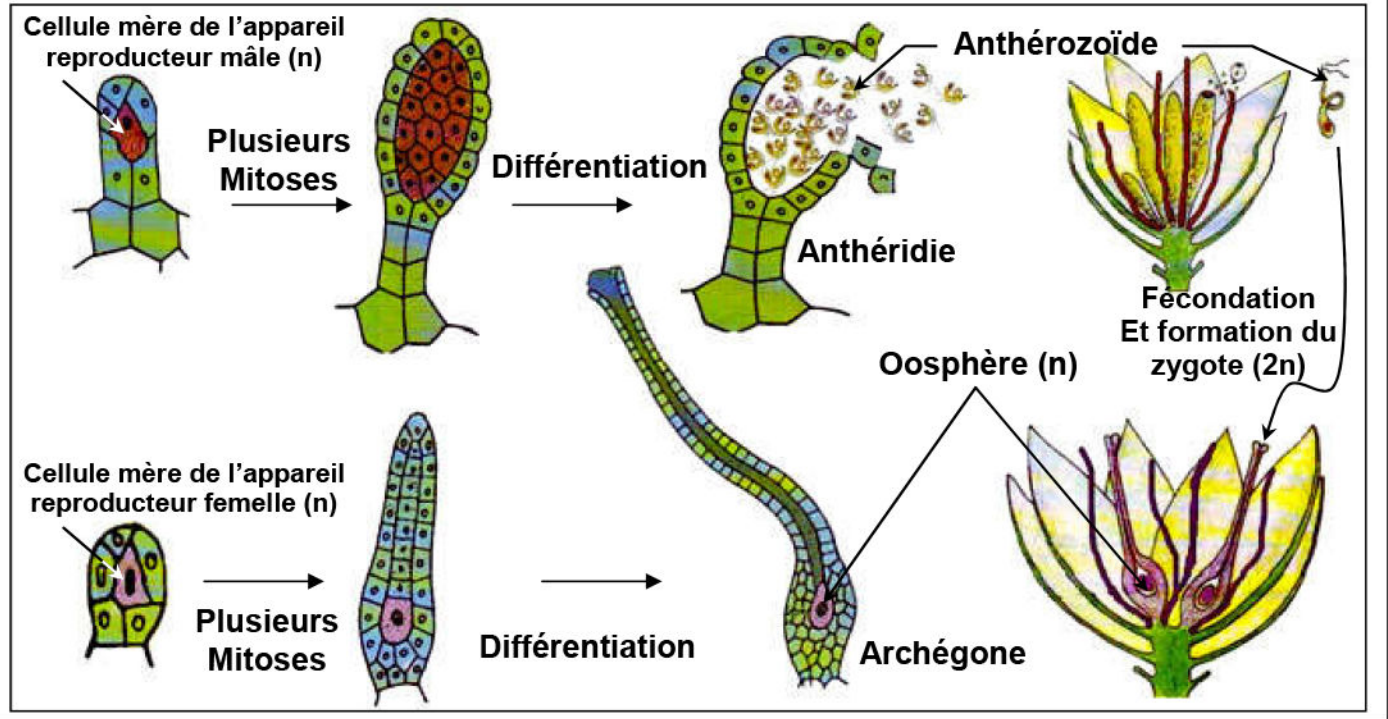
- ✓ Une zone portant des anthéridies, qui sont de minuscules organes ovoïdes qui produiront à maturité des anthérozoïdes biflagellés (les gamètes mâles).
- ✓ Une zone portant des archégonies, organes en forme de petites bouteilles qui produiront à maturité un seul gamète femelle, l'oosphère.

③ Formation des gamètes et fécondation chez les mousses:

(Voir document 10)

Document 10 : Formation des gamètes et fécondation chez les mousses

La figure ci-dessous montre les étapes de la formation des gamètes et la fécondation chez le polytrich. Décrire ces étapes.

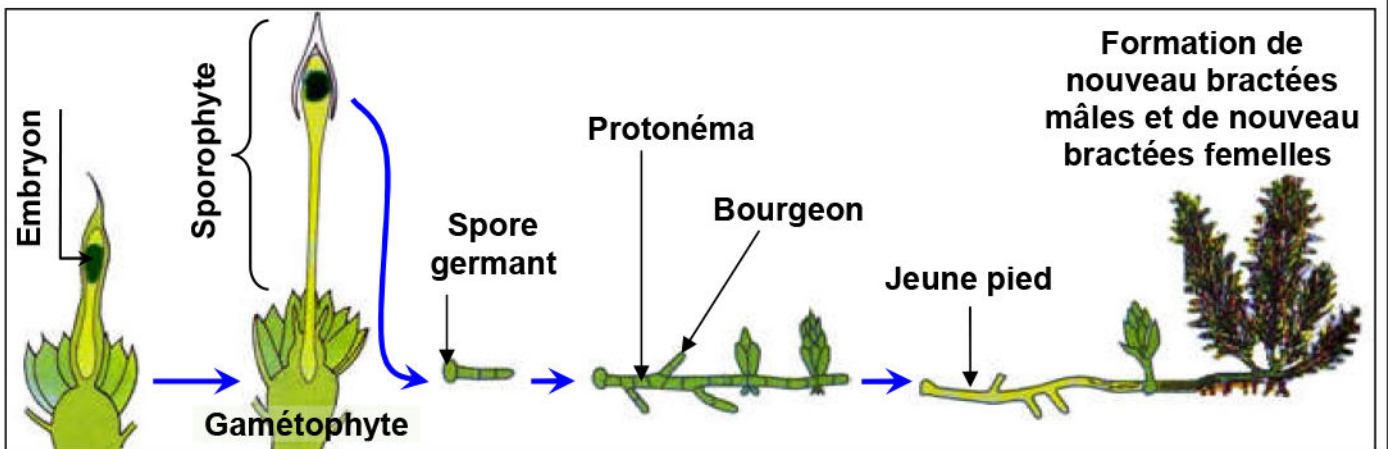


Lorsque les conditions climatiques le permettent, de simples gouttelettes d'eau qui se trouvent à la surface des feuilles suffisent pour que les anthérozoïdes libérés par les anthéridies dans le milieu extérieur, nagent à l'aide de leurs flagelles pour rejoindre l'archégone. Les gamètes mâles pénètrent par les cous pour aller rencontrer des oosphères. Chaque oosphère sera fécondé par un seul anthérozoïde. L'œuf fécondé prend naissance ainsi par la fusion des noyaux des deux gamètes.

④ De l'œuf à la formation du gamétophyte: (Voir document 11)

Document 11 : De l'œuf à la formation du gamétophyte

La figure ci-dessous montre l'évolution de l'œuf et la germination de la spore pour former le gamétophyte chez le polytrich. Décrire le devenir de l'œuf en expliquant le rôle du sporophyte.



L'œuf se multiplie aussitôt après la fécondation et donne un embryon qui vit en parasite sur le gamétophyte femelle. L'embryon se transforme ensuite en sporophyte qui porte un sporange à son extrémité. Le sporange produit par méiose des spores haploïdes (n) qui vont être libérées et vont germer pour donner chacune un protonéma sur lequel se développent des gamétophytes.

III - La reproduction sexuée des fougères

① Quelques caractéristiques végétatives des fougères

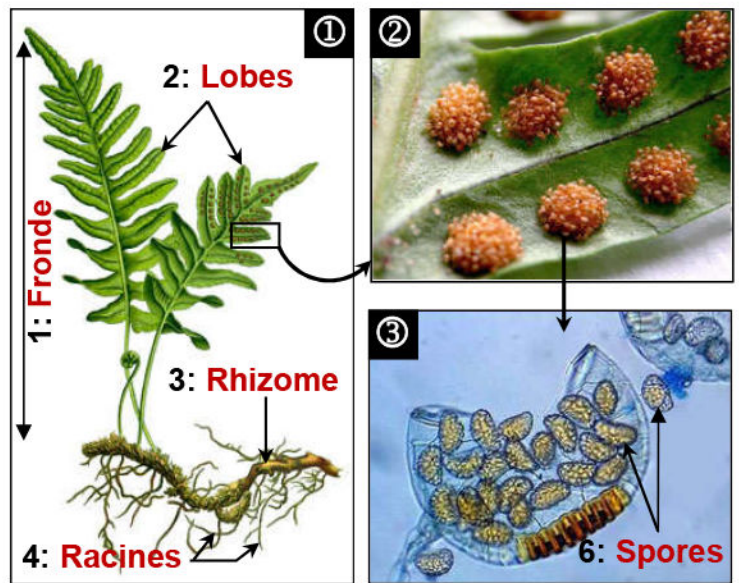
(Voir document 12)

Document 12 : Quelques caractéristiques végétatives des fougères

Les fougères sont des plantes chlorophylliennes sans fleurs qui occupent beaucoup de régions dans le monde à l'exception des zones arides. L'appareil végétatif des fougères présente des racines une tige et des feuilles lobées.

Les figures ci-contre, montrent quelques caractéristiques végétatives du *Polypodium vulgare* (Polype), qui est une fougère présente dans la nature sous deux formes:

- ✓ Une forme foliée qui produit des spores: le sporophyte.
- ✓ Une forme en cœur qui produit des gamètes: le prothalle ou gamétophyte.



En se référant aux données de ce document légendez les figures de ce document puis déduisez quelques caractéristiques des fougères.

La légende, voir document 12.

- ✓ ① = L'appareil végétatif de la fougère.
- ✓ ② = la face postérieure des frondes mûres.
- ✓ ③ = Un sporange observé au microscope.

Chez les fougères, la tige appelée rhizome s'étale horizontalement dans le sol. D'où jaillissent des feuilles lobées sur des pétioles : les frondes. Des racines transversales prolongent le rhizome pour le fixer au sol.

Sur la face postérieure (inférieure) des frondes mûres, apparaissent des amas de sporanges qui interviennent dans la reproduction des fougères.

② L'appareil reproducteur des fougères

a- **Le sporophyte et la production des spores:** (voir document 12)

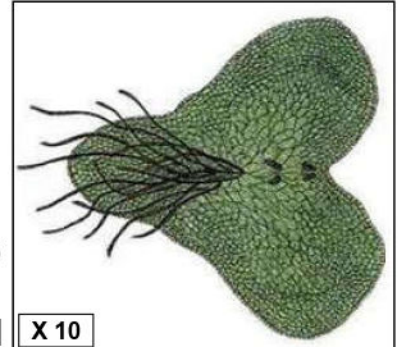
Le plant feuillé correspond au sporophyte. A maturité on observe sur la face inférieure des frondes des amas de sporanges ou sores. Au niveau de chaque sporange existe

des cellules mères diploïdes (2n), chacune de ces cellules subit une méiose aboutissant à la formation de plusieurs cellules haploïdes (n). Ce sont les spores qui sont libérées après éclatement du sporange.

b- Le gamétophyte et la formation des gamètes: (voir document 13)

Document 13 : Le gamétophyte et la formation des gamètes

Arrivés dans des endroits humides et à température environnante favorable, les spores libérés germent et donne après une succession de mitoses un minuscule prothalle foliacé sous forme de cœur (Figure 1 et 2), organisme pluricellulaire haploïde (n). Le prothalle est un gamétophyte qui porte à la fois des organes reproducteurs mâles (anthéridie) (figure 3) et des organes reproducteurs femelles (Archégone) (figure 4). Le prothalle est fixé au sol par des racines qui assurent sa nutrition.



X 10

Fig 1: Gamétophyte

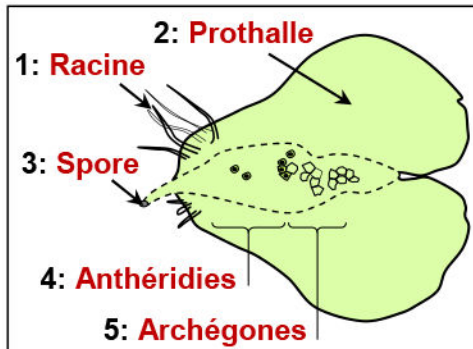


Fig 2: Schéma du gamétophyte

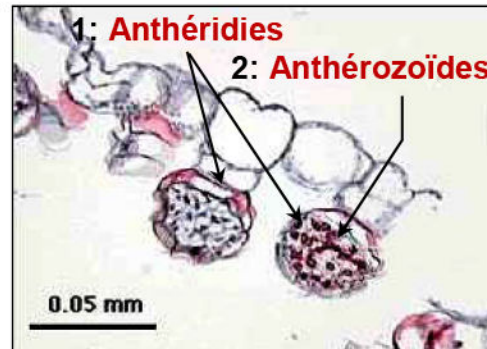


Fig 3: Les anthéridies

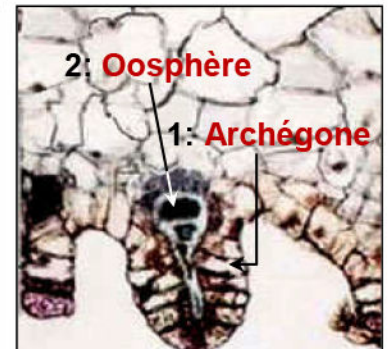


Fig 4 : L'archégone

En se référant au texte de ce document, légendez les figures puis déduisez les caractéristiques du gamétophyte (prothalle).

La légende : voir le document 13.

Le prothalle est formé de cellules chlorophylliennes haploïdes, qui s'organisent en lame mince cordiforme. Au niveau de sa face inférieure; apparaissent de petites racines, appelées rhizoïdes servant à absorber de l'eau, les éléments nutritifs et à sa fixation.

Au niveau de sa face inférieure le prothalle porte les organes sexuels mâles (Anthéridies) et femelles (Archégone).

Les anthéridies se forment au niveau de la partie mince du prothalle.

Les archégonies se forment au niveau de la partie épaisse du prothalle.

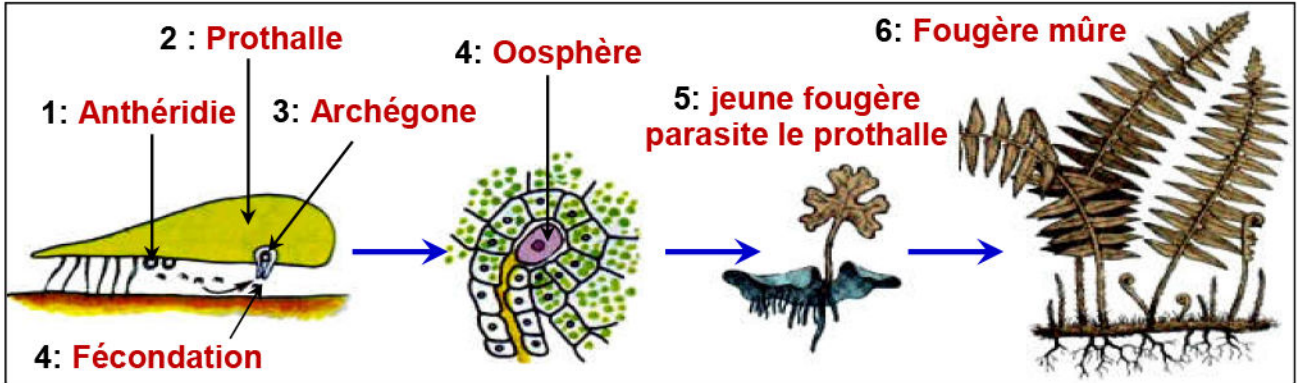
c- La fécondation et le développement de l'œuf: (voir document 14)

Document 14 : Les étapes de la fécondation chez la fougère

La figure ci-dessous montre les étapes de la fécondation chez le polypode, et le devenir de l'œuf fécondé chez cette fougère.

Décrivez les étapes de la fécondation chez le polypode, et indiquez le devenir de l'œuf fécondé.

(Suite) Document 14 : Les étapes de la fécondation chez la fougère



Une fois les anthérozoïdes et les oosphères murs, l'apparition d'une fine couche d'eau à la surface du prothalle est suffisante pour fissurer la membrane des anthérozoïdes et ouvrir les archégones. Grâce à leur mobilité, les anthérozoïdes libérés se déplacent dans la fine pellicule d'eau vers les oosphères. Un seul anthérozoïde arrive à féconder l'oosphère. L'œuf qui en résulte entre en division formant ainsi un embryon de fougère composé d'une tigelle fixée sur le prothalle, d'une radicelle et d'une petite feuille. Par la suite cette plantule devient indépendante du prothalle qui dégénère. De nouvelles feuilles apparaissent formant une jeune fougère.

Chapitre 3

Les cycles de développement des plantes

Introduction: Chez la majorité des plantes, on peut distinguer la succession de deux générations ; une première génératrice de gamètes et une deuxième qui débute par la formation de l'œuf. Ces deux générations sont séparées par deux importants événements :

- ✓ La méiose où se fait la réduction du nombre de chromosomes.
- ✓ La fécondation où deux gamètes haploïdes mâle et femelle fusionnent pour donner un zygote diploïde qui peut être à l'origine d'un nouvel individu diploïde.

La succession des générations s'intitule cycle de développement, et l'importance de chaque événement varie selon les grands groupes végétaux.

- Comment se présentent les cycles de développement des différents groupes végétaux?
- Quelle place occupent la fécondation et la méiose dans chacun de ces cycles?

I- Le cycle de développement des plantes à fleurs:

① Cycle de développement des angiospermes (Voir document 1)

Document 1: Le cycle de développement des angiospermes

Le schéma ci-dessous représente le cycle de développement d'angiosperme.

The diagram illustrates the life cycle of an angiosperm, divided into two main phases: **1) Meiosis (Anقسام اختزالي)** and **2) Mitosis (Anقسام غير مباشر)**.

Meiosis (Anقسام اختزالي):

- 2: Anthère** (Anther) contains **3: Cellule mère du grain de pollen 2n** (Pollen mother cell).
- Meiosis results in **4: Grain de pollen** (Pollen grain).
- The pollen grain contains **5: Cellule végétative** (Vegetative cell) and **6: Cellule reproductrice** (Reproductive cell).

Mitosis (Anقسام غير مباشر):

- The reproductive cell undergoes mitosis to form **3: Inibats حبة اللقاح** (Pollen grains).
- The vegetative cell forms **3: Inibat البذرة** (Seedling).

Fertilization and Embryo Development:

- The pollen grain germinates, forming a tube that reaches the **7: Stigmate** (Stigma), **8: Stylet** (Style), and **9: Ovaire** (Ovary).
- The pollen tube releases **10: Œuf** (Egg cell).
- The egg cell is fertilized by the reproductive cell, forming **11: Oosphère** (Oosphere).
- The oosphere develops into **12: Antipodes**, **13: Noyaux du sac** (Nuclei of the sac), and **14: Synergide**.
- The embryo sac develops into **15: Graine** (Seed).

Germination:

- The seed germinates, forming a seedling (**3: Inibat البذرة**).

1) Complétez le schéma et nommez les phénomènes (1, 2, ... 6) qui caractérisent les différentes phases de ce cycle de développement.

Document 1(Suite): Le cycle de développement des angiospermes

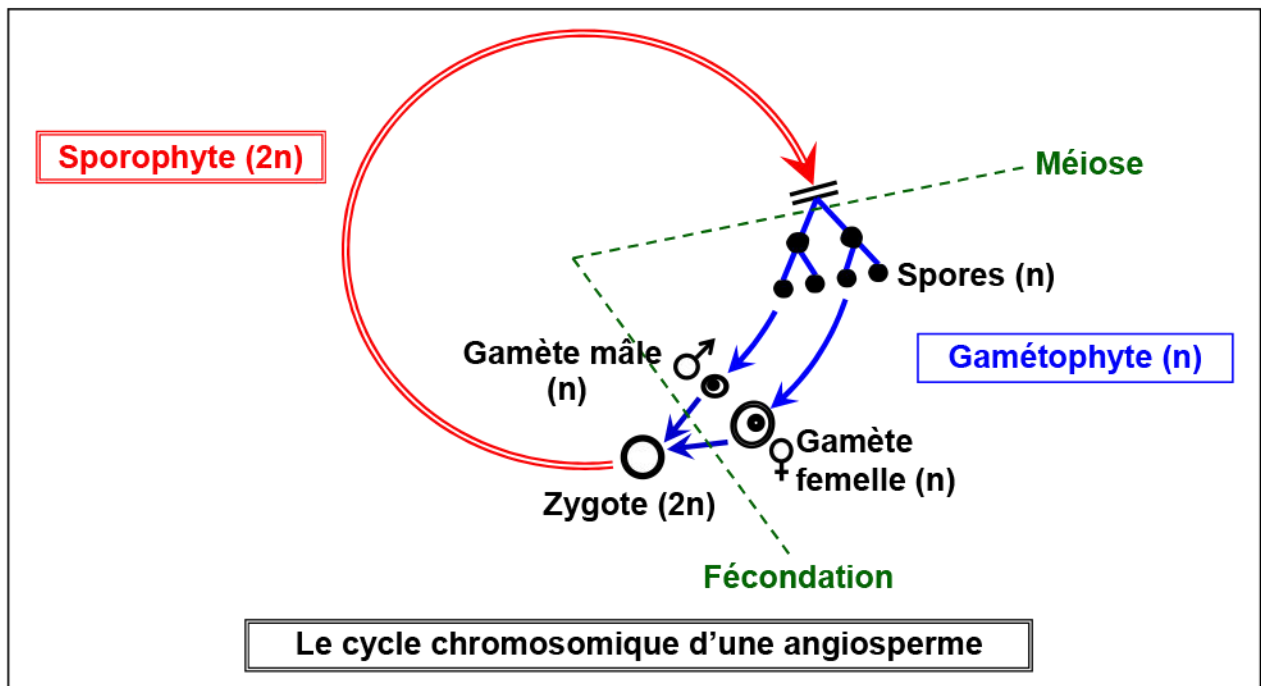
- 2) En se basant sur les données de ce document, schématisez le cycle chromosomique d'une plante angiosperme, en utilisant la légende suivante:
=> Phase (2n), -> Phase (n), • Spore ou spermatozoïde, O Œuf,
➔ Fécondation, || Méiose, ♂ Mâle, ♀ Femelle.
- 3) Déduire le type de cycle de développement chez les angiospermes.

1) Complétons le schéma (Voir document)

2) Le cycle chromosomique d'une angiosperme:

Au niveau des sacs polliniques, des cellules mères subissent la méiose et donnent des microspores haploïdes ; et parallèlement au niveau des ovaires ; des cellules mères subissent aussi la méiose et donnent des macrospores haploïdes. La plante feuillée des angiospermes produit donc des spores ; c'est un sporophyte (Phase diploïde).

La croissance et la multiplication des spores donnent des gamètes. Une microspore engendre le grain de pollen qui est un gamétophyte mâle. Une macrospore engendre un sac embryonnaire qui est un gamétophyte femelle.

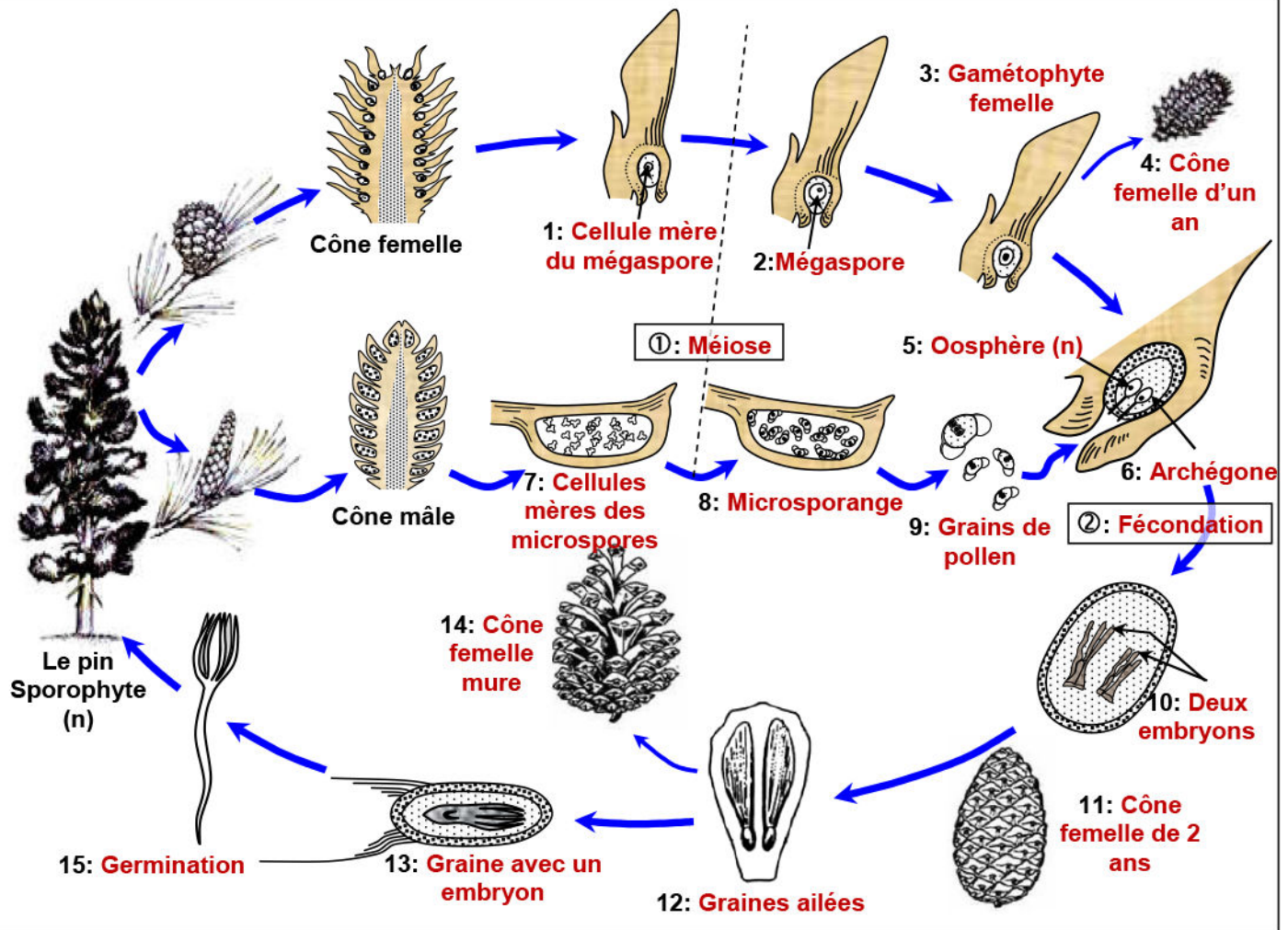


- 3) Chez les angiospermes la phase haploïde est réduite aux gamétophytes mâles et femelles qui se développent sur le sporophyte. Le cycle chromosomique est donc un cycle diplophasique.

② **Cycle de développement des gymnospermes** (Voir document 2)

Document 2: Le cycle de développement des gymnospermes

Le schéma ci-dessous représente le cycle de développement de la gymnosperme.



- 1) Annotez ce schéma, puis situer la place de la méiose et la place de la fécondation chez le pin (① ou ② ?).
- 2) En se basant sur les données de ce document, schématisez le cycle chromosomique d'une plante gymnosperme.
- 3) Déduire le type de cycle de développement chez les gymnospermes.

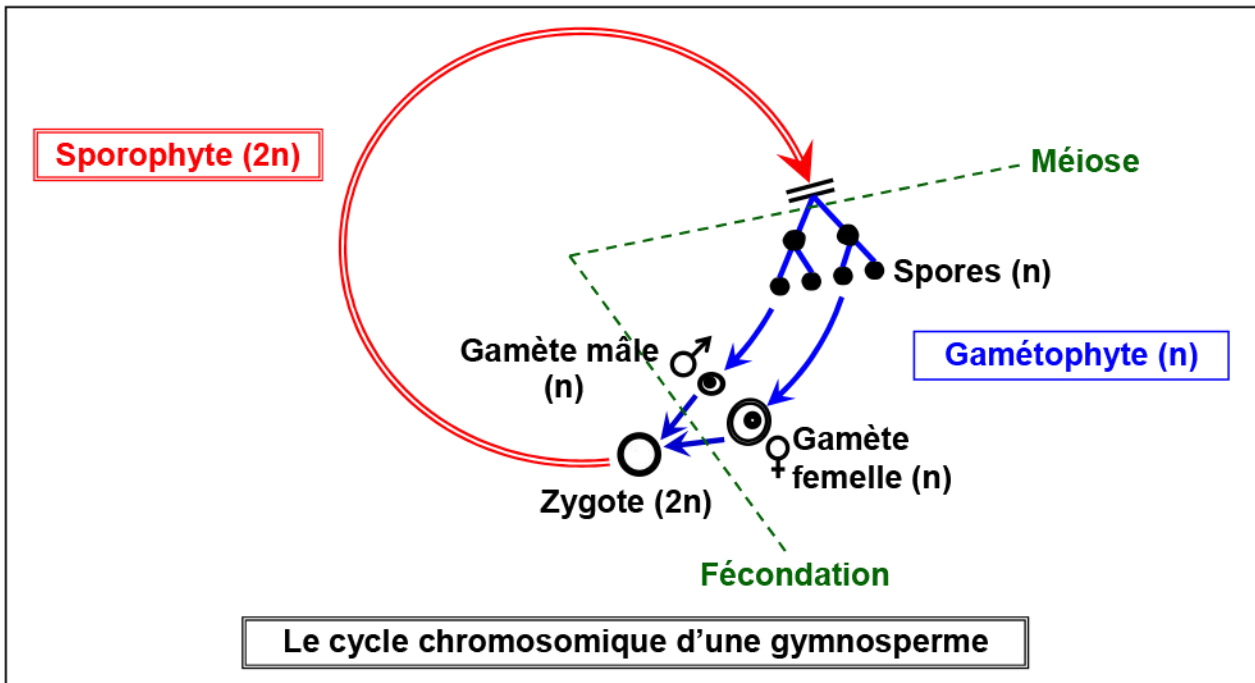
1) Annotation du schéma (Voir document)

2) Le cycle chromosomique d'une gymnosperme:

Au niveau des sacs polliniques (microsporangies) des cônes mâles, des cellules mères subissent la méiose et donnent des microspores haploïdes ; et parallèlement au niveau des macrosporangies des cônes femelles ; des cellules mères subissent aussi la méiose et donnent des mégaspores haploïdes. La plante feuillée des gymnospermes produit donc des spores ; c'est un sporophyte (Phase diploïde).

La croissance et la multiplication des microspores donnent des grains de pollen, ces derniers engendrent des gamètes mâles, donc le grain de pollen est un gamétophyte mâle.

Le développement du mégaspore engendre l'endosperme qui individualise deux ou trois archégones. Ces archégones donnent une oosphère. L'endosperme est donc un gamétophyte femelle.



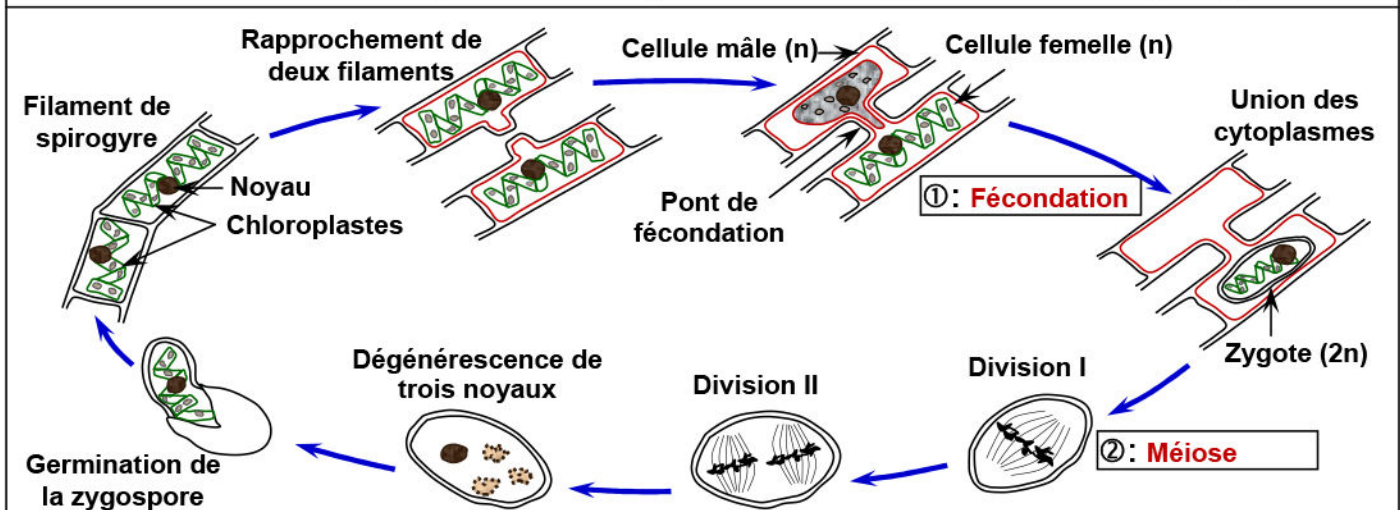
3) Le cycle des gymnospermes est caractérisé par l'alternance d'une génération sporophytique avec une génération gamétophytique. Le gamétophyte se développe sur le sporophyte. C'est un cycle diplophasique.

II - Le cycle de développement des plantes sans fleurs:

① Cycle de développement d'une algue, la spirogyre (Voir document 3)

Document 3: Le cycle de développement d'une algue verte, la spirogyre

Le schéma ci-dessous représente le cycle de développement de la spirogyre.

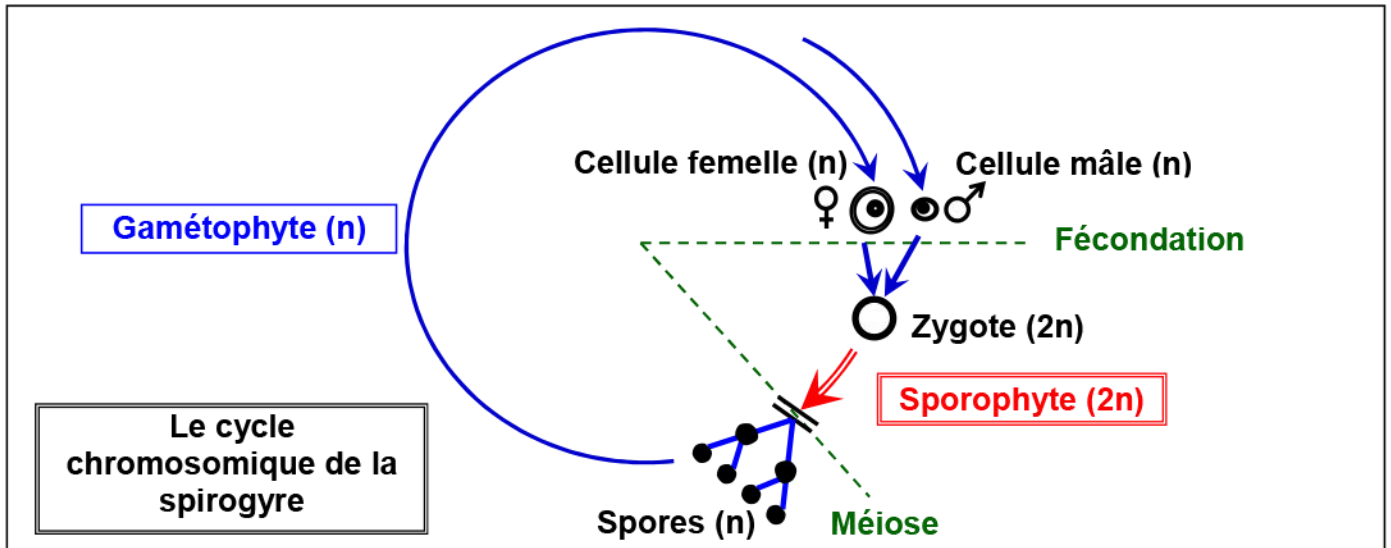


- 1) Situez la place de la méiose et la place de la fécondation chez la spirogyre (① ou ② ?).
- 2) En se basant sur les données de ce document, schématisez le cycle chromosomique de la spirogyre.
- 3) Déduire le type de cycle de développement chez la spirogyre.

1) Situons la place de la méiose et la place de la fécondation (Voir le document).

2) Le cycle chromosomique de la spirogyre:

La spirogyre se présente sous forme de filament pluricellulaire. Les filaments de sexe opposé peuvent s'apparier et former des ponts de fécondation. Le contenu cytoplasmique de la cellule mâle passe dans le cytoplasme de la cellule femelle, et fusionne avec son contenu. Les deux noyaux des deux cellules s'unissent et donnent naissance à un zygote diploïde, qui entre en vie ralentie. Lorsque les conditions de vie deviennent favorables, l'œuf s'active et subit une méiose pour donner quatre noyaux haploïdes dont trois dégénèrent. La cellule restante est une zygospore haploïde qui germe pour donner un nouveau filament.

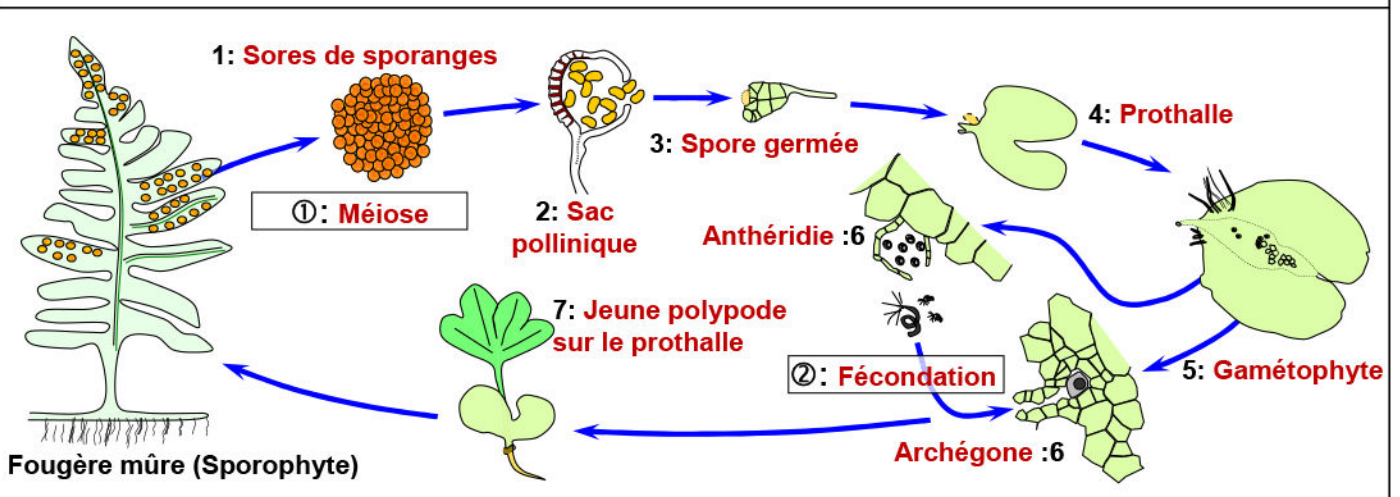


3) Le cycle de la spirogyre est réduit à une seule phase gamétophytique, la méiose suit directement la fécondation. C'est un cycle haplophasique.

② Cycle de développement de la fougère (Voir document 4)

Document 4: Le cycle de développement de la fougère

Le schéma ci-dessous représente le cycle de développement d'une fougère.



1) Annotez ce schéma, et situer la place de la méiose et de la fécondation.

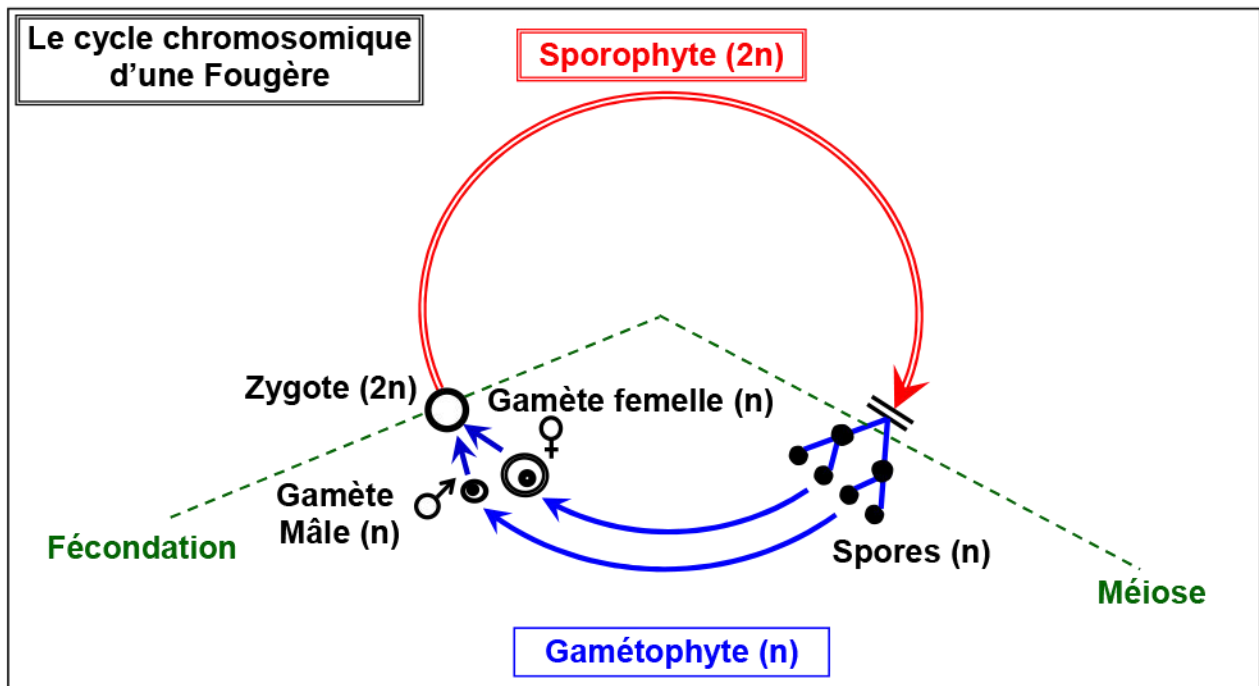
2) En se basant sur les données de ce document, schématisez le cycle chromosomique de la fougère.

3) Déduire le type de cycle de développement chez la fougère.

- 1) Annotons le schéma (Voir document).
- 2) Le cycle chromosomique de la fougère:

La fougère vit sous deux formes:

- ✓ La forme feuillée qui à maturité produit des sporanges où des cellules mères subissent la méiose et donnent des spores haploïdes (n); cette forme est un sporophyte diploïde (2n).
- ✓ Le prothalle qui provient de la germination d'une spore, et qui porte des anthéridies, lieu de formation des anthérozoïdes, et des archégones contenant chacune une oosphère. Le prothalle est donc un gamétophyte haploïde (n).



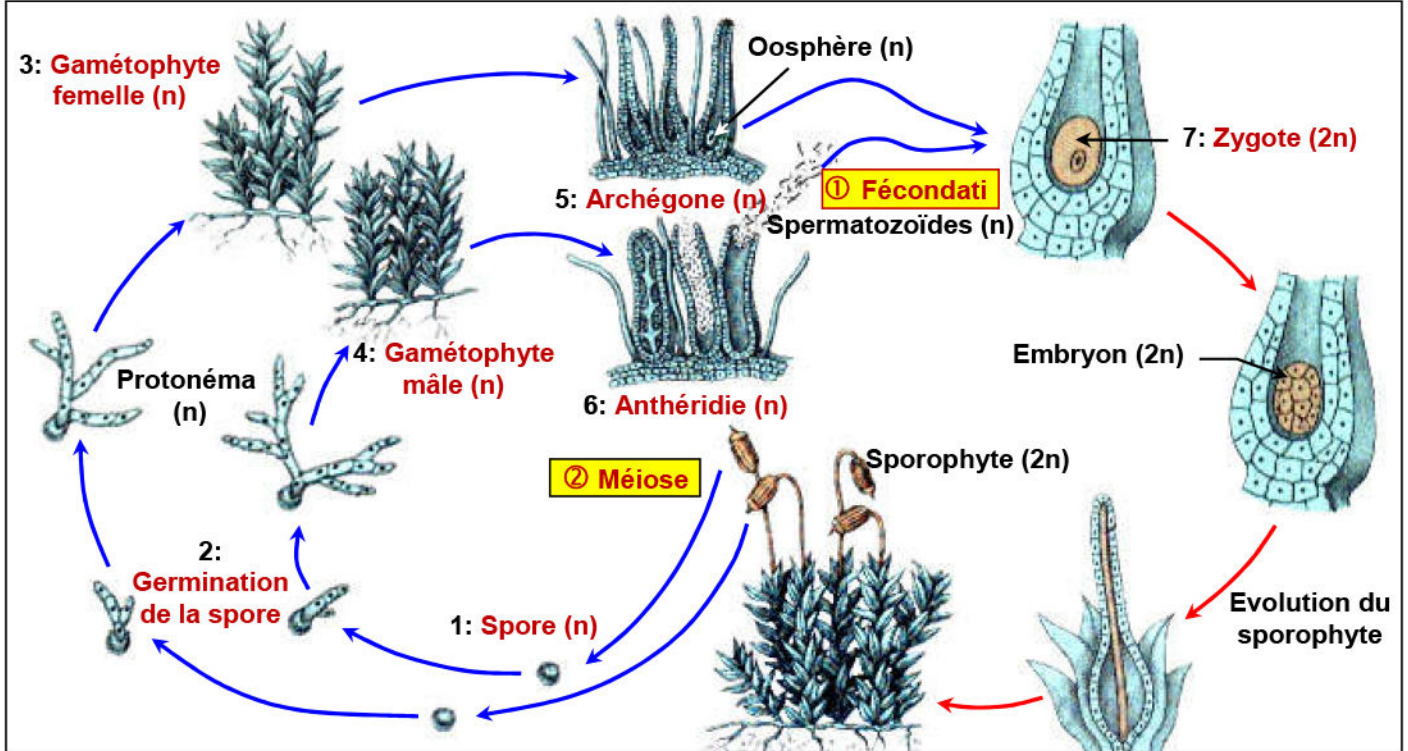
- 3) Chez les fougères, le cycle de développement se déroule par alternance de deux phases d'importance inégale: la phase sporophytique diploïde (plus importante), et la phase gamétophytante haploïde. C'est un cycle diplo-haplophasique.

③ Cycle de développement des mousses (Voir document 5)

Document 5: Le cycle de développement des mousses

Le schéma ci-dessous représente le cycle de développement d'une mousse : le polytric.

- 1) Annotez ce schéma, puis situer la place de la méiose et la place de la fécondation chez le polytric (① ou ② ?).
- 2) En se basant sur les données de ce document, schématisez le cycle chromosomique du polytric.
- 3) Déduire le type de cycle de développement chez le polytric.

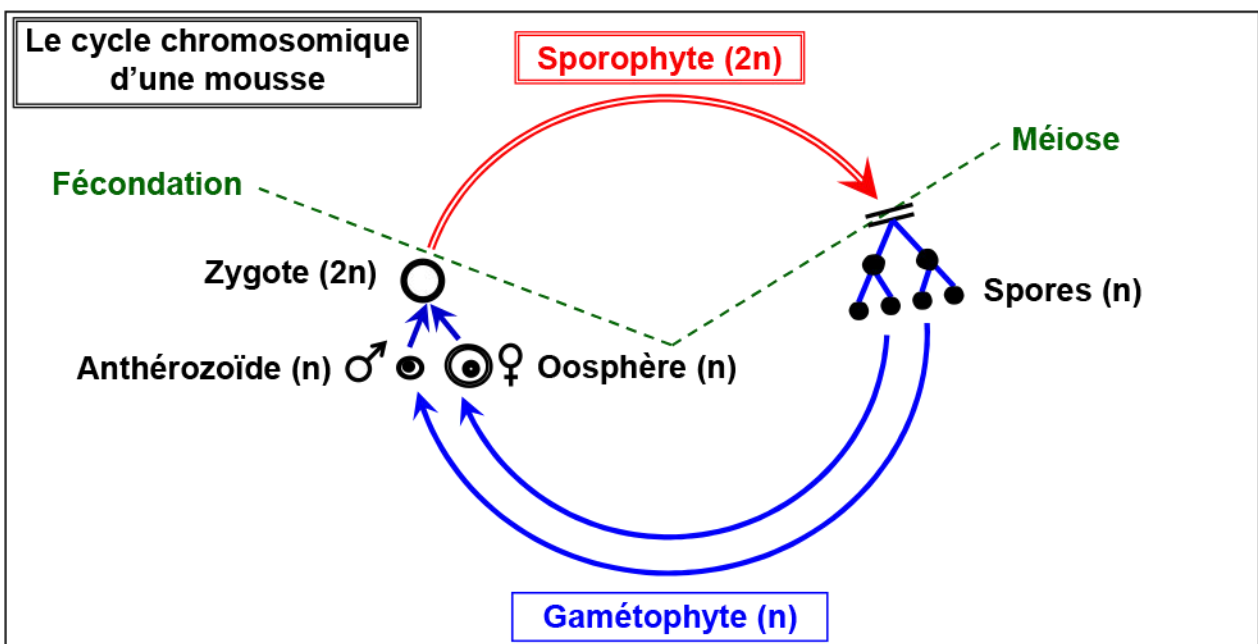


1) Annotons le schéma (Voir document).

2) Le cycle chromosomique des mousses:

Le polytrich vit dans des milieux humides. Il présente des touffes de pieds mâles et de pieds femelles.

Les pieds mâles (n) produisent des anthérozoïdes dans des anthéridies et les pieds femelles (n) produisent des oosphères dans les archégon, ce sont des gamétophytes. La fécondation donne un zygote qui se développe sur le gamétophyte femelle et donne un sporophyte diploïde ($2n$) au sommet duquel un sporange libère des spores haploïdes (n). La germination des spores donne une touffe de mousse haploïde.



3) Chez les mousses, le cycle de développement se déroule par alternance de deux phases d'importance inégale: la phase gamétophytique haploïde (plus

importante), et la phase sporophytique diploïde. C'est un cycle haplodiplophasique.

III – Bilan

La succession des phénomènes de la fécondation et de la méiose d'une génération à l'autre est appelée le cycle de développement des plantes.

Le cycle est divisé en deux phases ; une phase diploïde et une phase haploïde. On distingue 3 types fondamentaux de cycles de développement :

- ✓ **Cycle haploïde** : cycle où la phase diploïde est réduite au stade œuf et la méiose se passe directement après la formation de l'œuf.
- ✓ **Cycle diploïde** : cycle où la phase diploïde domine, alors que la phase haploïde est réduite au stade gamète.
- ✓ **Cycle haplodiplophasique** : cycle où les deux phases codominent.

La reproduction asexuée chez les plantes

Introduction: les plantes à fleurs et les plantes sans fleurs se multiplient à l'aide de la reproduction sexuée. Elles peuvent également se reproduire naturellement sans l'intervention de cellules sexuelles ; c'est-à-dire de manière asexuée. Ce mode de reproduction s'appelle la multiplication végétative.

- En quoi consiste la multiplication végétative? Et comment s'effectue-t-elle?
- Quelles sont ses applications? Et quel est son intérêt dans le domaine agricole?

I- La multiplication végétative:

① Formes de la multiplication végétative

a- Observation de quelques modalités de la reproduction asexuée:

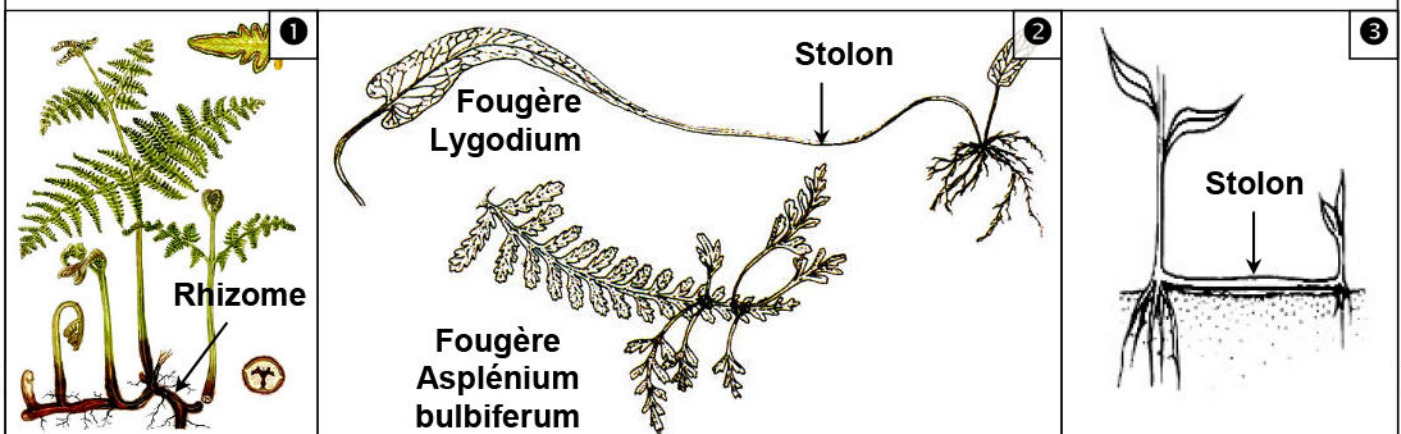
(Voir document 1)

Document 1: Quelques modalités de la multiplication végétative

★ Le polypode est une fougère qui possède une tige souterraine: le rhizome qui s'étale horizontalement dans le sol, et sur toute sa longueur se forment des racines et de nouvelles pousses aériennes (Fig ①).

★ Chez la fougère Asplénium bulbiforme se forment sur les feuilles au niveau des sporanges, des bulbillles qui se donnent de nouvelles plantes (Fig ②).

★ Chez la fougère Lygodium, des feuilles s'allongent énormément pour former des stolons. Une fois au sol, Ces stolons peuvent former de nouvelles plantes Fig ② et Fig ③.



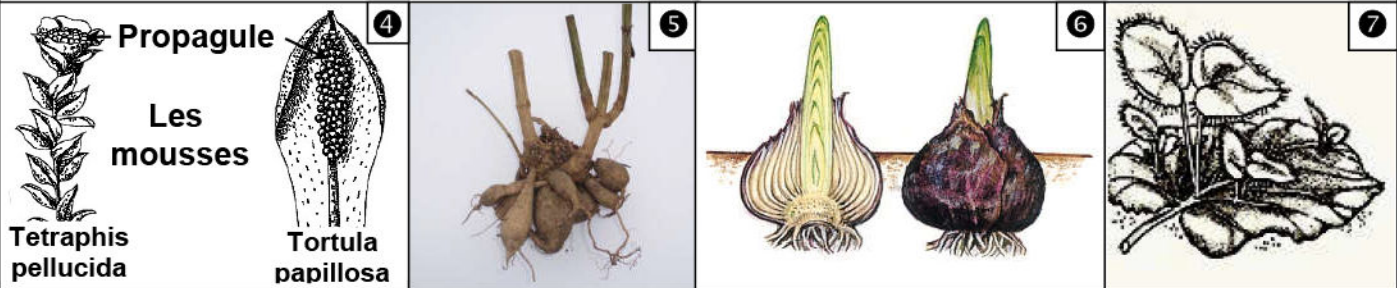
★ Chez les mousses, au sommet de la tige se forme un capitule constitué par de petits massifs cellulaires, ce sont les propagules. Ces dernier se détachent du capitule et donnent chacun un nouvel individu identique à la plante mère (Fig ④).

★ Le tubercule (Pomme de terre (Fig ⑤)) est un organe de réserves nutritives souterrain formé par un renflement de la tige. Il porte des bourgeons (Des yeux) qui se développent à la germination pour donner de nouvelles plantes.

★ Le bulbe (Oignon (Fig ⑥)) est un organe de réserves nutritives souterraines formées par le renflement de la tige ou des feuilles à la base de la tige. Le bulbe porte un bourgeon central qui se développe pour donner une nouvelle plante.

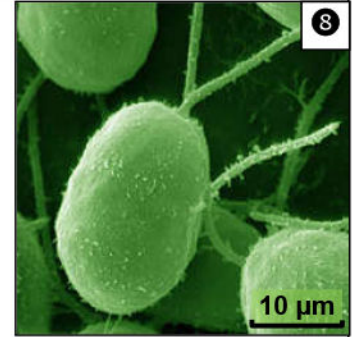
★ Certaines plantes comme le bégonia (Fig ⑦) possèdent des feuilles qui, une fois au sol, peuvent former des racines et poussent en nouvelle plantes.

(Suite) Document 1: Quelques modalités de la multiplication végétative



★ Chez la chlamydomonas (Fig 8), la multiplication végétative se fait par bipartition. C'est une reproduction conforme qui consiste à la division d'une cellule en deux cellules génétiquement identiques à la cellule mère.

En se basant sur les données de ce document, citer les différents modes de la multiplication végétative et indiquer les organes qui interviennent.



b- Exploitation des données du document:

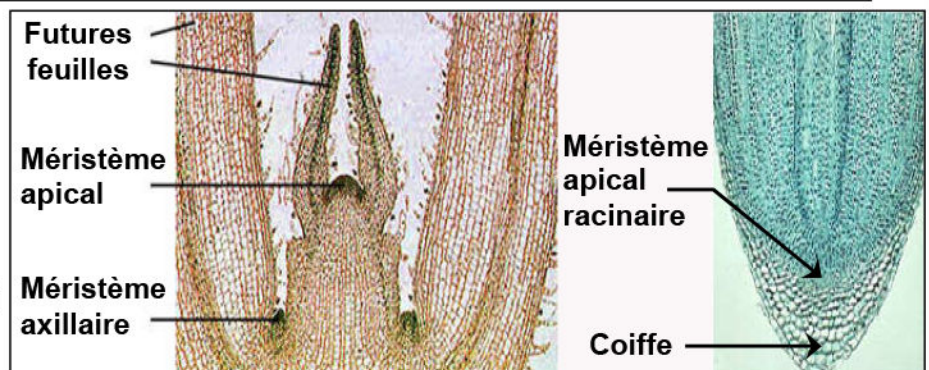
Les végétaux se reproduisent asexuellement donnant des plantules qui ressemblent à la plante mère : c'est la multiplication végétative qui peut être faite par:

- ★ Des tiges, des racines ou des feuilles qui peuvent se transformer en organes de réserves comme les rhizomes, les tubercules ou les bulbes. Ces structures végétatives possèdent des bourgeons qui leur permettent une multiplication végétative naturelle.
- ★ Des feuilles ou des tiges aériennes (stolons) qui sont des organes aériennes, dont le contact avec le sol permet l'enracinement et le développement d'une nouvelle plante identique à la plante mère.
- ★ Les bulbilles et les propagules qui sont des organes capables de régénérer de nouvelles plantes.
- ★ Des cellules spécialisées qui se multiplient par bipartition pour donner une nouvelle plante.

② Les structures histologiques intervenant dans la multiplication végétative. (Voir document 2)

Document 2: Structures histologiques intervenant dans la multiplication végétative

Le document ci-contre, montre une coupe de bourgeon et de l'apex racinaire. Qui présentent les organes végétaux assurant la multiplication végétative. Décrire l'aspect de ces organes.



Les organes végétaux qui assurent la multiplication végétative forment les bourgeons. A l'extrémité du bourgeon apical, se trouve un amas de cellules indifférenciées qui se multiplient activement. Il forme le méristème.

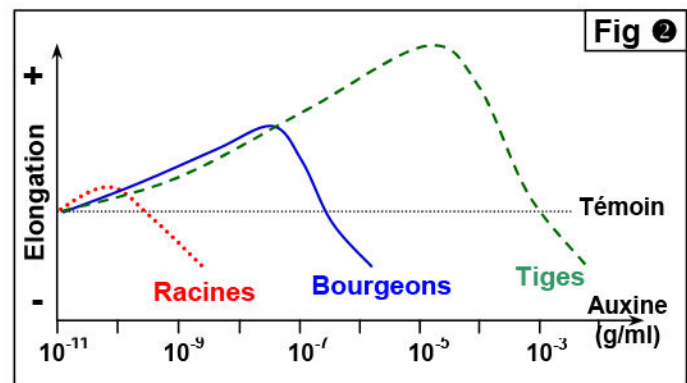
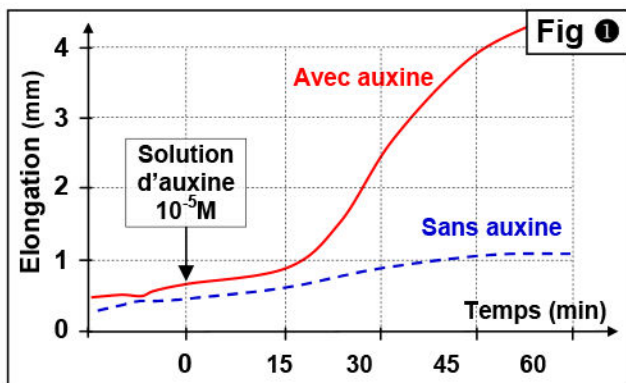
Les méristèmes se situent aussi à l'extrémité des racines et à l'aisselle des feuilles. Les cellules du méristème se divisent activement, mais leur nombre ne change pas ; cela signifie que certaines cellules issues de la division se différencient pour donner la tige, les feuilles et la racine, et d'autres cellules restent indifférenciées formant le méristème.

③ Les facteurs chimiques intervenant dans la multiplication végétative. (Voir document 3)

Document 3: Facteurs chimiques intervenant dans la multiplication végétative

★ On mesure l'élongation de portions d'une jeune tige de soja placées dans un milieu liquide aéré et renouvelé avec ou sans auxine (Hormone végétale synthétisée au niveau des bourgeons). Le résultat de cette expérience est présenté par la figure ①.

★ La figure ② montre l'influence de la concentration des tissus en auxine sur l'élongation de différents organes d'une plante.



En s'appuyant sur les données de la figure ① et ②, déduire l'effet de l'auxine sur les plantes et la relation entre la concentration de cette hormone et son effet sur les organes intervenant dans la multiplication végétative.

La plante produit l'auxine qui est une hormone (Agit à distance et à faible dose) synthétisée au niveau des bourgeons. Cette hormone contrôle la croissance de la plante. Lorsque l'auxine est ajoutée dans le milieu (Figure ①), on constate une augmentation remarquable de la vitesse de croissance après un temps de latence de 15 minutes.

La concentration élevée de l'auxine au niveau des zones proches du lieu de sa synthèse induit l'élongation des cellules (tiges) et par conséquent croissance de la plante.

L'auxine assure aussi la différenciation des cellules permettant ainsi l'apparition de différents organes de la plante.

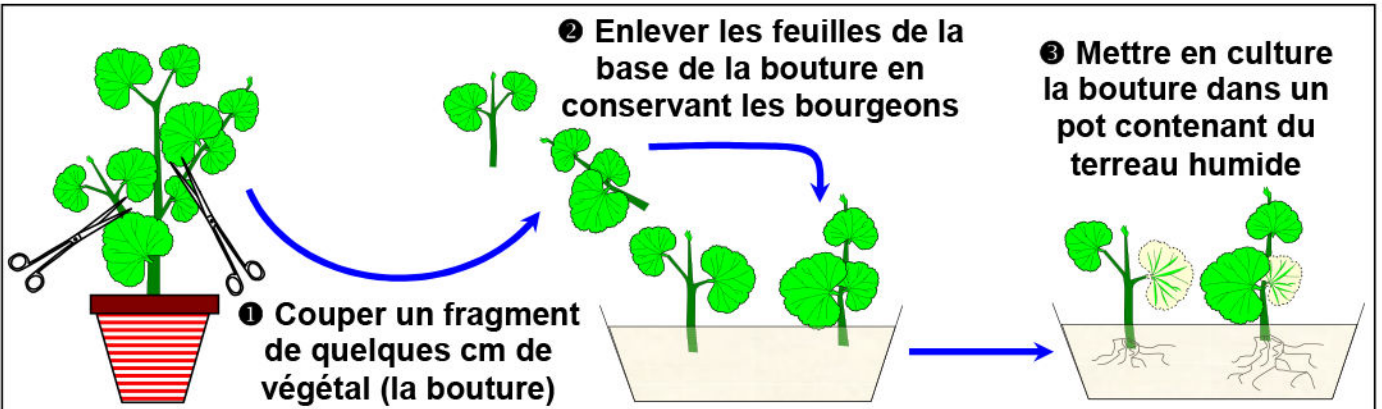
Les organes végétaux intervenant dans la multiplication végétative, permettent, sous l'effet de l'auxine, la formation de nouvelles plantes entières.

II – Applications de la multiplication végétative dans le domaine agricole:

① Le bouturage (Voir document 4)

Document 4: Le bouturage

La figure ci-dessous présente les étapes du bouturage.



En se basant sur les données de ce document, déterminer ce qui caractérise la technique de bouturage.

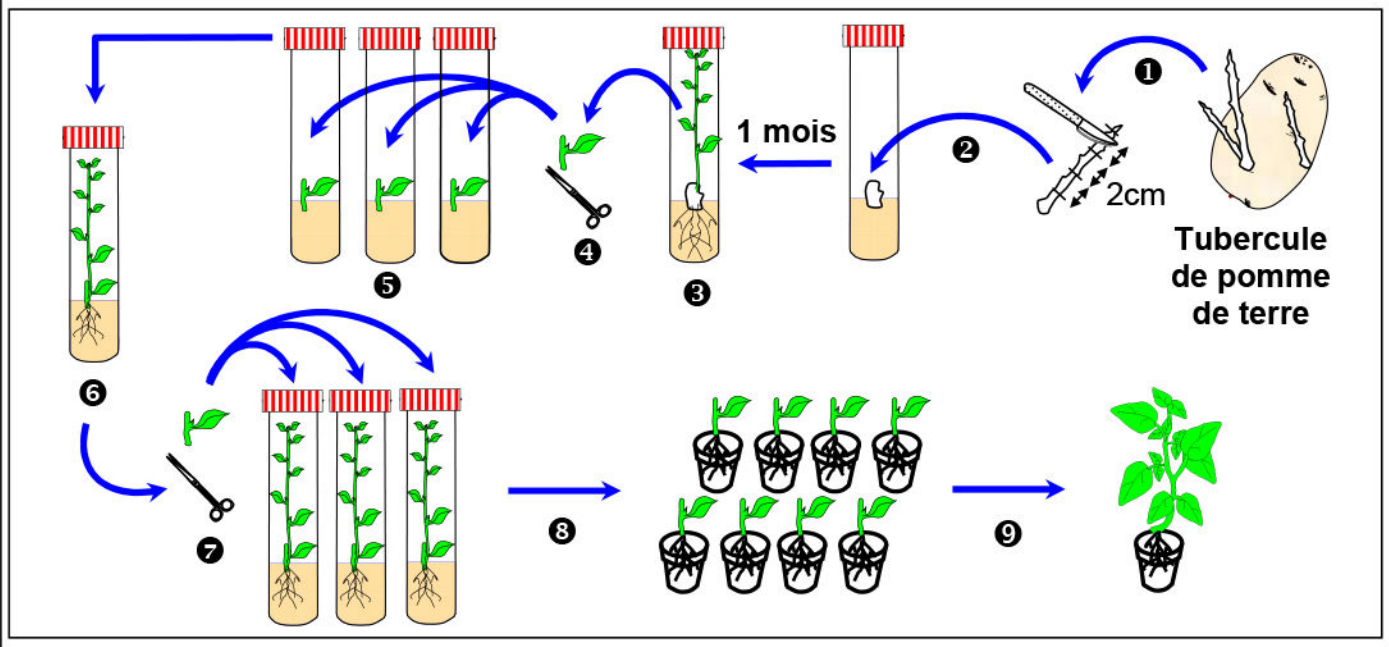
Le bouturage consiste à enterrer partiellement ou intégralement dans le sol un fragment d'organe végétal, la bouture. Ce fragment de végétal est souvent un morceau de tige portant des bourgeons (elle peut être aussi un fragment de feuille ou de racine).

Le bouturage est donc une technique de multiplication végétative qui consiste à donner naissance à une nouvelle plante entière identique à la plante mère. Les organes végétaux se forment à partir du méristème localisé dans des bourgeons.

② Le microbouturage; une technique de culture in vitro (Voir document 5)

Document 5: Le microbouturage; une technique de culture in vitro

La figure ci-dessous présente les étapes de la culture de la pomme de terre.



Document 5 (Suite): Le microbouturage; une technique de culture in vitro

- ① = Prélèvement d'un bourgeon du tubercule de pomme de terre.
- ② = Mise en culture du bourgeon dans un milieu approprié.
- ③ = Régénération d'une plante à partir du bourgeon après un mois.
- ④ = Fragmentation de la tige de façon que les fragments possèdent des bourgeons
- ⑤ = Repiquage de chaque bouture dans un milieu de culture.
- ⑥ = Régénération d'un plant à partir de la bouture dans chaque milieu.
- ⑦ = Fragmentation de la tige et repiquage des boutures.
- ⑧ = Développement de nouveaux plants dans des pots
- ⑨ = Mise en terre des plants pour entamer une nouvelle culture.

Décrire les étapes de la multiplication végétative in vitro de la pomme de terre puis déduire les caractéristiques du microbouturage.

La culture in vitro de la pomme de terre se fait à partir d'un tissu de tigelle stérilisée. Les repiquages successifs permettent la production d'un grand nombre de plants ou vitro-plants mis en culture sous serre pour optimiser leur développement avant de les transférer en champ.

Le microbouturage est une multiplication végétative in vitro. C'est une culture de morceaux de plante dans un milieu synthétique (sels minéraux, hormones végétales comme l'auxine...) dans des conditions stériles et un environnement contrôlé. Par microbouturage on peut produire des milliers de plantes filles identiques ou clones qui ont gardé les mêmes caractères héréditaires de la plante mère.

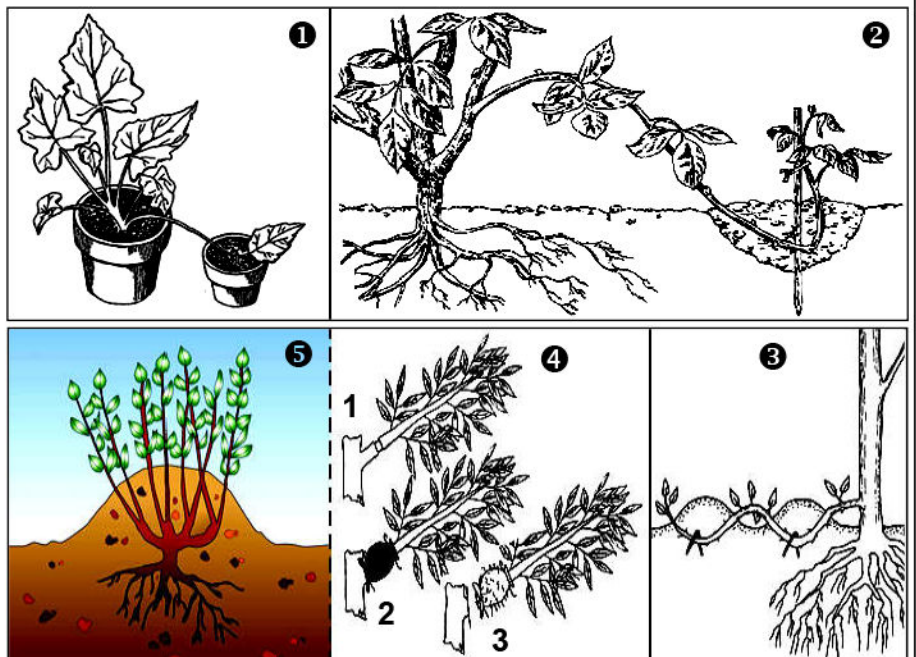
③ Le marcottage (Voir document 6)

Document 6: Le marcottage

Les figures ci-dessous représentent quelques modes de marcottage.

- ① = Le marcottage en pot.
- ② = Le marcottage par couchage.
- ③ = Le marcottage en serpenteau.
- ④ = Le marcottage aérien.
- ⑤ = Le marcottage par buttage

En se basant sur ces figures, décrire les différents modes de marcottage puis définir la technique de marcottage.



A partir des figures on peut distinguer trois types de marcottage:

- ★ Le marcottage par couchage (①, ②, ③): un rameau mûr sain suffisamment souple est plié jusqu'au sol. On l'enterre partiellement tout en le gardant attaché à la plante mère. Des racines se forment peu à peu sur la partie enterrée. Lorsque les racines sont bien formées, on coupe la marcotte pour la séparer du pied mère.
- ★ Le marcottage aérien (④) : il se pratique sur les plantes trop rigides pour être pliées. On choisit une branche d'un arbre dont on enlève les feuilles. Puis on coupe un anneau de l'écorce de la branche. On couvre l'emplacement de l'incision annulaire d'un substrat mouillé (la tourbe par exemple), et d'un film plastique transparent. On recouvre le tout d'un papier aluminium pour opacifier. Quand les racines se développent suffisamment, on sèvre la tige marcottée de la plante mère et on la met en pot.
- ★ Le marcottage par buttage ou en cépée (⑤): il se pratique sur les plantes rigides que l'on ne peut pas plier jusqu'au sol. Durant l'hiver, on rabatte la plante à environ 10 centimètres. Au printemps, on recouvre d'un mélange de terre, sable et terreau. A l'hiver, des racines se sont formées sur chaque rameau qui pourra alors être sevré et replanté.

Le marcottage est une technique de multiplication végétative qui consiste à enterrer au sol une partie aérienne de la plante (la marcotte) et qui reste attachée à cette plante mère pour faire apparaître des racines. Puis à isoler la marcotte de la plante mère afin d'obtenir une nouvelle plante.

④ Le greffage (Voir document 7)

Document 7: Le greffage

Certaines plantes n'émettent pas, ou émettent difficilement des racines. Le greffage est une technique qui consiste à implanter une portion de végétal ou greffon, à une plante déjà enracinée ou porte-greffe.

Les figures ci-dessous présentent les étapes de greffage en écusson (Bourgeon).

① = Préparer le porte greffe. ② = Détacher l'écusson doté d'un bourgeon.

③ = Placer le greffon. ④ = Ajuster la mise en place. ⑤ = Ligaturer sans trop serrer.



En se basant sur ces figures, déterminer ce qui caractérise la technique de greffage puis décrire les étapes greffage en écusson.

Le greffage est une technique qui consiste à fixer sur une plante (Porte-greffe), un fragment de végétal un bourgeon (Le greffon).

Le greffon se développe sur le porte-greffe en donnant des rameaux, des fleurs, puis des fruits.

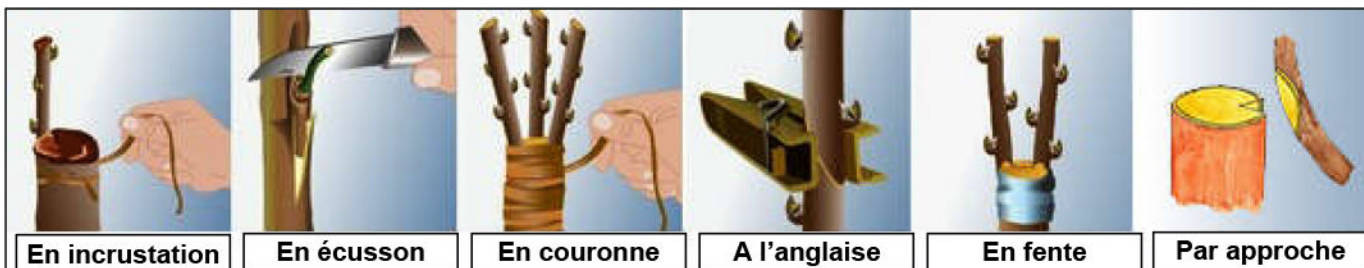
Le greffage en écusson se fait selon les étapes suivantes:

- ★ L'étape ❶: On nettoie la base du porte-greffe avec un chiffon humide, et avec la lame d'un greffoir bien désinfecté et affûté, entailler horizontalement l'écorce sur 2 cm de largeur, puis verticalement sur 3 à 4 cm de hauteur, en partant du bas.
- ★ L'étape ❷: Avec le greffoir, on prélève un écusson qui est un seul bourgeon avec une partie de l'écorce. On retourne ensuite l'écusson pour vérifier qu'il ne reste pas de bois et que le bourgeon n'est pas abîmé.
- ★ L'étape ❸: Avec la spatule, on soulève l'écorce du porte-greffe, de part et d'autre de la fente verticale, et on glisse ensuite la partie inférieure de l'écusson, puis faire de même de l'autre côté.
- ★ L'étape ❹: On descend l'écusson jusqu'en bas de la fente. On coupe la partie supérieure du greffon au même niveau que la fente horizontale pour que les deux cambiums (parties vertes) sous l'écorce soient bien en contact. C'est important : c'est à ces endroits que la soudure va s'effectuer.
- ★ L'étape ❺: Avec un lien de raphia humide (Genre de palmier), On couvre au maximum les entailles pratiquées sans couvrir le bourgeon. On noue bien l'extrémité du lien à l'opposé de l'écusson.

Remarque: Les différents types de greffage (Voir le document 8)

Document 8: Les différents types de greffage

Les figures ci-dessous présentent les différents types de greffage:



Il existe deux grands types de greffage :

- ✓ Les greffages en tête; comme la greffe en incrustation, la greffe à l'anglaise, la greffe en fente.
- ✓ Les greffages latéraux; comme la greffe en écusson, la greffe en couronne et la greffe par approche.

Décrire les différents types de greffage.

- ✓ **Les greffes en tête:** Chercher à fixer sur la partie terminale du porte greffe un greffon muni de bourgeons.
- ✓ **Les greffes latérales:** La greffe se fait par perforation latérale.

Chapitre 5

La modification génétique des plantes

Introduction: Les plantes génétiquement modifiées sont des plantes dont le programme génétique a été modifié à la suite de l'introduction d'un gène étranger dans leur matériel génétique ; ce qui permet à ces plantes d'acquérir un caractère nouveau : c'est la transgénèse.

- Comment se fait la modification génétique des plantes?
- Quelles sont les avantages et les risques de la transgénèse?
- La dispersion des plantes génétiquement modifiées peut-elle avoir des effets sur la santé et sur l'environnement ?

I- La modification génétique naturelle des plantes:

① **La galle du collet; tumeur héréditaire naturelle** (Voir document 1)

Document 1: La modification génétique naturelle des plantes

★ La galle du collet; tumeur naturelle:

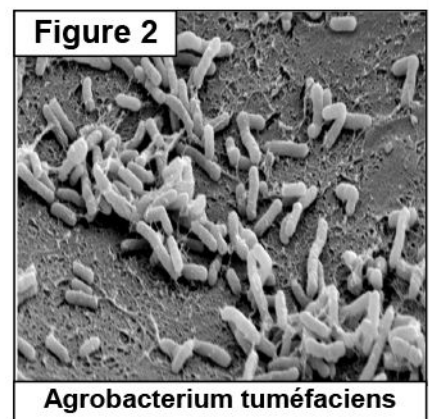
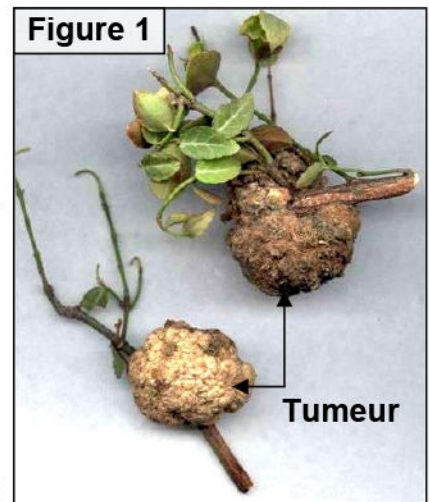
La chute de la température cause chez certaines plantes des lésions qui peuvent donner par la suite des tumeurs (Prolifération anarchique des cellules) localisées au niveau du collet (Entre la racine et la tige) Voir la figure 1.

★ La bactérie; un transporteur naturel :

Des études ont montré que la tumeur est due à une bactérie qui vit dans le sol, appelée *Agrobacterium tuméfaciens* (A.T) (Voir figure 2). Après la blessure de la plante, la bactérie A.T entre en contact avec une cellule végétale, et injecte une partie de son matériel génétique qui s'incorpore au matériel génétique du végétal. Ainsi les cellules infectées sont modifiées et développent des tumeurs.

★ La plante acquiert donc un nouveau caractère, c'est qu'elle libère des composés (Les opines) qui sont utilisés par la bactérie pour sa croissance et sa multiplication. La plante est modifiée génétiquement.

Déduire de l'analyse de ces données la notion de modification génétique naturelle.



La bactérie *Agrobacterium tuméfaciens* peut entrer en contact avec une cellule végétale, et lui injecter une partie de son matériel génétique, qui s'incorpore avec celui de ce végétal. Ainsi les cellules infectées sont modifiées génétiquement.

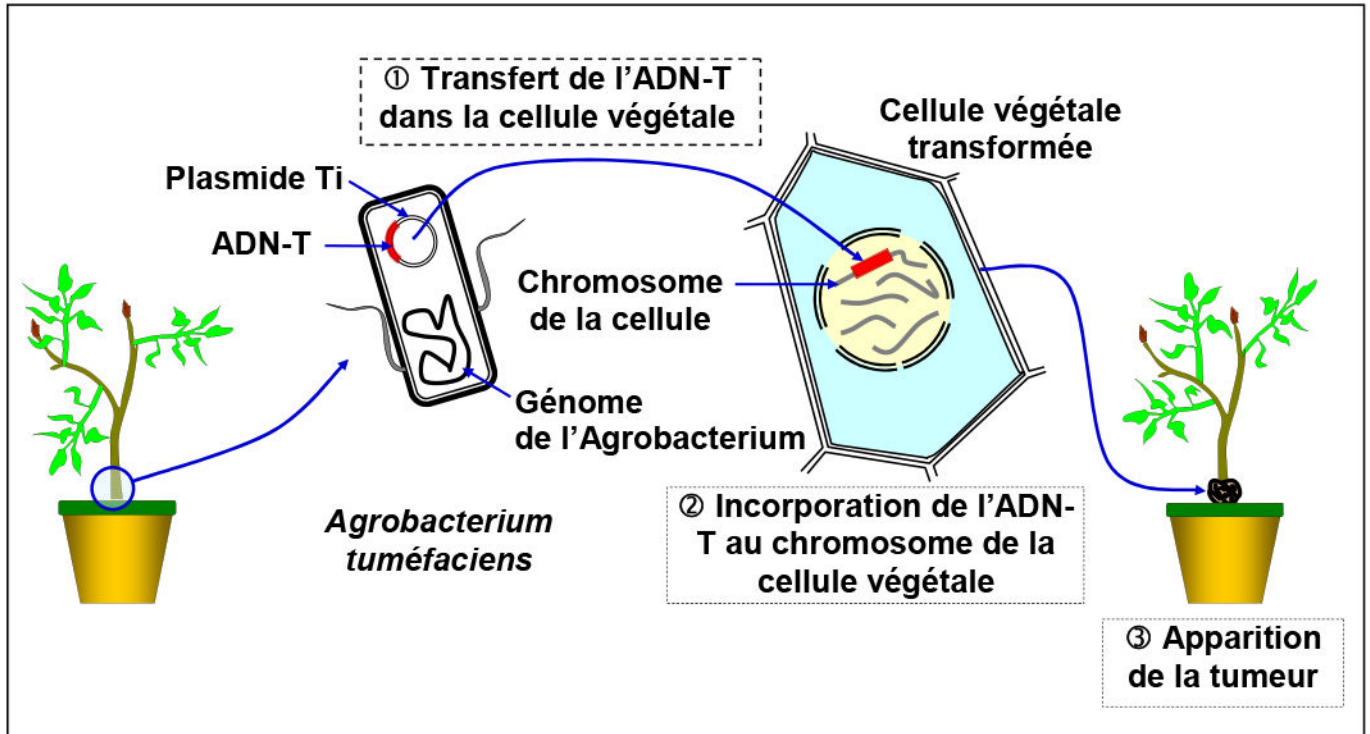
Le transfert du matériel génétique d'une espèce à une autre peut se faire naturellement, on parle de modification génétique naturelle ou transgénèse naturelle.

② Rôle du plasmide Ti dans cette transgénèse (Voir document 2)

Document 2: Rôle du plasmide Ti dans la transgénèse naturelle

La bactérie A.T possède un chromosome spécial et des plasmides Ti (Les plasmides sont des fragments d'ADN circulaires). Des expériences ont montrées que la destruction des plasmides chez la bactérie A.T, rend cette dernière incapable d'induire des tumeurs chez les plantes.

Pour comprendre comment se fait la modification génétique des cellules infectées de la plante, on propose la figure suivante:



A partir de l'analyse des données de ce document :

- 1) Montrer que le plasmide Ti de la bactérie A.T est responsable de la tuméfaction de la plante.
- 2) Préciser la relation entre la modification génétique naturelle de la plante et la bactérie A.T.
- 3) Définir l'organisme transgénique.

- 1) La bactérie A.T dépourvue de son plasmide Ti, ne provoque pas l'apparition de la galle du collet. On conclut alors que le responsable de la formation de tumeurs est le plasmide Ti (inducteur de tumeurs: Tumor-Inducing).
- 2) Au contact de la bactérie avec une cellule végétale, une partie du plasmide Ti (ADN-T) s'incorpore au matériel génétique de cette cellule. La cellule végétale acquiert ainsi un nouveau caractère, qui est la capacité de se multiplier de manière anarchique ; ce qui donne une tumeur. La cellule est modifiée génétiquement, et la plante issue de cette cellule est appelée organisme génétiquement modifié (OGM).
- 3) Un organisme transgénique est un organisme dont le génome a été modifié par l'introduction d'un gène provenant souvent d'une espèce différente, gène qui apporte un caractère héréditaire nouveau.

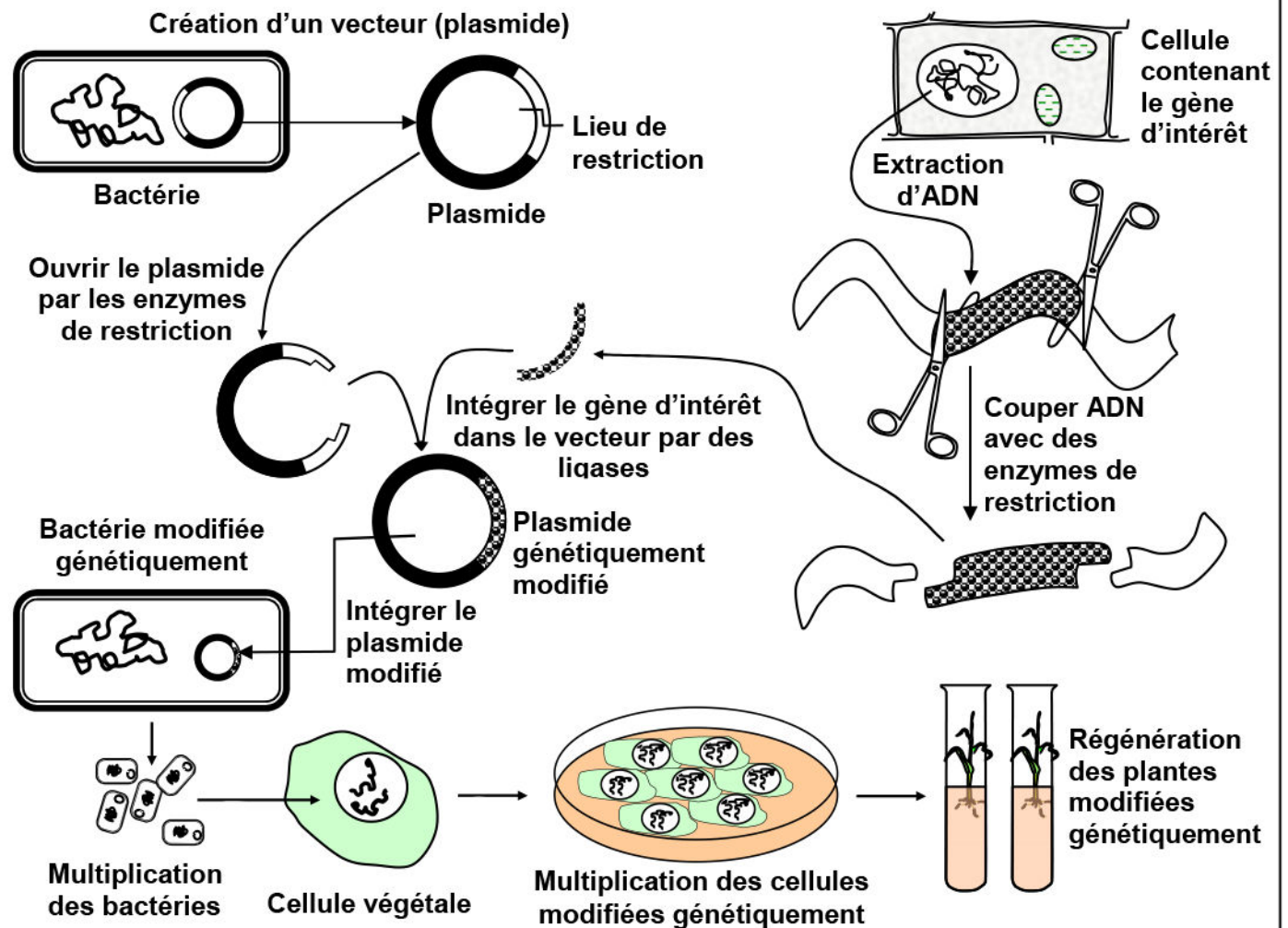
II – Les techniques de la transgénèse:

① La transgénèse par utilisation d'un vecteur biologique

(Voir document 3)

Document 3: La transgénèse par utilisation d'un vecteur biologique

La figure ci-dessous représente les étapes de l'obtention d'une plante transgénique par l'utilisation d'un vecteur biologique.



En s'appuyant sur les données de ce document :

- 1) Dégager les outils essentiels de la transgénèse et leurs rôles.
- 2) Déterminer les étapes de la transgénèse par utilisation d'un vecteur biologique.

1) Pour modifier génétiquement des plantes, les chercheurs utilisent divers outils, les plus importants sont:

- ✓ Un vecteur biologique comme la bactérie *Agrobacterium tumefaciens* qui a un grand pouvoir de multiplication, une simplicité de culture et qui possède des plasmides.
- ✓ Des enzymes spécifiques qui sont : les enzymes de coupure ou de restriction, qui coupent la molécule d'ADN à des endroits bien précis. Et les enzymes de soudure ou ligases, qui lient la molécule d'ADN à des endroits précis.

2) La transgénèse par utilisation d'un vecteur biologique nécessite plusieurs étapes qui sont :

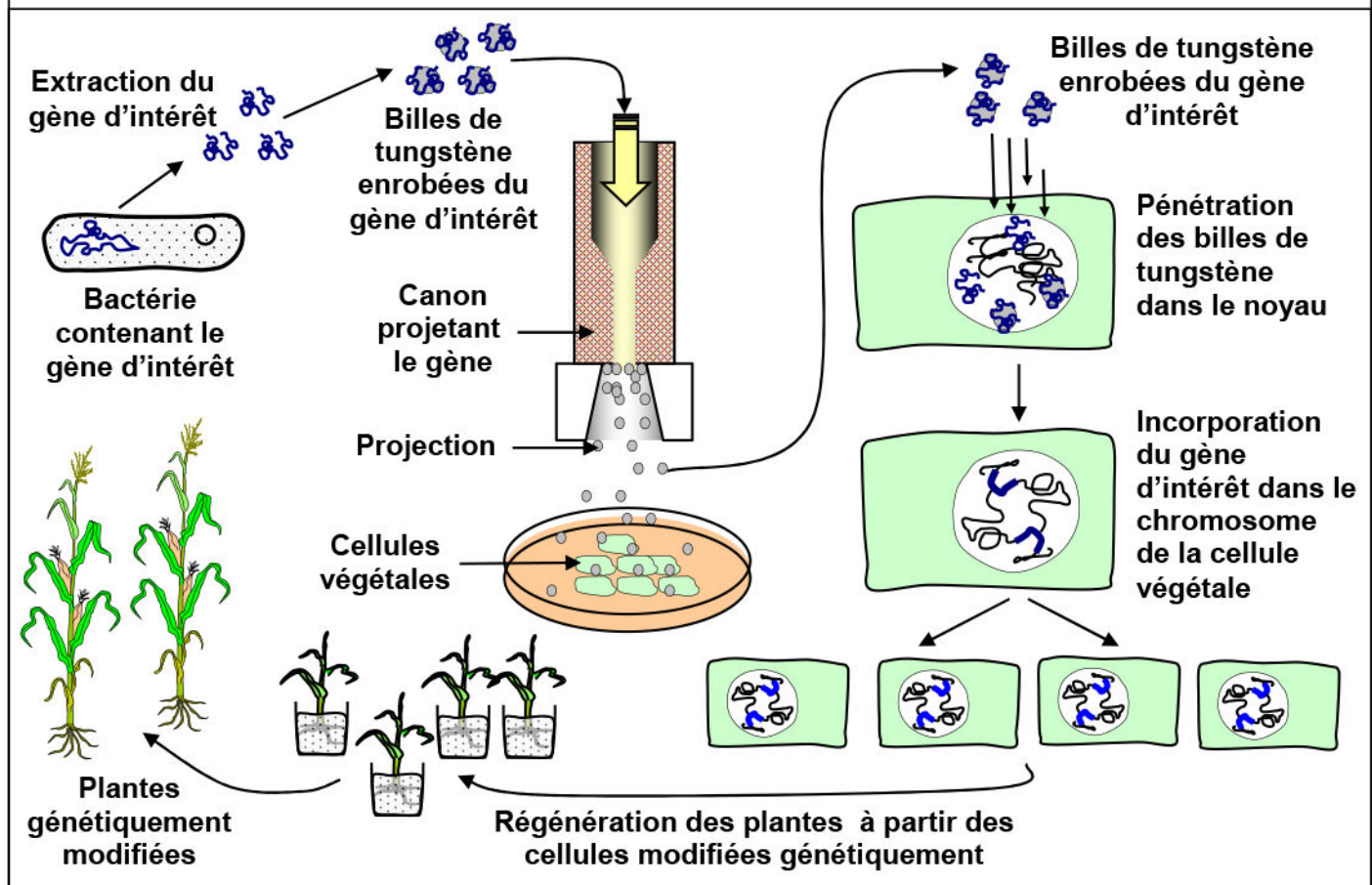
- ✓ Identifier le gène d'intérêt à partir du matériel génétique d'un autre organisme (plante ou bactérie) ;
- ✓ Isoler le gène d'intérêt (segment d'ADN) à partir de la cellule donneuse, à l'aide d'enzyme de restriction ;
- ✓ Préparer un vecteur, par exemple un plasmide extrait d'une bactérie : ouvrir le plasmide par les mêmes enzymes de restriction, puis intégrer le gène d'intérêt dans le vecteur avec des ligases ;
- ✓ Transfert du plasmide génétiquement modifié à une bactérie qui est capable d'injecter des gènes dans les cellules de la plante ;
- ✓ Sélectionner les cellules végétales qui ont intégrées le gène d'intérêt ;
- ✓ Multiplier les cellules végétales modifiées dans un milieu de culture ;
- ✓ Régénérer des plantules modifiées génétiquement à partir des cellules modifiées.

② La transgénèse par biolistique ou méthode du canon à ADN

(Voir document 4)

Document 4: La transgénèse par biolistique ou canon à ADN

La figure ci-dessous représente les étapes de l'obtention d'une plante transgénique par l'utilisation d'un canon à ADN.



En s'appuyant sur les données de ce document, décrire comment un canon projetant des particules permet la modification génétique d'une cellule cible.

On intègre la matière génétique par l'intermédiaire de particules très fines (0.5µm). Ces particules portant le gène, sont envoyées à partir d'un canon à particules, elles provoquent des perforations provisoires de la membrane cellulosique sans tuer les cellules végétales, ce qui permet la pénétration du gène et son intégration dans le matériel génétique de la cellule cible. Ainsi, chaque cellule génétiquement modifiée donne une plante entière génétiquement modifiée.

III – La transgénèse; avantages et inconvénients:

① Les avantages de la transgénèse

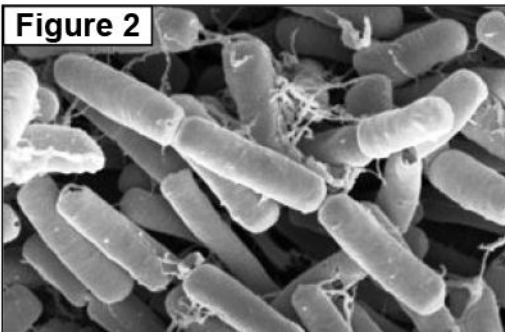
a) Des PGM synthétisent des protéines toxiques (Voir document 5)

Document 5: La transgénèse et la lutte contre les insectes nuisibles

La pyrale est un papillon dont les chenilles ravagent les plantes de maïs.

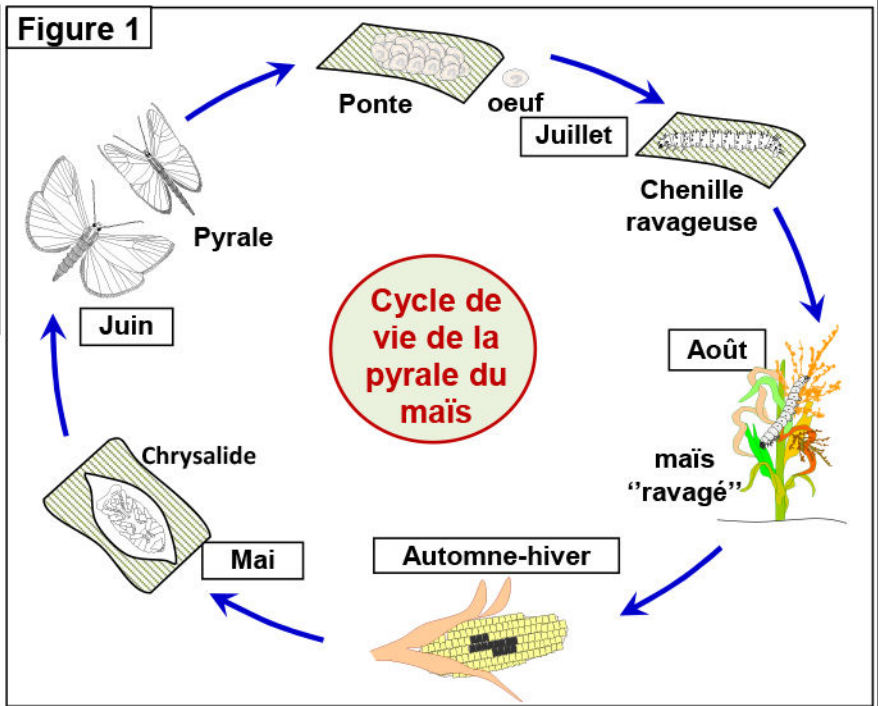
La figure 1, montre le cycle de vie de la pyrale de maïs.

La bactérie *Bacillus thuringiensis* (Figure 2), possède un gène d'intérêt commandant la synthèse d'une protéine toxique pour les chenilles de la pyrale.



On isole les gènes codant ces protéines toxiques pour les intégrer dans le patrimoine génétique du maïs, pour créer des variétés de maïs résistantes aux chenilles.

Décrire la transgénèse du maïs résistant aux chenilles.



Grace à la transgénèse on peu isoler un gène d'intérêt, comme le gène codant pour une toxine. Le gène est transféré chez une plante comme le maïs, par l'intermédiaire du plasmide Ti. Ce qui permet d'obtenir une plante génétiquement modifiée, résistante à la pyrale, d'où la protection de la plante et l'amélioration de la production du maïs.

b) Des PGM synthétisent la vitamine A (Voir document 6)

Document 6 : des PGM synthétisant la vitamine A

Le riz est un aliment de base dans de nombreux pays pauvres où beaucoup de personnes souffrent de l'avitaminose A, ce qui entraîne des problèmes visuels. Le riz se caractérise par son incapacité à synthétiser le β-carotène nécessaire à la production de la vitamine A.



Document 6 (Suite): des PGM synthétisent la vitamine A

En 2000 des chercheurs ont réussi à créer une variété de riz capable de donner des graines riches en β -carotène. La bêta-carotène donne au riz une couleur jaune foncé, ce qui lui a valu le nom de Golden rice ou riz doré.

Déterminer les propriétés acquises par cette plante génétiquement modifiée et les avantages de cette transgénèse.

Les plantes peuvent s'appropriier, suite à la transgénèse, de nouvelles propriétés, comme la synthèse d'une substance chimique utile pour le consommateur.

La transgénèse du riz rend cette plante capable de synthétiser la β -carotène, un précurseur de la vitamine A, éléments essentiels à la santé. Ce riz pourrait contribuer à enrayer les problèmes de santé résultant de la carence alimentaire en vitamine A.

c) Bilan :

La transgénèse végétale permet d'obtenir des plantes génétiquement modifiées ayant acquis des caractères voulus. Cette transgénèse présente plusieurs avantages tel que:

- ✓ Obtention de variétés de PGM résistantes aux ravageurs, aux insecticides, aux pesticides, à la sécheresse... etc.;
- ✓ Obtention de variétés de PGM qui synthétisent des substances chimiques utiles pour le consommateur;
- ✓ Obtention de variétés de PGM qui se conservent pendant une longue durée.

② Les inconvénients de la transgénèse (Voir document 7)

Document 7: Les effets néfastes éventuels plantes génétiquement modifiées

Parmi les problèmes posés par les plantes génétiquement modifiées on peut citer:

- ✓ L'utilisation, dans les processus transgéniques, de gènes marqueurs de résistance aux antibiotiques pose le problème des risques d'un transfert de gènes aux bactéries du système digestif, ou à des bactéries pathogènes, pour devenir résistantes à leur tour.
- ✓ Le risque allergique peut être due au fait que les gènes transférés peuvent coder pour des allergènes non présents dans la plante initiale;
- ✓ Les résistances aux herbicides peuvent être se manifester par:
 - Les PGM peuvent devenir des plantes invasives,
 - Les résistances des PGM aux herbicides peuvent se transmettre aux mauvaises herbes et donner des hybrides capables de résister à l'herbicide concerné.
- ✓ Les toxines produites par les plantes transgéniques pour lutter contre certains insectes, peuvent détruire les insectes utiles comme les abeilles et la coccinelle.

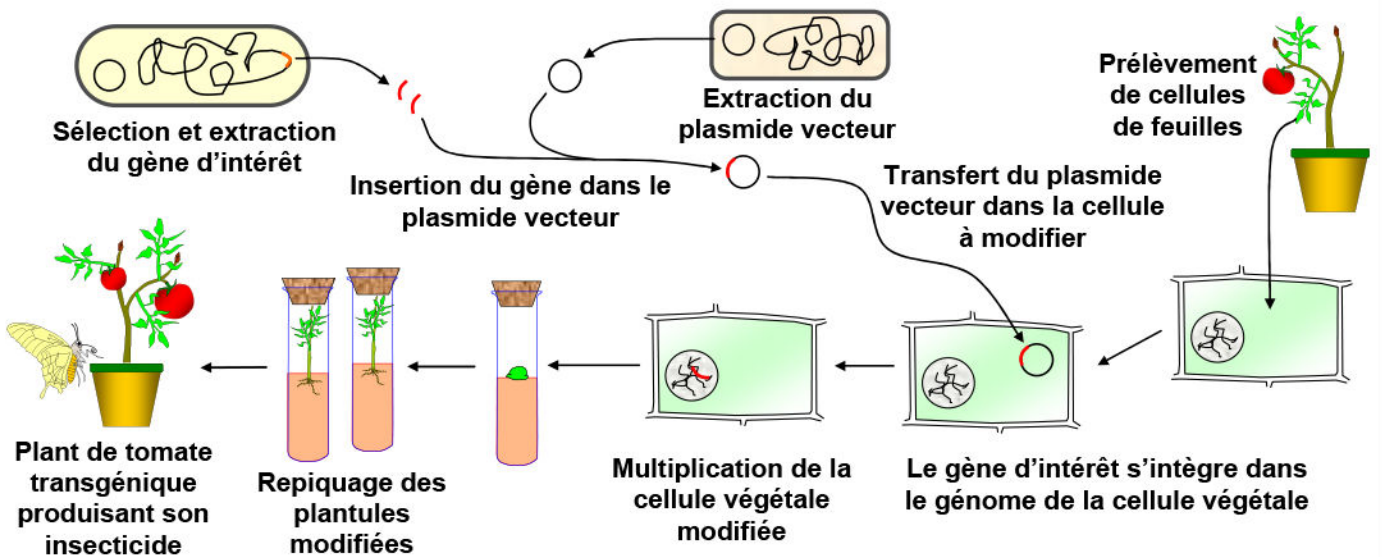
A partir de l'exploitation des données de ce document, préciser les effets néfastes possibles des plantes transgéniques.

Les OGM suscitent de nombreuses interrogations concernant les risques pour l'environnement et la santé humaine :

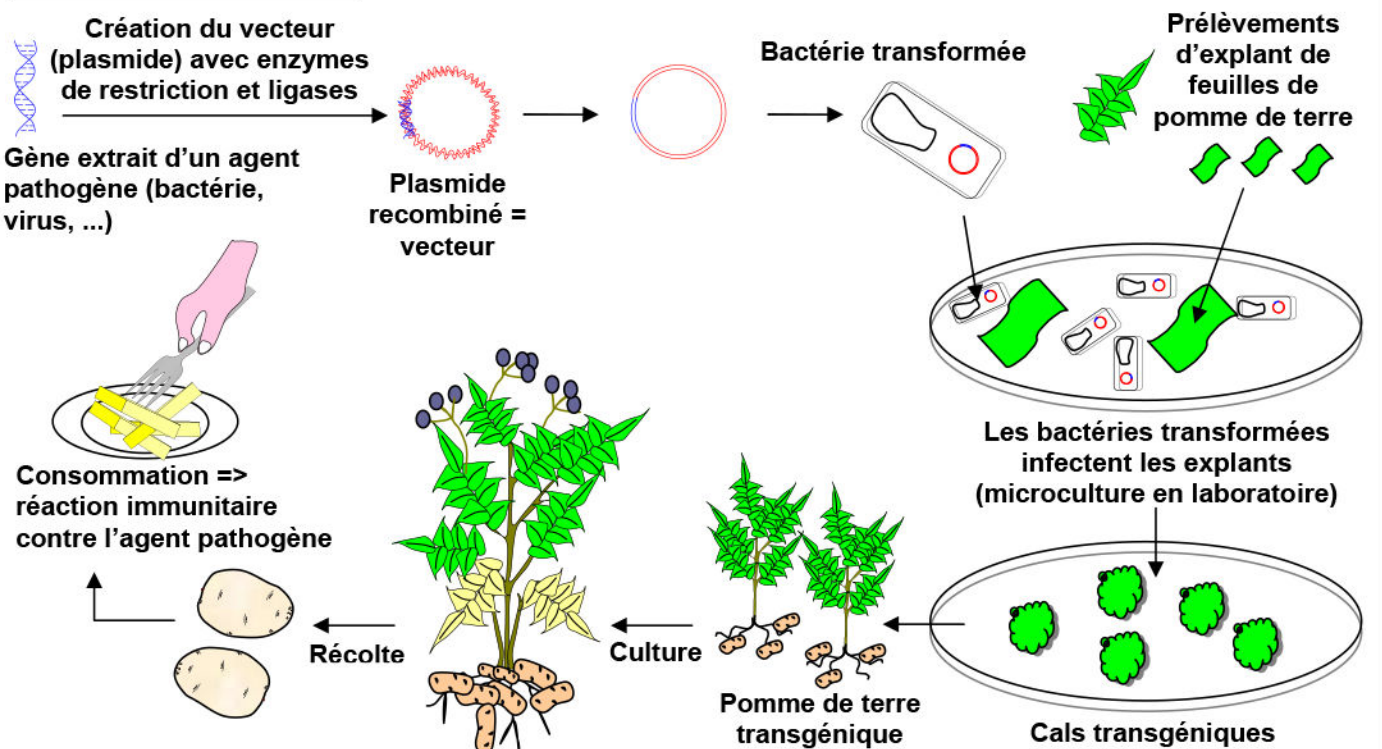
- ✓ Les gènes de résistance introduits dans certaines plantes risquent d'être transmis aux autres êtres vivants.
- ✓ Les produits consommés dérivés des PGM peuvent augmenter la fréquence des allergies alimentaires.
- ✓ Les plantes transgénique insecticides risquent de favoriser la résistance aux toxines d'insectes nuisibles et de détruire les insectes utiles.

EXEMPLES DE PGM

La tomate produit son propre insecticide :



Vaccin comestible :



Chapitre 6

La classification des plantes

Introduction: Les milieux naturels sont peuplés par des végétaux très divers et qui diffèrent d'un milieu à un autre. En comparant ces végétaux, on remarque qu'ils se ressemblent par certaines caractéristiques qui permettent de les classer en groupes.

- Quelles sont les caractéristiques communes qui permettent le classement des végétaux ?
- Quels sont les critères susceptibles de classer les végétaux en espèces ?

I- Méthodes de classification des végétaux:

① **Recherche de critères de classification:** (Voir document 1)

Document 1: Les critères de classification des végétaux

Les végétaux sont regroupés selon des caractères communs, visibles ou pas appelés « attributs ». Ainsi les scientifiques établissent une classification des espèces en créant des groupes rassemblant des êtres vivants ayant un ou plusieurs attributs en commun. On a ainsi des groupes dans des groupes.

Les végétaux verts

Les végétaux verts sans tige ni feuilles



Acétabularia (Algue)



Le fucus (Algue)



Ulve (Algue)

Les végétaux verts avec tige et feuilles

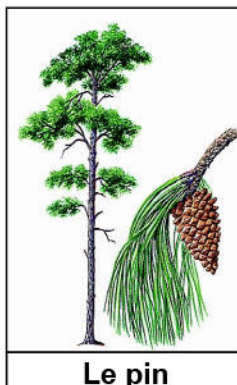
Feuilles avec nervures

Pas de graines



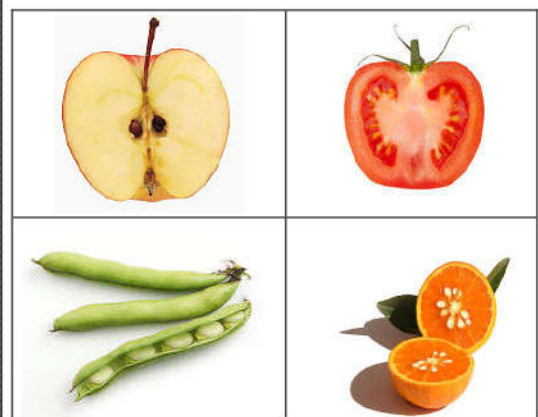
Les fougères

Graines dans un cône



Le pin

Graines dans un fruit

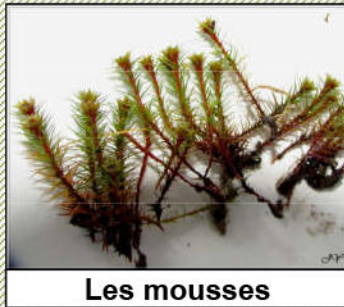


Document 1(Suite): Les critères de classification des végétaux

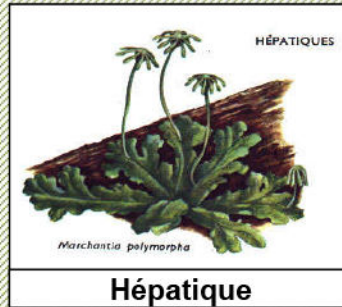
Les végétaux verts

Les végétaux verts avec tige et feuilles

Feuilles sans nervures



Les mousses



Hépatique

A partir des données de ce document expliquer comment procède-t-on pour classer les végétaux entre eux.

- ✓ Pour constituer un groupe de végétaux, il faut leur trouver une caractéristique commune qu'on appelle critère de classification. Ce critère permet de nommer le groupe ainsi créé.

Exemple : le pin, le chêne, les mousses, les fougères, l'oranger, le pommier..., possèdent des feuilles vertes: ils forment le groupe de végétaux à feuilles vertes.

- ✓ A l'intérieur d'un groupe, de nouveaux critères de classification permettent de créer des sous groupes. Ces derniers se distinguent par des choix différents pour un même critère : c'est le principe d'une clé de détermination.

Exemple : dans le groupe des végétaux à feuilles vertes, si l'on choisit le critère tronc et branches, on aura 2 sous-groupes



- ✓ L'oranger, peut être classé dans le groupe des végétaux à feuilles vertes, mais aussi dans le groupe des végétaux à fleurs. Ainsi, un même végétal peut être classé dans plusieurs groupes.

Pour éviter ces problèmes, on met au point une classification générale qui rassemble tous les végétaux.

② Classification générale des végétaux: (Voir document 2)

La classification générale a été mise au point en se basant sur les bifurcations successives selon la présence ou l'absence des critères de classification. Linné (1707-1778) naturaliste suédois est le premier qui a établi les règles de la classification générale actuelle.

a) Exemple: Le chêne (*Quercus*) (Voir document 2)

Document 2: La classification générale des végétaux

Pour classer les végétaux, on peut choisir plusieurs critères. Mais cela risquerait de rassembler des végétaux très différents dans les mêmes groupes. Les biologistes ont été alors poussés à rechercher des critères qui permettent de distinguer d'avantage les végétaux, comme les critères morphologiques, anatomiques et physiologiques.

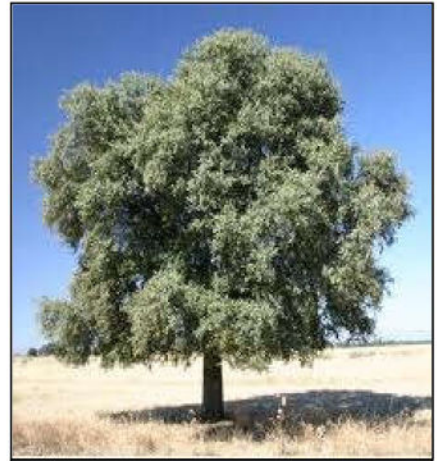
Les figures suivantes présentent trois espèces de chênes différents :



Chêne liège
(*Quercus suber*)



Chêne pédonculé
(*Quercus robur*)



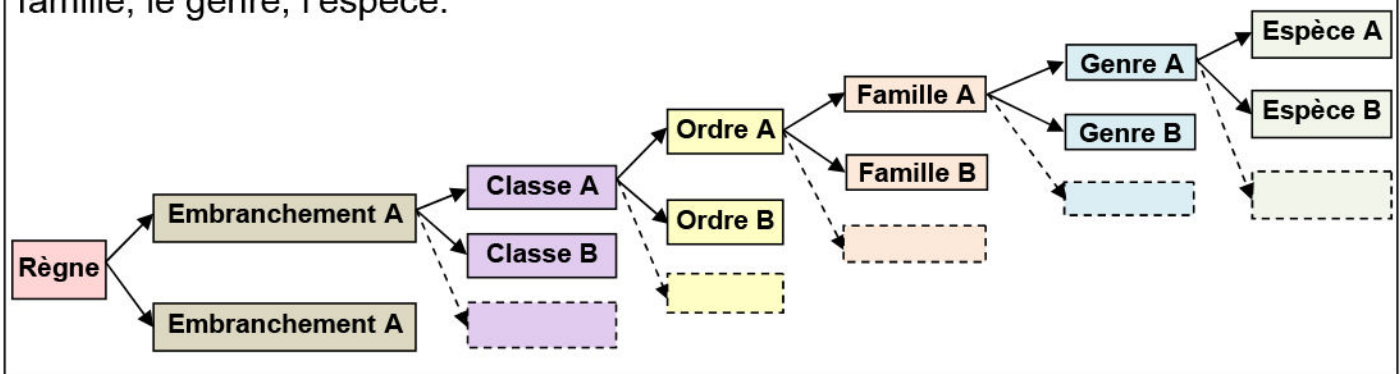
Chêne vert
(*Quercus ilex*)

Sur quels critères on se base pour déterminer une espèce donnée ?

Les trois chênes ont une ressemblance apparente, cependant plusieurs caractères permettent de les différencier tel que la morphologie ; l'anatomie ; l'habitat... ; mais le plus important est l'absence d'interfécondité. Il s'agit donc de trois espèces de chênes différentes.

Document 3: La classification générale des végétaux

L'ensemble des plantes constitue le règne végétal, les autres niveaux de classification sont par ordre hiérarchique : l'embranchement, la classe, l'ordre, la famille, le genre, l'espèce.



Dans un groupe végétal, on trouve des végétaux qui se ressemblent beaucoup entre eux, mais ils se distinguent par un ou plusieurs critères, on dit qu'ils appartiennent à des espèces différentes.

On attribut à chaque plante deux nom latins: le premier indique le genre et le deuxième indique l'espèce.

Exemple:

- ✓ *Quercus suber* (Chêne liège)
- ✓ *Quercus ilex* (chêne vert)
- ✓ *Quercus pyrenaica* (chêne tauzin)

II - Classification des végétaux:

La systématique végétale est la partie de la botanique qui a pour objet le groupement des plantes en catégories selon les caractères qu'elles ont en commun, en prenant en compte les caractères morphologiques, cytologiques, biochimiques et de biologie moléculaire.

Le document 4, présente une clé simplifiée de classification des végétaux.

Document 4: Clé simplifiée de classification des végétaux

