

Partie 1 : L'écologie

→ Introduction

La biosphère planète terre est caractérisée par la diversité des milieux naturels : forêt, rivières, lac, plages, déserts, mers, océans... etc.

L'écologie ou science de l'environnement est la science qui étudie les êtres vivants dans leur milieu et les interactions entre eux.

Le terme écologie vient du grec « oikos » (maison, habitat) et « logos » (Science). Elle a été inventée en 1866 par Ernst Haeckel, biologiste allemand.

Chapitre 1 : Réalisation d'une sortie écologique

→ Problème Scientifique à résoudre

L'étude en écologie exige des visites des écosystèmes dans le but de :

- Découvrir, d'observer sur place les êtres vivants végétaux et animaux et leur support ;
- Mener une étude statistique des êtres vivants les plus répondus ;
- Réalisé des mesures de différents facteurs pour expliquer les différentes relations qui existent dans un écosystème.
 - Quels sont les différentes techniques utilisées dans une sortie écologique ?
 - Comment exploiter les données statistiques recueillies lors d'une sortie écologique ?
 - Qu'est qu'un écosystème et quelles sont ses caractéristiques ?

I. la sortie écologique

La sortie écologique permet le contact direct avec la nature, l'observation et l'exploitation des milieux naturels. Elle prend une place primordiale en écologie et lui confère une valeur ajoutée. Elle englobe un ensemble d'activités et de prise de mesures qui nécessitent l'application d'un certain nombre de techniques et l'usage d'outils adéquats.

1) Buts de la sortie écologique

La sortie écologique est une visite planifiée d'un groupe d'élèves avec leur professeur de SVT à un milieu naturel en vue de mener une étude écologique à savoir :

- Etude de la répartition des végétaux et des animaux ;
- Mesure des paramètres physico-chimiques du milieu (altitude, température, humidité, pH du sol, pente, ensoleillement) ;
- Proposition d'une ou plusieurs hypothèses explicatives sur la répartition des êtres vivants dans un milieu naturel.

2) Outils de la sortie écologique

Pour appliquer les techniques de la sortie écologiques lors de l'excursion, on doit être muni sur le terrain d'un certain nombre d'instruments de mesure et d'outils :

- Un carnet, un crayon et un stylo à bille (couleur) ;
- Des sachets en plastique et des flacons pour collecter des échantillons ;
- Un stylo feutre permanant et bandes collantes ;
- Appareil photo, jumelle ; pH mètre ;
- Filets pour collecter les animaux et file gradué.....etc.

II. Les techniques du terrain en écologie

1) Les techniques pour étudier un milieu forestier

A. La réalisation des coupes verticales de la Répartition des végétaux

Dans une forêt, existe une distribution des plantes en étages appelés strates.

Elles sont classées de la plus haute à la plus courte. On parle donc d'une stratification verticale des végétaux.

Le doc 1 montre une représentation schématique de la stratification verticale des végétaux dans la forêt de Maamora.

Doc 1 : Représentation schématique de la stratification verticale des végétaux d'une forêt.

Strates végétales		Caractéristiques de l'appareil végétatif
V	Strate arborescente.	Longueur > 5 m
IV	Strate arbustive.	1 m < Longueur ≤ 5 m
III	Strate herbacée.	5 cm < longueur ≤ 1 m
II	Strate muscinale.	Longueur ≤ 5 cm : végétaux de très petite taille, ou fixés sur les troncs d'arbres ou sur les rochers.
I	Strate souterraine.	Prolongement des végétaux dans le sol et le sous-sol, souvent invisibles.

Doc 2 : Les strates Végétales

- 1) Citez quelques critères qui sont utilisés pour ce classement ?
- 2) On se basant sur le tableau du Doc 2, Nommer sur le Doc 1 les strates numérotées de I à V.

➤ Réponse :

- 1) la stratification verticale des végétaux dans la forêt de Maamora se base sur les caractéristiques de l'appareil végétatif comme par exemple la hauteur des végétaux.
- 2) Voir le Doc 1.

➤ Remarque : (Doc 3)

On peut mesurer la hauteur des arbres en utilisant un triangle rectangle isocèle et en appliquant la règle des triangles semblables (Doc 3) : $H = D + h$

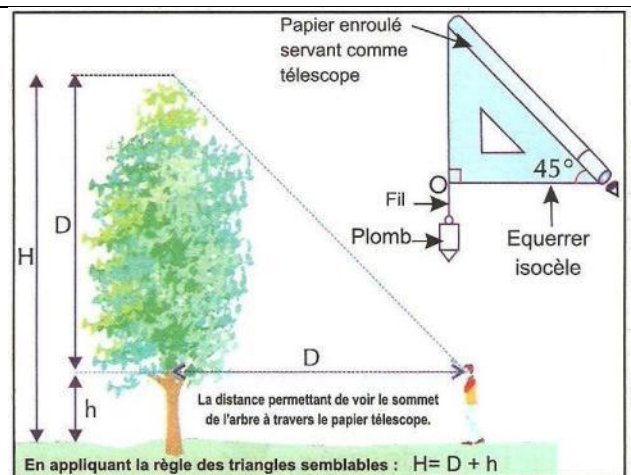
Exercice : exemple d'application de mesure de la hauteur des arbres.

Déterminer la hauteur du pin, sachant que :

- la distance entre l'arbre et l'observateur est de 9 mètres.
- L'œil de l'observateur est situé à 1,60 m au dessus du sol.

➤ Réponse

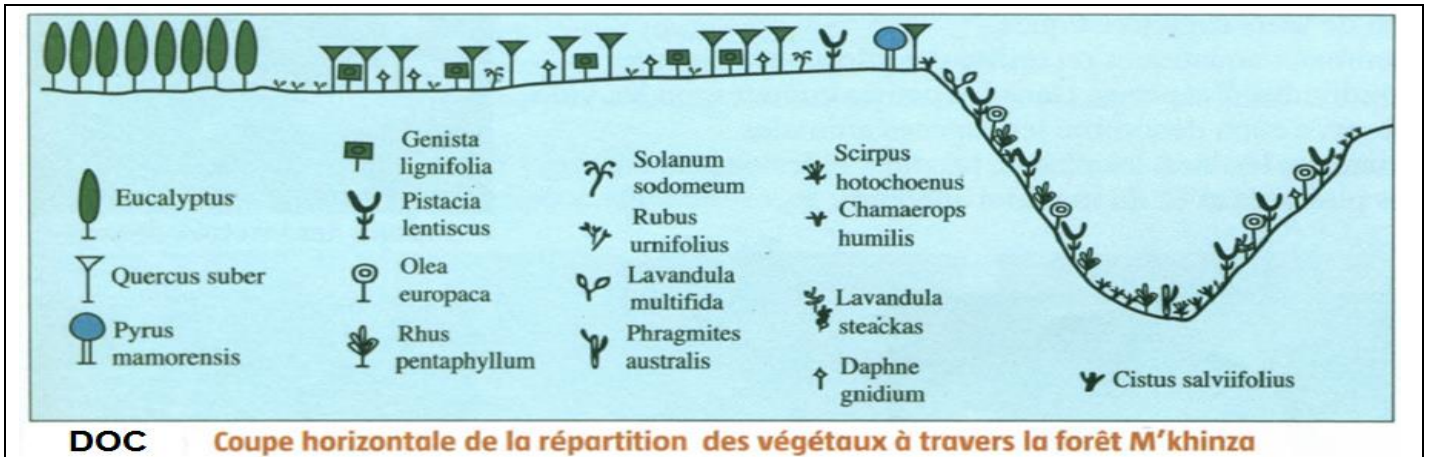
en appliquant la règle des triangles semblables, la hauteur du pin $H = 09 \text{ m} + 01,60 \text{ m} = 10,60 \text{ m}$



B. La réalisation des coupes horizontales de la Répartition des végétaux (Doc 3)

Pour étudier la répartition horizontale des végétaux dans un milieu, on suit les étapes suivantes :

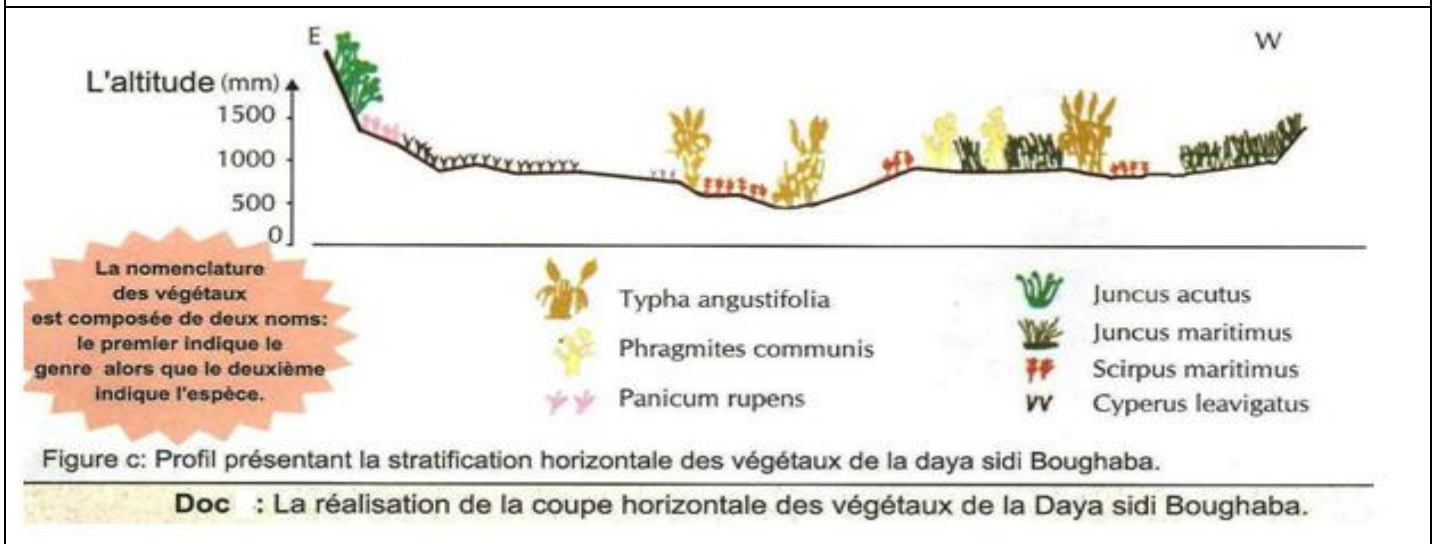
- On réalise un profil topographique à partir d'une carte topographique selon l'axe d'étude ;
- On représente sur le profil les différents types de végétaux, les rivières, les routes, les constructions, la direction, la nature du sol, Etc. la représentation de chaque espèce végétale se fait par un symbole ;
- On dénomme les espèces : chaque espèce porte un nom binomial, le premier représente le genre, le second représente l'espèce.



2) Les techniques pour étudier un milieu aquatique

Le document suivant présente une coupe qui montre la distribution horizontale de la végétation dans un milieu aquatique (Daya de Sidi boughaba).

- 1) Comment varient les espèces de plantes vivantes dans ce milieu ?
- 2) Proposer des hypothèses expliquant cette répartition ?



3) Récolte et conservation des échantillons des espèces végétales

Pour réaliser un herbier, on procède comme suit :

Etape 1 : Récolte	Etape 2 : Séchage	Etape 3 : suivi	Etape 4 : présentation
Récolter des plantes ou parties de plante qui tiennent sur une feuille de papier A4.	Faire sécher les échantillons bien étalés entre des feuilles de papier journal et de gros livres dessus pour bien les aplatir	Changer le papier journal régulièrement tous les jours au début	Placer un échantillon par feuille au milieu d'un cahier de journal. Rédiger une fiche d'identité de l'espèce végétale

III. Les techniques appliquées pour étudier la répartition des espèces animales

1) Observation et récolte des espèces animales

Il est souvent difficile de collecter des animaux ; du fait qu'ils se déplacent couramment dans leur milieu de vie. Pour mener une étude sur la répartition des animaux, on utilise des techniques telles que :

- Observer les animaux de grandes taille, les identifier et localiser leur répartition ;
- Entendre les chants, les cris et les sons des animaux ;
- Chercher et observer les traces d'animaux : plumes, nids, excréments, pelotes de déjection... etc. ;
- Capture de certains individus animaux non dangereux en utilisant des filets, en installant des pièges ;

Pour les animaux aquatiques on utilise des filets pour capturer quelques individus d'espèces.

Pour les rivières, les lacs, les plages, les mers et les océans on réalise des plongées avec du matériel adéquat.

2) Récolte et conservation des échantillons des espèces animales

Pour la conservation des animaux, on procéde comme suit :

- Pour les annélides, les poissons et les reptiles; on les mets dans des bocaux puis on remplit avec de l'eau et de l'alcool à volume égal, ensuite 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 scotch ou punaise ;
- on indique le nom de l'espèce animale, le lieu et la date de récolte.

IV. Etude statistique des espèces végétales

1) Le choix de la zone à étudier

L'endroit choisi pour mener une étude écologique doit être homogène. Pour cela on évite le dénombrement des espèces dans les lisières* où les facteurs de chaque milieu interfèrent. Ces zones limites sont des zones hétérogènes.

Doc 6 : choix de la zone d'étude

2) Technique de quadrillage et l'aire minimale de relevé

Dans une station homogène on procède, (en utilisant la corde, le mètre et les piquets) à une étude statistique (dénombrement de toutes les espèces végétales dans les surfaces (Doc 8)) : 1m², 2m², 4m², 8m², 16m², Etc.(doc 7). Et cela jusqu'à ce que toutes les espèces végétales soient répertoriées. On détermine ainsi la surface d'étude minimale (l'aire minimale de relevé).

	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;">Surface du relevé en m²</td> <td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>8</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;">Nombre d'espèces végétales</td> <td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>7</td><td>8</td><td>8</td> </tr> </table>	Surface du relevé en m ²	1	2	4	8	16	32	64	Nombre d'espèces végétales	2	3	4	5	7	8	8
Surface du relevé en m ²	1	2	4	8	16	32	64										
Nombre d'espèces végétales	2	3	4	5	7	8	8										
Doc 7 : Technique de quadrillage	Doc 8 : resultat de dénombrement d'espèces vegetales																

3) Assemblage des données de relevé

Lorsque toutes les espèces végétales sont déterminées et recensées, on regroupe toutes les données dans un tableau en classant toutes les espèces suivant un ordre identique pour tous les relevés. On peut ainsi classer les espèces végétales selon la stratification verticale.

4) Exploitation des données de relevés

A. L'abondance- dominance

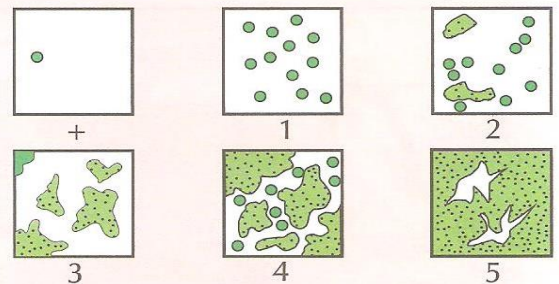
L'abondance d'une espèce végétale représente le nombre d'individu de la même espèce par unité de surface.

El est pratiquement difficile de la déterminer. Pour cela, on utilise le coefficient L'abondance- dominance (Recouvrement) nommer encore échelle de Braun-Blanquet.

Echelle de Braun-Blanquet:

+: Abondance et dominance faibles (Une seule plante ou deux seulement) *

- 1: Abondance faible ou moyenne et dominance faible (moins de 5%)
- 2: Abondance élevée et dominance comprise entre 5% et 25%
- 3: Quelle que soit l'abondance, la dominance est comprise entre 25% et 50%.
- 4: Quelle que soit l'abondance, la dominance est comprise entre 50% et 75%.
- 5: Dominance supérieure à 75%.



B. Fréquence, indice de fréquence et courbe de fréquence

→ Fréquence (F)

La fréquence (F) : reflète l'adaptation des végétaux au milieu où ils poussent. Elle est représentée par la formule :

$$F = \frac{n}{N} \times 100$$

n : Nombre des relèves renferment l'espèce étudiée ;

N : Nombre des relevés réalisés.

→ indice de fréquence(IF)

Le chercheur DU RIETZ a divisé les fréquences en 5 classes, chacune correspond à un indice de fréquence et caractérise le type végétal.

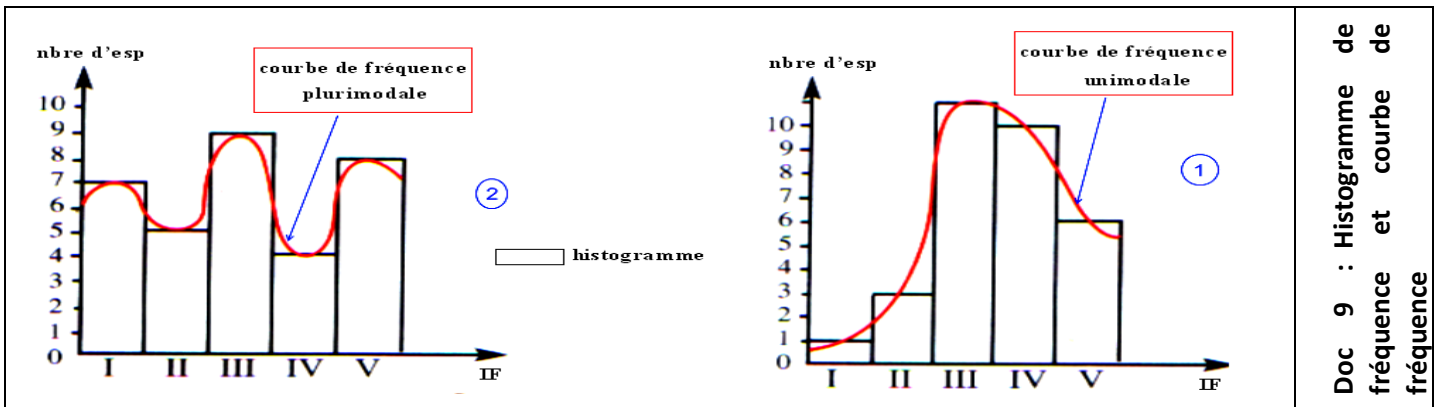
Les catégories	Coefficient de fréquence (IF)	Type d'abondance de l'espèce végétale
F < 20%	I	Accidentel
20% ≤ F < 40%	II	Accessoire
40% ≤ F < 60%	III	Assez fréquent
60% ≤ F < 80%	IV	Fréquent
80% ≤ F ≤ 100%	V	Très fréquent

- Les types de végétaux dont le coefficient de fréquence est IV ou V, indiquent que le milieu est caractérisé par des conditions écologiques qui leur sont favorables.

- Les types de végétaux dont le coefficient de fréquence est III sont des espèces accompagnantes, leur présence indique que le milieu est en évolution ou qu'il y a interférence partielle entre deux milieux

→ Histogramme de fréquence et courbe de fréquence

L'histogramme de fréquence représente la variation du nombre des espèces en fonction des indices de fréquence (IF), il permet de tracer la courbe de fréquence.



Doc 9 : Histogramme de fréquence et courbe de fréquence

Après la réalisation de la courbe de fréquence, on peut en déduire l'homogénéité ou hétérogénéité du groupement végétal auquel appartiennent les relevés :

- Si la courbe de fréquence est unimodale, les relevés appartiennent à un groupement végétal homogène.
- Si la courbe de fréquence est plurimodale, les relevés appartiennent à un groupement végétal hétérogène.

C. Exemple des relevés réalisés au bord d'une rivière

Le document suivant présente un tableau de résultat de relevés réalisés au bord d'une rivière.

Les espèces végétales	Les relevés						La fréquence (F)	Indice de fréquence (I.F)	Type de l'espèce végétale
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆			
Potamot crépu	-	-	+	+	+	+			
Potamot perfolié	+	+	+	+	+	+			
Potamot nageant	-	+	+	+	-	+			
Nénuphar jaune	-	-	-	+	+	+			
Nymphéa blanc	+	-	+	+	+	+			
Hippuris vulgare	-	-	+	-	+	+			
Potamot serré	-	+	+	-	+	+			
Hydrochairis des grenouilles	-	-	+	+	+	-			
Elodée de Canada	+	+	-	-	-	+			
Sparaganier simple	+	+	+	-	-	+			
Sparaganier rameux	-	-	-	+	-	+			
Alisma plautin	-	+	-	-	-	-			
Potamot sagittaire	+	-	-	+	-	-			
Lentille d'eau	+	-	+	+	+	+			
Myriophylle en épi	-	-	-	+	+	+			
Potamot flottant	-	-	+	-	+	+			
Vallisnerie spirée	-	+	-	+	-	+			

Résultat de relevés réalisés au bord d'une rivière

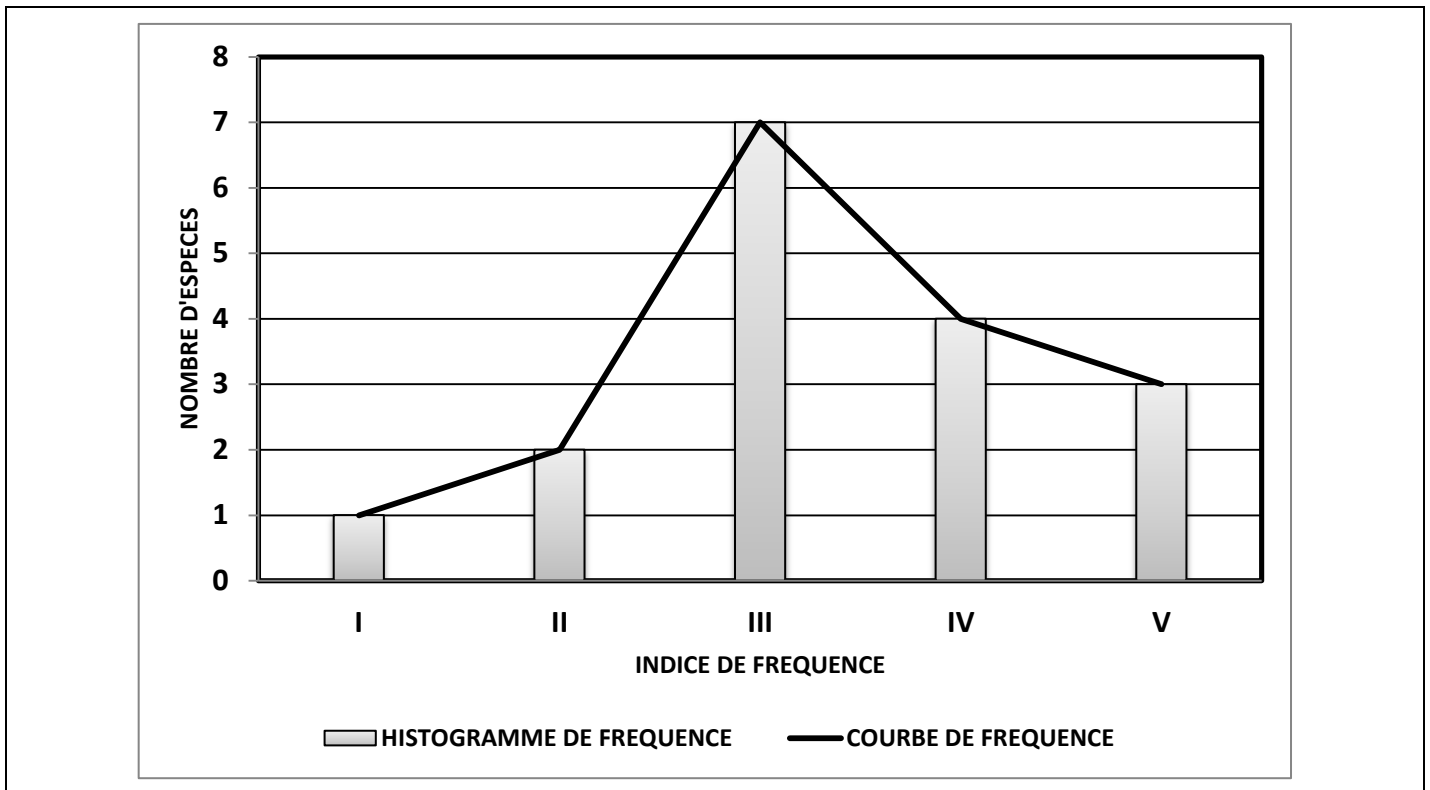
+ : présence ; - : absence.

- 1) Compléter le tableau en calculant la fréquence puis déduire l'indice de fréquence et le type de l'espèce végétale.
- 2) Tracer l'Histogramme de fréquence sur papier millimétré, et y représenter la courbe de fréquence.
- 3) Analyser la courbe obtenue, puis conclure en donnant le degré d'homogénéité des groupements végétaux de ce milieu naturel.

Réponse :

- 1) Voir le tableau ci-dessus

2) Histogramme de fréquence et courbe de fréquence



3) On observe que la courbe de fréquence est unimodale, donc les relevés appartiennent à un groupement végétal homogène. Les espèces végétales caractéristiques de la zone d'étude sont (N° 1, 2, 3, 5, 7, 10, 14)

V. Etude statistique des espèces animales

Après avoir réalisé les relevés, les résultats sont regroupés dans un tableau en classant toutes les espèces suivant un ordre identique pour tous les relevés.

1) Exploitation des données

A. La densité (D)

La densité (D) : c'est la valeur de l'abondance ou le nombre d'individus d'une espèce donnée par une unité de surface ou de volume.

$$D = \frac{\text{Le nombre d'individus de la même espèce dans les relevés réalisés}}{\text{La surface totale des relevés réalisés}}$$

B. La densité relative (d)

La densité relative (d) ou abondance est calculée par la formule :

$$d = \frac{n}{N} \times 100$$

n : nombre d'individus de la même espèce dans les relevés réalisés.

N : nombre d'individus de toutes les espèces dans les relevés réalisés.

Classe	Type de l'espèce animale
d < 10%	Sub-résident
10% ≤ d ≤ 19%	Résident
20% ≤ d ≤ 49%	Sub-dominant
d ≥ 50%	Dominant

C. Fréquences

La fréquence (F) : on utilise la formule que celle utilisée pour les végétaux.

2) Exemple des relevés réalisés dans la réserve de sidi boughaba

Le tableau suivant montre les résultats des relevés des oiseaux vivant dans la daya de sidi boughaba.

Les espèces d'oiseaux	Les relevés			La fréquence (F)	Total d'individus	Densité relative (d)	Type de l'espèce animale
	R ₁	R ₂	R ₃				
Tadorne de belon	12	2	3				
Tadorne casarca	-	1	1				
Canard colvert	10	30	2				
Canard chipeau	10	1	4				
Canard siffleur	5	25	20				
Canard pilet	1	1	-				
Canard souchet	11	20	2				
Sarcelle d'hiver	50	110	10				
Sarcelle marbrée	300	200	200				
Fuligule morillon	-	1	1				
Fuligule milouin	20	30	10				
Total							

Résultats des relevés réalisés dans la réserve de Sidi Boughaba

- 1) Compléter le tableau en calculant la fréquence, le total d'individu et la densité relative puis déduire le type de chaque espèce animale.
- 2) Si nous supposons qu'une espèce de ces 11 espèces des oiseaux est entièrement conforme aux conditions du milieu, est ce que le calcul de la fréquence permet de d'identifier cette espèce? justifier votre réponse.
- 3) Calculer la densité (D), sachant que la surface de chaque relevé est de 1m².
- 4) Considérant la propriété de densité, sélectionnez parmi les 11 espèces animales, l'espèce qui s'adapte pleinement avec les conditions du milieu? justifier votre réponse.

Réponse :

- 1) Voir le tableau ci-dessus

les espèces d'oiseaux	Les Relèves			la fréquence (F)	Total d'individus	Densité relative (d)	Densité (D)	
	R1	R2	R3					
1	12	2	3	100%	17	1,55%	5,7	6
2	0	1	1	67%	2	0,18%	0,7	1
3	10	30	2	100%	42	3,84%	14,0	14
4	10	1	4	100%	15	1,37%	5,0	5
5	5	25	20	100%	50	4,57%	16,7	17
6	1	1	0	67%	2	0,18%	0,7	1
7	11	20	2	100%	33	3,01%	11,0	11
8	50	110	10	100%	170	15,53%	56,7	57
9	300	200	200	100%	700	63,93%	233,3	233
10	0	1	1	67%	2	0,18%	0,7	1
11	20	30	12	100%	62	5,66%	20,7	21
Total	419	421	255		1095	100,00%	365,0	365

- 2) Impossible de déterminer cette espèce, parce qu'il ya huit espèces d'oiseaux ont la même fréquence (100%)
- 3) Voir le tableau ci-dessus

- 4) Parmi ces espèces, l'espèce animale qui s'adapte pleinement avec les conditions du milieu est **Sarcelle Marbrée**. Parce qu'il est le plus abondant (densité).

VI. Définition préliminaire d'un écosystème

1) Les composantes d'un écosystème

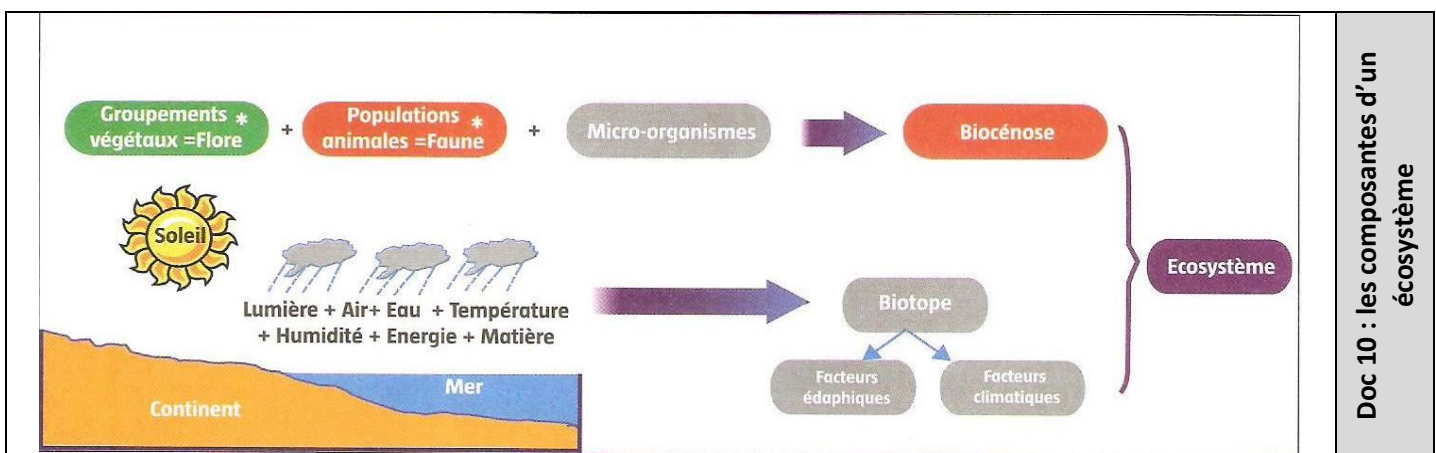
Un milieu naturel est formé par des êtres vivants (animaux, végétaux et micro-organisme), et par un support caractérisé par des paramètres physico-chimiques tel que la nature du sol, la température, l'humidité, le pH, la pluviométrie, ensoleillement,...etc.

L'ensemble des espèces animales et végétales et micro-organismes d'un milieu naturel forme la biocénose.

L'espace support physique de la biocénose d'un milieu naturel constitue le biotope.

L'écosystème représente une unité écologique de base, il est formé par le milieu (Biotope) en interaction (X) avec les êtres vivants (Biocénose).

Ecosystème = Biotope X Biocénose



Doc 10 : les composantes d'un écosystème

2) Classification des écosystèmes

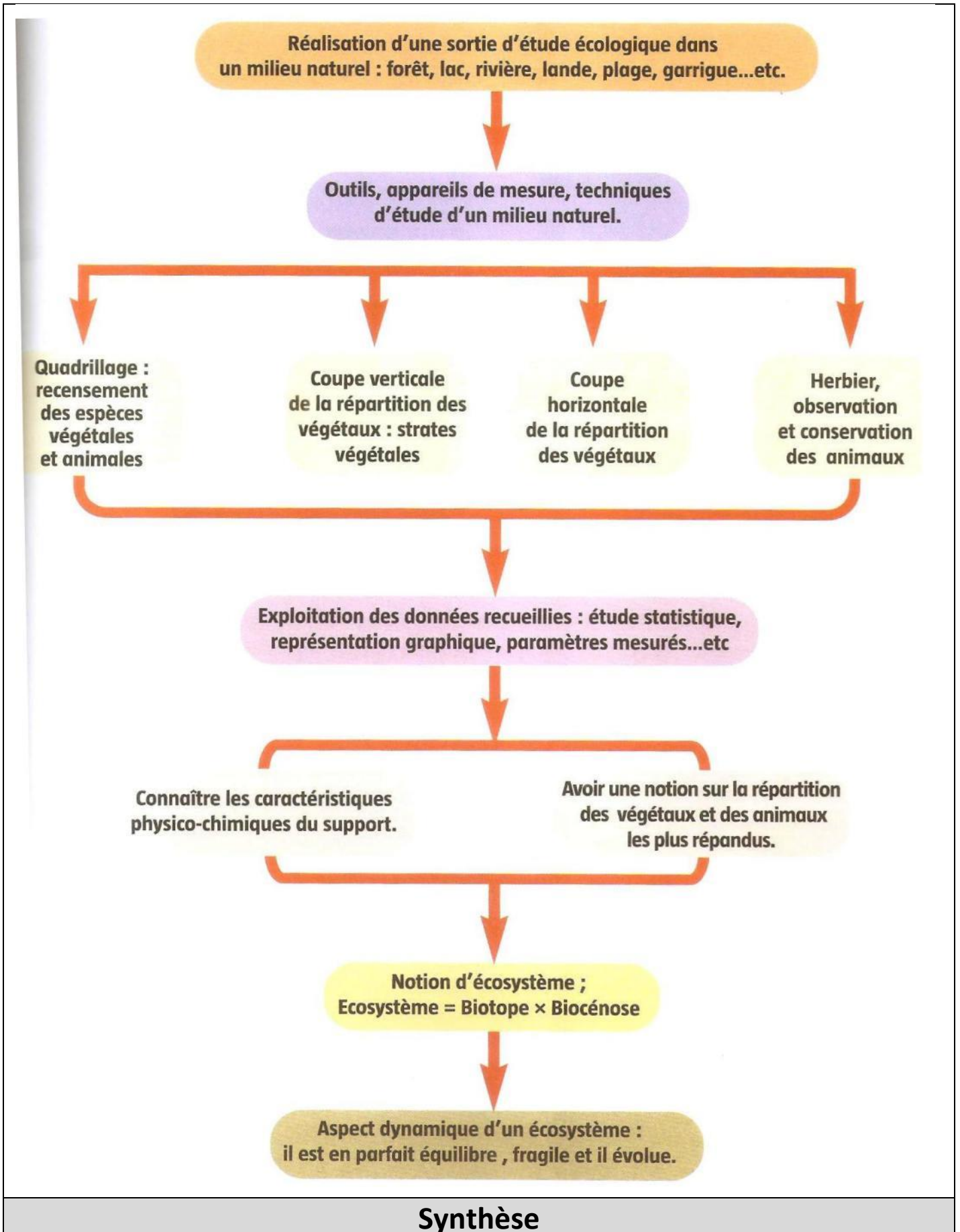
- Selon les dimensions, les écosystèmes sont classés en :
 - ➔ Macro-écosystèmes : Océan, Mer, Grand Lac, Grand Forêt.... etc.
 - ➔ Méso-écosystèmes : Oued, Rivière, Forêt, Lac etc.
 - ➔ Micro-écosystèmes : tronc d'arbre, petit rocher, tégument d'un animal, pelage (poile) d'un animal, Etc.
- Selon la dominance de certaines espèces végétales, on peut distinguer dans un écosystème forêt plusieurs sous-écosystèmes : cédraie, chênaie, arganeraie, oliveraie, ...etc.
- Selon les strates ; chaque strate de végétaux peut être aussi considérée comme écosystème.
- Un écosystème aquatique peut être subdivisé en plusieurs sous-écosystèmes en fonction de la profondeur, degré de salinité de l'eau, la température de l'eau... etc.

3) Quelques caractéristiques des écosystèmes

Dans un écosystème en équilibre chaque composante de la biocénose occupe un espace précis pendant un temps bien déterminé. Cela dépend des relations et des interactions entre les êtres vivants et les paramètres physico-chimiques de leur biotope tel que la température, pH, altitude, l'humidité ... etc. ; ceci d'autre part, d'un part, entre les êtres vivants eux-mêmes tel que la prédation, le parasitisme, la symbiose Etc.

Les écosystèmes évoluent progressivement sous l'effet des changements des paramètres du biotope, cela demande des milliers d'années. Ils sont fragiles et menacés par les activités humaines qui mettent certains d'entre eux en péril (*danger, risque*).

Certains écosystèmes sont soumis à des lois et des réglementations pour leur gestion et sont classés parmi les sites à intérêts biologiques et écologiques (SIBE) comme les réserves naturelles, les parcs nationaux, les zones humides et ce dans le but de les protéger et de préserver la biodiversité.



Série des exercices « Chapitre 1 : Réalisation d'une sortie écologique »

→ Exercice N°1

Définir les termes suivants : Quadrillage – Strate Arbustive – Strate Muscinale – Flore – Faune – Biocénose – Ecosystème – Facteur Abiotique – Facteur Biotique.

→ Exercice N°2

Compléter la grille, d'une manière horizontale, par les définitions proposées puis découvrir le mot caché dans la colonne en couleur foncé et donner sa définition.

- a) Ensemble des êtres vivants dans un écosystème
- b) Rapport de nombre de relevés contenant l'espèce étudiée sur l'ensemble des relevés réalisés
- c) Ensemble des végétaux dans un écosystème
- d) Espèce végétale dont IF = I

- e) Espèce végétale dont IF =II
- f) Végétal sans chlorophylle : **CHAMPIGNON**
- g) Collection de plantes séchées et pressées entre des feuilles de papier
- h) Représentation graphique d'une série statistique en colonnes

						B	I	O	C	E	N	O	S	E	a
			F	R	E	Q	U	E	N	C	E				b
								F	L	O	R	E			c
	A	C	C	I	D	E	N	T	E	L					d
				A	C	C	E	S	S	O	I	R	E		e
				C	H	A	M	P	I	G	N	O	N		f
						H	E	R	B	I	E	R			g
H	I	S	T	O	G	R	A	M	M	E					h

→ Exercice N°3

Pour étudier la répartition de certaines espèces animales dans un écosystème aquatique on présente les données suivantes. Le document 1 donne les résultats d'une étude statistique de 4 relevés réalisés dans un lac.

Animaux	Les relevés				Total	Densité (D)	Densité relative (d)	Type de l'animal
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄				
Vers	274	386	-	11				
Mollusques	20	6	-	-				
Crustacés	10795	3239	14428	2				
Ephéméroptères	-	27	-	-				
Collemboles	21	7	-	-				
Odonates	1	4	-	1				
Plécoptères	5	5	-	1				
Coléoptères	13	25	-	-				
Trichoptères	2	1	-	-				
Diptères	449	494	12	31				
Hémiptères	72	133	-	4				
Total								

Document 1

- 1- Calculer la densité de chaque groupe animal sachant que la surface de chaque relevé est de 0.25 m².
- 2- Calculer la densité relative.
- 3- Déduire le type de chaque groupe animal.

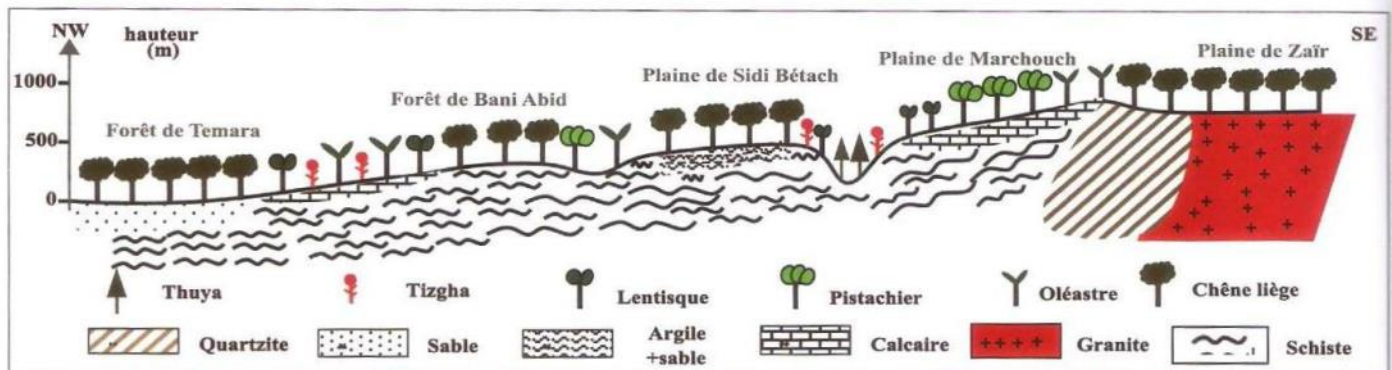
Chapitre 2 : Les facteurs édaphiques et leurs relations avec les êtres vivants

→ Situation Problème

Le sol forme la couche superficielle de l'écorce terrestre explorée par les racines des végétaux.

Le document suivant présente une coupe qui montre la répartition horizontale des végétaux entre la forêt de Temara et la plaine dz Zair.

Le chêne liège couvre au Maroc une superficie de 350000 Ha, il est considéré comme un patrimoine naturel. Pour déterminer l'effet de la nature du sol sur cette plante on propose les documents suivants :



Doc 1 Coupe horizontale montrant la répartition des végétaux entre la forêt de Temara et la plaine de Zair.

❑ Question

1) Décrire la nature du sol sur lesquels se développe le chêne liège et celle où cet arbre est absent ?

❑ Réponse

1)

⊗ la nature du sol sur lesquels se développe le chêne liège est : le sol argilo-sableux, sableux, granitique et Schisteux.

⊗ La nature du sol sur lesquels ne se développe pas le chêne liège est le sol calcaire.

❑ Comment les caractéristiques du sol influence-elles la répartition des êtres vivants ?

❑ Quelle est l'action des êtres vivants sur le sol ?

❑ Quelle est l'action de l'homme sur le sol ?

I. L'influence des caractéristiques du sol sur la répartition des êtres vivants

1) Les caractéristiques chimiques du sol

A. L'acidité du sol

- L'acidité du sol dépend de la concentration en ion H^+ , ainsi que sa saturation en colloïdes minéraux et organiques.
- Le pH est une unité qui permet de quantifier l'acidité d'un échantillon.
- Pour mesurer le pH du sol, on peut utiliser le pH-mètre, du papier pH ou des réactifs colorants.

Exemple : résultats de mesure de pH de deux types de sol	Type de sol	Siliceux (sol riche en Silicium et Ammonium)	Calcaire (sol riche en calcium et magnésium)
	pH	5,5	8

B. L'influence du calcium et de pH du sol sur la réparation du chêne liège

a. L'influence du calcium sur la réparation du chêne liège

Afin de déterminer la relation entre la nature de sol et le développement du chêne liège, on réalise la culture des plantules de chêne dans 3 types de sol A, B, C.

Les conditions et les résultats des expériences sont affichés dans le tableau suivant :

Type de sol	Résultats après quelques semaines
Sol A :sol de la forêt de Temara	Développement de la plantule
Sol B:sol de la forêt de Temara + calcaire	Flétrissement de la plantule
Sol C :sol de la plaine de Marchouche	Flétrissement de la plantule

Question

- 1) En se basant sur le doc 1, Proposer une hypothèse pour expliquer la répartition du chêne liège ?
- 2) Analyser les données de tableau ?
- 3) Que peut-on conclure de l'effet de la nature du sol sur la réparation du chêne liège ?

Réponse

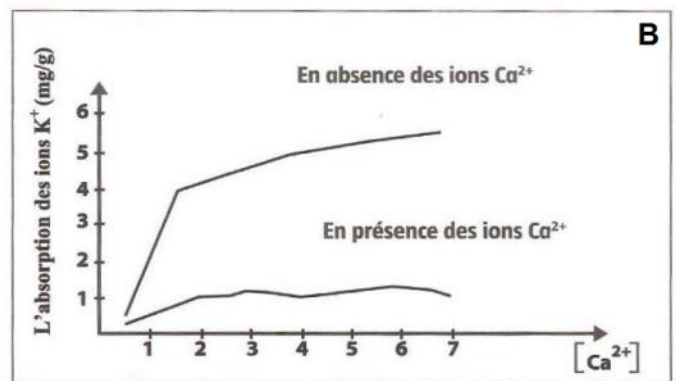
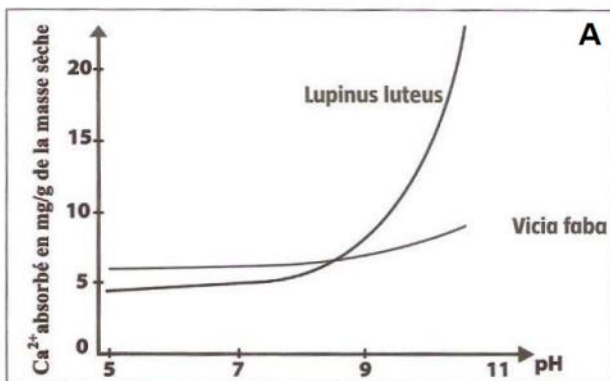
- 1) Nous supposons que les caractéristiques du sol influence la répartition du chêne liège, car le chêne liège se développe sur les sols siliceux ($pH < 7$) et fuit du sol calcaire ($pH > 7$)!!!!
- 2)
 - Le chêne liège se développe normalement sur le sol sableux de la forêt de Temara ;
 - Le chêne liège ne se développe pas sur le sol calcaire de la plaine de Marchouche ou sur le sol sableux de la forêt de Temara lorsqu'on ajoute du calcaire.
- 3) Le chêne liège fuit le calcaire c'est une espèce calcifuge, il se développe sur les sols siliceux, c'est un silicicole. chose qui coïncide avec l'hypothèse proposée antérieurement.

b. L'influence du pH sur la réparation du chêne liège

Une plante calcifuge (*Lupinus luteus*) et une plante calcicole (*Vicia faba*) ont été cultivées dans des milieux dont le pH de la solution du sol varie entre 5 et 11. Les résultats obtenus sont représentés sur la figure A

L'absorption des ions K^+ par les racines de la plante (*Lupinus luteus*) a été mesurée en fonction de la concentration des ions Ca^{2+} dans le sol. Les résultats obtenus sont représentés sur la figure B

Doc2



-Relation entre le pH du sol et l'absorption du Ca^{2+} par les racines de deux plantes *Vicia faba* et *Lupinus luteus*

- L'effet des ions Ca^{2+} sur l'absorption des ions K^+ par les racines de la plante

Question

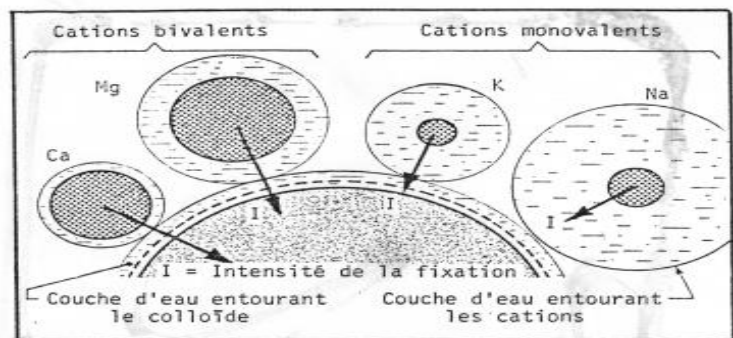
- 1) Etablir la relation entre le pH du sol et l'absorption du Ca^{2+} par les racines de chacune des deux plantes étudiées ?
- 2) Tirer une conclusion sur la relation entre la quantité du Ca^{2+} absorbée par les plantes et leur comportement vis-à-vis du sol calcaire ?
- 3) Déterminer l'effet des ions Ca^{2+} sur l'absorption des ions K^+ par les racines de plante sachant que le K^+ et d'autres ions (Fe^{3+} et Mg^{2+}) sont indispensables au développement des plantes ?
- 4) Faire une synthèse pour expliquer l'absence du chêne liège sur les sols calcaires.

Réponse

- 1) Pour la plante calcifuge (*Lupinus luteus*), l'absorption du calcium est faible à des pH acides, mais elle est très forte à des pH basiques. Quant à l'espèce calcicole (*Vicia faba*), elle absorbe de faible quantité de calcium aussi bien dans le sol ayant pH acide que dans le sol ayant pH basique.
- 2) Les terrains calcaires sont basiques, par conséquent les plantes calcifuges, devraient absorber des quantités très importantes de calcium qui deviendrait toxique pour la plante.
- 3) La figure B montre que la présence de Ca^{2+} empêche l'absorption des ions de K^+ par les racines de *Lupinus luteus*, qui sont indispensables au développement des plantes. [Ca^{2+} , Mg^{2+} (Ions Bivalents et faiblement hydratés) sont mieux fixés que les K^+ et le Na^+ (Ions monovalents et fortement hydratés)].
- 4) D'après ces résultats, il paraît que le chêne liège qui se développe sur les sols siliceux acide absorbe de quantités raisonnables du calcium que dans les sols calcaires basiques. Il est donc certain que l'absorption du calcium dépend étroitement du pH du milieu chez les plantes calcicoles et calcifuges.

Remarque

- Les ions bivalents Ca^{++} et Mg^{++} sont plus énergiquement retenus que les ions monovalents K^+ , Na^+ ,...
- Les ions faiblement hydratés (Mg^{++} et surtout Ca^{++}), c'est à dire entourés d'une faible couche d'eau (voir figure 2ci-dessous) sont mieux fixés que les ions fortement hydratés (K^+ et Na^+)



L'INTENSITÉ DE FIXATION DES CATIONS dépend de leur valence et de leur hydratation.

- Les ions bivalents, Ca et Mg, sont plus énergiquement fixés que les monovalents.
- Plus les cations sont entourés d'une couche d'eau importante, moins ils peuvent s'approcher des colloïdes. Pour cette raison, le sodium, bien qu'étant un ion flocculant, assure la flocculation la moins stable.

2) Les caractéristiques physiques du sol

A. Les constituants du sol

L'analyse granulométrique du sol consiste à classer les éléments minéraux du sol d'après leur grosseur, et à déterminer le pourcentage de chaque fraction. A la suite d'une convention internationale, les particules sont classées de la façon suivante, en fonction de leur diamètre :	Terre fine				Terre grossière		
	Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers	graviers	cailloux
	< 2 μm	2 μm à 20 μm	20 μm à 50 μm	50 μm à 200 μm	200 μm à 2 mm	2 mm à 20 mm	>20 mm

- L'ensemble formé par les argiles, les limons et les sables forment la terre fine du sol, tandis que cailloux et graviers constituent les éléments grossiers.
- La classification granulométrique sert à définir la texture du sol.

B. La texture du sol

La texture d'un sol correspond à la composition granulométrique du sol définie par les proportions des particules minérales de taille inférieure à 2 mm.

Elle est caractérisée par une classification triangulaire ou « diagrammes des textures » où l'on retrouve les principales classes : sables, limons, argiles.

a. Déterminer la texture de sol

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

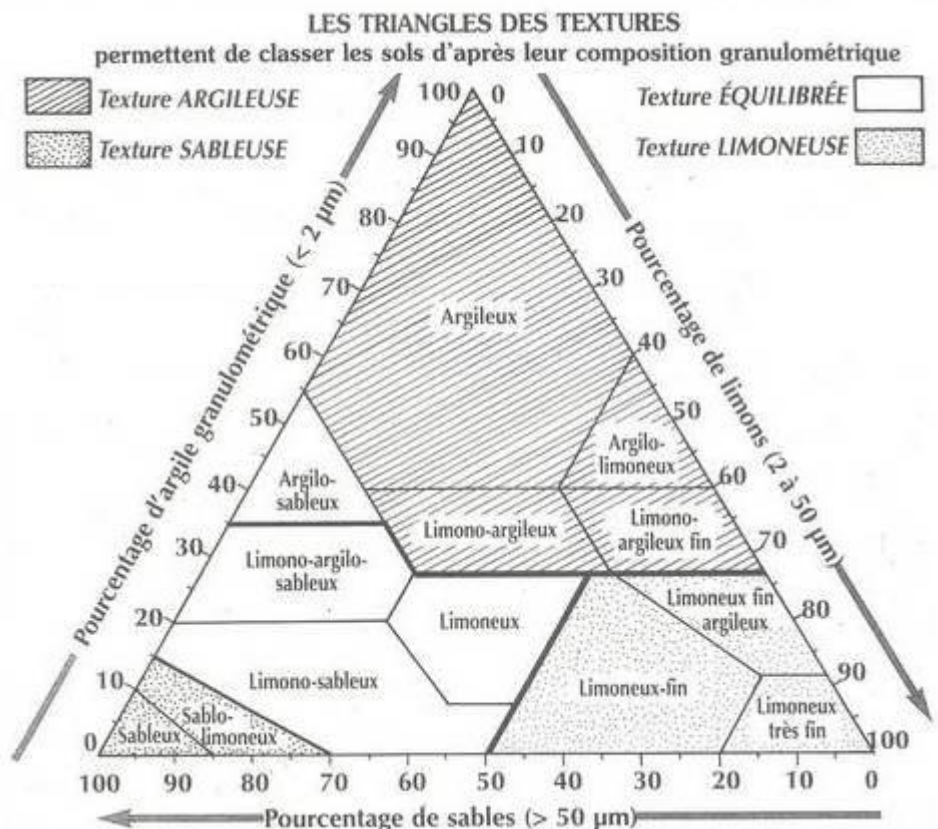
- On ajoute l'eau oxygénée à un échantillon du sol qu'on met dans béccher ; pour éliminer la matière organique.
- On ajoute ensuite de l'acide chlorhydrique (HCl) pour éliminer le calcaire.
- Ce qui reste du sol on le met dans éprouvette avec une quantité d'eau.
- Après agitation on laisse le contenu sédimenter.
- On élimine le surnageant et on dessèche la partie minérale déposé au fond de l'éprouvette qu'on pèse par la suite.
- On sépare la partie minérale ainsi isolée par tamisage, en plusieurs catégories de graine de diamètres différents et décroissants en utilisant une série de tamis montés en colonne.
- On pèse chaque catégorie de grains obtenus.
- On détermine la texture du sol en fonction des pourcentages des argiles, des limons et des sables on utilisant pour cela un triangulaire ou « diagrammes des textures ».

b. Exercice d'application

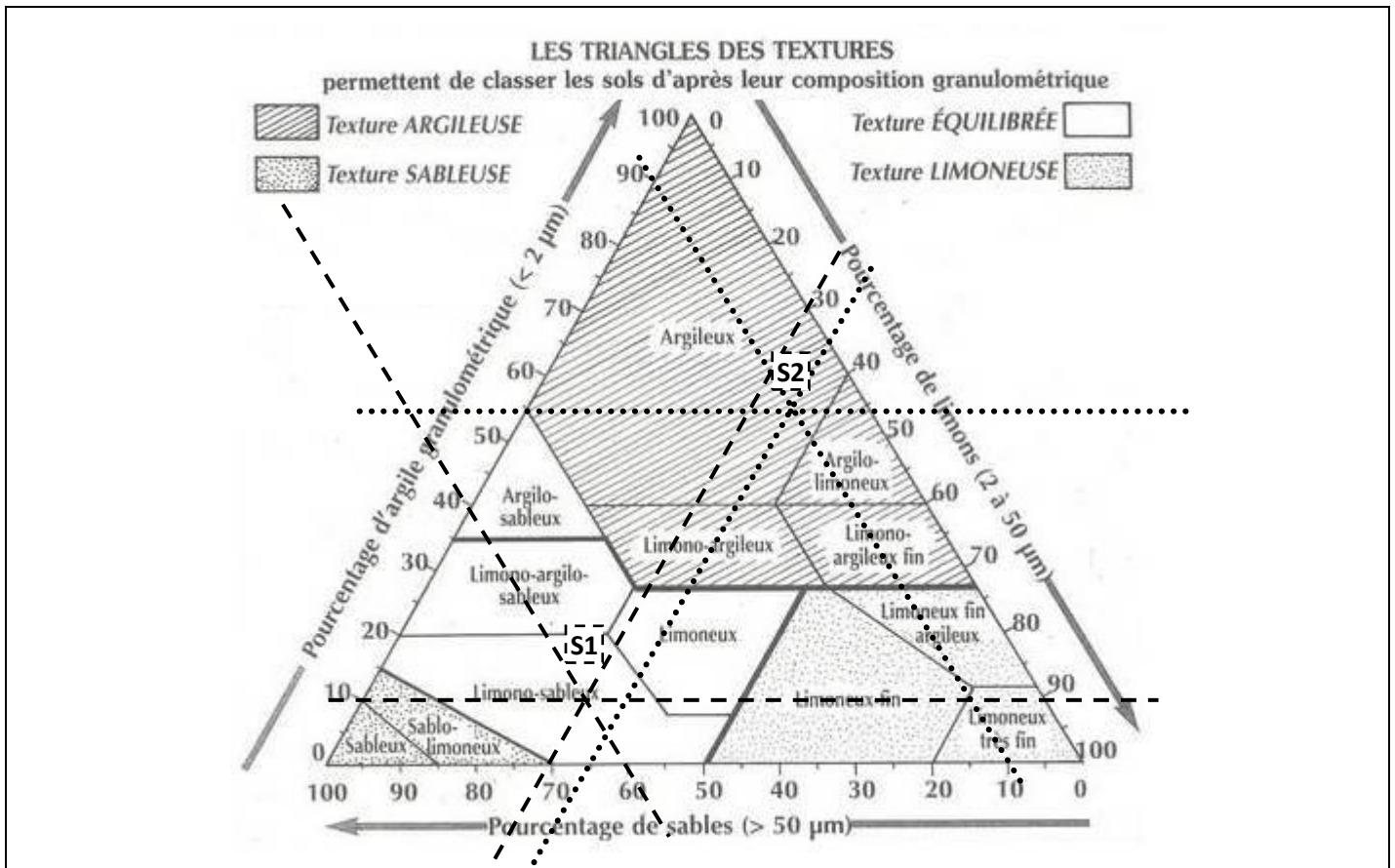
L'analyse granulométrique de deux échantillons du sol S1 et S2 a donné le résultat présenté dans le tableau suivant :

Echantillon	S ₁	S ₂
Particules		
Sables	60%	10%
Limon	30%	35%
Argile	10%	55%

En utilisant le triangulaire ou « diagrammes des textures », déterminer à quelle classe de texture appartient ces deux échantillons du sol (S₁ et S₂) ?



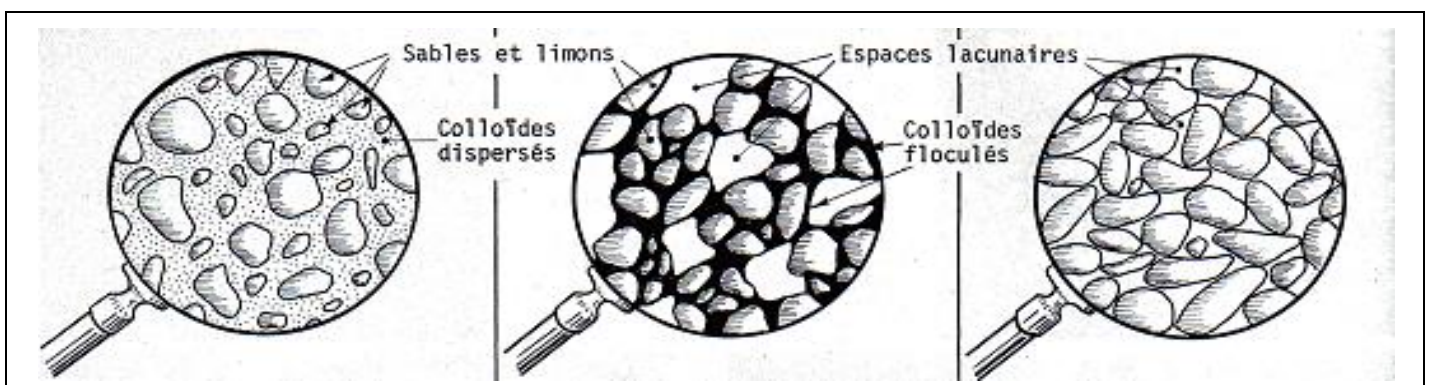
c. Correction d'Exercice d'application



Echantillon		Particules			Classe de Texture
		Sables	Limons	Argile	
S ₁		60%	30%	10%	Limono-sableux
S ₂		10%	35%	55%	Argileux

C. La structure du sol

La structure d'un sol est la façon dont les particules de sable, limon et argile sont disposées les unes par rapport aux autres. L'observation de différents types de sol, par la loupe binoculaire, permet de distinguer trois grandes structures :



Structure compacte : les éléments fins sont liés par l'argile.

Structure grumeleuse : les petits agrégats d'argiles maintiennent les éléments fins. Le sol reste aéré grâce aux espaces lacunaires.

Structure particulaire : il n'y a pas d'argile, les éléments ne sont pas liés entre eux.

3) L'eau du sol

A. Mesure de la perméabilité du sol et de sa capacité de rétention en eau

a. Mesure de la perméabilité du sol

Définition : La perméabilité est la capacité d'une roche, d'un sol ou de toute autre substance poreuse à absorber des fluides.

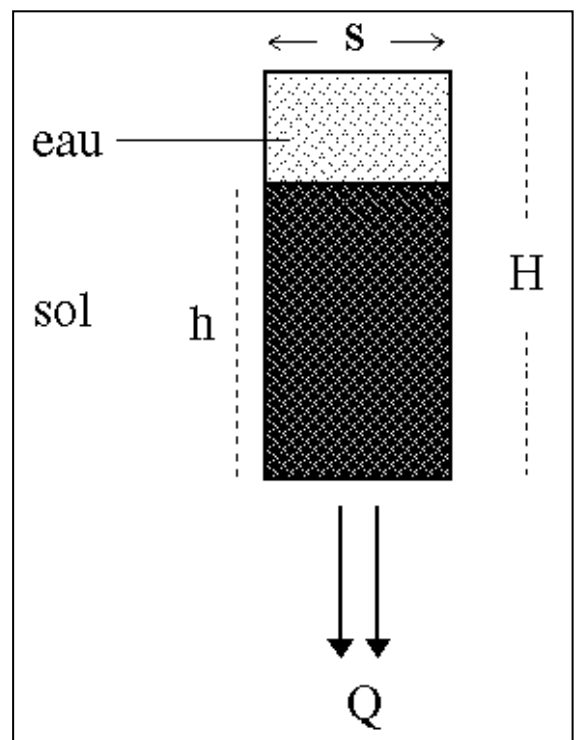
La perméabilité k d'un sol est définie par la vitesse d'infiltration de l'eau; k est mesuré par la loi de Darcy:

$$Q = k.s. H/h \text{ ----- } k = (Q \times h) / (s \times H)$$

- Q : débit (volume d'eau qui s'infiltré à travers l'échantillon du sol) cm^3 ;
- s : surface de la section du tube (cm^2);
- H : hauteur de la colonne d'eau (cm);
- h : hauteur de la colonne (Ou épaisseur) de sol (cm).

Le tableau suivant présente un exemple de résultats obtenus :

Type de sol	argileux	Limono-argileux	sableux
K : Coefficient de perméabilité du sol (cm/h)	0,07	0,6	5,5



b. Mesure de la capacité de rétention en eau du sol

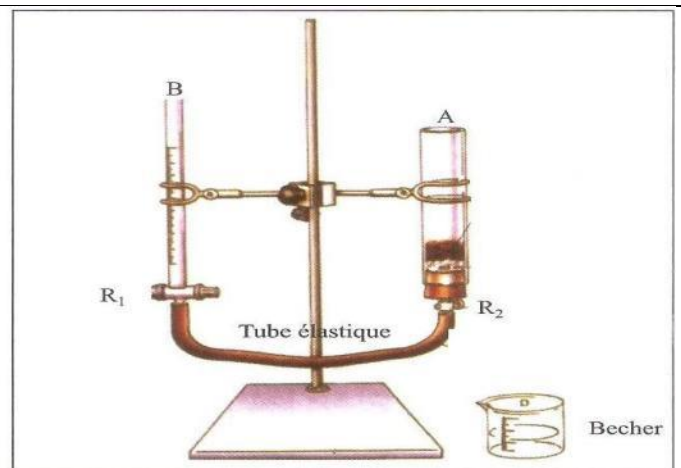
Définition : Capacité de rétention en eau : Volume d'eau retenu dans un sol, qui ne s'écoule pas sous l'action de la gravité.

Pour mesurer la capacité de rétention en eau du sol, on réalise la manipulation suivante :

- placer 100g de terre séchée à l'étuve dans le tube A;
- remplir l'éprouvette graduée B après fermeture du robinet R_1 ;
- ouvrir le robinet R_1 jusqu'à ce que l'eau couvre la surface du sable et fermer ensuite le robinet R_2 .
- enregistrer le volume V_1 (porosité totale) écoulé de B vers A.
- détacher le tube élastique du tube A puis ouvrir le robinet R_2 pour laisser l'eau découler vers le bécher gradué;
- noter le volume V_2 (eau de gravité) après l'arrêt de l'écoulement de l'eau dans le bécher.

$$V_3 = V_1 - V_2$$

V_3 : la capacité de rétention en eau du sol.



Protocole expérimental pour mesurer la capacité de rétention en eau du sol (CRE)

Le tableau suivant présente un exemple de résultats obtenus (volumes en ml pour 100g de sol) :

→ Compléter le tableau en calculant V_3 ?

Type de sol	Sableux	Argileux	Intermédiaire
V_1	5	27	21
V_2	3	12	11
V_3	2	15	10

B. Les formes de l'eau dans le sol

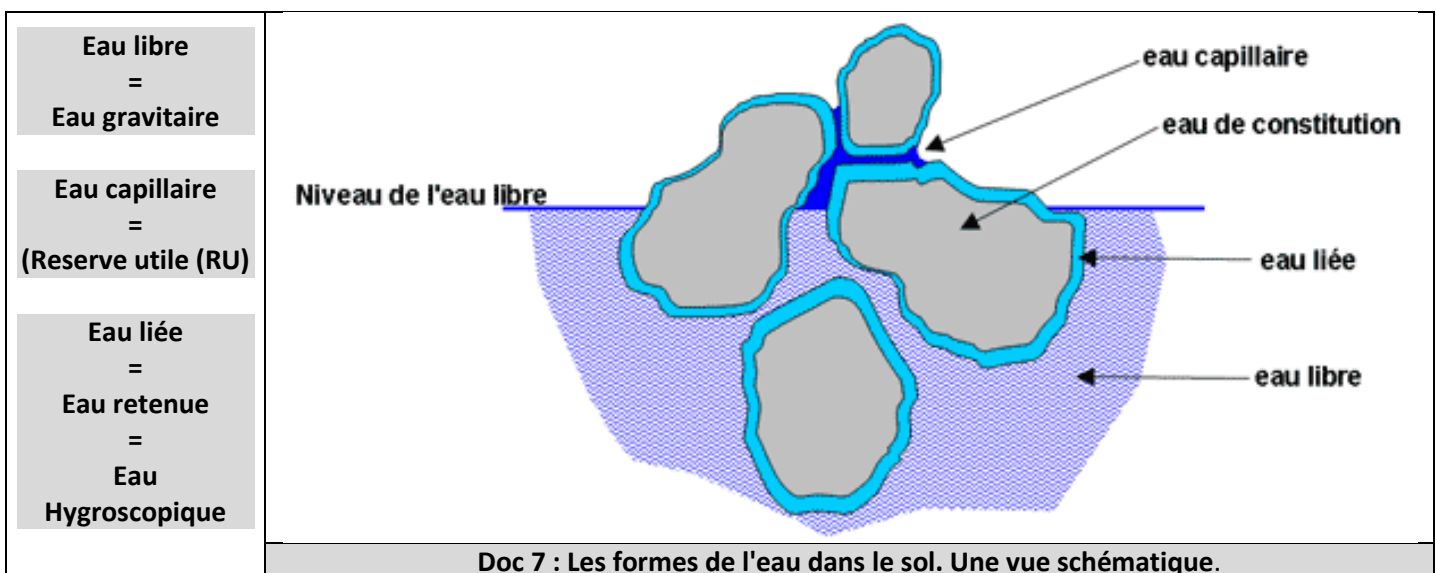
L'eau peut se trouver dans plusieurs états à l'intérieur d'un sol, ces états se distinguent essentiellement par l'intensité des forces qui lient l'eau et les grains.

Les molécules d'eau sont soumises à trois forces : la pesanteur P ; l'attraction par les solides F (particule terreuse) ; la succion par les racines S.

On distingue classiquement :

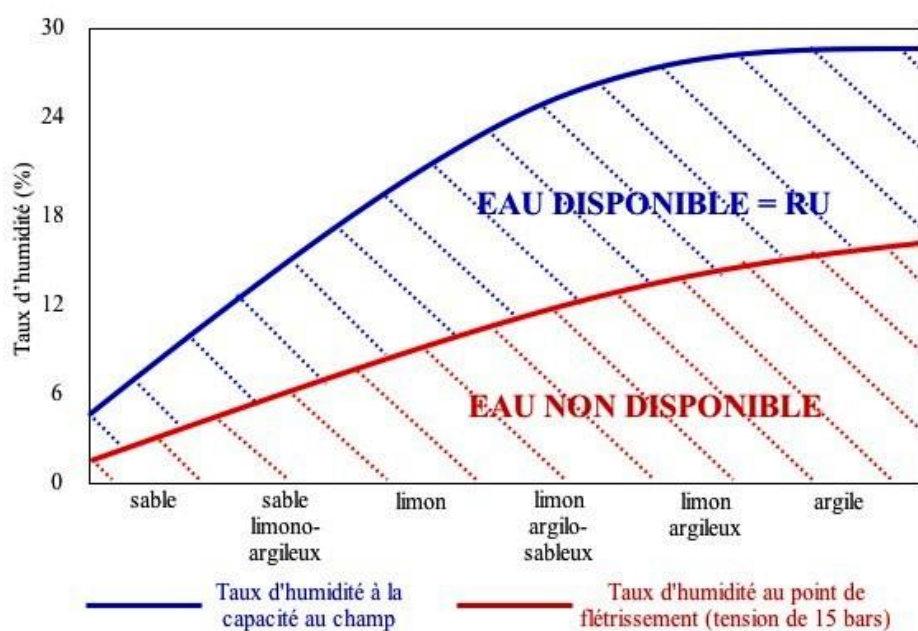
Formes d'eau	Eau de gravité	Eau capillaire	Eau Hygroscopique
Description des caractéristiques	qui peut circuler dans les pores du sol sous l'effet des forces de pesanteur	(Réserve utile = RU) qui est retenue par les pores les plus fins du sol, cette eau est facilement utilisable par la plante	liée à la surface des grains, qui est solidaire des grains, cette eau n'est pas absorbable par les racines des plantes
Nature des forces	$S = 0$ et $F < P$	$F < S$ et $F > P$	$F > S$ et $F > P$

La figure suivante, schématise les différents états de l'eau dans les sols.



→ Exercice 1

- Le document 8 démontre la Variation de la capacité de rétention en eau du sol et du point de flétrissement.
- Sachant que le point de flétrissement correspond à l'humidité du sol à partir de laquelle la plante ne peut plus prélever d'eau car la réserve utile en eau du sol a été entièrement consommée.



Doc 8 : Variation de la capacité de rétention en eau du sol et du point de flétrissement

1. Quelles relations existe-t-il entre la texture du sol, sa capacité de rétention d'eau (les taux d'humidité à la capacité au champ) et le point de flétrissement (les taux d'humidité au point de flétrissement) ?
2. Montrer en se basant sur les trois types des forces P, S et F quand se réalise le point de flétrissement ?
3. Déduire l'effet de l'addition de l'humus sur le sol ?

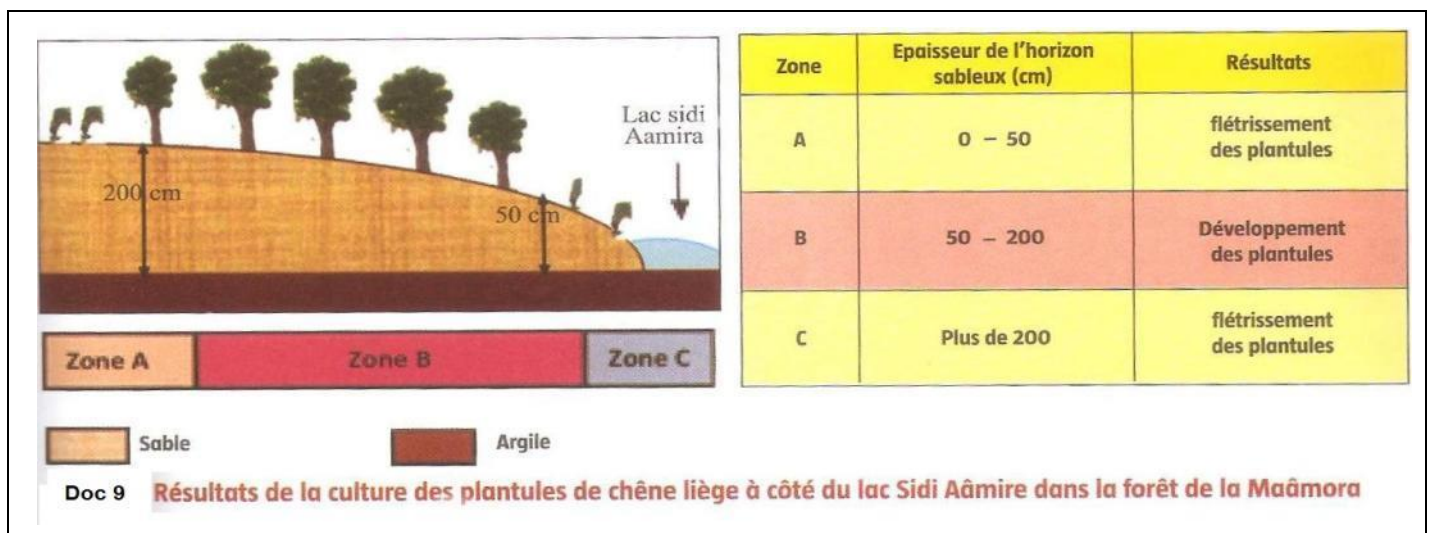
→ Correction d'exercice 1

1. Le point de flétrissement et la capacité de rétention d'eau varie essentiellement avec la texture sol: elle est donc plus grande pour des sols argileux que pour des sols à texture grossière (Sable).
2. Le point de flétrissement se réalise quand la force de rétention en eau du sol (F) s'égalise avec la force de la succion par les racines (S) [F = S].
3. L'humus augmente la capacité de rétention d'eau pour cela élever le point de flétrissement.

4. L'effet de la capacité de rétention en eau du sol sur la répartition du chêne liège

→ Exercice 2

Afin de déterminer l'effet de la capacité de rétention en eau du sol sur la répartition des végétaux, des plantules de chêne liège ont été cultivé à côté du lac de Sidi Aâmira dans la forêt de la Maamora. Les conditions de culture et les résultats obtenus sont représentés dans la figure 9.



1. Expliquer les résultats obtenus en tenant compte des propriétés du sol argileux et sableux ?

→ Correction d'exercice 2

1. Les résultats de la culture des plantules de chêne liège à côté du lac de Sidi Aâmira dans la forêt de la Maamora (Doc 9), montrent que les plantules préfèrent des sols sableux ayant une épaisseur inférieure à 2 mètres (200 Cm), bien drainés (sur une couche argileux non perméable). Il fuit les « Daya » car elles sont remplies d'argiles de structures compactes qui empêchent le développement normal des racines des plantes.

II. Le rôle des êtres vivants dans l'évolution du sol

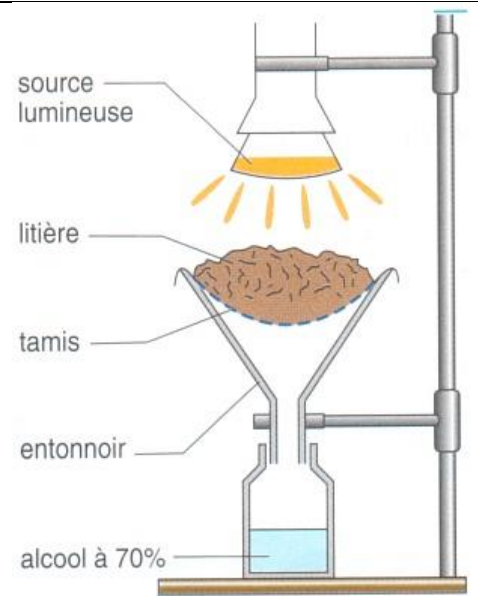
1) Mis en évidence de la faune du sol

Pour mettre en évidence la faune du sol, on utilise l'appareil de Berlèse qui se base sur le principe suivant :

- Les animaux vivants dans le sol fuient la lumière de la lampe et tombent dans le flacon qui contient de l'alcool.
- On peut ensuite les observer à la loupe binoculaire puis les classer.

Exemple des animaux de la litière :

- Le cloporte : se nourrit de bois pourri et de feuilles mortes.
- Pseudoscorpion : Mange les collemboles et les acariens.
- Le collembole : mange des débris de végétaux et des filaments de champignons.
- Acarien se nourrit de débris de végétaux et des animaux.
- Lithobie : se nourrit des vers de terre, de collemboles ...



Doc 10 : Appareil de Berlèse

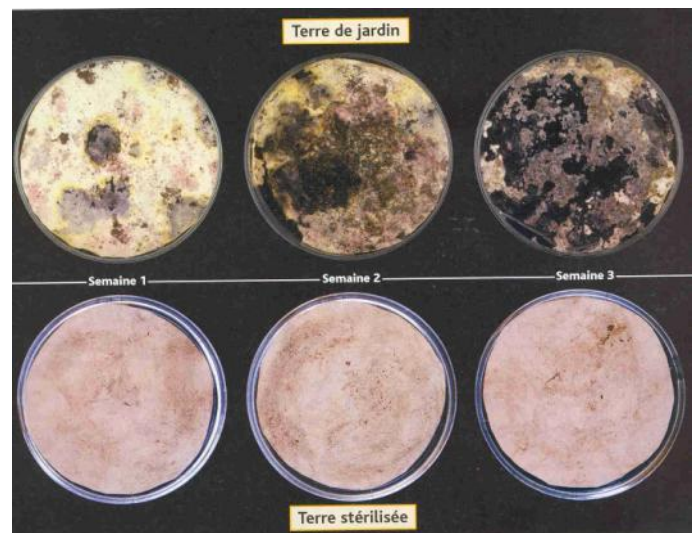
2) Mis en évidence des champignons et des bactéries du sol

Pour observer la décomposition d'une feuille

- 1 je prélève quelques feuilles dans un peu de litière.

Pour connaître les conditions de décomposition

- 1 je place une feuille de papier buvard (même matière qu'une feuille morte) au fond d'une boîte, à l'aide d'une pince;
- 2 je recouvre la feuille de terre de jardin humide;
- 3 je prépare une deuxième boîte avec de la terre humide **stérilisée**;
- 4 je referme les deux boîtes avec leur couvercle sur lequel j'écris au feutre « terre de jardin » ou « terre stérilisée »;
- 5 Je place les deux boîtes dans un environnement humide à 30 °C pendant plusieurs semaines;
- 6 Je fais une observation régulière de l'aspect des feuilles de buvard.



Doc 11: Les feuilles de la litière à différents stade de décomposition

→ Expliquer l'aspect des feuilles, en se basant sur les résultats de l'expérience et les observations du Doc11.

↳ Réponse :

la destruction de la cellulose est liée à la présence des taches colorées.

A la loupe binoculaire, on y reconnaît des filaments : il s'agit en effet de colonies de champignons microscopiques. D'autres colonies sous formes des taches sont formées des bactéries.

Ces micro-organismes du sol participent à la décomposition de la litière.

3) Effet des êtres vivants sur le sol

A. La faune du sol

a. L'action mécanique

- Création de galeries, aération, drainage, fragmentation de la matière organique et malaxage et transport des matières organiques dans tout le profil du sol ;
- formation d'agrégats stables (CAH) et amélioration de la porosité du sol.

b. L'action chimique

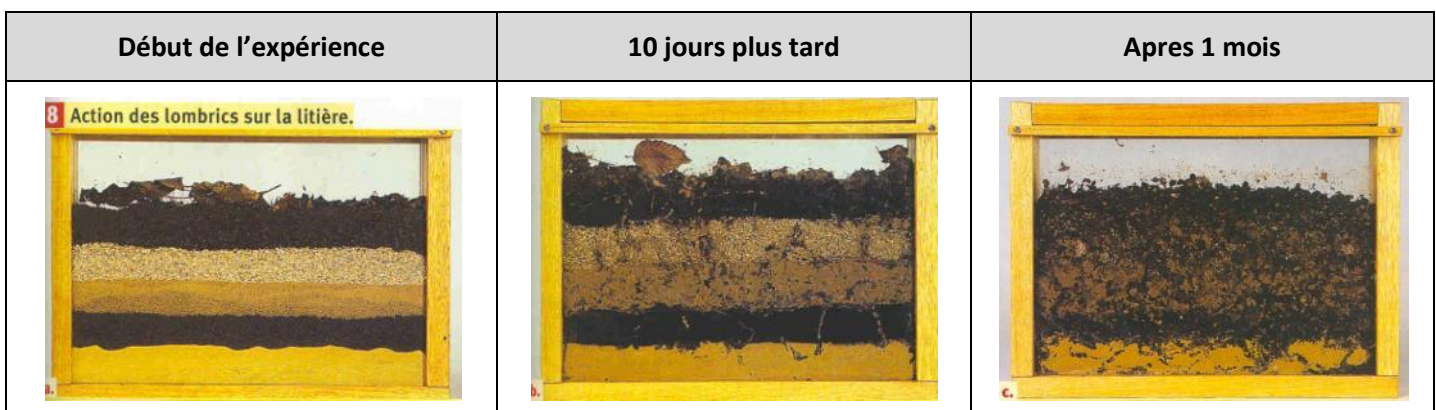
- lutte contre le lessivage en remontant les éléments minéraux lessivés hors d'atteinte des racines, et enrichissement en minéraux absorbable ;
- Amélioration de l'absorption des éléments minéraux grâce à cette pré-digestion ;
- Mobilisation sous forme organique d'une partie des éléments minéraux présents dans le sol.

c. L'action biologique:


- Stimulation de la flore microbienne du sol avec une amélioration et un rajeunissement permanents des souches les mieux adaptées ;
- limitation d'invasions extérieures par des parasites.

➔ Exemple de l'action des vers de terre

Les vers de terre sont parmi les plus célèbres habitants du sol. Ils représentent la première biomasse animale terrestre. Pour mettre en évidence le rôle des vers de terre dans le mélange des composantes du sol on réalise la manipulation suivant :



Doc 14 : L'action des lombrics sur la litière

 <p>Deux lombrics, des vers de terre particulièrement fréquents dans nos sols.</p> <p>Un turricule : amas d'excréments que le ver de terre rejette à la surface du sol.</p>	<p>Comparaison de la quantité de matière minérale dans la terre ingérée et dans les turricules.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Pourcentage dans le sol de surface</th> <th>Pourcentage dans les turricules de vers de terre</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calcium</td> <td>19,90</td> <td>27,90</td> </tr> <tr> <td>Magnésium</td> <td>1,62</td> <td>4,92</td> </tr> <tr> <td>Azote</td> <td>0,04</td> <td>0,22</td> </tr> <tr> <td>Phosphore</td> <td>0,09</td> <td>3,58</td> </tr> </tbody> </table>		Pourcentage dans le sol de surface	Pourcentage dans les turricules de vers de terre	Calcium	19,90	27,90	Magnésium	1,62	4,92	Azote	0,04	0,22	Phosphore	0,09	3,58
	Pourcentage dans le sol de surface	Pourcentage dans les turricules de vers de terre														
Calcium	19,90	27,90														
Magnésium	1,62	4,92														
Azote	0,04	0,22														
Phosphore	0,09	3,58														
<p>Doc 12 : Déjections de lombric (Turricules)</p>	<p>Doc 13 : composition minérale des Turricules comparée au sol hôte</p>															

⊗ Démontrer l'importance de lombrics dans l'amélioration des propriétés des sols ?

⊗ Réponse :

- Le ver de terre, ou lombric, creuse des galeries qui favorisent la pénétration de l'air dans le sol.
- Cet air est indispensable à la vie des racines et de tous les êtres vivants souterrains, y compris le ver de terre, Ces galeries facilitent aussi la pénétration de l'eau.
- Ces vers avalent de sol et s'en nourrissent. Ils rejettent des excréments à la surface sous forme de turricules. Le sol est donc avalé, digéré, remanié et labouré par les vers de terre.

B. La flore du sol

Elle est encore beaucoup plus abondante. Elle comprend principalement :

1. des bactéries	2. des champignons	3. des actinomycètes	4. des algues
------------------	--------------------	----------------------	---------------

a. Les bactéries

Elles constituent le groupe de micro-organismes du sol de loin le plus important, On en trouve dans un sol en bon état biologique plusieurs milliards par gramme de terre, et leur poids total à l'hectare peut atteindre plusieurs tonnes. Leurs fonctions sont extrêmement nombreuses :

- dégradation de la matière organique aboutissant d'une part à la formation de l'humus, d'autre part à la minéralisation ;
- solubilisation des éléments contenus dans la partie minérale du sol et dans la roche-mère ;
- fixation de l'azote atmosphérique et symbiose avec les plantes supérieures ;
- sécrétion de multiples substances complexes (vitamines, antibiotiques, substances de croissance, enzymes, etc) intervenant dans les nutriments des végétaux et dans la lutte contre les parasites.

b. Les champignons

Ils sont moins nombreux que les bactéries mais ils peuvent constituer, dans les sols acides, une biomasse plus importante. La longueur des filaments des champignons peut, dans certains sols, dépasser 5 m par cm³ de sol. Leur rôle est multiple :

- Adhérence des fines particules du sol à leurs filaments, ils contribuent à la formation d'agrégats preux, stables à l'eau et résistants.
- Décomposition des substances organiques ;
- Les champignons participent à la transformation des matières organiques en éléments minéraux (transformation de l'azote organique en azote minéral) ;
- Se nourrissent de cellulose et de lignine, qui sont les constituants principaux des tissus végétaux ;
- Formation d'humus et Interaction avec les autres organismes vivant du sol.

c. Des actinomycètes

Leur nombre peut varier de 100 000 à 100 millions par gramme de terre ; ils sont particulièrement abondants en milieu alcalin. Ils participent à la dégradation des résidus organiques et secrètent de nombreux antibiotiques qui ont un rôle inhibiteur sur les germes parasites.

d. Des algues

On peut en trouver, dans les couches superficielles du sol, plusieurs millions par gramme de terre.

Elles forment le seul groupe de végétaux microscopiques contenant de la chlorophylle. Certaines espèces sont capables de fixer l'azote de l'air ; d'autres transforment l'azote minéral (ammoniacal et nitrique) en azote organique.

⊗ Remarque

Il ne s'agit évidemment que d'ordres de grandeur, extrêmement variables d'un sol à l'autre et, pour un même sol, d'une saison à l'autre.

4) Humification et minéralisation : deux processus de transformation de la matière organique du sol

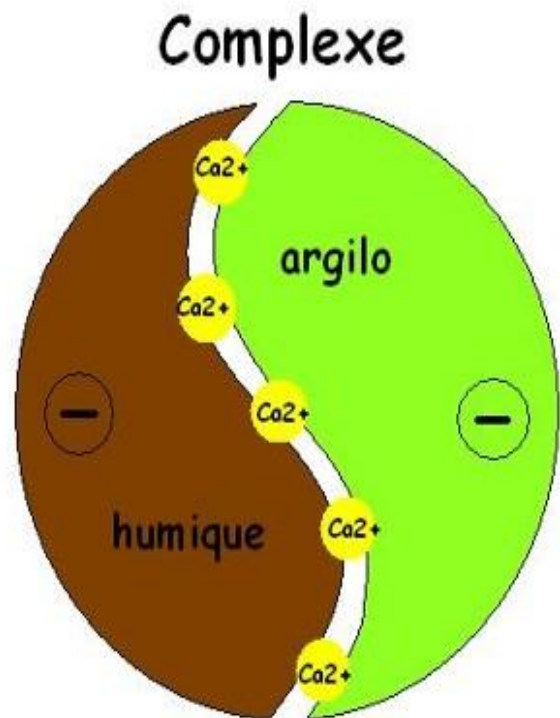
A. Le Complexe Argilo-Humique

Le complexe argilo-humique est l'association de 3 éléments: (Doc 14)

- La matière organique: humus ;
- La matière inorganique: l'argile;
- Les cations minéraux comme le Ca^{2+} et le Fe^{2+}

L'humus et l'argile étant tout deux électronégatifs, ils ne peuvent donc pas se lier sans la présence de ces cations qui servent de « pont ». On appelle cette association un complexe.

L'humus, en hydratant le complexe (en retenant l'eau), protège l'argile des conditions extérieures (il évite sa dispersion). L'argile protège l'humus de l'action des micro-organismes (les attaques microbiennes) en ralentissant sa minéralisation. Le tout forme un colloïde qui permet de stabiliser un sol. La qualité/solidité d'un CAH dépend de la charge des ions qui le maintiennent. Ainsi une liaison mettant en jeu un ion aluminium (Al^{3+}) ou calcium (Ca^{2+}) sera plus solide qu'une liaison via un ion potassium (K^+) ou hydrogène (H^+).



Doc 14 : Schéma du complexe argilo-humique mettant en jeu un pont calcique.

B. L'Humification

La formation des produits stables « formation de l'humus, ou humification », consiste en des recombinaisons et polymérisations de molécules organiques plus ou moins complexes. La nature biochimique des Matières organiques apportées au sol détermine le processus d'humification. Une des caractéristiques importantes de ce processus est l'incorporation d'azote (N) dans les macromolécules humiques, conduisant à un stockage de l'azote sous forme organique dans le sol. Tout en partant des mêmes éléments précurseurs, la qualité des humus produits dépendra des conditions physico-chimiques qui règnent dans le sol. Le pH, la teneur en oxygène, la teneur en bases échangeables, en cations seront déterminants.

C. La Minéralisation

C'est le passage du monde organique au monde minéral. Ce processus se déroule en plusieurs étapes :

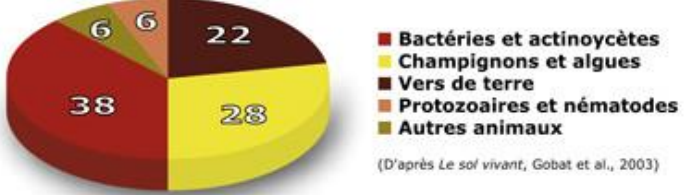
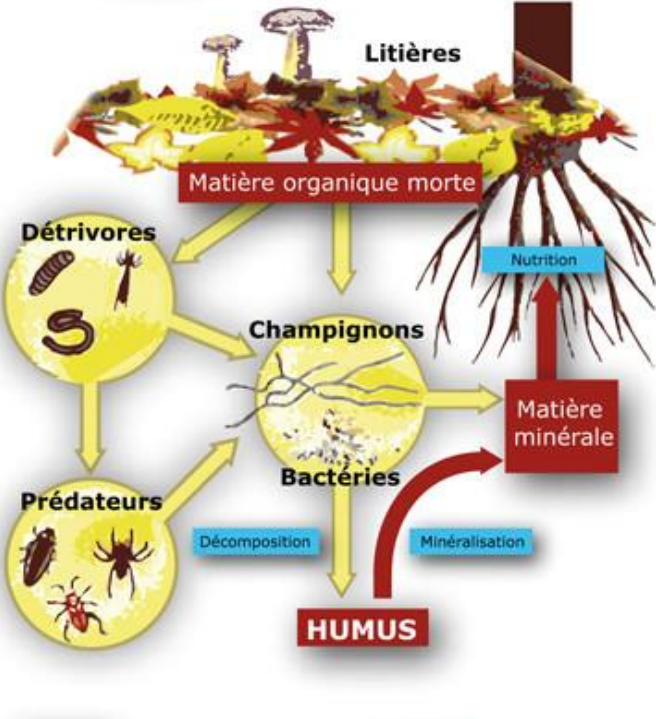
- ① Minéralisation primaire M1 : qui concerne les matières organiques jeunes.

est un processus assez rapide. Il aboutit à la libération de substances nutritives par désagrégation et dépolymérisations successives des matières organiques. Parmi ces substances, on trouve : l'eau, le CO_2 , l'azote nitrique, les phosphates et sulfates, etc... Cette phase se déroule essentiellement sous l'action de la faune du sol et des microbes (champignons et bactéries).

② **Minéralisation secondaire M2** : la minéralisation secondaire ou minéralisation des produits stables (communément appelé « minéralisation de l'humus »).

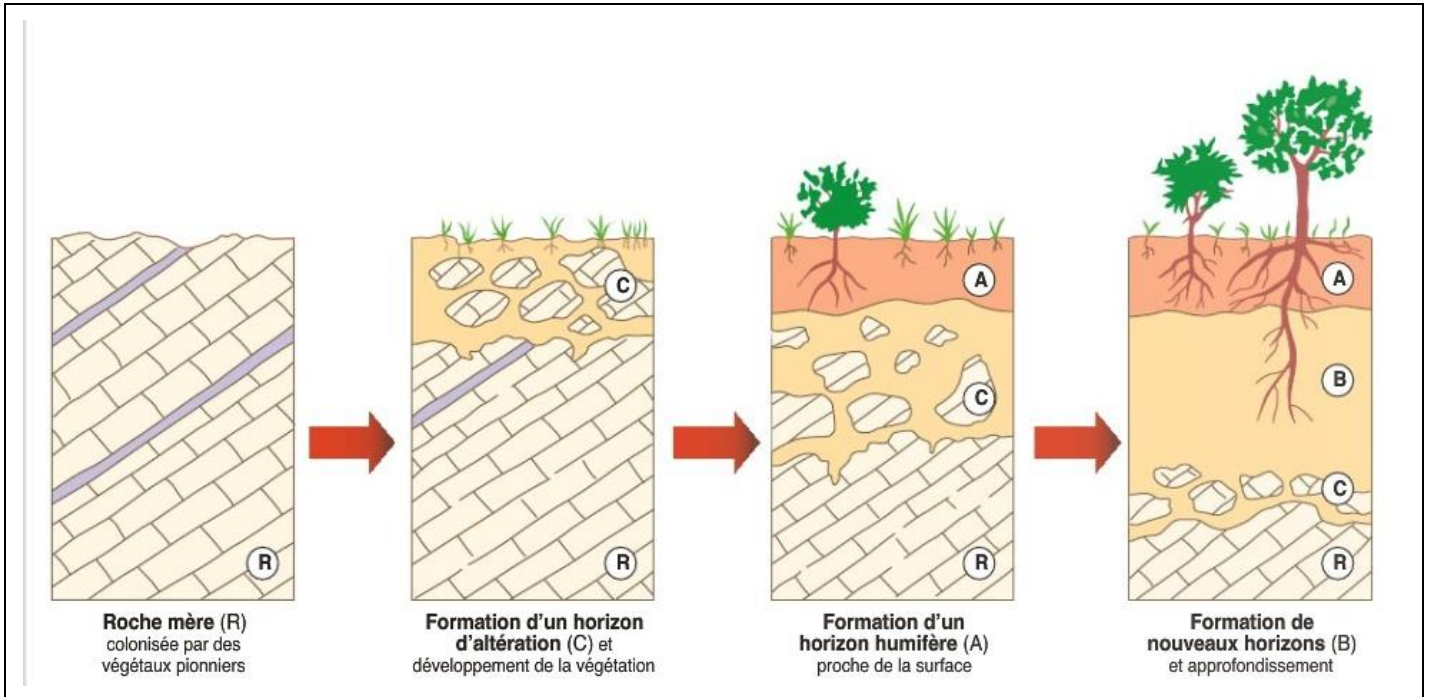
est au contraire un processus très lent, à raison de 2 – 3 % par an. Elle affecte l'humus formé depuis de nombreuses années et libère des quantités annuelles d'éléments nutritifs considérables qui sont mis à disposition des plantes.

D. L'utilité de la matière organique dans le sol

<p>L'influence physique</p>	<p>Elle protège la structure en limitant le tassement et le réchauffement du sol. Elle offre une résistance à l'érosion et au ruissellement. En retenant l'eau, elle permet une meilleure alimentation hydrique des plantes.</p>	
<p>L'activité biologique</p>	<p>La faune auxiliaire (vers de terre, biomasse microbienne) stimule l'activité biologique du sol qui dégrade, minéralise, réorganise la MO pour la transformer en humus tout en aérant le sol.</p>	
<p>Le rôle chimique</p>	<p>En se minéralisant, la MO, fournit principalement de l'azote utile pour le développement des plantes mais offre d'autres éléments (P,K, oligo-éléments...). Les matières organiques, associées aux argiles, constituent le complexe argilo-humique qui favorise la Capacité d'Echange Cationique. Son effet « complexation », conserve les métaux (cuivre, fer) sous une forme peu soluble, peu lessivable et peu toxique. En dégradant les produits phytosanitaires (désherbants ou produits appliqués sur les feuilles qui retournent au sol), la vie microbienne du sol contribue à préserver la qualité de l'eau.</p>	<p style="text-align: center;">Doc 15 : Cycle de la matière organique</p>

5) Les stades de la formation d'un sol

La formation d'un sol dépend de l'interaction entre facteurs climatiques et biologiques, elle passe par les étapes suivant :



III. Action de l'homme sur le sol

1) Quelques aspects de la dégradation du sol

La dégradation des sols se définit comme un processus qui réduit le potentiel de production des sols ou de l'utilité des ressources naturelles.

Le sol est une ressource très faiblement renouvelable au sens où sa dégradation peut être rapide (quelques années ou décennies) alors qu'il lui faut plusieurs milliers d'années pour se former et se régénérer.

A. L'agriculture

Le développement d'une agriculture plus intensive, même si elle a permis d'accroître les productions vivrières, a contribué à la pollution des sols notamment suite à l'usage intensif d'engrais de synthèse et de produits phytosanitaires pour lutter contre les mauvaises herbes et les parasites. Ces produits contiennent des éléments qui ne sont pas tous dégradables. Ils peuvent donc rester dans le sol ou être entraînés par la pluie vers les nappes phréatiques ou les rivières ou être transférés vers les plantes, les animaux et l'homme.

L'agriculture peut aussi agresser le sol en provoquant son tassement par le passage d'engins de plus en plus lourds. Le sol compacté ne laisse passer ni l'eau, ni l'air et la faune du sol (par exemple, les vers de terre) diminue.

Le sol laissé nu une bonne partie de l'année voit une part non négligeable de ses éléments fertiles emportés par l'eau (érosion hydrique) ou le vent (érosion éolienne). En cas de tempêtes ou de fortes pluies, c'est plusieurs dizaines de tonnes de sol par hectare et par an qui peuvent disparaître et être entraînés vers les cours d'eau qu'ils rendent boueux.

La baisse de la qualité des sols peut donc induire une baisse des rendements des récoltes et de leur qualité nutritive.

B. Les autres activités humaines responsables de la dégradation du sol

Les autres causes de pollutions ou de dégradations des sols dues aux activités humaines sont :

- ➔ la mise en décharge de déchets et l'épandage de déchets notamment les boues de stations d'épuration et les composts urbains, qui contaminaient les sols ;
- ➔ Les rejets de polluants organiques et de métaux par les sites industriels, anciens ou actuels, ou par les véhicules (gaz d'échappement des voitures, des camions...),

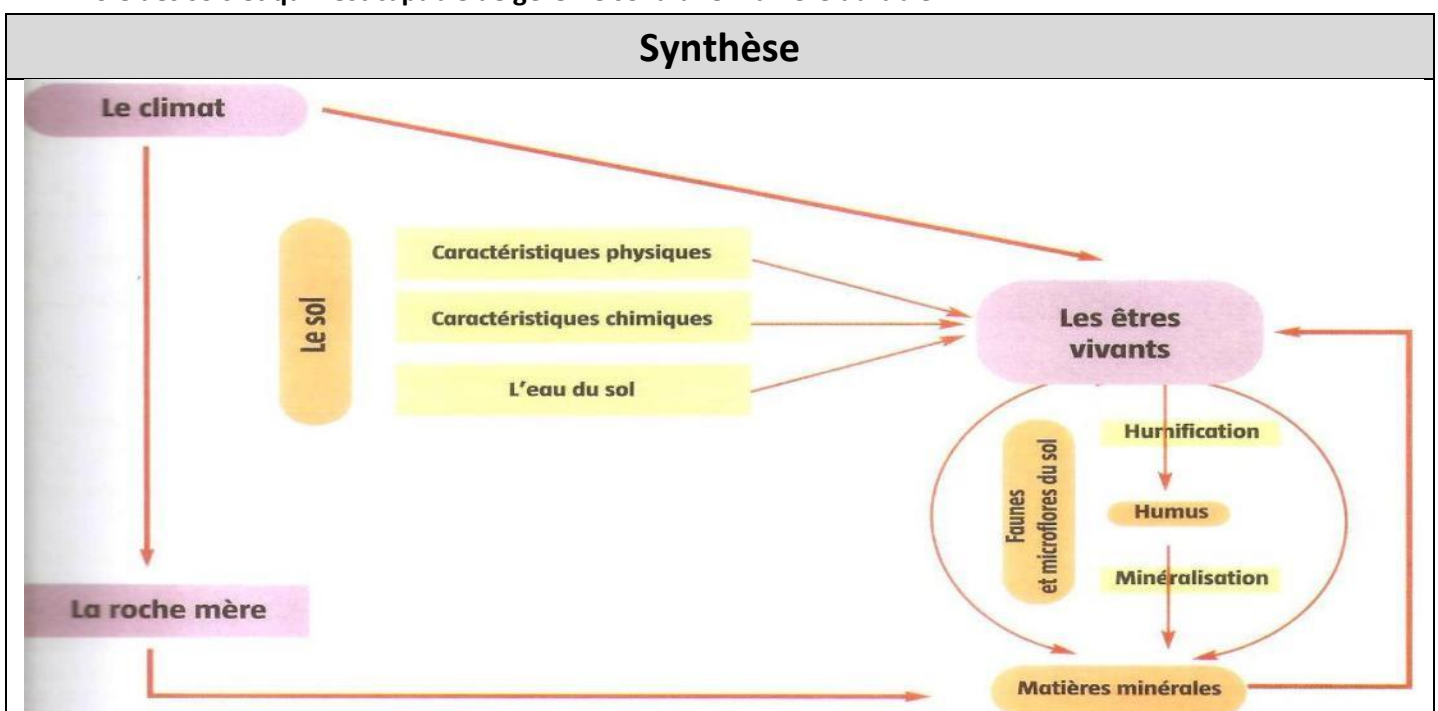
- l'érosion accélérée due à la perte de couverture végétale par exemple en cas de déforestation ou incendie de forêts, qui se traduit par une dégradation et une transformation du relief ;
- l'imperméabilisation, due à la construction de routes, d'habitations qui couvrent le sol et le condamnent à mort,
- la mise en culture de prairies et de forêts, le labour et la moindre restitution des résidus de culture (pailles...) qui diminuent la biodiversité et les matières organiques contenues dans les sols.

Toutes ces menaces affectent les diverses fonctions du sol, notamment celles qui sont primordiales pour la santé humaine, comme la production alimentaire, ou encore la filtration et le stockage des eaux souterraines, principale source d'eau potable.

D'après diverses sources dont la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), on estime que près de la moitié des sols du monde sont déjà dégradés en conséquence des activités humaines, phénomène qui s'accroît et qui pourrait s'aggraver avec les changements climatiques.

2) Préservation du sol et amélioration de son rendement

- ☒ Les principaux axes en matière de préservation du sol :
 - Protéger la surface du sol ;
 - Enrichir le sol ;
 - Réduire le travail du sol.
- ☒ Si les activités humaines peuvent dégrader les sols, une gestion durable des sols est possible en adaptant les usages et les pratiques :
 - L'aménagement des sols en terrasse ou la présence de végétation toute l'année (qui évite de laisser le sol nu lors de fortes pluies ou des saisons pluvieuses) permet de limiter l'érosion ;
 - l'apport raisonné d'éléments minéraux (ex : azote, phosphore, potassium...) améliore ou entretient la fertilité des sols ;
 - la réduction voire la suppression des traitements phytosanitaires réduit la contamination des sols ;
 - l'irrigation maîtrisée du sol limite la salinisation des sols ;
 - la réduction du labour du sol permet de stocker du carbone, améliore la vie biologique des sols et limite l'érosion ;
 - le recours à des fertilisants organiques (ex : composts, fumier) permet d'entretenir la matière organique des sols.
- ☒ Toutes ces améliorations sont la preuve que l'Homme prend de plus en plus conscience de l'importance du rôle des sols et qu'il est capable de gérer le sol d'une manière durable.



Série des exercices « Chapitre 2 : Les facteurs édaphiques et leurs relations avec les êtres vivants »

→ Exercice N°1

Définir les termes suivants : Texture du Sol ; Humus ; Structure Du Sol ; Point De Flétrissement ; Humification ; Minéralisation. CAH ; MO .

→ Exercice N°2

☒ Relier par une flèche l'expression de la colonne A avec celle de qui lui convient dans la colonne B.

A : Expression	B : Définition
Eau capillaire	Eau contenue dans les espaces lacunaires et qui s'écoule par gravité.
Eau hygroscopique	Eau facilement utilisable par les plantes.
Eau de gravité	Les petits agrégats d'argiles maintiennent les éléments fins, le sol reste aéré.
Structure grumeleuse	Eau retenue sous forme de films très minces autour des particules terreuses.
Structure compacte	Il n'y a pas d'argile. Les éléments fins ne sont pas liés entre eux.
Structure particulaire	Les éléments fins sont liés par l'argile.

→ Exercice N°3

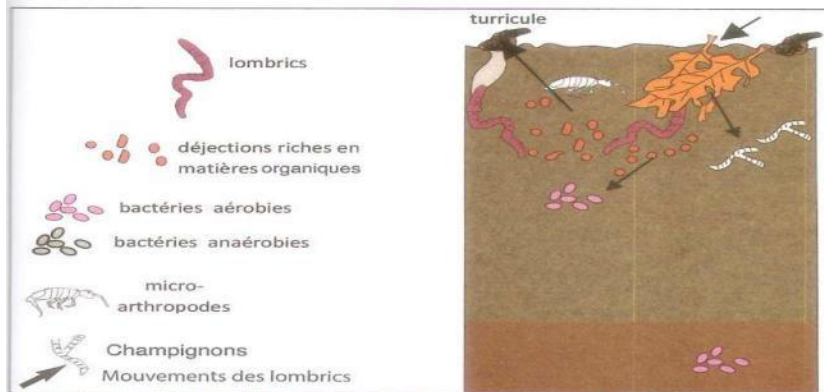
Cocher la bonne proposition et corriger celle qui est incorrecte.
 L'humus résulte du processus d'humification.
 L'humus résulte du processus de minéralisation.
 Les vers de terre sont les seuls responsables de l'humification.
 Le complexe argilo-humique est formé uniquement d'acide humique.

→ Exercice N°4

4 Eliminer la réponse (les réponses) intruse ; Le chêne liège :
 4.1 - se développe sur les sols siliceux.
 4.2 - est une plante calcicole.
 4.3 - peut se développer sur des sols argileux.
 4.4 - est une plante calcifuge.

→ Exercice N°5

Afin de déterminer le rôle de la faune du sol, on a analysé des échantillons du sol et de turrículos (turrículos) de *Lombrics* :



Eléments chimiques	Teneur du sol (%)	Teneur des turrículos (%)
Calcium	19,9	27,9
Magnésium	1,62	4,92
Azote	0,04	0,22
Phosphore	0,09	0,67
Potassium	0,32	3,58

a- Coupe schématisée du sol montrant la position des turrículos

b- Composition minérale des turrículos comparée au sol hôte

- 1-En se basant sur la figure a, **dégager** quelques rôles des lombrics dans le sol.
- 2- **Comparer** la teneur en éléments chimiques du sol et des turrículos à partir du tableau b, que **déduisez** – vous de cette comparaison concernant le rôle des *Lombrics*.
- 3- En vous aidant des données précédentes et de vos connaissances, **faites une synthèse** des rôles de la faune et de la flore du sol dans l'amélioration de sa qualité.

Chapitre 3 : Les facteurs Climatiques et leurs relations avec les êtres vivants

→ Problème Scientifique à résoudre

Le climat est l'ensemble des conditions atmosphériques telles que la température, les précipitations, l'humidité, le vent, la luminosité... etc. , qui caractérisent une région donnée.

Le climat s'organise à la surface de la terre et varie selon la position géographique. D'autre part, les êtres vivants occupent des espaces géographiques déterminés. On peut alors se demander :

- Comment déterminer le climat d'une région donnée ?
- Quelle relation entre le climat et la répartition des êtres vivants ?
- Quelle est l'importance de la connaissance du climat en agronomie ?

I. Les facteurs climatiques

1) La température

La mesure de la température s'effectue à l'aide d'un thermomètre ou plus exactement d'une sonde thermométrique. Il s'agit d'un instrument permettant de repérer la température du milieu avec lequel il doit être en équilibre thermique.

L'unité de mesure de la température est le °C (degré Celsius) ; et l'unité internationale est le °K (degré Kelvin). La relation entre ces deux unités s'écrit : $273,2 \text{ °K} = 0 \text{ °C}$; $274,2 \text{ °K} = 1 \text{ °C}$ etc.

La mesure de la température maximale M se fait le plus souvent en cours d'après - midi, et la mesure de la température minimale m se fait le plus souvent vers le lever du jour ou le soir. Ces mesures sont une donnée important pour connaître le climat d'un endroit, elles doivent se faire de façon régulière.

On peut caractériser ainsi :

- ⊗ T : la moyenne mensuelle des températures : $T = (M+m)/2$
- ⊗ M - m : la différence des températures ou écart thermique

A. Exercice d'application :

Le tableau suivant donne les mesures des moyennes des températures en °C, dans 4 stations au Maroc.

Station \ Mois		jan	fev	mar	avr	mai	jui	juil	Aou	sep	oct	nov	dec
Erfoud	M	16,5	21,1	22,7	18,4	32,9	38,8	42,6	41,4	34,9	27,7	20,3	16,6
	m	1,3	4,2	8	12,6	17	23,2	25	24,4	20,8	13,5	7,5	3,4
Tifelt	M	16,7	18,2	20,9	23,6	26,7	31,3	35,4	35,8	32,3	27,5	21,6	17,7
	m	5,6	6	7,9	9	11	14,3	16,6	17	15,6	12,9	9,4	6,6
Oulmés	M	11,8	13,7	16,7	18,4	20,4	27,5	33,8	33,1	28,5	22,4	17,1	13,4
	m	2,6	3,8	5,4	7,1	8,9	13,5	17,9	17,2	14,1	10,8	7,1	4,3
Ouarzazate	M	11,6	19,8	23	27,3	31	36,3	39,4	38,7	35,5	27,2	21,8	17
	m	1	2,9	6,5	9,7	13,2	17,3	19,4	19,8	16,7	12	6,6	2,2

- 1) Donner la moyenne m du mois le plus froid et la moyenne M du mois le plus chaud en °C et en °K pour chacune des stations de Tifelt ; Erfoud ; Oulmés et Ouarzazate.
- 2) Déduire l'écart thermique et T en °C pour chacun station et comparer les résultats. Que constatez-vous ?

B. Correction d'exercice d'application:

- 1) Le tableau suivant présente La moyenne m du mois le plus froid et la moyenne M du mois le plus chaud en °C et en °K pour chacune des stations de Tifelt ; Erfoud ; Oulmés et Ouarzazate :

La moyenne Station	La moyenne m du mois le plus froid		La moyenne M du mois le plus chaud		l'écart thermique M - m	T
	m en °C	m en °K	M en °C	M en °K		
Erfoud	1,3	274,5	42,6	315,8	41,3	21,95
Tifelt	5,6	278,8	35,8	309	30,2	20,7
Oulmés	2,6	275,8	33,8	307	31,2	18,2
Ouarzazate	1	274,2	39,4	312,6	38,4	20,2

- 2) Le tableau suivant présente l'écart thermique et T en °C pour chacun station :

La moyenne Station	l'écart thermique M - m	T	Comparaison des résultats : <input checked="" type="checkbox"/> La moyenne des températures T est presque la même pour 2 stations (environ 20,5 °C) sauf la station d'Oulmés (18,2 °C) et la station d'Erfoud (21,95 °C). <input checked="" type="checkbox"/> L'écart thermique varie d'une station à l'autre. Erfoud avec 41,3 °C suivi par Ouarzazate (38,4 °C) représentant les moyennes les plus élevés, contrairement Oulmés et Tifelt son loin de ces moyennes (environ 30,5 °C).
Erfoud	41,3	21,95	
Tifelt	30,2	20,7	
Oulmés	31,2	18,2	
Ouarzazate	38,4	20,2	

D'après ces résultats, on constate que ces variations son lié à plusieurs facteurs, tel que les facteurs climatiques ainsi la situation géographique des stations.

3) La pluviométrie

La mesure de la hauteur des précipitations peut s'effectuer à l'aide d'un pluviomètre. Il s'agit d'un instrument permettant de comptabiliser la quantité de précipitations tombant sur une surface donnée. L'unité pluviométrique est le mm, ce qui représente les précipitations d'un litre de pluie sur une surface d'un mètre carré (1 mm = 1 l/m²).

Les mesures journalières de la pluviométrie permettent de calculer la pluviométrie mensuelle et la pluviométrie annuelle Pa. Ces mesures peuvent s'étaler sur plusieurs années, ce qui permet de déterminer les moyennes de la pluviométrie mensuelle et de la pluviométrie annuelle Pa.

$$Pa \text{ (Pluviométrie Annuelle)} = P1+P2+P3+\dots\dots\dots+ P12$$

A. Exercice d'application:

Le tableau suivant donne les mesures des précipitations mensuelles de la ville d'Oulmés.

Les mois	jan	fev	mar	avr	mai	jui	juil	Aou	sep	oct	nov	dec
Facteur												
P (mm)	129,2	129,5	111	91,2	34,6	23,4	1,5	3,8	11,7	58,5	93,7	128,3

Calculer les précipitations annuelles Pa à Oulmés ?

B. Correction d'exercice d'application:

☒ Les précipitations annuelles Pa à Oulmés est : 816,4 mm

4) L'humidité relative

C'est la quantité de vapeur d'eau qui se trouve dans une particule d'air. L'humidité est présente en permanence dans l'atmosphère et même au niveau du Sahara. Il arrive à un moment donné qu'une particule d'air soit saturée en vapeur d'eau mais pas tout le temps ; l'humidité relative est donc la quantité d'eau présente dans une particule d'air sur la quantité d'eau que peut contenir la particule d'air.

La mesure de l'humidité relative qui s'exprime en %, reste très simple grâce à L'hygromètre : instrument classique qui marche sous l'action de l'air ; plus l'air exerce une force, plus l'aiguille se dirigera vers les 100 % d'humidité relative.

II. Influence des facteurs climatiques à l'échelle du pays

1) Analyse numérique de P et de T

A. La pluviométrie

Elle est très différenciée selon les régions de territoire, et sa répartition traduit plusieurs influences.

a. 1^{er} cas : influence de latitude

→ Comparaison de Pa pour quelques stations le long du littoral atlantique :

STATIONS	TANGER	RABAT	SAFI	AGADIR
ALTITUDE	75 m	65 m	15 m	50 m
Pa	887 mm	532 mm	527 mm	228 mm

☒ Interpréter ces données, que peut-on constater ?

☒ On constate une décroissance progressive de Pa du nord au sud ; ces stations se situent à des altitudes comparables, inférieure à 100 m. cette décroissance est à mettre en relation avec la latitude.

b. 2^{ème} cas : influence de l'éloignement de la mer

→ Soit quelques stations situées à une latitude voisine, le long d'une transversale approximativement ouest-est.

☒ Interpréter ces données, que peut-on constater ?

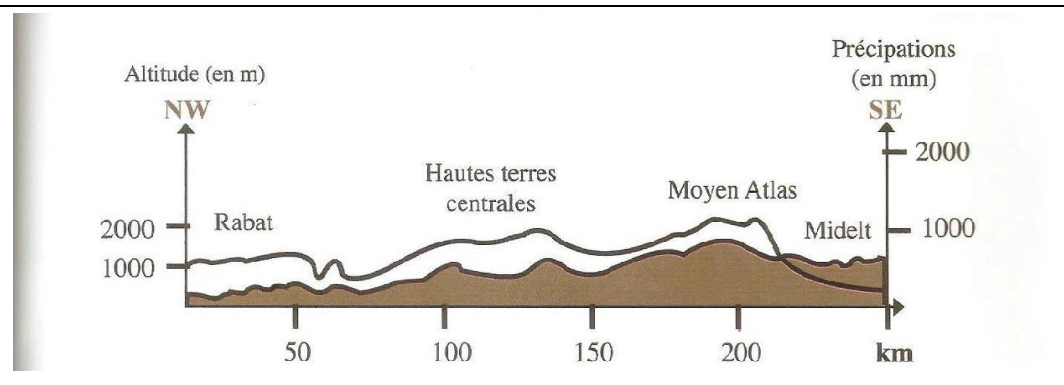
☒ On constate une décroissance progressive de Pa du l'est le sud. On pourra parler de l'océanité des régions soumises à des influence du littoral et de la continentalité du Maroc oriental ou l'intérieur.

Station	Safi	Youssefia	Sidi M'bark	Ben Guerir
Altitude (en m)	15	170	320	475
Eloignement de la mer (en Km)	1	31	73	113
Précipitations annuelles Pa (en mm)	337	305	254	233

c. 3^{ème} cas : influence de l'altitude

→ Le profil pluviométrique suivant, entre Rabat et Midelt, montrant l'influence du relief sur la précipitation

☒ Interpréter ces données, que peut-on constater ?



- ⊗ On constate que les reliefs montagneux connaissent une forte pluviométrie. C'est cette fois l'altitude qui est responsable des variations de la hauteur des pluies.

d. Conclusion :

Ces différentes influences déterminent au Maroc des régions qui en fonction de Pa, appartiennent à plusieurs domaines :

→ Ces différentes influences déterminent au Maroc des régions qui en fonction de Pa, appartiennent à plusieurs domaines :	Variation du facteur climatique	Domaine Climatique
	$700 \text{ mm} \leq Pa < 2000 \text{ mm}$	Domaine humide
	$100 \text{ mm} \leq Pa < 700 \text{ mm}$	Domaine plus sec
	$Pa < 100 \text{ mm}$	Domaine saharien

B. La Température

→ De la même manière que nous l'avons fait pour la pluviométrie, nous déterminerons en fonction de la température les différents domaines auxquels sont soumis les êtres vivants. Au Maroc, ils se définissent essentiellement par rapport aux valeurs que prend m durant le mois le plus froid. On admettra alors :	Variation du facteur climatique	Domaine
	$m < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$	Hiver froid
	$0 \text{ } ^\circ\text{C} \leq m \leq 3 \text{ } ^\circ\text{C}$	Hiver frais
	$3 \text{ } ^\circ\text{C} \leq m \leq 7 \text{ } ^\circ\text{C}$	Hiver tempéré
	$m > 7 \text{ } ^\circ\text{C}$	Hiver chaud

2) Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

BAGNOULS et GAUSSEN ont établi des diagrammes ombrothermiques pour évaluer la durée et l'intensité de la saison sèche pendant l'année. Ils se sont basés sur la formule $P = 2 T \text{ } ^\circ\text{C}$; les mois secs sont définis, quand la courbe des précipitations est située au-dessous de celle des températures moyennes.

Ces graphiques permettent de suivre facilement la suite des saisons et l'importance de leur sécheresse. Mais, ils présentent l'inconvénient de ne pas faciliter la comparaison entre les stations.

A. Exercice d'application:

Le tableau suivant donne les moyennes de Températures (T) et des précipitations mensuelles (P) de la ville d'Oulmés et Tiznit.

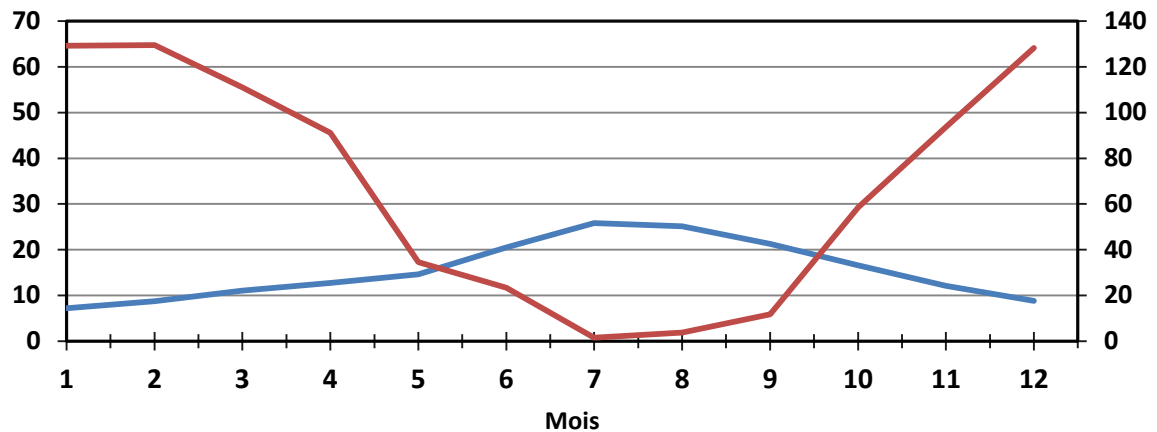
Stations		Mois											
		jan	fév.	mar.	av.	mai	juin	juil.	Aout	sep	oct.	nov.	déc.
Oulmés	T ° C	7,2	8,75	11,05	12,75	14,65	20,5	25,85	25,15	21,3	16,6	12,1	8,85
	P (mm)	129,2	129,5	111	91,2	34,6	23,4	1,5	3,8	11,7	58,5	93,7	128,3
Tiznit	T ° C	14,1	15,3	17	18,2	19,7	21	24,1	25,4	23,6	21,2	17,5	15,1
	P (mm)	35,3	25,3	22,6	14,8	4,7	2,0	0,0	1,5	2,6	15,2	19,2	39,1

- Représenter le diagramme ombrothermique des deux stations. Colorier en jaune sur le diagramme la période sèche de chaque station.
- Délimiter et comparer ces deux périodes.

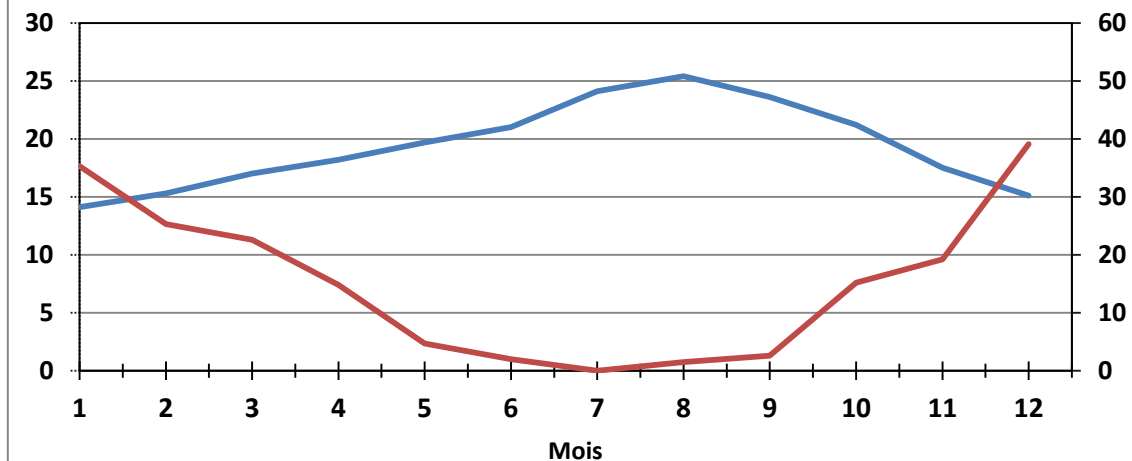
B. Correction d'exercice d'application:

- les diagrammes ombrothermiques des deux stations (d'Oulmés et Tiznit).

Le diagramme ombrothermique de la station d'Oulmés



Le diagramme ombrothermique de la station de Tiznit



2.

- Station d'Oulmés : la période sèche commence la première semaine du mois de mai jusqu'à la moitié de mois de septembre (5 mois et une semaine) ;
- Station de Tiznit : la période sèche commence la troisième semaine du mois de janvier jusqu'à la troisième semaine de mois de Novembre (10 mois).
- Donc, la période sèche au niveau de la station de Tiznit est plus longue que celle de la Station d'Oulmés.

3) Le climagramme ou diagramme climatique

Un diagramme climatique, aussi appelé climatogramme et climagramme, est un graphique utilisé en météorologie représentant la variation mensuelle d'une ou plusieurs variables climatiques (température, précipitations, hygrométrie, etc.).

A. Exercice d'application:

- On se basant sur le même tableau des moyennes de Températures (T) et des précipitations mensuelles (P) de la ville d'Oulmés et Tiznit.
1. Représenter un climagramme de la variation de Températures (T) et des précipitations mensuelles (P) de la ville d'Oulmés et Tiznit.
 2. Commenter le climagramme obtenus.

B. Correction d'exercice d'application:

4) Les étages bioclimatiques d'Emberger

⊗ Le Quotient Pluviométrique et Climagramme d'EMBERGER est Proposé par EMBERGER (1936), le quotient pluviométrique est un rapport plus précis faisant appel en plus des précipitations P, la moyenne (M) des maxima du mois le plus chaud et la moyenne (m) des minima du mois le plus froid. L'amplitude thermique (M-m) rend compte de l'évaporation.

⊗ Le Quotient Pluviométrique d'Emberger Q :

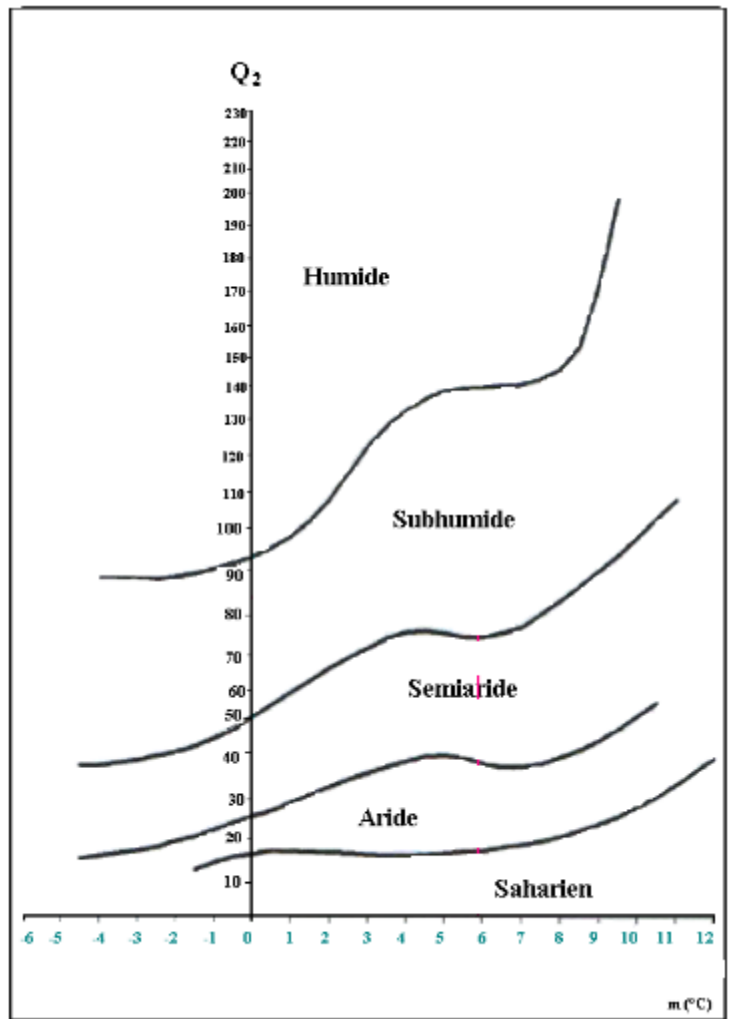
$$Q = \frac{1000 Pa}{\frac{(M + m)}{2} \times (M - m)}$$

⊗ Avec :

- Pa : Pluviométrie annuelle moyenne (mm) ;
- M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en °K ;
- m : Moyenne des minima du mois le plus froid en °K.

⊗ EMBERGER à précise :

- 5 étages bioclimatiques : humide, subhumide, aride, semi-aride, et saharien,
- 4 variantes thermiques selon m : hiver froid - hiver frais - hiver tempéré - hiver chaud.



Doc 4 : Le diagramme d'Emberger

A. Exercice d'application:

⊗ Le tableau suivant représente des données climatiques de quelques grandes villes du Maroc :

1. Compléter le tableau en faisant le calcul de Quotient Pluviométrique d'Emberger Q pour chaque station. 2. Représenter les stations sur le diagramme d'Emberger (Doc 4). 3. Donner l'étage bioclimatique de chaque station/ville.	STATION	m (°C)	M (°C)	Pa (mm)	Q
	CASA	07,20	27,00	461,10
	FES	04,30	35,80	549,50
	LAAYOUNE	09,70	30,20	69,10
	MARRAKECH	04,50	38,30	245,80
	RABAT	07,70	28,50	587,50

B. Correction d'exercice d'application:

STATION	Q	ETAGE BIOCLIMATIQUE	STATION	Q	ETAGE BIOCLIMATIQUE
CASA	80,22	SUBHUMIDE	MARRAKECH	24,68	ARIDE
FES	59,49	SEMI-ARIDE	RABAT	96,96	SUBHUMIDE
LAAYOUNE	11,50	SAHARIEN			

III. Rôle des facteurs climatiques dans la répartition des êtres vivants

1) La répartition des espèces végétales forestières au Maroc

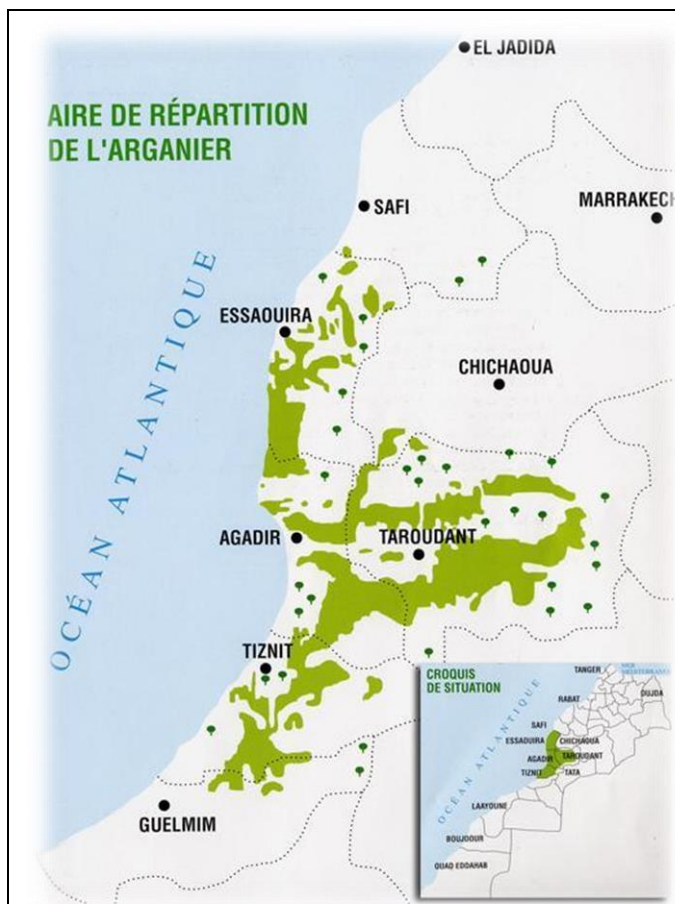
A. Les espèces forestières dominantes au Maroc

Au Maroc les espèces de forêts sont nombreuses et donnent des formations forestières diversifiées. Le tableau suivant montre des unités géographiques du Maroc et espèces forestières dominantes :	Unité géographique	espèces forestières dominantes
	Le Rif	Le chêne liège – le chêne vert – le pin – le cèdre
	Le Moyen - Atlas	le chêne vert – le pin – le cèdre – le genévrier
	Le haut -Atlas	le chêne vert – le pin – le cèdre – le genévrier – le thuya
	Le haut –Atlas occidental	L'arganier - le chêne vert - le genévrier
Le souss	L'arganier – l'acacia	

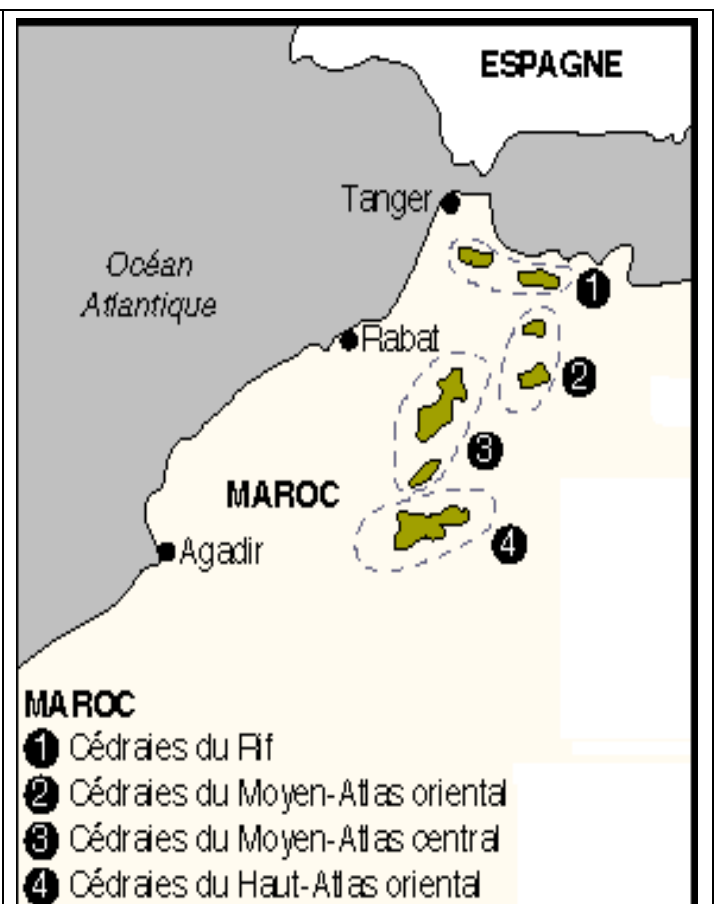
B. La répartition de l'arganier et du cèdre de l'atlas au Maroc

Le Cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* est une espèce d'arbres conifères d'allure imposante pouvant atteindre une hauteur de 30 à 40 mètres. Les cédraies connaissent une déforestation qui réduit considérablement l'aire de répartition.

L'Arganier *Argania spinosa* est un arbre endémique du Maroc de 8 à 10 mètres de haut, aux rameaux épineux et feuilles atténuées, et qui peut vivre de 150 à 200 ans. L'Arganier est menacé de disparition sous la pression de diverses formes d'agressions.



Doc 5 : Aire de répartition de l'arganier au Maroc



Doc 6 : Aire de répartition de Cèdre au Maroc

2) La répartition des espèces animales au Maroc

Au Maroc les espèces animales comptent par milliers, plus de 550 espèces des vertèbres et des milliers d'espèces d'invertébrés. La diversité des écosystèmes offre des habitats et des milieux de vie variés. La répartition des espèces animales dépend en grande partie par des conditions de ces milieux.

3) L'action des facteurs climatiques sur les êtres vivants

A. Notion du facteur limitant

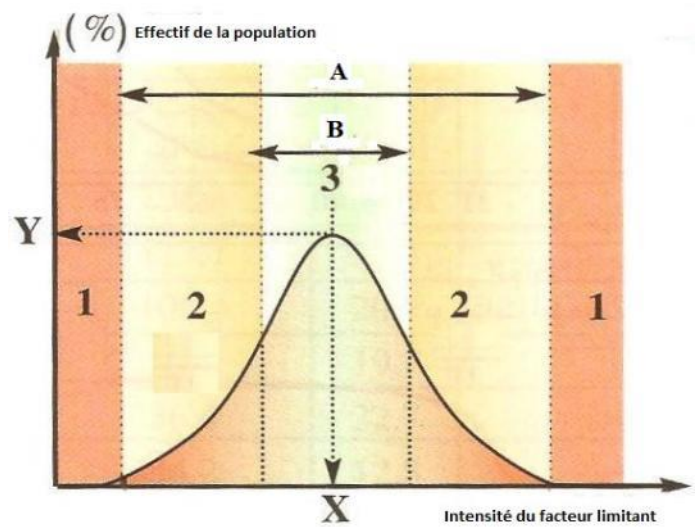
⊗ Tous les facteurs écologiques, à un moment ou un autre, sans aucune exception, sont susceptibles, dans certaines conditions, de se comporter comme des facteurs limitant, soit parce que leur intensité tombe au-dessous d'une valeur minimale incapable de satisfaire aux exigences de l'espèce, soit parce que leur valeur dépasse celle acceptable pour l'espèce. Les être vivants recherchent toujours les milieux qui leur offrent des conditions optimales.

⊗ A = limites de tolérance ; B = limites de vie optimal

⊗ 1 = Zone de mort ; 2 = Zone de tolérance minimale

⊗ 3 = Zone de tolérance maximale ;

⊗ X = la valeur optimale pour l'intensité du facteur limitant qui correspond au maximum d'effectif de la population Y.



Doc 7 : Schéma représentant les limites de tolérance d'une espèce vis-à-vis d'un facteur écologiques

B. Influence de la température et de l'humidité sur la répartition de la Cochenille.

⊗ La cochenille, insecte parasite, attaque les feuilles et les fruits de certains arbres (oranger), provoquant des dégâts considérables.

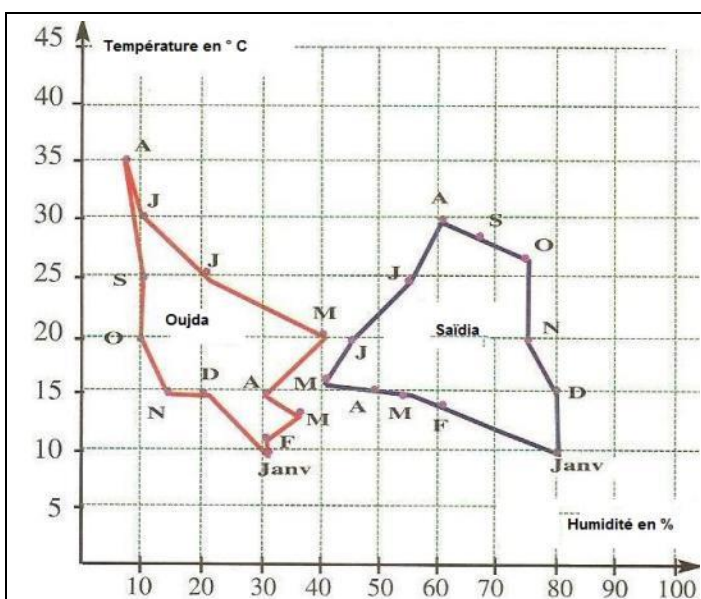
⊗ Cet insecte se rencontre dans certaines régions du Maroc. Il absorbe la sève et injecte une substance toxique qui empêche la croissance normale de la plante.

⊗ Le tableau suivant montre la zone de tolérance et la zone de vie optimale de cet insecte.

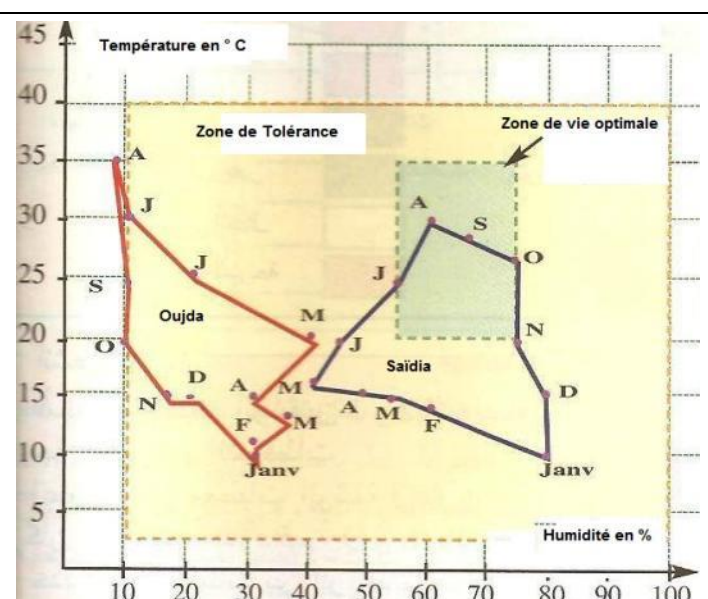
		Zone de tolérance	Zone de vie optimale
Humidité relative (%)	Max	100	75
	Min	10	55
Température en °C	Max	40	35
	Min	2	20

Doc 10 : la Zone de tolérance et la Zone de vie optimale de la cochenille

C. L'ecoclimatogramme



Doc 11 : Climatogramme de la cochenille



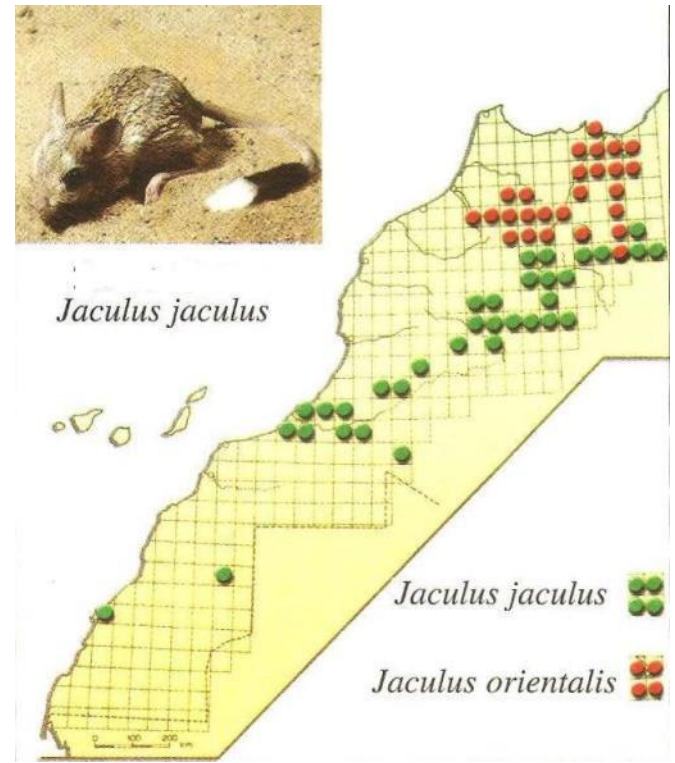
Doc 12 : Ecoclimatogramme de la cochenille

D. Influence de la température sur la répartition des gerboises.

- Le document 13 montre l'aire de répartition des deux espèces de gerboise au Maroc :
 - 1^{er} espèce : *Jaculus jaculus* est une espèce qui vit dans les zones saharien, elle peut supporter les dures conditions climatiques ;
 - 2eme espèce : *Jaculus orientalis* est une espèce qui vit dans les zones orientale semi-aride, le long du littoral méditerranéen.
- Le tableau suivant représente les limites de tolérance de la température extérieure pour deux de gerboise :

Espèce		<i>Jaculus jaculus</i>	<i>Jaculus orientalis</i>
Température optimale (°C)		33	28
Température extrême	5	Mort après 90 min	Mort après quelques jours
	40	Reste vivant	Mort après 55 min à 75 min

Doc 14 : les limites de tolérance de la température extérieure pour deux de gerboise



Doc 13 : Aire de répartition des gerboises au Maroc

E. Exercice d'application

- et Le tableau 1 donne les moyennes de Températures (T) et l'humidité relative à Oujda et Saïdia.

Tableau 1	Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Température en (°C)	10	11	13	15	20	25	30	35	25	20	15
Humidité relative en %		30	30	35	30	40	20	10	8	10	10	15	20
		10	12	14	15	16	20	25	30	28	27	20	15
		80	70	60	55	40	45	55	60	70	75	75	80

- Le tableau 2 montre la zone de tolérance et la zone de vie optimale de la cochenille.

1. Représenter sur le même diagramme le climagramme d'Oujda et de Saïdia. 2. Représenter sur le climagramme d'Oujda et de Saïdia la zone de tolérance et la zone de vie optimale de la cochenille. 3. Déduire les régions propices au développement de cet insecte.	Tableau 2		Zone de tolérance	Zone de vie optimale
	Humidité relative (%)	Max	100	75
		Min	10	55
	Température en °C	Max	40	35
Min		2	20	

F. Correction d'exercice d'application

IV. L'importance de connaître et de contrôler les facteurs climatiques en agronomie

1) L'importance de la serriculture (La culture dans les serres)

Une serre est une structure qui peut être parfaitement close, destinée en général à la production agricole. Elle vise le contrôle des facteurs climatiques. Selon l'espèce et la période de culture, les conditions climatiques imposées seront différentes.

Le tableau suivant montre le rendement de quelques plantes agroalimentaires dans différentes conditions :	Espèce de culture	Rendement en t/ha		
		Au champ	Dans des serres	Dans des serres Climatisées
Question : 1) Comparer le rendement de différentes espèces en culture dans différentes condition 2) Déduire l'objectif de la culture sous serre	Concombre	30	100	200
	Aubergine	20	38	106
	Poivron	20	40	55
	Courgette	20	47	54
	Melon	13	26	34
	Radis	13	17	18

Réponse :

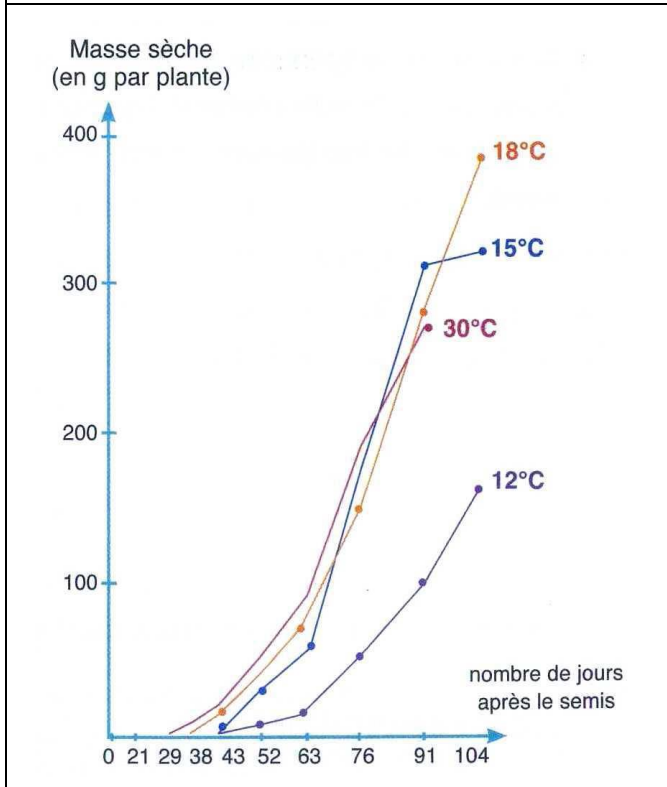
- Le rendement de toutes les plantes agroalimentaires augmente dans des serres par rapport au rendement au niveau du champ. Au niveau des serres climatisées, on constate une augmentation du rendement de toutes les plantes agroalimentaires par rapport au taux enregistré au niveau des serres normales.(presque le double comme le cas du Concombre).
- La culture dans les serres a pour objectif d'augmenter le rendement dans le but de satisfaire les besoins de la population, et d'obtenir une maturation précoce de certains produits agroalimentaires.

2) Effet de quelques facteurs climatiques sur la production agricole

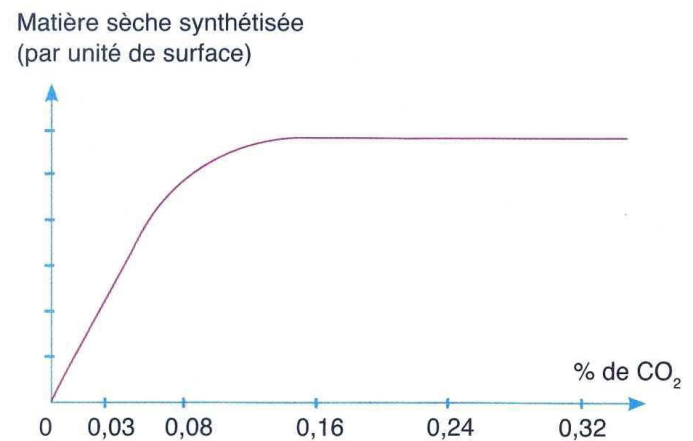
Améliorer la production agricole exige une connaissance approfondie des conditions climatiques idéales pour chaque plante. Il existe plusieurs facteurs climatiques qui affectent la production des cultures dont : La température , le taux d'humidité et Impact du CO₂ dans l'air sur la production du blé et des autres plantes.

Les documents suivant montrent quelques facteurs climatiques qui affectent la production des tomates et blé.

Eclaircissement des cultures (en % de la lumière solaire totale)	100%	50%	25%
Masse sèche des graines (g)	0.14	0.14	0.14
Masse sèche des récoltes (g)	3.92	3.45	2.30
Production (g)	3.78	3.31	2.16



Doc 14 : Rendement des cultures de soja dans différentes conditions d'éclaircissement.



Doc 16 : Production de matière sèche en fonction de la teneur de l'air en CO₂ dans un champ de blé.

← Doc 17 : Influence de la température, au niveau des racines, sur la production de matière sèche de plants de tomate cultivés dans une solution nutritive

- 1) En analysant les graphiques, quel est l'effet de chacun des facteurs présentés sur la production agricole ?
- 2) Peut-on donc agir pour modifier le climat et améliorer la production agricole ?

⊗ Réponse :

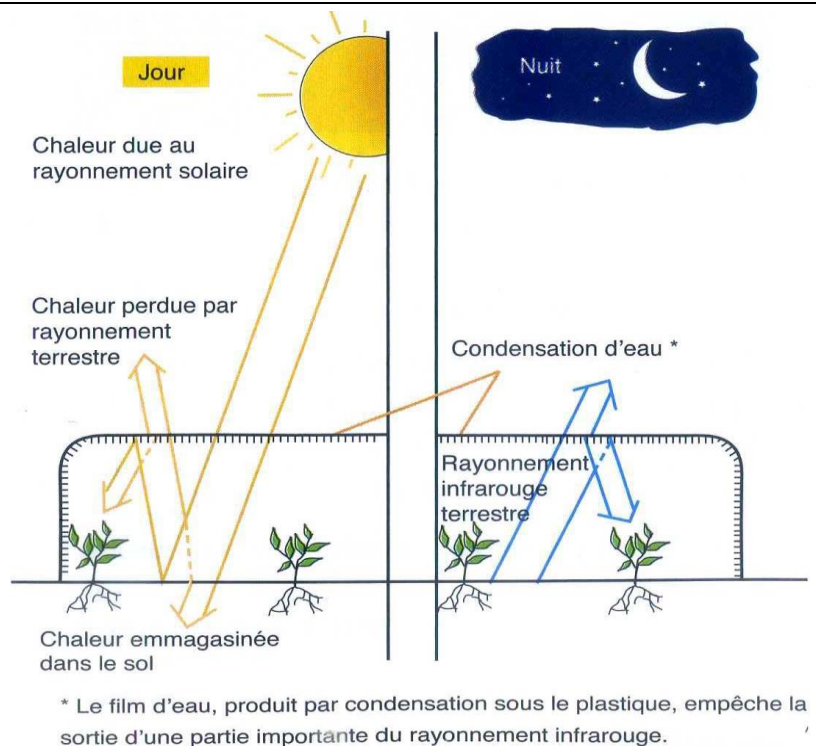
1)

- Doc 15 : on remarque que plus l'éclaircissement ou l'énergie lumineuse captée diminue plus le Rendement des cultures de soja diminue.
- Doc 16 : on remarque que lorsque la teneur passe de 0 à 0,08 % la production de matière sèche dans un champ de blé augmente. A partir de 0,08 % la production de matière sèche devient constante dans sa valeur maximale. L'air contient un taux très bas de CO₂ (0.03 %) et ce dernier contribue à la production de la matière organique.
- Doc 17 : on remarque que la vitesse de production de matière sèche de plants de tomate augmente lorsque la température passe de 12°C à 15°C et à 18°C par contre lorsque la température dépasse 18°C (cas de 30 ° C) la production sera intéressante, mais dans une période très courte (maturation précoce). une température élevée augmente la vitesse des réactions biochimiques qui ont lieu au cours de la production de la matière organique de la part de la plante.

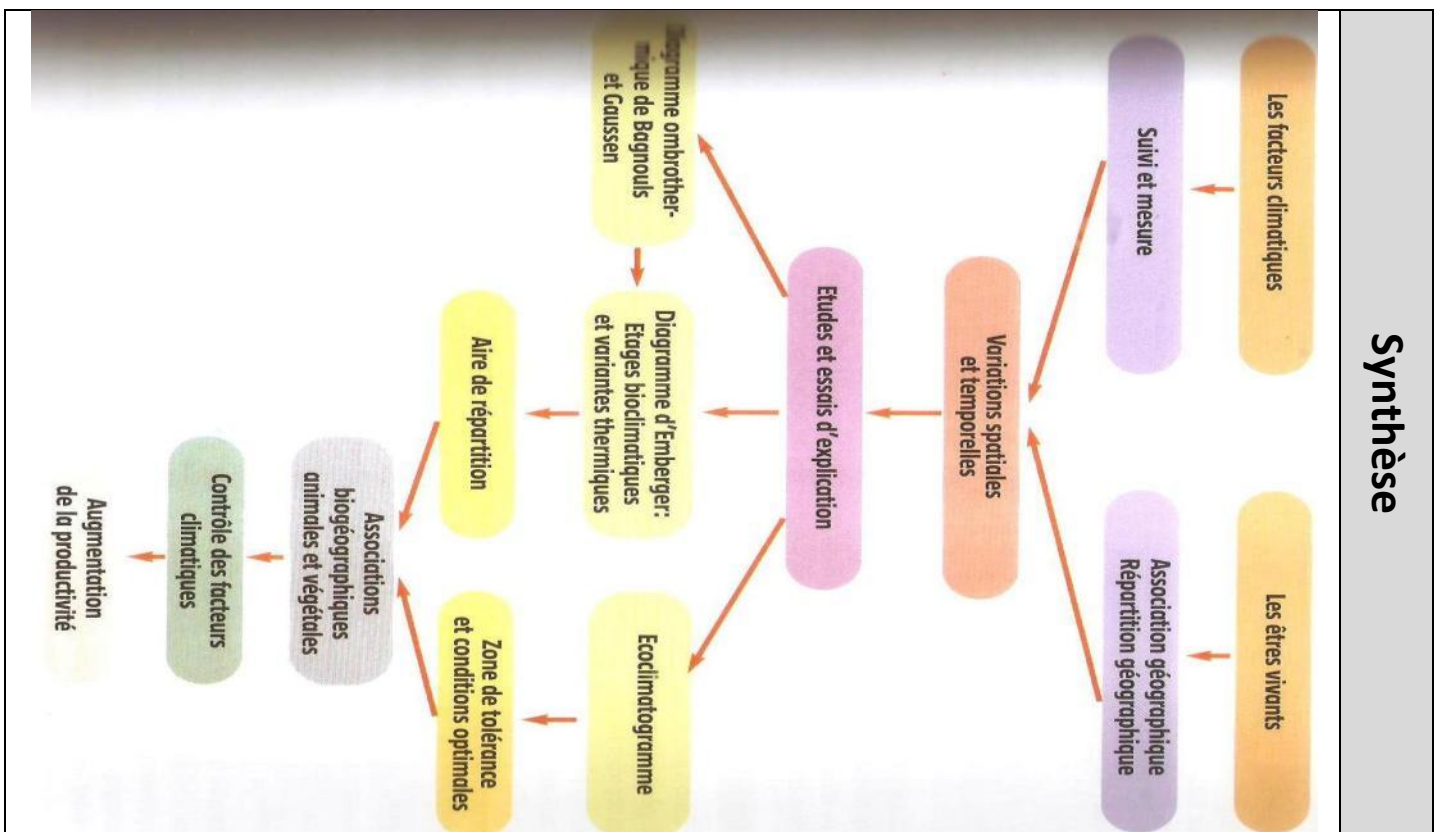
2) La culture sous serre conditionnée permet la modification du climat (la surveillance et le réglage de la température et l'intensité de la lumière et l'humidité et permettent aussi d'augmenter la proportion du CO2 dans l'air et la réduction de l'effet du vent en plus de l'économie de l'eau) et l'amélioration de la production agricole puisqu'avec les serres les plantes mûrissent plus rapidement.

3) Rôle de la serre dans le maintien de la température

- Les plantes en activité rejettent une quantité importante de vapeur d'eau par transpiration.
- Cette eau se condense au contact des parois de la serre.
- Elle a la propriété remarquable de retenir une partie importante de la chaleur qui pénètre dans la serre.
- La température à l'intérieur de la serre est donc sensiblement supérieure à la température extérieure.
- C'est « l'effet de serre ».



Doc 18 : Rôle de la serre dans le maintien de la température



Synthèse

Chapitre 4 : Le flux de la matière et d'énergie dans un écosystème

→ Problème Scientifique à résoudre

Les écosystèmes sont caractérisés par une grande biodiversité dans l'espace et dans le temps. Les êtres vivants ont, en plus des besoins édaphiques et climatiques qui déterminent leur répartition, des besoins trophiques qui leur imposent l'établissement de relations entre eux.

- Quels sont les types de relations trophiques qui existent entre les êtres vivants au sein de l'écosystème ?
- 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 d'énergie dans un écosystème et comment peut-on représenter ces flux ?
- Comment ces relations influencent-elles la naissance et l'évolution de l'écosystème ?

I. Les chaînes et les réseaux alimentaires

1) Détermination du régime alimentaire des animaux

La détermination du régime alimentaire des animaux n'est pas toujours aisée à cause de leurs vastes milieux de vie ainsi que leur incessable déplacement et la diversité de leurs proies tout au long de l'année.

Plusieurs méthodes sont utilisées pour déterminer le régime alimentaire d'un animal :

- L'observation directe du comportement alimentaire de l'animal ;
- Le suivi des déplacements de l'animal par des radars pour déterminer les aires de chasses ainsi les types de proies ;
- L'analyse du contenu de l'estomac de l'animal ;
- L'analyse des pelotes de déjection chez certains oiseaux tels que les rapaces ;
- L'observation des traces d'un repas ;
- L'analyse des excréments.

2) Les relations trophiques

Les relations trophiques font référence aux relations alimentaires entre les vivants d'un même écosystème.

A. Les différents types de relations trophiques

⊗ Exercice

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

Relation alimentaire	
	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 (jusqu'à 300 dans la même journée). Les pucerons représentent 60% de sa nourriture.
	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 (déjections) 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'ils 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 quelques 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

✕ Correction d'exercice

1. Je complète le tableau en utilisant le signe + ou – puis je nomme la relation trophique reliant les deux espèces pour chacun des cas cités

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	+	-	-	+	Prédation
Crabe	Moule	+	+/-	-	+/-	Commensalisme
Fourmi	Puceron	+	+	-	-	Mutualisme
Fourmi	Coccinelle	-	-	+	+	Compétition
Termite	Protozoaire	+	+	-	-	Symbiose
Blé	Radis	-	-	+	+	Compétition
Champignon	Végétaux morts	+	+/-	-	+/-	Commensalisme

2. Je Donne une définition à chacune des relations nommées.

- ➔ La prédation : interaction directe entre une espèce dénommée prédateur et une espèce dénommée proie, duquel l'espèce "nuisible" dépend de façon opportuniste voire obligatoire au plan trophique ;
- ➔ La symbiose : relation écologique obligatoire à bénéfiques réciproques.
- ➔ Le mutualisme : association non obligatoire à bénéfiques réciproques.
- ➔ Le commensalisme : association dont un seul tire profit, sans pour autant nuire à l'autre.
- ➔ Le parasitisme est une association étroite entre deux espèces dont l'une, l'hôte, héberge la seconde qui vit à ses dépens.
- ➔ La compétition concerne deux espèces qui recherchent la même ressource, dans la même niche écologique.

B. Les niveaux trophiques

Dans tout écosystème, on distingue 3 niveaux trophiques, aussi appelés niveaux alimentaires : les producteurs, les consommateurs et les décomposeurs.

producteurs	<p>Ce niveau est représenté par les végétaux, les algues et le phytoplancton. Ils sont le premier maillon de la majorité des chaînes alimentaires qui existent sur la planète. Ils captent la lumière du Soleil et, grâce à la photosynthèse, utilisent cette énergie rayonnante afin de transformer la matière inorganique (eau, sels minéraux et dioxyde de carbone) en matière organique. Tous les producteurs sont capables de fabriquer eux-mêmes la nourriture dont ils ont besoin pour vivre. Pour cette raison, on les qualifie d'autotrophes. Les autres niveaux trophiques sont plutôt qualifiés d'hétérotrophes puisqu'ils ne peuvent pas fabriquer eux-mêmes leur nourriture; ils se nourrissent de matière organique déjà existante.</p>
consommateurs	<p>Ce niveau est représenté par tous les organismes vivants qui se nourrissent d'autres organismes vivants pour survivre. On distingue plusieurs niveaux de consommateurs, qui peuvent aller jusqu'à trois ou quatre dans certains écosystèmes.</p> <p>Les herbivores, organismes qui se nourrissent de végétaux, donc des producteurs, sont des consommateurs de premier ordre ou des consommateurs primaires (exemple Le lièvre).</p> <p>Les animaux qui se nourrissent d'animaux herbivores sont des consommateurs de deuxième ordre ou des consommateurs secondaires. On les appelle aussi carnivores de premier ordre (exemple le lynx).</p> <p>Les animaux qui se nourrissent d'animaux carnivores sont des consommateurs de troisième ordre ou des consommateurs tertiaires. On les appelle aussi carnivores de deuxième ordre (exemple le loup).</p> <p>Certains consommateurs se nourrissent à la fois de végétaux et d'animaux. Ce sont des animaux omnivores. Ceux-ci interagissent avec plusieurs niveaux trophiques à la fois (exemple Un ours) .</p>

décomposeurs

Ce niveau est représenté par les organismes vivants qui puisent leur énergie de la décomposition de la matière organique morte (feuilles mortes, bois mort, cadavres d'animaux, etc.) ou des déchets organiques provenant des organismes vivants (excréments, restes d'aliments, etc.). Ils transforment la matière organique en matière inorganique qui est alors disponible pour les producteurs.

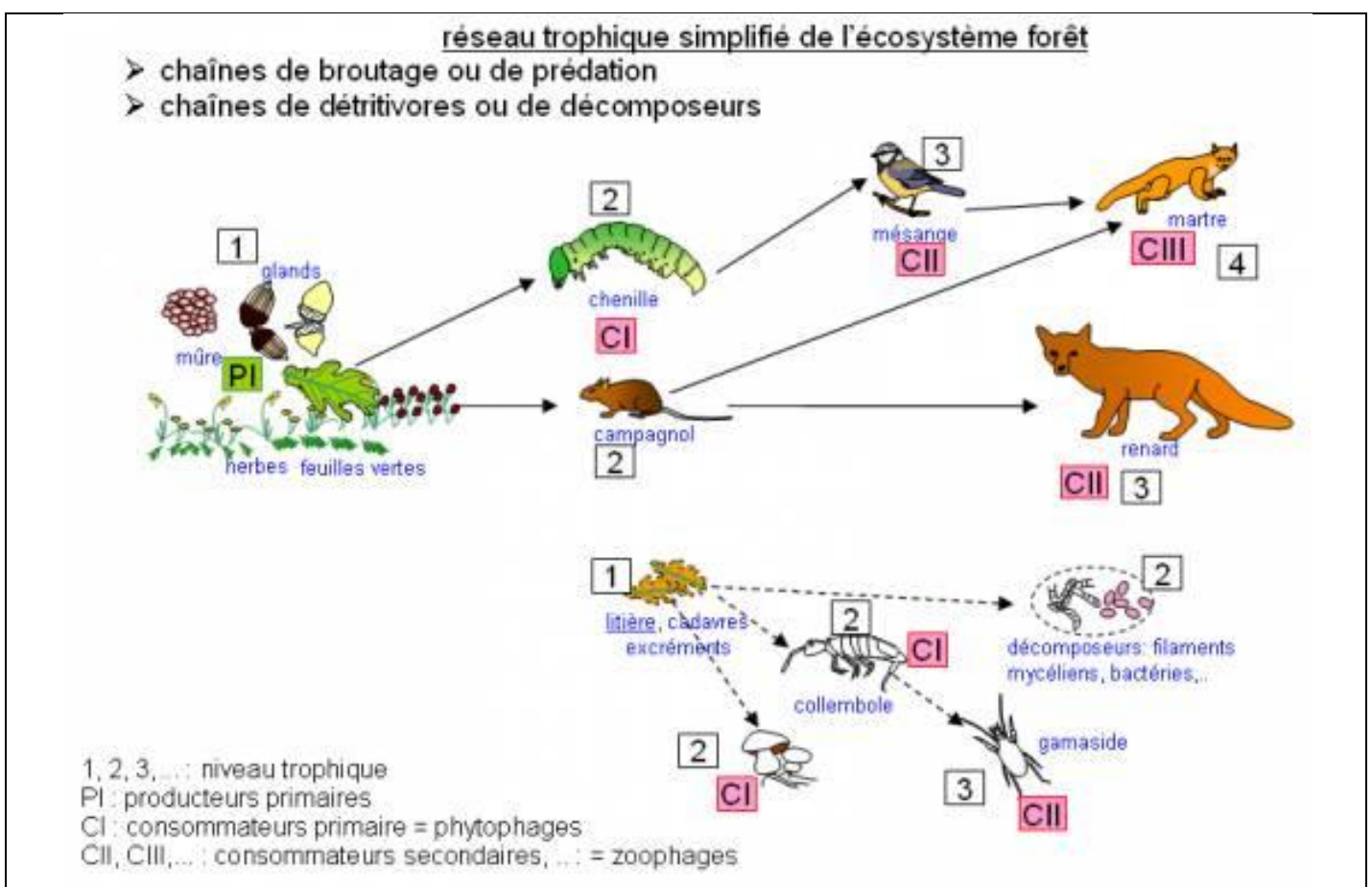
On distingue deux types de décomposeurs :

- Il y a les détritivores, comme la blatte et le ver de terre, qui se nourrissent uniquement de débris.
- Il y a les transformateurs, comme les champignons et les bactéries, qui transforment complètement la matière organique en matière inorganique.

Remarque : Un ours peut, selon les circonstances, se nourrir de baies, de racines, d'insectes, de poissons et de petits mammifères. Il interagit donc avec des producteurs, des consommateurs primaires et des consommateurs secondaires.

3) Les réseaux trophiques

Au sein d'un écosystème, de nombreuses chaînes alimentaires sont interconnectées. L'ensemble de ces relations trophiques porte le nom de réseau trophique. Le schéma suivant montre un exemple de réseau trophique dans un écosystème forestier .



Doc 1 : Réseau trophique dans un écosystème forestier

II. Les pyramides de la biomasse et les pyramides d'énergie

1) Productivité primaire et productivité secondaire dans un écosystème

A. La productivité primaire

La productivité primaire c'est la production de matière organique végétale, soit la biomasse, produite par les végétaux chlorophylliens avec la photosynthèse. Ces végétaux sont des producteurs primaires, ils appartiennent au premier niveau trophique. Cette productivité exprime la vitesse (unité de masse par unité de temps) à laquelle se forme la biomasse dans un écosystème.

Il y a deux types de productivité primaire :

- ⊗ La productivité primaire brute (PPB) : qui mesure l'énergie assimilée au total par les plantes.
- ⊗ la productivité primaire nette (PPN) : qui mesure la quantité d'énergie accumulée par les plantes. C'est-à-dire que dans la productivité nette, on enlève l'énergie qui a été dépensé par les plantes.

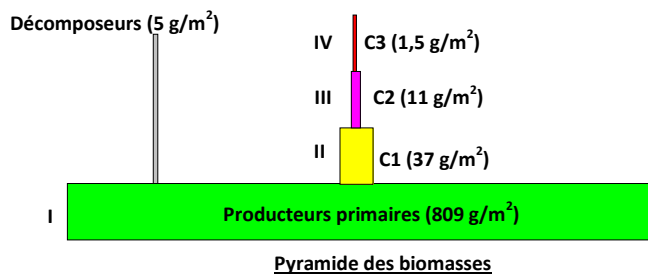
B. La productivité secondaire

La productivité secondaire (PS) est formée par les consommateurs d'un écosystème, soit le deuxième niveau trophique. Elle représente le taux de la biomasse formée par ces hétérotrophes. Cependant la formation de cette productivité est différente de celle de la productivité primaire.

2) Les pyramides de la biomasse et les pyramides de la productivité

Les pyramides de la biomasse et les pyramides de la productivité sont des représentations graphiques qui montrent comment se fait le flux de la matière au sein d'un écosystème.

Chaque niveau trophique est représenté par un rectangle dont la longueur est proportionnelle au résultat de l'étude alors que la hauteur reste invariable.



La biomasse est la quantité de matière organique d'un écosystème donné. Elle est exprimée par unité de surface ou de volume. C'est donc un stock de matière vivante (et de l'énergie contenue dans cette matière vivante)

La quantité de biomasse fabriquée par unité de temps et de surface est la productivité.

A. Exercice d'application :

- On souhaite représenter le transfert de matière au sein de l'écosystème « prairie » par un graphique pyramidal.
- Le tableau suivant présente les résultats d'estimation de la biomasse végétale et animale dans une prairie.
 1. Compléter le tableau suivant.
- En supposant que $1000 \text{ g.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$ soit représenté par 5 cm^2 ,
 2. calculer la surface qui représentera chaque niveau trophique.
 3. Schématiser la pyramide des biomasses en tenant compte de chaque niveau trophique

Êtres vivants	Biomasse en $\text{g.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$	Niveau trophique (1)
Poacées = graminées	3000	
Brassicacées = crucifères	1000	
Autres végétaux chlorophylliens	700	
Insectes	0,1	
Mammifères	0,2	
Oiseaux	0,4	
Araignées	0,01	
Oiseaux.	0,03	
Mammifères	0,04	
Insectes	0,03	

B. Correction d'exercice d'application :

1. Je Complète le tableau suivant ci-dessous (voir le tableau)
2. Je calcule la surface qui représentera chaque niveau trophique

Niveau trophique	Biomasse en $\text{g.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$	Surface en cm^2
I = producteurs primaires	4700	23,5
II = Consommateurs de premier ordre	0,7	0,0035
III = Consommateurs de second ordre	0,11	$5,5 \cdot 10^{-4}$

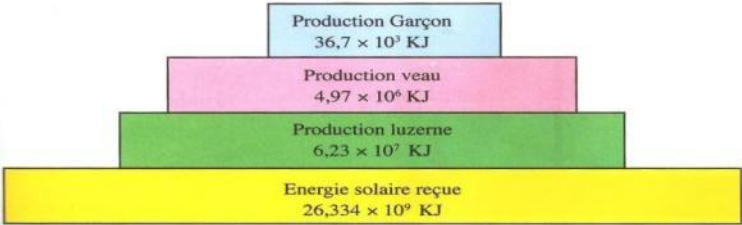
3. la pyramide des biomasses en tenant compte de chaque niveau trophique :

3) Les pyramides d'énergie

La pyramide d'énergie représente la quantité d'énergie collectée à chaque niveau de la chaîne alimentaire. Toute l'énergie solaire collectée par les végétaux n'est pas entièrement disponible pour les herbivores : le rendement de la photosynthèse est faible, une partie de l'énergie est utilisée pour répondre aux besoins de la plante elle-même. Le deuxième étage de la pyramide est donc moins large que le premier. Il en est de même pour le troisième, où les carnivores ne récoltent pas toute l'énergie acquise par les herbivores, etc.

A. Exercice :

Le Schéma suivant représente la pyramide d'énergie pour chaque niveau trophique dans un écosystème forestier.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Le Schéma suivant représente la pyramide d'énergie pour chaque niveau trophique dans un écosystème forestier. <ol style="list-style-type: none"> 1. Compléter le tableau suivant (voir le tableau) 2. Calculer le Rendement énergétique par rapport au niveau sous-jacent 3. Calculer le Rendement énergétique par rapport à l'énergie solaire assimilée. 4. Que peut-on conclure? 									
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">Es : Energie solaire assimilée</td> <td style="text-align: right;">26,334 x 10⁹ KJ</td> </tr> <tr> <td>Ep : Production énergétique des producteurs</td> <td style="text-align: right;">6,23 x 10⁷ KJ</td> </tr> <tr> <td>Ec₁ : Production énergétique des consommateurs I</td> <td style="text-align: right;">4,97 x 10⁶ KJ</td> </tr> <tr> <td>Ec₂ : Production énergétique des consommateurs II</td> <td style="text-align: right;">36,7 x 10³ KJ</td> </tr> </table>	Es : Energie solaire assimilée	26,334 x 10 ⁹ KJ	Ep : Production énergétique des producteurs	6,23 x 10 ⁷ KJ	Ec ₁ : Production énergétique des consommateurs I	4,97 x 10 ⁶ KJ	Ec ₂ : Production énergétique des consommateurs II	36,7 x 10 ³ KJ
Es : Energie solaire assimilée	26,334 x 10 ⁹ KJ								
Ep : Production énergétique des producteurs	6,23 x 10 ⁷ KJ								
Ec ₁ : Production énergétique des consommateurs I	4,97 x 10 ⁶ KJ								
Ec ₂ : Production énergétique des consommateurs II	36,7 x 10 ³ KJ								

B. Correction d'exercice :

<ol style="list-style-type: none"> 1. Je compléter le tableau suivant (voir le tableau) 2. Je calcule le Rendement énergétique par rapport au niveau sous-jacent (R₁ , R₂ et R₃) 3. Je calcule le Rendement énergétique par rapport à l'énergie solaire assimilée. Rg 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">R₁</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 80%;">$\frac{Ep}{Es} \times 100 = \frac{6,23 \times 10^7}{26,334 \times 10^9} \times 100 = 0,23 \%$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">R₂</td> <td></td> <td>$\frac{Ec1}{Ep} \times 100 = \frac{4,97 \times 10^6}{6,23 \times 10^7} \times 100 = 7,97 \%$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">R₃</td> <td></td> <td>$\frac{Ec2}{Ec1} \times 100 = \frac{36,7 \times 10^3}{4,97 \times 10^6} \times 100 = 0,73 \%$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Rg</td> <td></td> <td>$\frac{Ep}{Es} \times 100 = \frac{6,23 \times 10^7}{26,334 \times 10^9} \times 100 = 0,23 \%$</td> </tr> </table>	R ₁		$\frac{Ep}{Es} \times 100 = \frac{6,23 \times 10^7}{26,334 \times 10^9} \times 100 = 0,23 \%$	R ₂		$\frac{Ec1}{Ep} \times 100 = \frac{4,97 \times 10^6}{6,23 \times 10^7} \times 100 = 7,97 \%$	R ₃		$\frac{Ec2}{Ec1} \times 100 = \frac{36,7 \times 10^3}{4,97 \times 10^6} \times 100 = 0,73 \%$	Rg		$\frac{Ep}{Es} \times 100 = \frac{6,23 \times 10^7}{26,334 \times 10^9} \times 100 = 0,23 \%$
R ₁		$\frac{Ep}{Es} \times 100 = \frac{6,23 \times 10^7}{26,334 \times 10^9} \times 100 = 0,23 \%$											
R ₂		$\frac{Ec1}{Ep} \times 100 = \frac{4,97 \times 10^6}{6,23 \times 10^7} \times 100 = 7,97 \%$											
R ₃		$\frac{Ec2}{Ec1} \times 100 = \frac{36,7 \times 10^3}{4,97 \times 10^6} \times 100 = 0,73 \%$											
Rg		$\frac{Ep}{Es} \times 100 = \frac{6,23 \times 10^7}{26,334 \times 10^9} \times 100 = 0,23 \%$											
<p>4. La conclusion : La valeur du rendement énergétique de cette chaîne alimentaire est très faible (0,0001393 %), ce qui signifie que la quantité d'énergie solaire transformée en biomasse par les consommateurs est minime.</p>													

4) Les flux d'énergie dans écosystème

Les pyramides d'énergie représentent le transfert d'énergie au sein de l'écosystème. Au cours de ce transfert d'énergie, des pertes surviennent en passant d'un niveau trophique à autre. Cette perte est due à :

- La respiration des végétaux et des animaux R ;
- La matière non utilisée par les animaux NU ;
- La matière non assimilée NA .

Ainsi, plus le nombre des niveaux trophiques augmente, plus le rendement énergétique de l'écosystème diminue.

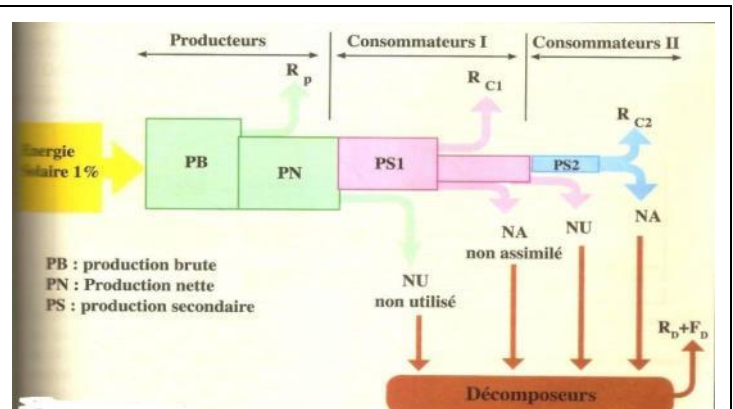


Figure : Le transfert d'énergie dans un écosystème

III. Les aspects dynamiques de l'écosystème

1) Naissance et évolution d'un écosystème

Exemple : Krakatoa en Indonésie

En 1883, une éruption volcanique gigantesque fait éclater l'île Krakatoa en plusieurs îlots, détruisant tous les animaux et les végétaux.

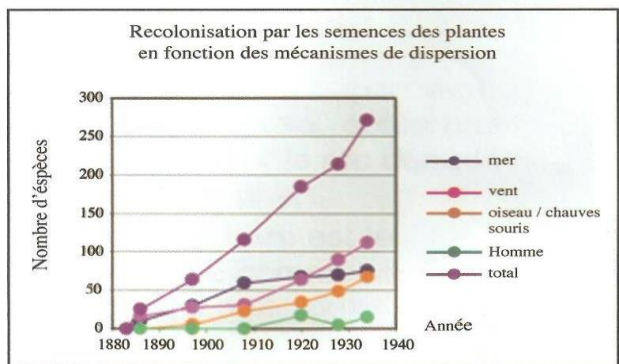
Les premiers explorateurs qui débarquent quelques mois plus tard constatent qu'il n'y a plus aucune trace de vie.

Périodiquement, des savants reviennent dans ces îles pour en observer les changements :

- Trois ans après l'éruption, il y a déjà différentes espèces de plantes (des lichens, des mousses, des fougères...)
- Dix ans plus tard, les îles sont entièrement recouvertes par une couche de verdure (des plantes herbacées).
- Vingt-cinq ans après l'éruption, plus de deux cent cinquante espèces d'animaux peuplent ces îles (surtout des insectes et des oiseaux mais aussi des reptiles, des escargots terrestres, des araignées ...)
- Cinquante ans après l'éruption, la forêt est très dense et plus de mille deux cents espèces d'animaux se sont installées. On y trouve désormais des rats et des chauves-souris.



Fig ... : Situation géographique de Krakatoa en indonésien



2) Dynamisme de l'écosystème

Les Limmings sont des rongeurs qui occupent les régions froides d'Europe et d'Amérique du Nord. Ils ressemblent à des campagnols. Le nombre des Limmings augmente et décroît selon un cycle de trois ou quatre ans. Ce cycle dépend de la quantité de nourriture et du nombre de prédateurs.



a- Photo d'un Lemming

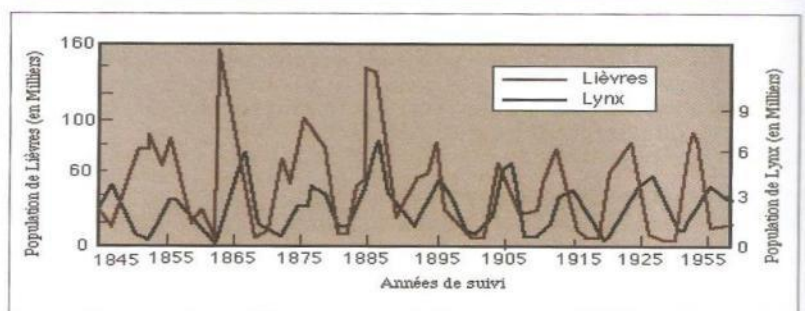
1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	3 ^{ème} année	4 ^{ème} année
De 80 à 140 individus par hectare	Un individu pour cinq hectares	40 individus par hectare	De 80 à 140 individus par hectare

b- Fluctuation de la population de Limmings durant quatre années

Le lynx du Canada (*Lynx canadensis*) est un félin (ou 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. Le nombre de lynx fluctue en même temps que les populations de lièvres, atteignant un sommet pour ensuite s'effondrer.



c- Photo d'un lynx du Canada



d- Evolution du nombre de Lynx et de lièvres en fonction du temps

Synthèse page 77

Série des exercices « Chapitre 4 : Le flux de la matière et d'énergie dans un écosystème »

Chapitre 5 : Les équilibres naturels

SERIES DES EXPOSES		
Les Groupes	Les membres de groupe	Sujet ou thème d'exposé
Groupe 1	1. (Responsable)..... 2. 3. 4.	Sujet 1 : La pollution de l'air
Groupe 2	1. (Responsable)..... 2. 3. 4.	Sujet 2 : La pollution de l'eau
Groupe 3	1. (Responsable)..... 2. 3. 4.	Sujet 3 : La pollution de sol
Groupe 4	1. (Responsable)..... 2. 3. 4.	Sujet 4 : La préservation des équilibres naturels
Groupe 5	1. (Responsable)..... 2. 3. 4.	Sujet 5 : L'énergie renouvelable

N° de Sujet	N° Groupe	Date de présentation
Sujet 1	Groupe1	
Sujet 2	Groupe2	
Sujet 3	Groupe3	
Sujet 4	Groupe4	
Sujet 5	Groupe5	
SOUS LA DIRECTION DE MR KH.HICHAM		