

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Université De Badji Mokhtar
-Annaba-



Faculté des Sciences

Département de Biologie

Mémoire pour l'obtention du titre de Magister (école doctorale)

En Biologie Environnementale

Option : Biologie et Ecologie Végétale

Thème

*Caractérisation physico-chimique et palynologique des
sédiments des sites archéologiques du nord-est
algérien, cas : d'Hippone, Madors et Khemissa*

Présenté et soutenu le 24/12/2012 par :

M^{lle}. GOUASMI Karima

Devant le Jury :

Président : Pr. BOUGHDIRI L.

Rapporteur : Dr. BENSLAMA M.

Examineur : Dr. DJAMAI R.

Examineur : Dr. CHEFROUR A.

Professeur à l'Université d'Annaba

MCA à l'Université d'Annaba

MCA à l'Université d'Annaba

MCA à l'Université d'Annaba

Sommaire

Introduction	1
---------------------------	---

Chapitre I : Généralités sur la palynologie

Introduction	2
I.1 Définition de la palynologie	2
I.2 Historique	2
I.3 Définition du pollen et de la spore	3
I.3.1 Le pollen	3
I.3.2 La spore	3
I.4 La pluie pollinique et la pollinisation	3
I.4.1 La pluie pollinique	3
I.4.2 La pollinisation	3
I.4.2.1 Le vent (anémogamie ou anémophilie)	4
I.4.2.2 Les êtres vivants (Zoogamie)	4
I.4.2.3 L'eau (l'hydrogamie)	4
I.5 Organisation du grain de pollen	4
I.6 Composition chimique du pollen	5
I.7 Variétés de pollen	7
I.8 Morphologie et type pollinique	7
I.8.1 Forme et orientation	7
I.8.2 Coloration	9
I.8.3 Taille	9
I.9 Structure et sculpture du pollen	10
I.9.1 La paroi pollinique	10
I.9.1.1 L'intine	10
I.9.1.2 L'exine	10
I.9.2 Sculptures ou ornementations	12
I.9.3 Les apertures	12
I.10 Les Applications de la palynologie	13
I.10.1 La stratigraphie	13
I.10.2 La géologie	13
I.10.3 Le paléoenvironnement	13
I.10.4 L'ethnobotanique	13
I.10.5 L'aéropalynologie	14
I.10.6 La méliissopalynologie	14

I.10.7 Autre application	14
--------------------------------	----

Chapitre II : Généralités sur la palynochronologie

Introduction	15
II.1 Définition de la palynochronologie	15
II.2 Aperçu et intérêt	15
II.3 Aspects	16
II.3.1 La palynochronologie du quaternaire	16
II.3.2 L'archéopalynochronologie	16
II.3.3 L'archéochronologie de l'environnement	16
II.3.4 L'archéopalynochronologie	16
II.4 Fossiles et Fossilisation	17
II.4.1 Le fossile	17
II.4.2 La fossilisation	17
II.5 Historique	17
II.6 Rareté des fossiles	18
II.7 Processus de fossilisation	18
II.7.1 Préservation du matériel original	18
II.7.2 Carbonisation	18
II.7.3 La perminéralisation	19
II.7.4. Impressions	20
II.8 Types de fossiles dans le règne végétal	20
II.9 Conditions de conservation et types des dépôts des spores et des pollens fossiles	21
II.9.1 Conditions de conservation	21
II.9.2 Les différents types de dépôts	21
II.10 La palynochronologie en contexte archéologique	22
II.10.1 Démarche palynochronologique dans un site archéologique	23
II.10.1.1 Nombre et type de pollens et de spores déposés sur le site	23
II.10.1.2 Le taux et la vitesse de sédimentation	23
II.10.2 Éléments pour une lecture palynochronologique des activités humaines	24
II.10.3 La palynochronologie et spectre pollinique dans la reconstitution des climats passés	25
II.11 Végétation de la Numidie à travers l'histoire	26

Chapitres III : Matériels et méthodes d'études

III. 1 Présentation des régions d'études	29
III.1.1 Cadre physiographique de la ville d'Annaba	29

III.1.1.1 Géographie	29
a) Localisation du site d'étude (Hippone)	29
b) Les fouilles archéologique dans le site d'Hippone	30
III.1.1.2 Géomorphologie	30
III.1.1.3 Géologie	31
III.1.1.4 Hydrologie	32
III.1.1.5 Pédologie	32
III.1.1.6 Climat	33
III.1.1.7 Couverture végétale	33
III.1.2 Cadre physiographique de la ville de Souk-Ahras	35
III.1.2.1 Géographie	35
III.1.2.1.1 Localisation des sites d'études Madors et Khemissa	35
a) Localisation du site de Madors	35
b) Les fouilles archéologiques dans le site de Madors	36
c) Localisation du sites de Khemissa	36
d) Les fouilles archéologiques dans le site de Khemissa	36
III.1.2.2 Géologie	37
III.1.2.3 Géomorphologie	37
III.1.2.4 Réseau hydrographique	38
III.1.2.5 Climat	38
III.1.2.6 Couverture forestière	39
III.2. Protocole expérimental	40
III.2.1 Le terrain	40
III.2.1.1 Prélèvement des échantillons	40
III.2.1.2 Site et station de prélèvement	40
III.2.1.3 Critères de choix des sites archéologiques	41
III.2.1.4 Difficultés rencontrées sur les sites archéologiques terrestres ou en grotte	41
III.2.2 Laboratoire	46
III.2.2.1 Préparation des échantillons	46
III.2.2.2 Paramètres physico-chimiques du sol	46
1) pH (eau)	46
2) pH (KCl)	47
3) Conductivité électrique	47
4) L'humidité	48
5) Matière organique	48
6) Analyse granulométrique	48

III.2.2.3 Analyse pollinique	49
1) Traitement physico-chimique du pollen	49
2) Montage des lames	51
3) Lecture, identification et comptage.....	51

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1 Résultats de l'analyse physico-chimique du sol	52
IV.1.1 Interprétation des résultats	52
IV.2 Résultats polliniques	53
IV.2.1 Résultats de l'analyse pollinique du site d'Hippone	54
IV.2.1.1 Interprétation des analyses polliniques d'Hippone	57
IV.2.2 Résultats de l'analyse pollinique des sites de Madors et Khemissa	60
IV.2.2.1 Interprétation pollinique des sites de Madors et Khemissa	66
Quelques types de pollens et spores identifiés (Gr x40).....	70
Conclusion générale	73
Références bibliographique et internet.....	
.....	75

Résumé

Liste des tableaux

N° du tableau	Titre	Page
01	- Quelques pourcentages moyens des principaux éléments qui constituent le grain de pollen.	05
02	- Forme des grains de pollen selon le rapport : <i>P/E</i>	07
03	- Occupation des sols de la région de Souk-Ahras	39
04	- La gamme de pH des sols	47
05	- Echelle de salinité du sol	47
06	- Classification des sols d'après leur teneur en matière organique	48
07	- Résultats de l'analyse physico-chimique des échantillons de sol	52
08	- Taxons du pollen NAP (Herbacée) au niveau d'Hippone	54
09	- Taxons du pollen AP (arborescent, arbustive, arbrisseau) au niveau d'Hippone	55
10	- Répartition des familles de pollen du site d'Hippone	56
11	- Taxons du pollen NAP (Herbacée) au niveau de Madors et Khemissa	60
12	- Taxons du pollen AP (arborescent, arbustive, arbrisseau) au niveau de Madors et Khemissa	63
13	- Répartition des familles de pollen des sites de Madors et Khemissa	64

Liste des figures

N° de la figure	Titre	Page
01	- Organisation du grain de pollen	04
02	- Caractère des grains de pollen	07
03	- Les formes du grain de pollen et spore	08
04	- Structure d'un grain de pollen	09
05	- Structure de l'exine	10
06	- Les ouvertures (sillon et pore)	11
07	- Types d'ornementation	11
08	- Fougère fossilisée (<i>Pecopteris arborescens</i>)	18
09	- Cône fossilisé (pérminéraliser) de (<i>Araucaria sp</i>)	19
10	- Démarche palynologique (milieux naturels et site archéologique)	23
11	- Carte de la situation géographique de la ville d'Annaba	29
12	- Carte de la situation géographique du site d'étude (Hippone)	30
13	- Carte de la situation géomorphologique de la ville d'Annaba	31
14	- Carte du contexte géologique de la basse plaine de Seybouse	32
15	- Carte de la situation géographique de Souk-Ahras	35
16	- Carte de localisation des sites d'études de Souk-Ahras	37
17	- Carte lithologique de la région de Souk-Ahras	38
18	- Plan du site archéologique d'Hippone	42
19	- Clichés représentant les stations de prélèvement du site d'Hippone	43
20	- Plan du site archéologique de Madors	44
21	- Clichés représentant les stations de prélèvement du site de Madors	45
22	- Vue aérienne du théâtre de Khemissa	46
23	- Cliché représentant la station de prélèvement du site de Khemissa	46
24	- Triangle textural	49

25	- Diagrammes représentant les familles au niveau du site d'Hippone	59
26	- Diagrammes représentant les familles de Madors et Khemissa	69
27	- Quelques types de pollens et spores identifiés (Gr x40)	70

Introduction général :

Le patrimoine archéologique est l'identité de chaque pays. C'est un repère de mémoire, des archives naturelles. Il représente des preuves tangibles qui valorisent et préservent la diversité, l'histoire et la richesse culturelle et naturelle de chaque pays.

Avec le développement de l'archéologie, la palynologie a rendu possible la réflexion sur la place et l'action de l'homme dans le milieu et réciproquement et les conditions climatiques.

Les restes végétaux conservés dans les sites archéologiques sont de taille et de type très différents, depuis les éléments de constructions (poutres, pieux,...) jusqu'aux éléments microscopiques (pollens, spores) en passant par les graines, les charbons de bois, les feuilles, etc. Depuis toujours, l'homme intervient sur son environnement végétal. Simple prédateur au début puis prédateur et producteur. A cet instant là, l'homme marquera de façon croissante l'évolution du couvert végétal.

Les sites antiques d'Hippone, Madors, Khemissa sont quelques exemples des plus importants sites historiques du nord est algérien, leur sol est le support de l'histoire naturelle.

En partant de l'analyse physico-chimique des sédiments et la caractérisation palynologique des trois sites. Les résultats ont pour objectifs de retracer les variations locale et régionale de la végétation d'une part, et de mieux connaître l'ambiance édaphique dans laquelle ces micro-restes ont résisté à l'action des facteurs du milieu.

Notre mémoire est partagé en quatre chapitres, les deux premiers sont consacrés dans l'ordre, à la palynologie et à la palynoarchéologie. Le troisième chapitre, quant à lui, est consacré aux matériels et méthodes d'études, ainsi qu'à la mésologie des régions. Dans le quatrième chapitre, nous présenterons les résultats et leurs interprétations. Nous terminerons par une conclusion générale et quelques recommandations, afin de conserver ce patrimoine à la fois culturel et naturel.



PARTIE THÉORIQUE

CHAPITRE I:

Généralités sur la Palynologie

Introduction :

L'analyse de sédiments contenant une part de matière organique peut mettre en évidence, dans certains cas, des indices facilitant la reconstitution des ensembles végétaux.

On pourra distinguer des éléments divers d'origine végétale : macro-restes (fruits, graines, feuilles), et micro-restes (spores d'algues, de fougères, de mousses, de prêle et grains de pollen). Ces derniers feront l'objet de notre étude.

1.1 Définition de la palynologie :

C'est la science qui s'adresse, plus précisément, à la poussière végétale que constituent les spores et les pollens actuels ou fossiles (**Reille, 1990**).

1.2 Historique :

La première reconnaissance de la sexualité des végétaux est attribuée aux anciens assyriens, Herodote rapporte, qu'au 7^{ème} siècle avant notre ère, ils pratiquaient déjà une forme de pollinisation manuelle du palmier dattier.

Chez les Grecs, vers 150 avant J.C., Plin le Vieux pense qu'il existe deux sexes chez les végétaux et, que la poussière pollinique est le matériel de fertilisation (**Pons, 1970**).

Ce n'est qu'au 17^{ème} siècle, suite à la découverte du microscope, que la morphologie du pollen fut mise à jour, grâce aux travaux de Grew en Angleterre et Malpighi en Italie (**Dulucq et Tulon, 1998**).

En 1916, Von Post a permis l'essor de l'analyse pollinique (étude statistique des spores et des pollens fossiles des sédiments (**Pons, 1970**)).

En 1944, fut introduit le terme « palynologie » par Hyde et Williams et, En 1967, est créée L'association des Palynologues de Langue Française (APLF) (**Dulucq et Tulon, 1998**).

1.3 Définition du pollen et de la spore :

1.3.1 Le pollen :

Du grec Palé qui désigne à la fois la farine et la poussière pollinique, c'est à dire gamétophyte mâle ; structure qui produit et contient les deux gamètes mâles des plantes à grain il se développe soit dans un sac pollinique soit dans une anthère (**Reille, 1990**).

1.3.2 La spore :

Du [grec ancien](#) « ensemencement, semence ».

La spore est une structure de [multiplication végétative](#) ou de [reproduction](#), elle constitue une des étapes du [cycle de vie](#), de nombreuses [plantes](#) : (Algues, Champignons, Mousses) et Cryptogames vasculaires (prêles, fougères) et certains [protozoaires](#). La spore est le

gamétophyte mâle. Il correspond à la phase haploïde du développement du végétal (**Le petit Larousse illustré, 2009**).

1.4 La pluie pollinique et la pollinisation :

1.4.1 La pluie pollinique :

C'est la totalité des spores et grains de pollens déposés en un point et représente fidèlement la végétation actuelle (**Reille, 1990**)

1.4.2 La pollinisation :

La pollinisation est le fait de transporter le pollen de l'anthère au stigmate de la même fleur ou d'une autre fleur.

Selon (**Louveaux, 1985**), la pollinisation peut être de type :

- **Autogame** : Les organes mâles fécondent les organes femelles d'une même fleur.
- **Allogame** : L'ovule est fécondé par un pollen issu d'une autre plante, transporté par divers agents dont :

1.4.2.1 Le vent (anémogamie ou anémophilie) :

Il assure la dissémination de tous les Gymnospermes et d'un grand nombre d'angiospermes (Poacées, Cypéracées, Bétulacées, Populacées, Uglanacées...). Ce mode de pollinisation est totalement hasardeux et de production abondante de pollens qui ont la capacité de bien voler. La pollinisation va également être favorisée par la précocité de la floraison et la simplicité des structures florales (**Louveaux, 1985**).

1.4.2.2 Les êtres vivants (Zoogamie):

Les grains de pollen peuvent être dispersés par des êtres vivants dont la participation est orientée, la pollinisation de ce fait est moins hasardeuse et la production moins élevée.

Les principaux agents de transports sont les insectes (entomogamie), les chauves-souris (chéiroptérogamie), et les oiseaux (ornithogamie) (**Louveaux, 1985**).

La dispersion du pollen se fait surtout par les hommes (terre à godasses) et les animaux qui piègent des pollens dans leur fourrure.

Dans le cas des sites archéologiques, il faut aussi tenir compte de l'apport anthropique de végétaux pour des activités spécifiques (litière, chaume, stockage, etc.).

1.4.2.3 L'eau (l'hydrogamie):

Quelques rares espèces de plantes aquatiques dispersent leur pollen dans l'eau. C'est le cas de la Zostère marine (*Zostera marina*) et Vallisnérie américaine (*Vallisneria americana*) (Pesson et Louveaux, 2006).

I.5 Organisation du grain de pollen :

Chez la plupart des espèces, le grain de pollen est formé de deux cellules à n chromosomes :

- La cellule végétative, contient des réserves qui serviront à la formation du tube pollinique et de l'auxine qui permettra le gonflement de l'ovaire lors de la fructification.

- La cellule génératrice ou reproductrice, petite cellule allongée incluse dans la cellule végétative. Elle est à l'origine des deux gamètes males ou spermatozoïdes. Le grain de pollen est, donc, le gamétophyte male (fig.N°1) (Jean et Al, 1996).

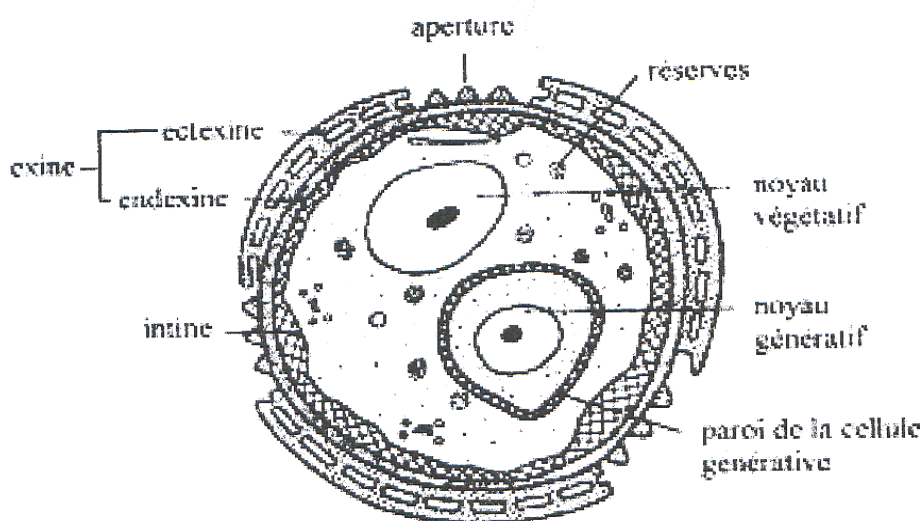


Figure 01: Organisation du grain de pollen (Reille, 1990)

I.6 Composition chimique du pollen :

Les analyses chimiques globales du pollen permettent la détermination de sa composition chimique.

Nous présentons ici quelques pourcentages moyens des éléments constitutifs du grain de pollen (tableau 01).

Tableau 01 : Représente quelques pourcentages moyens des principaux éléments qui constituent le grain de pollen.

Principaux constituants	Pourcentage moyen (%)
<i>Pollen frais</i>	8 à 16%
<i>Pollen sec</i>	3 à 5%
Glucides (sucres)	25 à 42%
Lipides (corps gras)	1 à 20%
Protides	11 à 29%
Protéines allergiques	0,5 à 1%
Protéines E	0,5 à 5%
L'antigène K	3%
Sols minéraux	1 à 8%
Cendres (minéraux)	5%
Corps indéterminés (substrat antibiotique active...)	20%
Rutine	0,017%
Pigments	Traces
Un grand nombre de vitamines (B, B12, C, D, E, PP, H)	0,015%
Flavonoïdes, Flavones, Diglycosides, Stéroïls, mariudine, Apigénine	Traces
Acides aminés libres (Acide aspartique, Acide glutamique, Arginine, Leucine, ADN et ARN ...etc.	16 à 40%

(In Gouri, 2007)

On note, aussi, la présence de :

- Substances bactériostatiques justifiant la fabrication de produits divers (farines, laits sucrés au miel, fards, par exemple) à base de pollen, ainsi que l'utilisation thérapeutique de la gelée royale, nourriture des futures reines d'abeilles, particulièrement riche en pollen.
- Un équipement enzymatique permettant la croissance rapide du tube pollinique, en plus de deux hormones de croissance (acide indolacétique ou auxine et gibbérelline), qui déclenchent l'induction de la transformation de l'ovaire en fruit.

On conclut que :

- Le grain de pollen renferme toute la gamme de produits indispensables à la vie des organismes vivants ;
- La teneur en éléments vitaux dépasse, souvent, celle habituellement condensée dans les aliments les plus riches ;
- La composition du pollen varie avec son origine botanique, chaque espèce végétale aura, donc, des propriétés particulières (**In Gouri, 2007**).

1.7 Variétés de pollen :

Il existe des milliers de variétés de pollen. Chaque espèce de plante à fleurs en produit un de spécifique. Véritable « empreinte digitale » de la plante concernée dont les caractéristiques permettent une identification précise au microscope (**Reille, 1990**).

1.8 Morphologie et type pollinique :

Ils sont déterminés selon les critères suivants :

1.8.1 Forme et orientation :

La forme d'un grain de pollen est définie par la valeur du rapport existant entre les dimensions de l'axe polaire (P) et de l'axe équatorial (E) (fig. 02) (**Reille, 1990**).

Lorsque : **E = P** : Le pollen est de forme sphérique.

E < P : Le pollen est de forme longiaxe.

E > P : Le pollen est de forme briviaxe.

Tableau 02 : Les formes des grains de pollen selon le rapport : *P/E* (**Erdtman, 1952**)

Formes	Catégorie $P/E \cdot 100 \mu m$
Perprolate	>200
Prolate	200-133
Subprolate	133-114
Prolate-sphéroïdal	114-1.00
Sphéroïdal	100

Oblate sphéroïdale	100-88
Suboblate	88-75
Oblate	75-50
Peroblate	<50

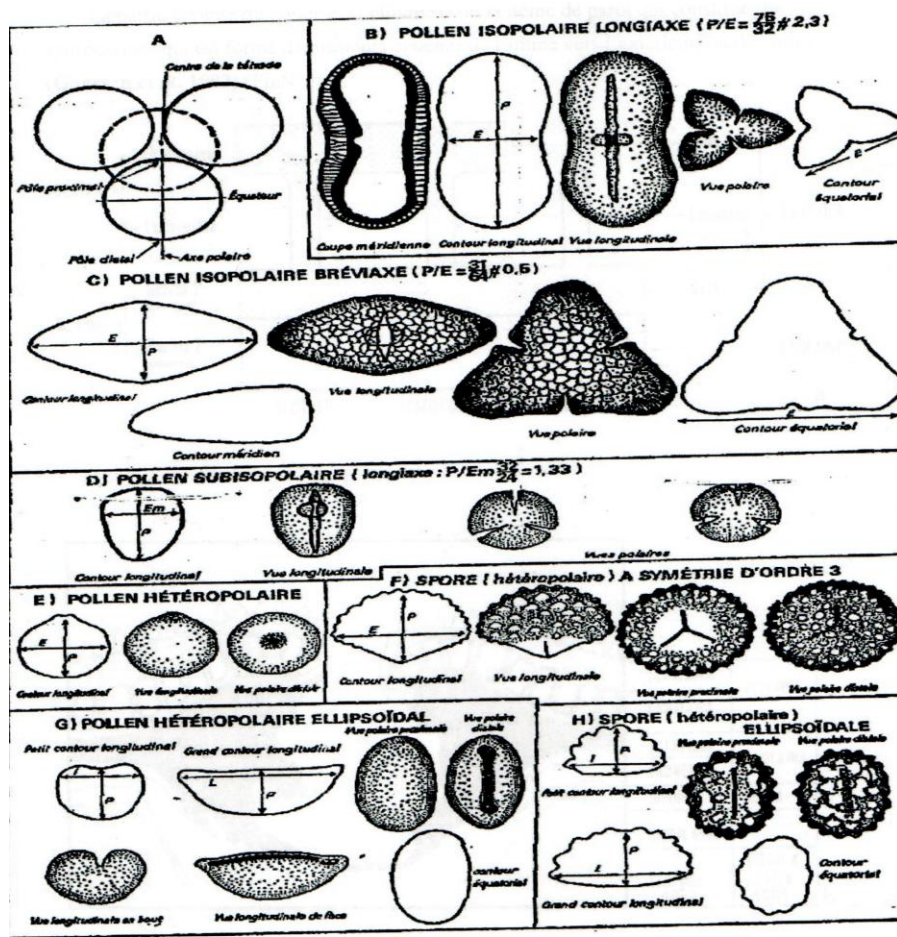


Figure 02: Caractère des grains de pollen (Pons, 1970)

D'une manière générale, on peut trouver les formes suivantes (fig.03) :



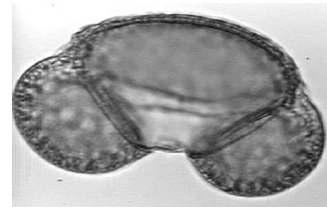
Circulaire : *Juniperus communis* Ellipsoïdale : *Ginkgo biloba* Subcylindrique : *Daucus carota*



Triangulaire : *Huperzia selago*



Pyrforme : *Cypéracée*



Ballonnets : *Pinacée*

Figure 3: Formes générales de pollen et spore (Reille, 1990)

1.8.2 Coloration :

Le pollen peut avoir des couleurs très différentes suivant les fleurs butinées. Les pollens traités, généralement, avec des acides ont une coloration plus ou moins claire brune.

Les pollens composés frais peuvent présenter une coloration distinctive; jaune intense (présence d'huiles) à vert gris. Cependant, il y a des pollens avec une coloration typique (violette pour quelques Asterceae etc.) (D'Alabore, 1998).

1.8.3 Taille :

Elle varie d'une espèce à une autre, en fonction de l'âge du pollen, et des conditions de développement du végétal.

Le diamètre d'un grain de pollen ne dépasse pas 1mm. Le plus petit grain fait 2,52µm (Myosotis), et le plus grand 200 µm (Courge) (Pons, 1970).

1.9 Structure et sculpture du pollen :

1.9.1 La paroi pollinique :

La partie vivante du pollen est entourée par un système de parois qui constitue le sporoderme (Reille, 1990), il comporte deux couches (fig. 04) : l'exine et l'intine.

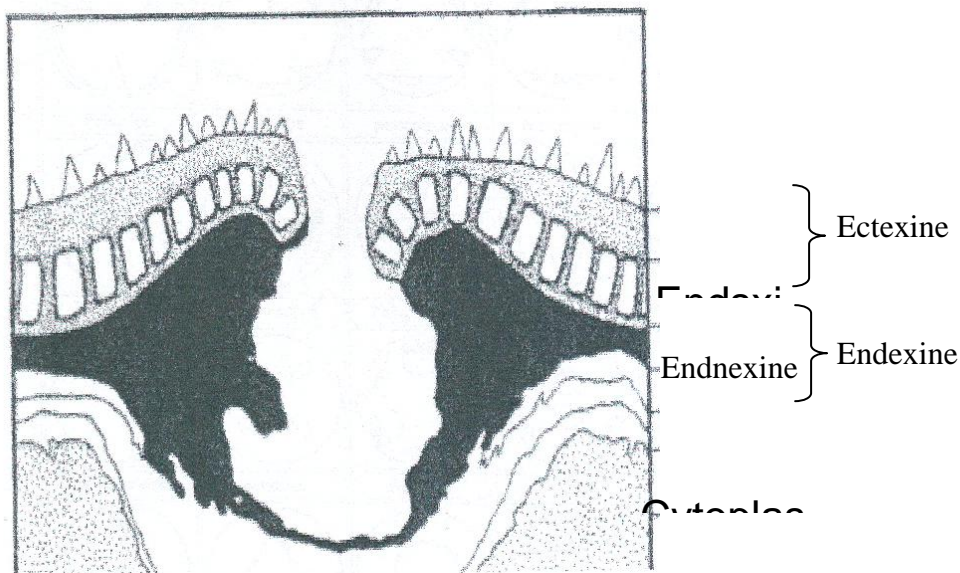


Figure 04: Structure d'un grain de pollen (D'albore, 1998)

I.9.1.1 L'intine :

C'est une couche mince, de nature pectocellulosique, elle n'est autre que la membrane squelettique qui caractérise toute cellule végétale.

Elle disparaît, rapidement, par oxydation, lors de l'incorporation du pollen dans un sédiment (Reille, 1990).

I.9.1.2 L'exine :

C'est une différenciation secondaire de l'intine avec une paroi épaisse, discontinue et complexe, constituée de sporopollénine (polymère naturel), une substance imperméable, très résistante à la corrosion chimique, proche de la cutine, ce qui permet à l'exine d'échapper aux différents traitements chimiques, tels l'ACETOIYSE.

Elle se compose, aussi, de matières grasses, gélifiées, flavonoïdes et vitamines anti-oxydantes liposolubles.

L'exine peut être lisse ou ornementée (pointes, crêtes). L'ornementation constitue un élément très important dans l'identification du pollen (fig. 5).

L'exine permet la protection du grain de pollen contre le vent, le soleil, les U.V., la dessiccation, l'oxydation, la chaleur, la pression, le froid, et les attaques chimiques.

– Acceptation ou rejet du pollen par le stigmate et ce grâce au complexe de protéines, lipides, glucides (manteau pollinique) (Jean et Al, 1996);

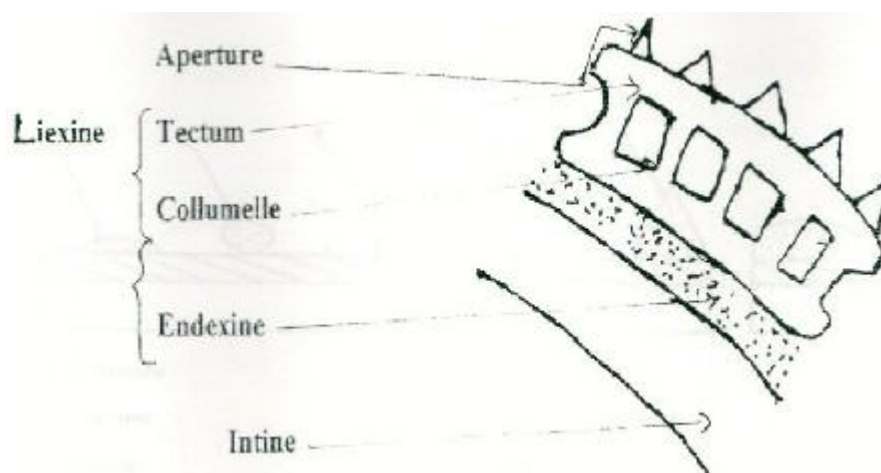


Figure 05 : Structure de l'exine (In Dif et Hamid, 1999)

L'exine est la seule partie commune à tous les objets vivants ou fossiles du pollen, elle est doublée par deux couches l'ectexine et endexine (Reille, 1990).

- **L'ectexine :**

C'est la couche la plus externe, très structurée, elle est porteuse de la particularité pollinique, on ne peut trouver deux espèces végétales qui aient, rigoureusement, la même ectexine.

L'ectexine est constituée par l'ensemble de verrues qui forment l'ornement de la paroi, son épaisseur est à peu près égale à celle de l'endexine (Reille, 1990).

- **L'endexine :**

C'est la couche interne non structurée, continue, souvent simple, et toujours microlamellaire chez les gymnospermes et en plaques chez les angiospermes (Reille, 1990).

I.9.2 Sculpture et l'ornementation de l'exine :

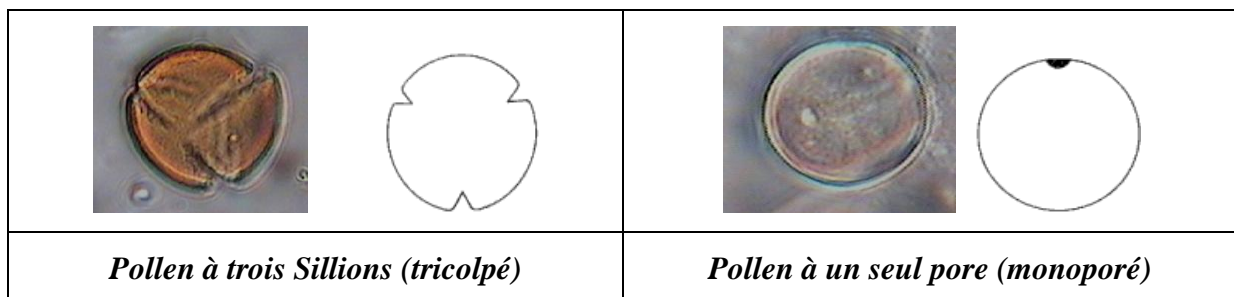
L'ectexine peut être sans aucune ornementation, comme elle peut être formée d'éléments de sculpture, de formes variées, qui peuvent être : des verrues, des échenules ou des clavules.

La répartition spatiale de ces éléments est très variée à la surface de l'exine, et peut aboutir à la réalisation de motifs ornementaux, compliqués: séries ou réseaux (fig.6) (Reille, 1990).

I.9.3 Les ouvertures :

On peut voir à la surface du pollen des zones présentant un amincissement, ou même une absence de certaines couches de l'exine, celles-ci correspondent au point du tube pollinique, ce sont les ouvertures, selon leur forme on distingue : les pores (grain de pollen poré) arrondis et les sillons (grain de pollen colporé) allongés (fig.7). (Cerceau et Hideux, 1983).

Figure 07: Les ouvertures (sillon et pore) (x40)



(Gouasmi, 2008)

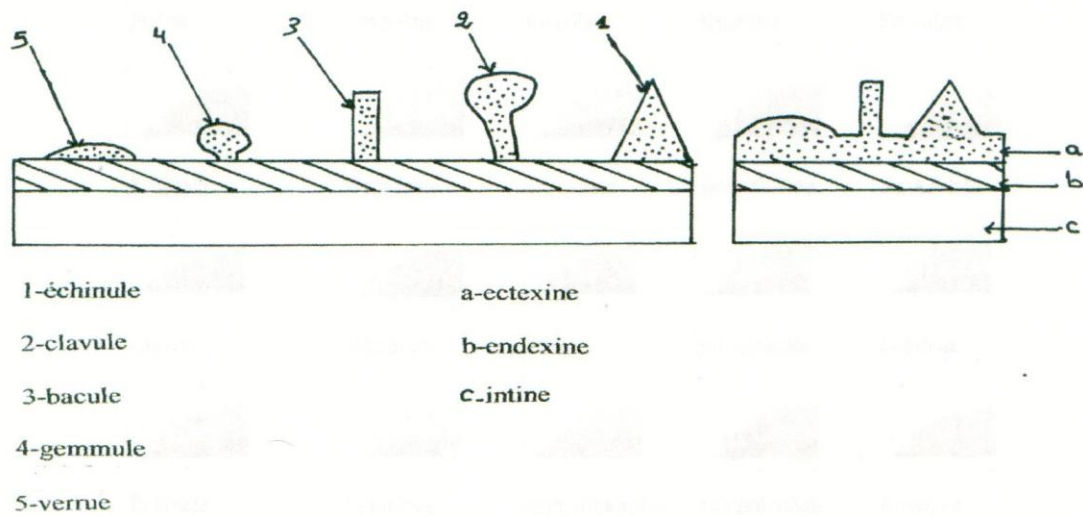


Figure 06 : Types d'ornementation (Reille, 1990)

1.10 Les Applications de la palynologie :

La palynologie est un outil scientifique et pédagogique qui offre ses services à de multiples disciplines, dont :

1.10.1 La stratigraphie :

L'évolution du monde végétal au cours des temps géologiques a déterminé pour chaque époque une flore et une végétation caractéristique dont témoignent les variations en spores et pollen des sédiments contemporains (Alimessaid, 1997).

1.10.2 La géologie :

Elle consiste à définir les assemblages polliniques contenus dans les sédiments de différentes époques. Elle s'attache à suivre l'histoire de la végétation du passé (Alimessaid, 1997).

1.10.3 Le paléoenvironnement :

L'histoire des écosystèmes végétaux suppose que la pluie pollinique représente fidèlement la végétation et qu'il existe une relation assez étroite entre la pluie pollinique (ensemble des spores et pollen déposés en un même lieu) et la végétation. La connaissance

de cette relation est un des fondements de l'interprétation des spectres polliniques anciens **(Reille, 1990)**.

I.10.4 L'ethnobotanie :

C'est la science qui s'intéresse à retracer les interactions qu'entretenait l'homme avec le monde végétal. La palynologie y participe grandement, à savoir, l'impact de l'homme sur l'environnement et les espèces végétales (domestication, croisements génétiques, déforestation, etc), la place des ressources végétales dans l'économie d'une population (production, alimentation, importance relative des espèces), mais aussi dans l'imaginaire, l'industrie, le social et la médecine (pratiques funéraires, savoir médicinal, techniques industrielles et agricoles, etc).

Tous ces indices livrés par les pollens, nous offrent une vision à différentes échelles. Ils servent à identifier la fonction de certaines structures, la reconstruction de certains gestes, comme le dépôt d'offrandes funéraires ou la confection de substances industrielles ou médicinales; ils permettent une meilleure compréhension du contexte environnemental, dans lequel, un site se développe, et ils rendent accessible la notion de gestion économique d'un territoire, d'un point de vue agricole et industriel (déforestation, érosion, cultures, etc). **(Anonyme 1)**.

I.10.5 L'aéropalynologie :

L'étude du contenu pollinique de l'atmosphère est étroitement liée aux dates de floraison, est responsable de certaines allergies et elle est à la base du traitement des pollinoses qui ne peuvent être combattues efficacement qu'après l'identification du pollen responsable **(Alimessaid, 1997)**.

Le pollen a aussi une grande activité au niveau de la sphère digestive, il est idéal dans le traitement des troubles du transit intestinal, idéal également pour corriger les états de fatigue à tous les degrés et les petites dépressions **(Boudoudou, 2005)**.

I.10.6 La méliissopalynologie:

Elle intervient dans le repérage des miels de sucre, obtenus frauduleusement par nourrissage des abeilles au saccharose, et dans le contrôle et l'expertise des produits alimentaires, diététiques et cosmétiques à base de pollen, de miel ou de gelée royale.

Par ailleurs, on étudie la récolte du pollen par les abeilles, seule source de protéines pour celles-ci, au moyen de trappes à pollen ; on obtient ainsi de précieux renseignements sur le mode d'exploitation de la flore et des groupements végétaux par ces insectes, sur leurs comportements écologiques, biologique et social et sur leur rôle dans la pollinisation de nombreuses espèces cultivées **(Layachi, 2008)**.

I.10.7 Autre application:

Grâce à l'abondance de microrestes, la palynologie peut rendre service à la recherche pétrolière, à l'exploitation des charbons, à la médecine légale aux investigations policières ainsi qu'à l'archéologie (**Anonyme 1**).

CHAPITRE II:

Généralités sur la Palyno-Archéologie

Introduction :

Des pollens et des spores sont conservés à travers tous les âges géologiques. L'étude des pollens trouvés dans les sédiments permet de reconstituer les associations végétales d'une époque donnée et de mesurer les éventuelles variations par rapport aux paysages actuels. Elle fait partie de l'étude du paléo environnement.

II.1 Définition de la Palynoarchéologie:

La Palynoarchéologie est une des disciplines de la palynologie. Elle se propose de reconstituer l'environnement végétal d'une occupation humaine du passé mise au jour par les archéologues. Cette science procède pour cela à l'analyse des grains de pollen et de spore fossiles contenus dans les sédiments archéologiques (**Diot, 1991**).

II.2 Aperçus et intérêt :

La Palynoarchéologie est une science toute récente puisqu'elle date du milieu du 20^{ème} siècle seulement.

Quand les pollens sont piégés et conservés dans une structure archéologique, leur analyse et leur comptage apportent plusieurs types d'informations :

- Des renseignements sur l'environnement végétal général ;
- Met en évidence l'usage de plantes utilitaires (alimentaires, à textiles, tinctoriales, médicinales...),
- Rôle de l'homme dans la constitution des paysages agraires et la chronologie de leur mise en place
- l'impact de l'homme sur les écosystèmes par leurs activités (déforestation, battage des céréales, rouissage du chanvre, par exemple).
- Sur les pratiques funéraires (type de dépôt, etc.) ou le niveau d'occupation et d'abandon d'un site ;
- On peut aussi obtenir des datations relatives, par comparaison de diagrammes polliniques.
- Restituer les associations de végétation locale, les paysages environnants, d'avancer des hypothèses climatiques et chronologiques.
- Permet d'avoir une image de l'environnement aux époques passées ou actuelles et donc, d'obtenir des renseignements sur les interactions entre le climat, les paysages et les éventuelles actions humaines sur le milieu (**Diot, 1991**).

II.3 Aspects :

Les différents aspects d'études de la palynochronologie

II.3.1 La palynologie du quaternaire :

Cette branche recherche les influences de la végétation et du climat sur l'homme et sa démographie ainsi que les effets de l'homme sur l'environnement (**Anonyme 1**).

II.3.2 L'archéopalynologie :

Ce terme a été utilisé pour la première fois par Faegri, Kaland, et Krzywinski (1989), elle étudie l'impact de l'homme sur l'environnement ; l'indicateur des taxons tel que cultures (Blé) ou herbes (*Plantago*) est utile dans ce cas.

Le degré de perturbation dans la distribution de la végétation se reflète dans la pluie pollinique et peut être utilisé pour mesurer la densité de population ou la durée (annuelle ou saisonnière) d'occupation de ces régions (**Anonyme 1**).

II.3.3 L'archéologie de l'environnement :

C'est l'étude des sédiments des sites archéologiques particulièrement ceux du sol.

Geoffrey Dimbleby pionnier de l'archéologie environnementale, démontre que le pollen est préservé dans certains sols, et interprète le pourcentage du pollen en terme de : « changement d'environnement causé par l'homme » (**Anonyme 1**).

II.3.4 La palynologie archéologique :

Ce terme nord américain comprend les items mentionnés précédemment, ainsi que certaines applications uniques. Il est caractérisé par l'analyse des artefacts, des aspects, et des coprolithes des sites archéologiques, ainsi que l'étude stratigraphique des sédiments, par Paul Martin et ses collègues durant les années 50 et 60. Quoiqu'ils s'intéressent en premier aux effets du changement climatique sur la macro faune nord américaine.

Martin reconnaît le pouvoir de la palynochronologie pour tracer l'histoire de la domestication et de la culture des plantes (**Anonyme 1**).

II.4 Fossiles et Fossilisation :

II.4.1 Le fossile :

Du latin *fodio, is, fodi fossum* : qui veut dire creuser, fouir. Étymologiquement, fossile signifie "tiré de la terre".

Ce terme désigne toute trace où reste d'animaux ou de végétaux ensevelis dans les couches rocheuses antérieures à la période géologique actuelle, et qui s'y sont conservés.

L'étude du fossile est la paléontologie « discours sur les organismes anciens » qui fut créée au 19^{ème} siècle (**Willis and Thomas, 1990**).

II.4.2 La fossilisation :

Le terme fossilisation est synonyme de "diagenèse", il désigne l'ensemble des phénomènes qui conduisent à la formation d'un fossile, ou, plus précisément, à la conservation des êtres vivants après leur mort, ou de leurs traces dans les sédiments puis dans les roches sédimentaires (**Willis and Thomas, 1990**).

II.5 Historique :

Le terme « fossile » est employé depuis [Pline](#) au 1^{er} [siècle](#), et son utilisation fut récupérée au 16^{ème} [siècle](#) par [Agricola](#), pour faire allusion à un corps enterré, que ce soient des restes d'organismes ou de minéraux intégrés dans les matériaux de la croûte terrestre. Cette situation curieuse a perduré jusqu'au début du 19^{ème} siècle. [Lyell](#) décrit les fossiles comme les restes d'organismes qui vivaient à une autre époque, et actuellement, intégrés au sein de roches sédimentaires.

Au début du 18^{ème} [siècle](#), découlent les premiers progrès réels d'une proposition explicite, les terrains contenant des fossiles d'animaux ou végétaux marins devaient, en toute logique, avoir été recouverts par la mer, afin qu'ils s'y déposent sur le fond puis s'enfoncent dans le lit [sédimentaire](#). C'est la première fois que le fossile est envisagé comme indice [stratigraphique](#).

Grâce à des progrès rapides et importants dans les techniques d'observation et d'investigation, la connaissance des fossiles et de la fossilisation au cours des temps géologiques a réalisé ses plus grandes avancées à partir du 19^{ème} siècle (**Willis and Thomas, 1990**).

II.6 Rareté des fossiles :

La fossilisation est un événement extrêmement rare. En effet, une grande partie de ce qui compose un être vivant a tendance à se décomposer, relativement, rapidement après la mort. Pour qu'un organisme soit fossilisé, les restes doivent, normalement, être recouverts par les sédiments dans les plus brefs délais.

Les spécimens de grande taille (macro fossiles : composés de parties dures) sont, plus souvent, observés, déterrés et exposés, alors que, les restes microscopiques (microfossiles : corps mous) sont, de loin, les fossiles les plus courants (**Brongniart, 1822**).

II.7 Processus de fossilisation :

Pour se transformer en fossile, la plante ou l'animal doit se faire enterrer, très rapidement, par une couche de sédiments. Il doit être rapidement protégé de l'action des bactéries et des autres organismes nécrophages. Cette protection lui est assurée par l'enfouissement. Cela se fait sur le lieu même du dépôt, mais, la plupart du temps, dans un autre endroit (les rivières, les lacs et les océans). Avec le temps, de nombreuses couches de sédiments s'accumulent et finalement se transforment en roche. Puis le temps passe, et les couches de roche refont surface sous l'action de forces telles que les tremblements de terre. L'érosion a pour effet d'enlever les couches qui recouvrent les fossiles et ils sont mis à nu **(Willis and Thomas, 1990)**.

Les débris végétaux se conservent soit par préservation du matériel original, soit par carbonisation, soit par perminéralisation.

II.7.1 Préservation du matériel original :

L'enveloppe inerte des spores et pollens se caractérise par des dimensions et des formes particulières dans chaque espèce, genre et famille. Cette enveloppe est extrêmement résistante aux agents corrosifs. Elle doit sa remarquable capacité de conservation à une substance singulière : la sporopollénine **(Pons, 1958)**.

II.7.2 Carbonisation :

Lorsque l'organisme est enfoui dans le sédiment, sa putréfaction déjà commencée, peut s'arrêter, faute d'oxygène. Les débris non putréfiés subissent alors une carbonisation, rare chez les animaux, mais très fréquente chez les végétaux. En absence d'oxygène, la putréfaction est remplacée par une décomposition bactérienne anaérobie, au cours de laquelle, des bactéries anaérobies attaquent la cellulose des végétaux. Il y a diminution de l'oxygène et de l'azote au profit du carbone, c'est-à-dire, prélèvement des atomes d'oxygène des molécules organiques, ce qui conduit à la formation d'hydrocarbures (bitume ou pétrole). Dans les lacs peu profonds, les résidus végétaux se transforment, ainsi, en tourbe, puis en lignite, puis en houille, puis en anthracite, à chaque stade correspond un enrichissement en carbone lié à une absorption d'oxygène. Heureusement, les structures organiques fossiles ne sont pas toujours détruites lors de la carbonisation **(Anonyme 2)**.



Figure 08: [Fougère](#) fossilisée (*Pecopteris arborescens*)

II.7.3 La perminéralisation :

Se produit après l'enfouissement, quand les espaces vides situés à l'intérieur d'un organisme (espaces remplis de liquide ou de gaz, quand il est en vie) se remplissent d'eaux souterraines riches en minéraux, et que ces minéraux précipitent en comblant les espaces vides. Ce processus ne peut se produire que dans de très petits espaces, notamment, au sein de la paroi cellulaire d'une cellule végétale.

Une perminéralisation à petite échelle peut produire des fossiles avec de très nombreux détails. Pour que la perminéralisation se produise, il faut que l'organisme soit recouvert de sédiments peu de temps après la mort, ou peu après le début du processus de décomposition. La vitesse de dégradation des restes, une fois recouverts, détermine les futurs détails du fossile (**Anonyme 2**).



Figure 09 : Cône fossilisé (perminéralisé) de (*Araucaria sp*)

II.7.4. Impressions :

Parfois, un organisme va laisser une empreinte dans les sédiments. Soit cette empreinte est rapidement enterrée ou laissée au repos, elle peut être lithifiée et devenir un fossile.

Il existe deux formes d'empreintes: empreintes peu profondes, appelées: impressions gravé (commune de feuilles et de coquillages plats) ; empreintes profondes appelées moules.

Si un moule est rempli plus tard avec des sédiments ou des minéraux, il formera une copie du fossile original appelée : plâtre (**Anonyme2**).

II.8 Types de fossiles dans le règne végétal :

Dans le règne végétal on distingue :

- **Le pseudo-fossile** : qui est un motif que l'on peut observer sur une roche, mais qui est le résultat d'un processus géologique, plus que biologique. Il peut facilement être confondu avec de vrais fossiles. Parmi les pseudo-fossiles, on peut citer : l'agate mousse, qui ressemble à de la mousse ou à des feuilles coincées dans une agate.
- **Le micro-fossile** : désigne une plante fossilisée dont la taille trop petite ne permet pas une analyse à l'œil nu, exemple : pollen et spore. Les microfossiles peuvent être scindés en eucaryotes et procaryotes.
- **Le macro-fossile**: désigne des restes de végétaux de grandes tailles (branches, racines, feuilles, fruits, graines...etc) (**Brongniart, 1822**).

II.9 Conditions de conservation et types de dépôts du pollen :

II.9.1 Condition de conservation :

Les pollens se déposent partout, sur le sol des forêts, des champs, des villes, etc. Mais ils disparaissent généralement très vite, ingérés par des invertébrés ou dégradés par les microorganismes (bactéries, champignons) qui s'attaquent à la matière organique.

Pour que les pollens soient conservés comme archive de la végétation, il faut des conditions très strictes :

- ***Conditions de fossilisation*** : Milieu défavorable aux microorganismes, c'est à dire un milieu acide ou anaérobie (privé d'oxygène)
- ***Conditions de sédimentation*** : Les pollens doivent être intégrés dans des sédiments qui gardent la chronologie de leur dépôt, qui s'accumulent, donc, au fil du temps, progressivement, et ne sont pas remaniés ultérieurement.

II.9.2 Les différents types de dépôts :

- ***Les sédiments continentaux contenant ces restes sont :***
- **les sédiments détritiques et organiques des milieux d'eau douce:**

Dans les lacs, les milieux marécageux et les tourbières peuvent s'accumuler des sédiments conservant le pollen. Les sédiments noirs sont très riches en pollen et les sédiments ocre beaucoup moins. Les grains proviennent des secteurs périphériques et régionaux.

- les sédiments des grottes:

Les sédiments terrigènes des grottes sont, souvent, des milieux dans lesquels les éléments végétaux de petite taille percolent, tout comme dans les milieux sableux où les particules vont être entraînées par les eaux de pluie (**Carion, 2010**).

▪ *Les sédiments marins de la plateforme continentale:*

- Les sédiments détritiques peuvent, occasionnellement, contenir les pollens du bassin versant provenant du secteur continental proche et apportés par les sédiments détritiques des deltas et estuaires.

- Des sédiments anciens déposés en milieu continental peuvent, à l'occasion d'une élévation du niveau marin (transgression) ou d'un contexte tectonique distensif, se retrouver en pleine mer. Ils sont ensuite recouverts de sédiments marins s'ils n'ont pas été érodés. C'est le cas des tourbières sous marines (**Carion, 2010**).

▪ *D'autres milieux permettent de conserver les pollens :*

- Humus forestier, ou litière (feuilles mortes,...) : Se décompose très lentement, son accumulation stratifiée emprisonne des pollens, ce qui permet d'étudier l'histoire récente de la végétation locale.

- Roches anciennes : Des spores et pollens très anciens ont été retrouvés dans des roches, ils permettent d'étudier des espèces végétales aujourd'hui disparues.

- Limons éoliens (loess) : Lors des périodes froides (il y a plus de 15000 ans), des limons ont été transportés par le vent et se sont accumulés à certains endroits, parfois sur plus de 100m d'épaisseur. Ces dépôts contiennent des pollens, mais leur analyse et leur interprétation est plus difficile que dans des sédiments tourbeux ou lacustres, car les conditions de fossilisation et de sédimentation y sont rarement idéales : milieu aéré, donc dégradation partielle; remaniement du sédiment après le dépôt (le milieu marin est plus favorable que le milieu continental).

- Sédiments peu perméables propices à la conservation : argiles et marnes.

- Sédiments perméables peu propices à la conservation : sable, graviers et conglomérats.

- Miel : Le pollen des espèces butinées par les abeilles peut être analysé dans leur miel. (**Carion, 2010**)

II.10 La palynologie en contexte archéologique :

Les milieux archéologiques les plus favorables à la conservation des pollens sont les couches humiques, structures en eau (puits, mares ou latrines), ou bien, parfois, fossés, fosses et tombes. Bien que pratiquement indestructibles, ils subissent, cependant, comme les autres vestiges, des dommages et sont sujets à des bouleversements qui les rendent inutilisables :

- Le feu: les pollens ne résistent pas à une chaleur de plus de 105°C ; ceux retrouvés dans les cendres d'un foyer sont toujours postérieurs à celui-ci.

- Le pH : Un sol acide (pH inférieur à 5,5) fera disparaître les pollens grâce à l'action des bactéries en aérobiose.

L'absence de faune ou de restes osseux indique, dans certains cas, un pH non favorable à la conservation des restes organiques, il y a donc peu de chance de trouver des pollens

- L'oxydation : une transformation sous l'action de l'oxygène.
- Les causes mécaniques : frictions, écrasement, phénomènes glaciers, lessivage du sol par les torrents, etc.

L'action des animaux fouisseurs, les vers de terre surtout, qui déplacent et décalent stratigraphiquement les pollens, ce qui les rend difficiles à retrouver ou à identifier : ifs, joncs, peupliers, genévriers, etc.

Certains pollens ont des résistances diverses : ceux des graminées et des bruyères sont parmi les plus solides (**Frédéri, 1967**)

En règle générale, les faciès de couleur : jaune, rouge, vert ou violet ne sont pas favorables alors que les sédiments de couleur gris clair à noir sont fossilifères (**Chateaneuf et Reyre, 1974**).

II.10.1 Démarche palynologique dans un site archéologique :

Dans un site archéologique, ou plus précisément, dans un niveau d'occupation, plusieurs phénomènes perturbent les mesures :

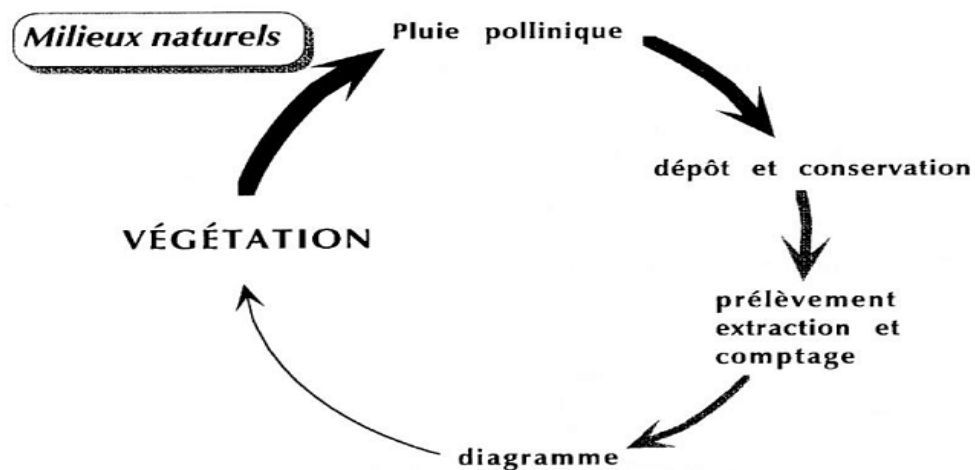
II.10.1.1 Nombre et types de pollens et spores déposés sur le site :

En effet, comme le montre la (fig. 10), en plus de la pluie pollinique naturelle (dont la répartition est déjà très perturbée par la structure du site) vient s'ajouter un nombre, souvent très important, de pollens apportés avec les plantes consommées, stockées et utilisées de différentes façons par les habitants. Ces plantes étaient probablement utilisées pour l'assainissement de ces habitats en milieu humide. A cette pollution, viennent s'ajouter les pollens issus des plantes stockées et consommées sur place (Céréales et Allium, par exemple).

A travers ces effets déformants, il n'est pas toujours aisé de percevoir l'évolution du couvert végétal: les pollens provenant des forêts, des prairies et des cultures se retrouvent dilués dans cette quantité considérable de pollens issus des plantes apportées sur le site.

II.10.1.2 Le taux et la vitesse de sédimentation :

Sur un même site, le taux de sédimentation varie de façon importante: des incendies donnent une accumulation très rapide comme les zones de rejets; au contraire, la sédimentation est très faible dans les zones de circulation ; les sédiments ne se déposent pas de la même manière à l'intérieur et à l'extérieur d'une maison.... A un même endroit, c'est-à-dire dans un même sondage, la vitesse de sédimentation est, elle aussi, très variable. Elle connaît des moments d'accélération, de ralentissement, voire d'arrêt total, ne serait-ce qu'à cause de l'évolution de la structure des villages (une maison peut s'étendre sur une ancienne rue, des zones de rejets peuvent être déplacées, etc.). Des parties, souvent importantes, peuvent également être détruites pour l'aménagement d'autres structures. C'est seulement à la fin de l'exploitation de toutes les données - souvent après plusieurs années - que le palynologue pourra savoir si le sondage provient de l'intérieur d'une maison, d'une zone où se sont succédées plusieurs constructions, etc. Dans de telles conditions, on comprend, alors, que le but principal de l'analyse pollinique, à savoir la reconstitution du couvert végétal entourant un site archéologique, ne peut être que très difficilement atteint. On a, en effet, trop souvent oublié que dans ces sites, le vecteur sédimentaire essentiel est l'homme, avec tout ce que cela comporte de perturbations potentielles et d'incertitudes (**Hervé, 1994**).



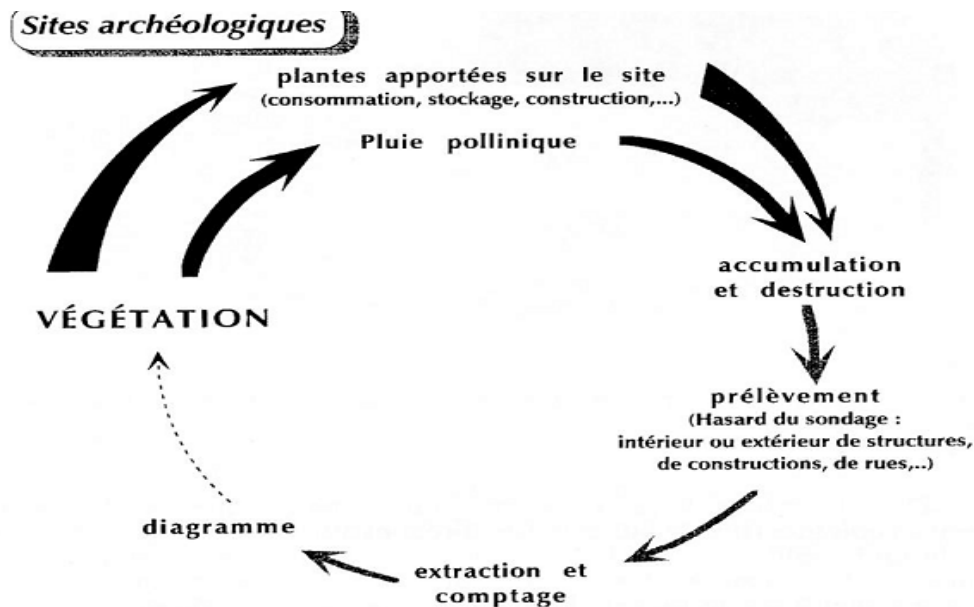


Figure 10: Démarche palynologique (milieux naturels et site archéologique) (Hervé, 1994)

II.10.2 Éléments pour une lecture palynologique des activités humaines :

Avec le développement de l'archéologie, la palynologie a rendu possible la réflexion sur la place et l'action de l'homme et de ses activités dans le milieu et réciproquement, donc la compréhension des relations que les sociétés ont entretenues avec le milieu végétal et sur la manière avec laquelle elles l'ont géré (constitution des paysages agraires et la chronologie de leur mise en place).

En palynologie, à partir du Néolithique, le signe incontestable témoignant d'une emprise humaine sur le paysage correspond à l'apparition des céréales qui peut être enregistrée conjointement à une chute des pollens arboréens et ainsi traduire la conséquence directe d'un déboisement en vue d'une mise en culture. Mais les activités humaines ne se limitent pas, uniquement, à une pratique culturale, et le pastoralisme de même que l'établissement de sites d'habitat, en fait l'ensemble des modes d'exploitation du milieu mis en œuvre par l'homme, entraînera également une modification du couvert végétal (**Delphine et Burnouf, ETAL, 2001**).

Les diagrammes palynologiques :

Dans le diagramme ces modifications sont mises en relief par le recul des grains de pollen des essences forestières et par l'élévation des herbacées héliophiles et de certains arbres recolonisateurs des milieux ouverts (*Betula* (bouleau), *Corylus* (noisetier)). Cependant, ces événements peuvent avoir des causes multiples n'impliquant pas systématiquement une intervention humaine (aléas météorologiques, incendies naturels). D'autres éléments sont nécessaires, et c'est à ce niveau de la démarche qu'intervient l'utilisation, désormais, classique

des indicateurs polliniques de l'anthropisation. Cette méthode constitue un dérivé palynologique de l'ethnobotanique et s'appuie sur la représentation pollinique des végétaux inféodés à l'homme ou à ses pratiques. Ces bio-indicateurs, qui ont fait l'objet de nombreux inventaires, regroupent non seulement les espèces cultivées, mais également les plantes adventices et messicoles (*Papaver rhoeas* (coquelicot) *Centaurea cyanus* (bleuet), *Agrostemma githago* (agrostemme) ainsi que les espèces rudérales (*Urtica* (orties), *Artemisia vulgaris* (armoises), *Rumex L* (oseilles) associées aux décombres, aux habitats et, plus généralement, aux zones humanisées ou à certaines pratiques. À titre d'exemple, l'activité pastorale favorise le développement d'une végétation nitrophile dans les zones de stabulation ou les reposoirs à bestiaux (orties, chénopodes), tandis que le pâturage répété de certains secteurs engendre le développement d'une flore bien spécifique (Rubiacees, Fabacees, plantains) (Frédéric, 1967).

II.10.3 La palynologie et spectre pollinique dans la reconstitution des climats passés :

La palynologie a longtemps été un moyen de connaître non seulement la couverture végétale d'une région, mais aussi d'établir les séquences évolutives de la végétation au travers des chronozones, basées sur une chronologie absolue, et correspondant également à des moments climatiques, et ainsi d'obtenir des chronologies climato-végétales. Un cycle climatique correspond aussi à un cycle de la végétation. Les spectres polliniques diffèrent selon le climat. Les périodes interglaciaires peuvent être définies comme des périodes durant lesquelles la végétation suit une succession logique : steppes froides, forêts boréales (pins, bouleaux, etc.), forêts tempérées (de type chênaie mixte), forêts acides (sapins, épicéas, hêtres etc.), puis retour vers les forêts boréales et le stade steppique. Les périodes glaciaires, sont quant à elles, des périodes froides climatiquement instables, ne fournissant pas une image pollinique homogène avec, parfois, de brusques phases de réchauffement au sein de cette phase froide, appelées interstades, provoquant l'extension de certains taxons méso-thermophiles à partir de refuges proches.

Ils nous donnent des indications fortes utiles pour connaître le climat. Il faut tenir compte de l'écologie des espèces des affinités de celles-ci pour certain type de sol, de l'orientation du lieu (ensoleillement, pente nord ou sud, vallées, sommet, altitudes, proximité de la mer, etc.) enfin de la compétition existe entre les espèces. Certaines plantes (*Hedera helix* (lierre), *Viscum album* (gui)) sont plus indicatrices que d'autres.

Les spectres polliniques sont, généralement, établis séparément pour les arbres qui donnent des indications sur le type du climat et de la végétation en général, et pour les plantes qui sont indicateurs du type de végétation du lieu où ils ont été trouvés (microclimat). Pour

établir ces spectres, il ne faut pas omettre de tenir compte des pollens transportés par le vent ou les abeilles.

Certaines espèces sont, remarquablement, prolifériques (pins, aulnes, noisetiers, bouleaux), tandis que d'autre, produisent relativement peu de pollens : *Fagus* (hêtres), *Quercus* (chêne), *Salix* (saules). Cette interprétation peut permettre de déterminer le taux de boisement d'une région en établissant la proportion existant entre les espèces forestières et celles non-forestières (**Démoule et Giligny, 2009**).

II.11 Végétation de la Numidie à travers l'histoire :

Les villes de Annaba et de Souk-Ahras remontent à la fin du tertiaire (-65 millions à -2.6 millions d'années), et au début du quartenaire (1,8 Ma à 2,6 Ma)

C'est à cette époque, que la partie nord de l'Afrique subit une alternance de périodes sèches. C'est probablement ce climat doux, favorable à la végétation, qui attira les premiers habitants de l'Algérie, en général. L'homme préhistorique, alors chasseurs-cueilleurs, tirant parti des ressources disponibles dans la nature. Les hommes du Paléolithique ne connaissent ni l'agriculture, ni l'élevage.

Les premiers habitants de la Berbérie s'étaient procurés, par la chasse, une très large part de leur nourriture. La culture des céréales a été introduite en Berbérie à une époque très reculée, fort antérieure à la colonisation phénicienne (VI^{ème} siècle av.J.-C). C'est à Massinissa (II^{ème} av. J.-C) que *Polybe*, attribue l'introduction de l'agriculture en Numidie (**Gsell, 1972**). L'une des conséquences de la 1^{ère} guerre punique (264 av. J.-C. à 241 av. J.-C.), fut, probablement, un accroissement de la culture des céréales dans les possessions africaines de Carthage (**Gsell et Joly, 1914**). Ce furent peut être les phéniciens qui importèrent en Afrique de bonnes variétés de figuier, ce furent, peut être eux aussi, qui y introduisent la caprification ; cette pratique, d'origine orientale.

Pline, revendique dans l'Afrique la pomme punique, produit autour de Carthage. *Columelle* parlait des noyers et des poiriers, mais également des châtaigniers, qui n'offraient qu'un intérêt médiocre à ses compatriotes (**Gsell, 1972**).

Au temps de Jugurtha (111 av. J.-C. et 105 av. J.-C.), l'agriculture prospérait dans une bonne partie de la Numidie ; de même au temps de Juba I^{er} (60 à 46 av. J.-C.). Cependant, les guerres et les troubles qui furent fréquents depuis la fin du II^{ème} siècle av. J.-C., jusqu'à la conquête romaine (I^{er} siècle av.J.-C.) causèrent des crises plus au moins longues. La nouvelle province comprenant le nord-est de l'Algérie et le nord-ouest et le centre de la Tunisie, où d'excellentes terres à blé s'étendent sur des vastes espaces.

Les auteurs ne nous apprennent pas grand-chose sur les espèces qui constituent la végétation arbustive de l'Afrique du nord. Ils mentionnent le chêne vert, ou yeuse, le cèdre (matériau de construction), le pin, probablement le pin d'Alep, le pin maritime, le peuplier, le genévrier, le térébinthe, pistachier, lentisque; le thuya, l'olivier sauvage, l'orme et le citrus (qui servait à l'époque de Massinissa à faire des tables). Par contre, il n'y a aucune indication précise sur le chêne liège (**Gsell, 1972**).

Saint Augustin décrit la région la Numidie en ces termes: « Tu y trouves partout la nudité, des campagnes fertiles, mais portant des récoltes ; elles ne sont pas riches en oliviers, elles ne sont pas égayées par d'autres arbres » (**Gsell, 1972**). Quant à la vigne, l'olivier, et très probablement aussi le figuier et l'amandier, ils sont indigènes en Berbérie (**Gsell et Joly, 1914**).

Le déboisement de la Berbérie a commencé dès l'antiquité, les hommes transformèrent en champs de céréales des sols dénudés ou couverts seulement de broussailles (lentisques, jujubiers, genets, palmiers nains, etc.), s'ils y plantèrent même des arbres fruitiers, il est probable que l'agriculture agrandit son domaine aux dépens des forêts naturelles (**Gsell, 1972**).

Il fallait lutter contre des plantes et des broussailles aux racines tenaces et profondes : palmier nain, jujubier épineux, etc., qui s'étendaient sur les plaines. La forêt, aussi, dû être attaquée. Il était facile d'y mettre le feu en été et d'amender ainsi le sol par les cendres. Mais les terrains sont souvent d'une fertilité très médiocre, et il est raisonnable de les conserver comme pâturage d'été (**Gsell, 1972**).

Quant au manque d'arbres sur de grands espaces, il ne doit pas être attribué à des déboisements, que les hommes auraient exécutés pour se préparer des pâturages, et des terrains de cultures. Il y a dans l'Afrique du nord des sols qui ne se prêtent pas à la végétation forestière, et sur lesquelles s'étend une sorte de carapace gypso-calcaire, due à l'évaporation d'eaux remontant par capillarité.

Ajoutons aux causes de la diminution de forêts une exploitation abusive. *Plinie* constat, déjà, la disparition de certains boisements de thuya. Des quantités importantes de bois étaient expédiées à Rome. En Afrique même, la population, très dense, devait en consommer beaucoup pour la charpenterie, la menuiserie et le chauffage (**Gsell, 1972**).

A la fin du V^{ème} siècle, les vandales faisaient couper en Corse, des arbres qui leurs servaient à construire des navires ; peut-être leur était-il difficile de trouver en Afrique, les matériaux nécessaires. Vers la fin du VII^{ème} siècle, l'héroïne berbères, la Kahena fit couper les arbres, et ces ravages ont atteint les plantations d'arbres fruitiers, beaucoup plus que les peuplements forestiers.

Les guerres entre arabes et byzantins (IV^{ème}) a coûté cher à la flore de la Numidie. Des indigènes révoltés brûlant les arbres en Byzacène (**Derdour, 1982**).

L'invasion hilalienne, au XI^{ème} siècle, jeta sur l'Afrique du nord, des milliers de nomades et développa beaucoup la vie pastorale, la conséquence fut des déboisements très importants. L'introduction du bétail, en elle-même, dans les forêts prospères présent peu d'inconvénients ; elle a, même, pour avantage de détruire le sous-bois, cause d'incendies. Mais, en parallèle, les bergers mettent le feu à la forêt pour se procurer du pâturage, les moutons, par leur piétinement répété, durcissent le sol et empêchent l'éclosion des germes, et les bœufs écrasent les pousses. Il a fallu, également, faire place à l'agriculture aux dépens de la forêt (**Gsell, 1972**).

On peut déplorer en Algérie les ravages commis dans les régions forestières depuis la conquête française (1830). Ils ont pour causes principales le pacage et les incendies. En plaine et sur les pentes douces, la distribution de la végétation naturelle donne aux hommes les terrains de cultures qui leurs sont nécessaires (**Gsell, 1972**).

CHAPITRE III:

Matériels et Méthodes d'Etude

III. 1 présentation des régions d'études :

Le présent travail a été réalisé dans deux régions, à savoir Annaba et Souk-Ahras.

III.1.1 Cadre physiographique de la ville d'Annaba :

III.1.1.1 Géographie :

La région d'Annaba est située à 600Km de la capitale Alger, à l'extrême est du pays. Ouverte sur le littoral méditerranéen sur 80km; elle s'étend sur 1412km².

Elle est limitée géographiquement par : La méditerranée au nord; la wilaya de Guelma au sud; la wilaya d'El-Tarf à l'est et la wilaya de Skikda à l'ouest. Les limites naturelles sont représentées par le massif de l'Edough au nord et à l'ouest (850m), le golfe de Bône à l'est et au sud la plaine de la Seybouse (fig. 11) (Chihani, 2002).

Dénomination	Latitude	Longitude	Altitude
Annaba	36° 55'N	7° 46'E	3 m

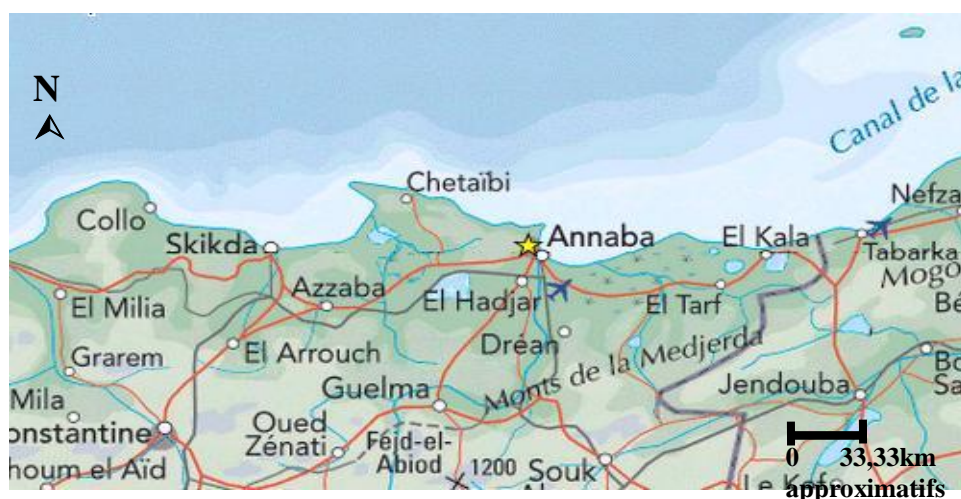


Figure 11: Carte de la situation géographique de la région d'Annaba (Chihani, 2002)

a) Localisation du site d'étude (Hippone):

Le site archéologique d'Hippone se situe au sud-ouest d'Annaba, à 3km environ du centre ville on y accède par la route nationale (N°16) reliant Annaba à souk-Ahras. Elle est limitée au nord par la méditerrané et au sud par Oued Boudjemaa, au sud-ouest par Boukhadra et au sud-est par Oued Seybouse (fig. 12). Les ruines s'étendent entre deux collines : Saint Augustin à l'ouest et la colline Gharf El Atran à l'est, l'altitude générale à laquelle se trouvent les ruines est de 2 à 3 mètre. (Dahmani, 1973).

b) Les fouilles archéologiques dans le site d'Hippone :

Il y a eu peu de fouilles archéologiques dans le site d'Hippone. La première est celle effectuée, en 1895, par A. Papier (président de l'Académie d'Hippone) qui fit la découverte des mosaïques. Une découverte qui déclencha, par la suite, d'autres recherches archéologiques, parmi lesquelles, les fouilles de Chevillot (1908), A-Maitrot et E. Marec (1933), et J. P Morel (1964) (مرآة 2007).

Enfin, une enquête - prospection a été entreprise de 2002 à 2005 (Redjel, 2011)

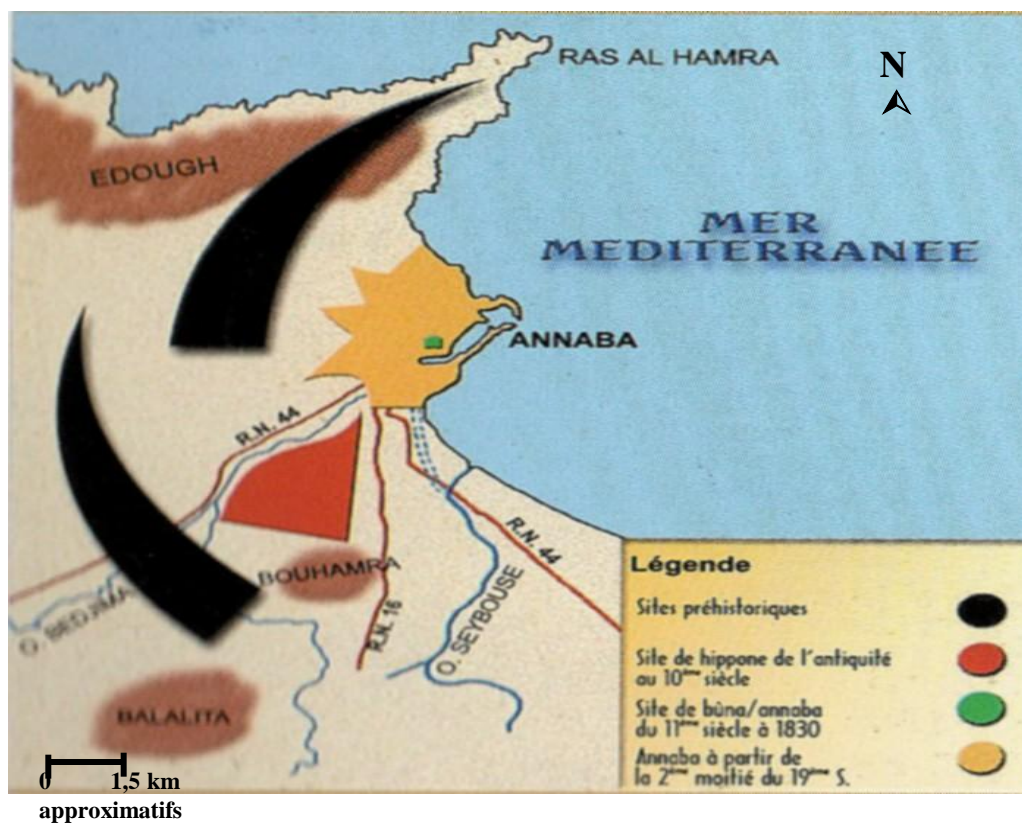


Figure 12: Carte de la situation géographique du site d'étude (Hippone) (Chihani, 2002)

III.1.1.2 Géomorphologie :

La région d'Annaba est constituée principalement de : Montagnes à vocation forestière 52,16% ; Collines et piémonts 25,82% ; Plaines 18,08% ; des côtes qui s'allongent sur 80Km (fig. 13) (Chihani, 2002).

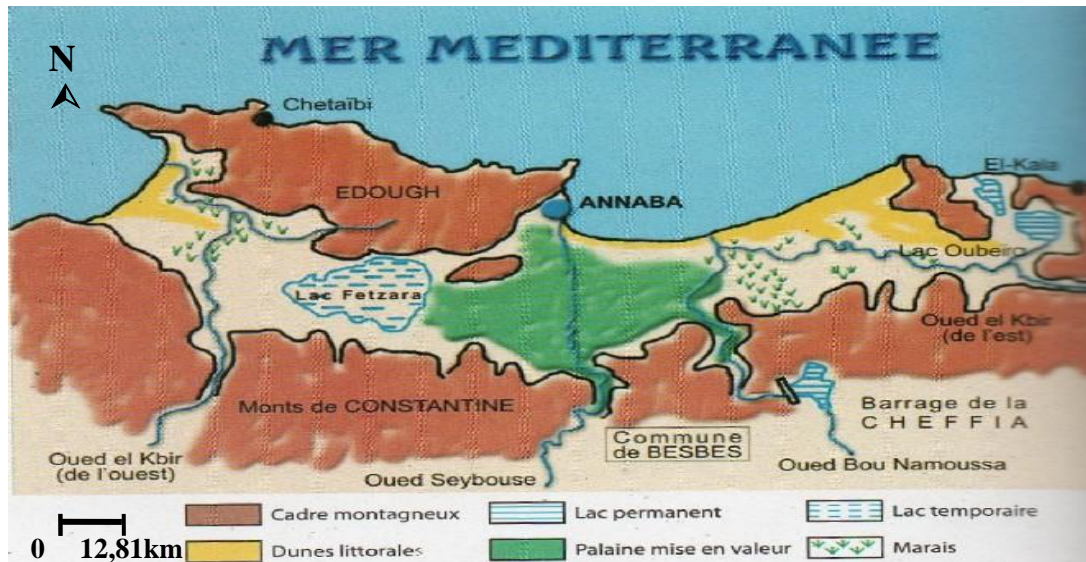


Figure 13 : Carte de la situation géomorphologique de la ville d'Annaba (Redjel, 2011)

III.1.1.3 Géologie :

La région d'Annaba a fait l'objet de plusieurs études géologiques, dont celle de L. Joleaud (1936), J. Hilly (1936), J. M. Vila (1980), J. C. Lahondère (1987).

Ces études montrent l'existence de deux types de terrains, l'un sédimentaire et l'autre métamorphique (fig. 14).

L'échelle stratigraphique de ces terrains se répartit du Primaire au Quaternaire :

Le socle du Primaire : affleure à l'ouest dans le massif de Djebel Edough, Belelieta et Bouhamra, constitué par des roches cristallophylliennes qui se superposent en trois séries :

- Série inférieure, représentée par des gneiss riches en biotite et sillimanite d'une épaisseur moyenne de 70m, cette formation constitue le cœur de l'anticlinal du massif de l'Edough.

- Série intermédiaire, caractérisée par des schistes et des micaschistes riches en biotite, muscovite et du grenat et parfois avec des feldspaths souvent visibles à l'œil nu. Cette série contient des marbres qui s'intercalent dans les formations des micaschistes sous forme de skarns.

- Série supérieure, constituée par un ensemble de gneiss ocellés, schistes satinés, micaschistes grenat et amphibolites (In Boudjema, 2007).

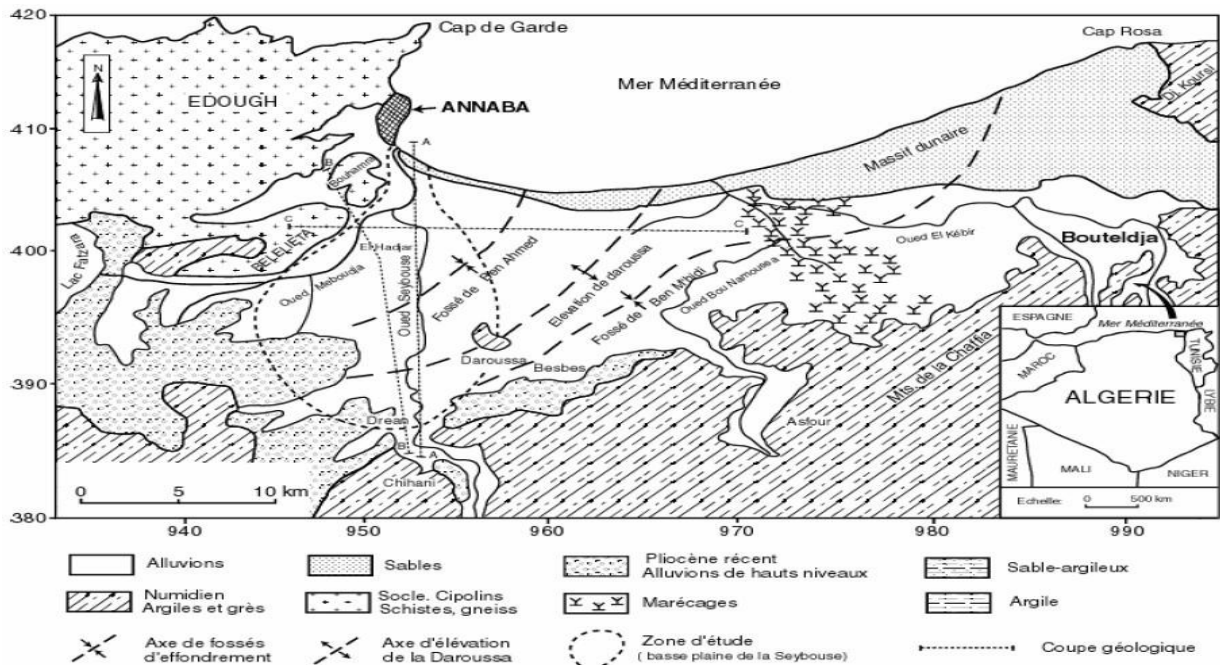


Figure 14 : Contexte géologique de la basse plaine de la Seybouse (Vila, 1980)

III.1.1.4 Hydrologie :

Le réseau hydrologique dépend étroitement des paramètres climatiques et des paramètres physiques du sol qui conditionnent l'infiltration lente et le ruissellement rapide.

Il est constitué par deux oueds principaux qui parcourent la plaine :

- Oued Seybouse le second oued important en Algérie après Oued Chélif, présente l'axe de drainage d'un bassin versant de 6471 Km² ;
- Oued Meboudja le dernier affluent d'Oued Seybouse, assure la vidange du lac Fetzara (l'exutoire d'un bassin versant endoréique de 515 Km²) par un canal d'assèchement de 14 km (Narsis, 2008).

III.1.1.5 Pédologie :

D'après l'étude réalisée dans la région par (Aissoug et Lezzar, 1980), cinq grands types de sols ont été mis en évidence. Il s'agit des sols peu évolués, les vertisols, les sols calcimagnésiques, les sols hydro morphes et les sols amorphes.

III.1.1.6 Climat :

Selon les données climatiques de la station météorologique les salins de la région d'Annaba sur une période allant de (1997-2006). On a pu constater que :

- Les moyennes mensuelles des précipitations montrent une variation d'un mois à un autre. Le maximum des précipitations est enregistré au mois de Décembre (135,28 mm) par contre le minimum est enregistré au mois de Juillet avec une valeur de 3,23 mm.

- Quand à la température on note que le mois de Janvier est le mois le plus froid (11,51°C), alors que le mois d'Août est le plus chaud (25,99°C).

- Le vent est l'un des éléments déterminant des régimes pluvieux de l'évaporation et du climat. Le régime des vents dominants à Annaba sont supérieur à $6m.s^{-1}$ est de provenance nord nord-est (**Boudjema, 2007**).

Selon (**Quezel 1978**), la région appartient au domaine méditerranéen nord africain.

Le quotient pluviométrique (**d'Emberger, 1954**) classe la région d'Annaba dans l'étage sub-humide.

III.1.1.7 Couverture végétale :

La Numidie est remarquable par la diversité de son couvert végétale. D'après **Thomas (1975)** ; **Aouadi (1989)** et **De Belair (1990)** la végétation de la région se répartit en cinq principales séries :

- Série du chêne liège (*Quercus suber*) : Il s'étend entre 400 et 900m d'altitude sur les versants nord et nord-est. Le cortège floristique qui accompagne cette série est composé de : *Erica arborea* ; *Pistacia lentiscus* ; *Phillyrea angustifolia* et *Cytisus triflorus*.

- Série du chêne zen (*Quercus faginea*) : Cette série est limitée au niveau des stations fraîches et humides, son cortège est composé essentiellement de : *Ilex aquifolium* ; *Erica arborea* ; *Cytisus triflorus* ; *Crataegus monogyna* ; *Myrtus communis* ; *Laurus nobilis*.

- Série du chêne kermès : Cette série occupe surtout les dunes littorales, son cortège floristique est composé de *Quercus coccifera* ; *Pistachia lentiscus* ; *Halimium halimifolium* ; *Chamerops humilis*.

- Série du Pin maritime : Il croit sur les collines sub- littorales, souvent en mélange avec *Quercus suber* ; *Erica arborea* ; *Myrtus communis* ; *Phillyrea angustifolia* ; *Cistus salvifolius* ; *Arbutus unido* ; etc.

- Série des plantes de milieu humide : Elle s'étend le long des berges des lacs et des cours d'eau, ainsi que dans les dépressions humides. La stratification horizontale fait apparaître des groupements évoluant en fonction du degré de saturation. La succession est la suivante :

- Végétation aquatique : Constituée de *Nymphaea alba* ; *Callitriche pallustris* ; *Ranunculus aquatilis* ; *Polygonum salicifolium* et *Salvinia natans*.
- Végétation amphibie : On y trouve *Scirpus lacustris* ; *Phragmites australis* ; *Typha latifolia* ; *Juncus capitulatus* ; etc...
- Végétation hydrophile : Représentée par *Orminis mixta* ; *Mentha rotundifolia* ; *Trifolium maritimum* ; etc.
- Végétation héliophile : Formée de *Salix pedicellata* ; *Erica scoparia* ; *Rubus ulmifolius* ; *Vitis vinifera* ; *Athyrium filix femina* ; *Osmunda regalis* ; *Laurus nobilis* ; etc.

On retrouve également dans la région d'Annaba :

- Forêt de Chêne vert (*Quercus ilex*) : Se développe sur tous les substrats pourvu qu'ils soient relativement secs. C'est une forêt de basse pente, poussant la plupart du temps sur sol calcaire. Elle peut cependant atteindre des altitudes plus élevées. L'étage arbustif comporte : *Pistachia terebinthus* et *Pistachia Lentiscus*, le caroubier, le laurier, le sumac (*Rhus*), la fillaire (*Phyllirea angustifolia*), le thym, le romarin, l'arbousier, le chêne kermès (*Quercus coccifera*), le genévrier, le romarin officinal, l'érable de Montpellier, le pin d'Alep, le pin "parasol" ou "pignon", le pin maritime, les cyprès, les cistes, la coronille glauque de Montpellier, la lavande (*Lavandula stoechas*), etc.
- Les terres de la région d'Annaba sont très fertiles. Après leur drainage et les améliorations apportées au sol toutes les cultures sont devenues praticables. Parmi les cultures, on trouve: Les cultures industrielles, essentiellement, la tomate destinée à la conservation ; la céréaliculture, essentiellement, le blé ; on trouve aussi des arbres fruitiers (le poirier, le pommier; etc.) (In **Boudjemaa, 2007**).

III.1.2 Cadre physiographique de la ville de Souk-Ahras :

III.1.2.1 Géographie :

La région de Souk-Ahras se situe au nord-est de l'Algérie, Elle est limitée par : la Tunisie à l'est, la [wilaya de Guelma](#) au nord ouest, la wilaya de [Oum-El-Bouaghi](#) au sud-ouest , la wilaya de [Tébessa](#) au sud, et la wilaya de [El-Taref](#) au nord (fig.15).

La wilaya de Souk-ahras s'étend sur une superficie de 4.359.65km² (Zouaidia, 2006)

Dénomination	Latitude	Longitude	Altitude
Souk-Ahras	36, 17 N	75,74 E	635m

(La DSA de Souk-Ahras)



Figure 15 : Carte de la situation géographique de Souk-Ahras (Boudekhana, 2002)

III.1.2.1.1 Localisation des sites d'études (Madors et Khemissa) :

La ville de Souk-Ahras, dispose d'un patrimoine archéologique : dont le site de Madors et le site de Khemissa (fig. 16).

a) Localisation du site de Madors :

Le site de Madors est à seulement 8km de la ville de Souk-Ahras. Situé à 35km de Sedrata, environ 21km de Tivash dans le nord-ouest, à environ 25 km au sud de Souk-Ahras, environ 16km au nord-est de Torh et à environ 95km au Sud- Sud-est de Annaba. Les limites du territoire ne dépassent pas 25 mille hectares (2005 بالعربي).

b) Les fouilles archéologiques dans le site de Madors :

Les premières explorations ont lieu à partir de 1843 et jusqu'à la fin du 19^{ème} siècle. Par la suite, des fouilles sont effectuées dans la région, par le Département des monuments historiques de l'Algérie, elles ont contribué à la découverte des bains du nord et de leurs annexes. La découverte des grands thermes, quant à elle, a lieu en 1915.

- En 1917, fut découvert une partie du Forum, du fort Byzantin et du théâtre. Puis jusqu'en 1920, on a pu découvrir : le marché, les huileries, et les rues du site archéologique.

- De 1927 à 29, les fouilles ont permis la découverte des maisons avec leurs annexes (bains privés).
- Durant les années 2003-2004, des travaux pour l'entretien de certaines parties des thermes ont été effectués, sous la supervision de la Direction de la Culture de Souk-Ahras. Parallèlement, un musée a été créé (2005 بالعربي).

c) Localisation du site de Khemissa :

Est située à environ 32km à l'ouest de Souk-Ahras et 14km au nord-est de Sédrata. La ville est limitée au nord par Chaabet Aayn El Bir, à l'ouest par Chaabat Damous El Kasba, au sud Chaabat Ain safra et au nord est, celle d'Ain El Yahoudi (Gsell et Joly, 1914)

d) Les fouilles archéologiques dans le site de Khemissa :

Les études archéologiques de la ville de Khemissa ont débuté, en 1732, par Hebenstreil, Ludwing. En juin 1843, une équipe de militaires explorateurs dirigée par le commandant Descadou Mitrese a étudié quelques fresques, cette initiative a été poursuivie, en 1853, par Rénier Leon. Par la suite, Zerizait a contribué au dégagement du théâtre.

En 1865, Chabassière a été sollicité par la société archéologique de Constantine pour explorer le site archéologique de Khemissa.

A partir de 1900, des fouilles sont organisées par les services des monuments archéologiques. Ces fouilles ont permis, en 1903, la découverte de l'ancienne grande cours du théâtre et de maisons (2006 بوجليدة ; مرازقية).

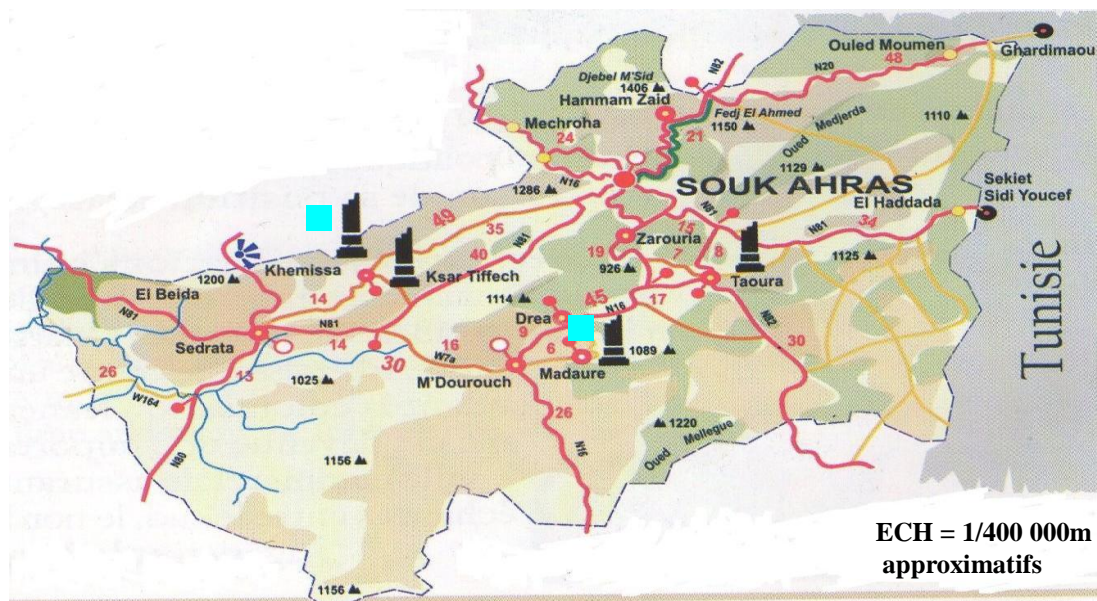


Figure 16 : Carte de localisation des sites d'études de Souk-Ahras (Boudekha, 2002)

III.1.2.2 Géologie :

La région de Souk-Ahras se distingue par deux caractéristiques essentielles :

- Le nord possède un caractère montagneux faisant partie de l'Atlas tellien.
- Le sud fait partie des hautes plaines (**D'après la direction de la conservation des forêts de la wilaya de Souk-Ahras**).

Selon (**Davide, 1956**) ; la région de Souk-Ahras est, essentiellement, caractérisée par des formations sédimentaires, dont l'âge le plus ancien est le trias jusqu'au quaternaire, constituée généralement par des grès, des marnes, des cailloutis et des alluvions (fig. 17).

III.1.2.3 Géomorphologie :

Selon la classification des pentes et du climat dominant, la région de Souk-ahras se caractérise par trois régions

1. Région nord-est : région montagneuse présentant des pentes variant de 15 à plus de 20%, faisant partie de la chaîne tellienne, et constituant le patrimoine forestière.
2. Région sud-ouest : région médiane constituée de piedmonts. Cette région est le prolongement des hauts plateaux, elle est caractérisée par des plaines agricoles et de pâturage.
3. Région sud : les terres sont de vastes étendues caractérisées par un relief plat, le sol est dégradé et de faible profondeur aggravée par une exposition aux divers aléas climatiques. (**Zouaidia, 2006**)

III.1.2.4 Réseau hydrographique :

Le réseau couvre pratiquement toute la wilaya ; la rareté de l'eau s'explique d'une part, par les conditions climatiques, dont, on cite les précipitations nettement insuffisantes, et d'autre part, par le manque de moyens et d'infrastructures de récupération et de stockage.

Trois grands oueds sillonnent la wilaya avec des débits irréguliers :

- **Oued Mellegue** : d'une superficie de 1,442km² avec un débit moyen de 210 millions de m³/an.
- **Oued Medjerda** : d'une superficie de 1,377km² avec un débit moyen de 400 millions de m³/an.
- **Oued Echaref** : d'une superficie de 1,040km² avec un débit moyen de 99 millions de m³/an. (**Zouaidia, 2006**)

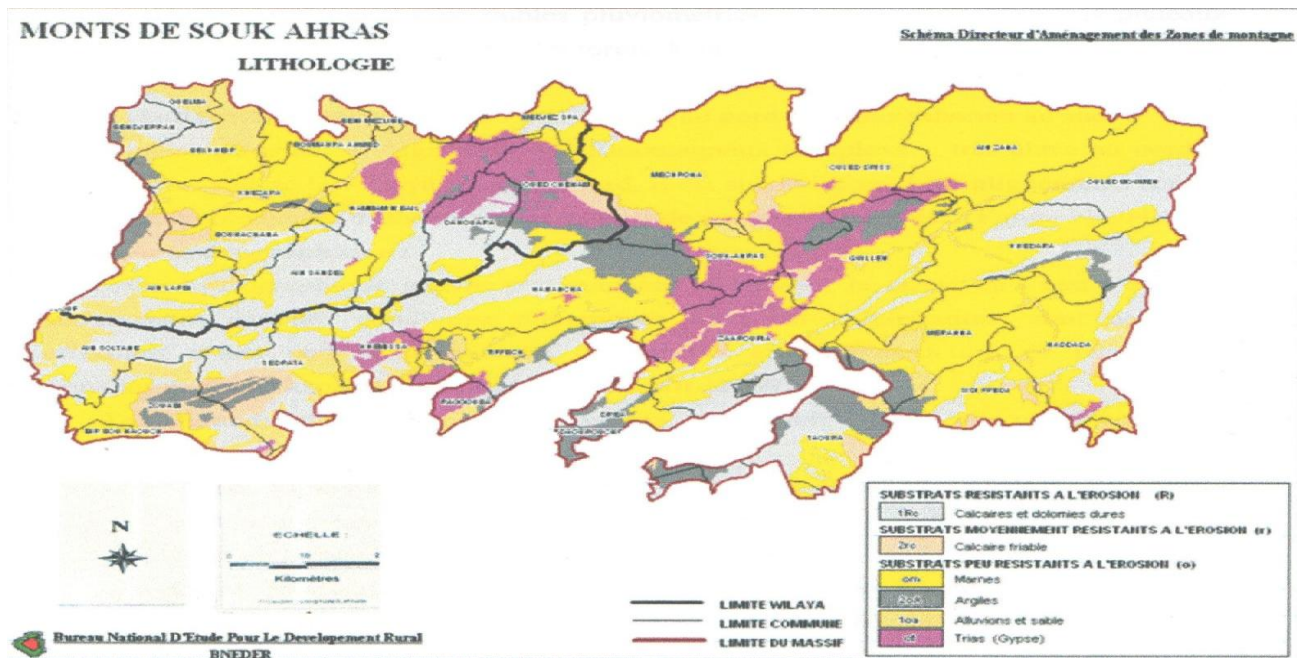


Figure 17: Carte lithologique de la région de Souk-Ahras (Rahmani et Chafroui, *ETAL*, 2010)

III.1.2.5 Climat :

Située sur les hauteurs de l'Atlas Tellien, la région de Souk-Ahras est exposée aux influences climatologiques méditerranéennes au nord d'une part, et désertique au sud, d'autre part. Selon des études climatiques effectuées sur une période allant de (1992-2006) :

- Les précipitations moyennes annuelles atteignent 625 mm/an. Les mois de décembre et janvier étant les mois où on enregistre le maximum de précipitations (jusqu'à 108,5mm), le minimum est enregistré au mois de juillet (11mm) (**Zouaidia, 2006**).

- La température moyenne mensuelle minimale est enregistrée au mois de janvier, elle est égale à 7,0°. Et la moyenne mensuelle maximale est enregistrée au mois de juin, elle est égale à 35,51°.

- D'après les données de la station météorologique de Souk-Ahras, les vents dominants soufflent du nord au sud. Leur activité se manifeste pendant la période pluvieuse. Ces vents soufflent, en été, sous forme de sirocco, favorisant l'évaporation. (**Davide, 1956**). La vitesse moyenne annuelle du vent est 3,2m/s. la vitesse moyenne mensuelle minimale vent est de 2m/s (en octobre), la moyenne mensuelle maximale atteint 3,7m/s (en avril).

Le quotient pluviométrique (**Emberger, 1954**) permet de classer la région de Souk-Ahras dans l'étage semi-aride.

III.2.6 Couverture végétale :

La wilaya de Souk-Ahras détient un patrimoine forestier très important.

- Principales espèces végétales : chêne zen au nord et au nord- est, chêne liège au nord et nord- est, pin d'Alep au centre et au sud. Les essences secondaires : eucalyptus, cyprès, cèdre de l'Atlas.

- Cortège floristique (maquis et broussailles) : bruyère, ronce, lentisque, cite, aubépine, calycotome, smilax, myrte, arbousier, romarin, fougère. (Zouaidia, 2006).

Le tableau 03 : est représentatif de l'occupation des sols de la région de Souk-Ahras

Occupation des sols	Monts de S/Ahras (ha)	% sur pente \geq 12,5%	% sur terrains instables
Culture	71249	71,35%	47,96%
Culture + vignes	/		
Arboriculture	24		
Culture + parcours	37465		
Vignes	/		
Maquis dense	14556		
Forêt claire	23109		
Forêt dense	7605		
Reboisement	144		
Sol nu	14		
Plan d'eau	371		
Agglomération	1475		

(In Geurfi, 2012).

III.2 Protocole expérimental :

Nos sites d'étude font l'objet de deux analyses : des analyses physico-chimiques du sol et une analyse palynologique.

III. 2. 1 Le Terrain :

IV.2.1.1 Prélèvement des échantillons :

Lors de sorties dans les sites archéologiques, on a prélevé des échantillons de terre, à savoir 200g à 5cm voire 10cm de profondeur, dans des endroits non perturbés (fig. 19; 21; 23).

Les échantillons sont rangés dans des sachets stériles, soigneusement fermés, et étiquetés, puis conservés au frais, dans un endroit sec (Penser à nettoyer les outils avant et après chaque prélèvement, pour éviter la contamination pollinique).

III .2.1.2 Sites de prélèvement :

1) **Hippone** (fig. 18) : Echantillon 1 : Sous une calle du port Phénicien

Echantillon 2 : Baptistère de la Basilique Saint Augustin.

Echantillon 3 : Sous une colonne du marché

2) **Madors** (fig. 20) : Echantillon 4 : Au niveau des petits thermes

Echantillon 5 : Le chœur de l'église

Echantillon 6 : Entrée du fort Byzantin

Echantillon 7 : Source d'Ain Bou-sbaa

3) **Khemissa** (fig. 22) : Echantillon 8 : Théâtre (scène de l'orchestre)

III.2.1.3 Critères de choix des sites archéologiques :

- Présence de milieu non perturbé (sous colonne, sous les bloques de marbre...).
- Milieu non, encore, exploité par des études archéo-botaniques.
- Renfermant des trésors de la vie passés de nos ancêtres.

III.2.1.4 Difficultés rencontrées sur les sites archéologiques terrestres ou en grotte :

– Les sédiments secs, sableux, aérés, comme ceux qu'on peut trouver dans une grotte, sont peu propices à une bonne conservation. Très souvent, on trouve des problèmes de percolation de grains de pollen récents dans des niveaux plus anciens.

– Dans les sédiments archéologiques, on constate des problèmes de conservation différentielle. Certains grains résistent mieux que d'autres aux différents effets corrosifs.

- Rareté des sols (terre) dans les sites archéologiques due aux constructions en marbre.

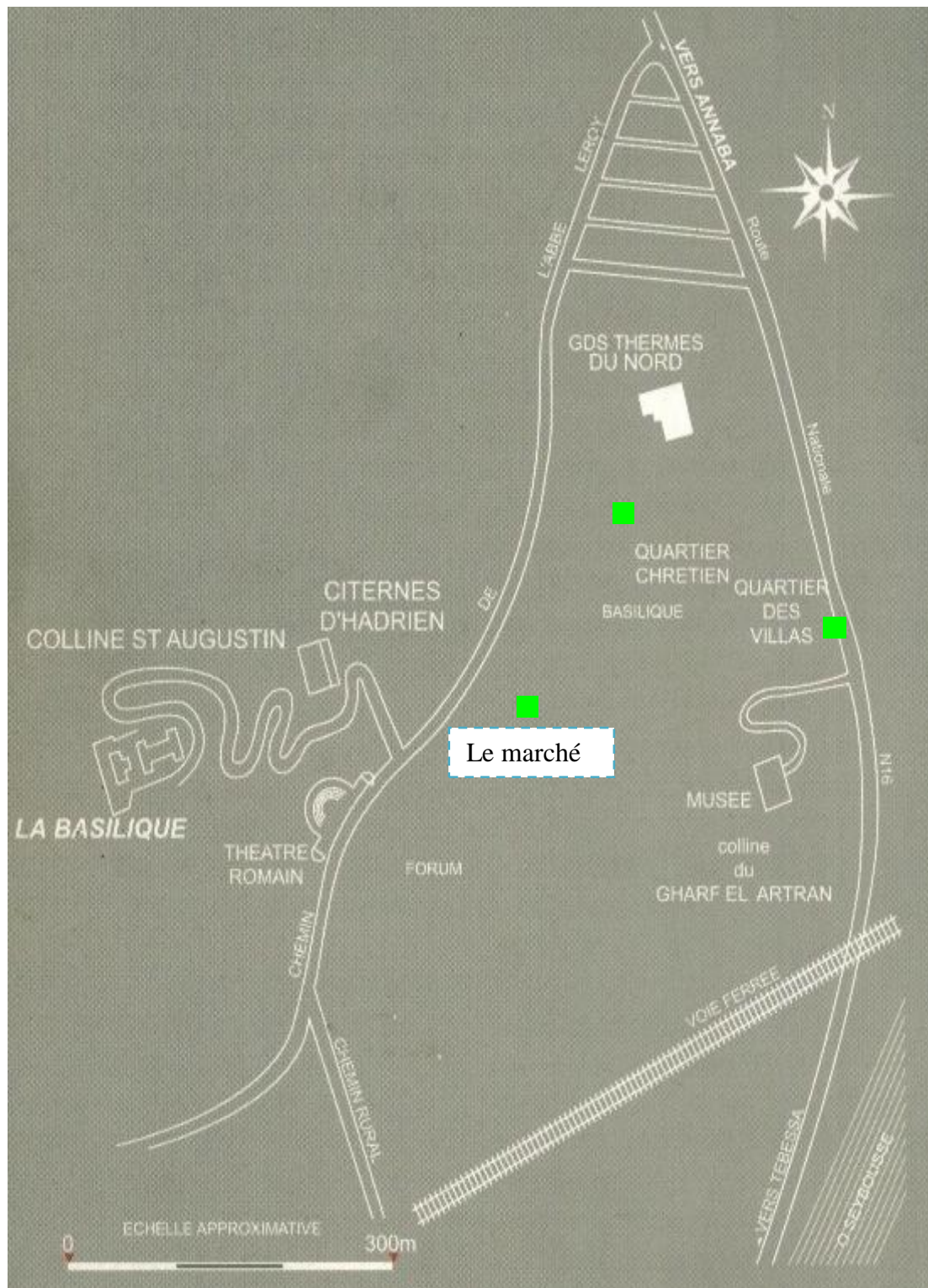


Figure 18 : Plan su site archéologique d’Hippone (Chihani, 2001)



Le Port Phénicien



Le Baptistère de la Basilique de la paix (SA)



Le Marché d'Hippone

Figure 19: Photos représentant les stations de prélèvement du site d'Hippone

(Clichés Gouasmi, 2012)

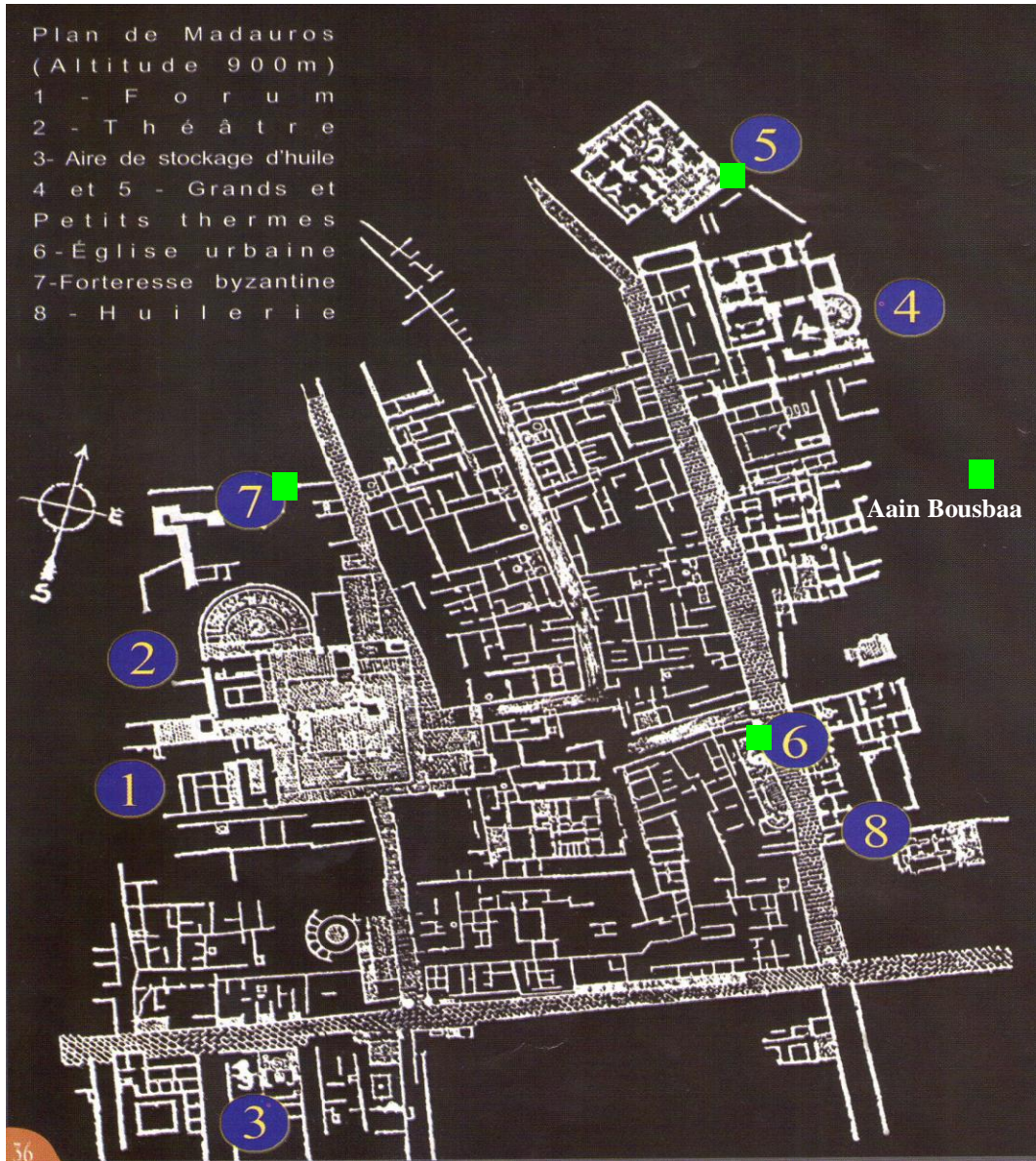


Figure 20 : Plan du site archéologique de Madors (Dahmani, 2006)



Les Petits Thermes (bains)



Le Cœur de l'Eglise



Le Fort Byzantin



Aïn Bousbaa

Figure 21: Photos représentant les stations de prélèvement du site de Madors

(Clichés Gouasmi, 2012)

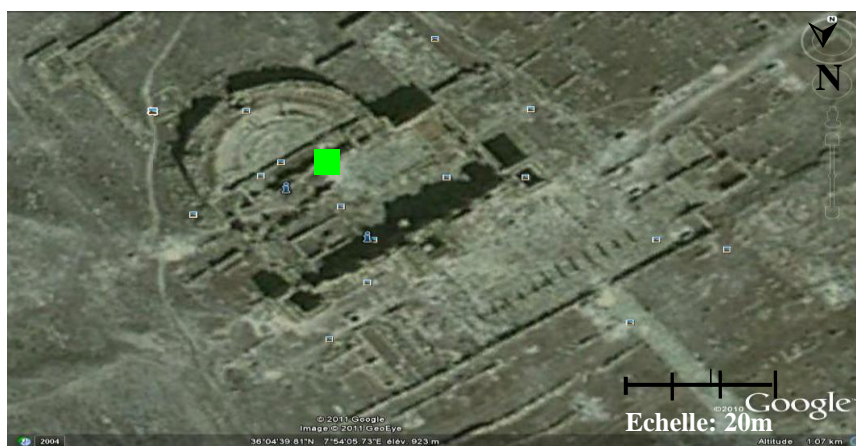


Figure 22 : Vue aérienne du Théâtre de Khemissa (Google maps)



Figure 23: Photo représentant la station de prélèvement du site de Khemissa

(Cliché Gouasmi, 2012)

III.2.2 Laboratoire :

III.2.2.1 Préparation des échantillons pour l'analyse physico-chimique :

Le sol a été séché à l'air libre pendant quelques jours dans une pièce libre de poussière, puis broyé et tamisé jusqu'à 2mm de diamètre, et conservé dans des sacs en plastique, bien fermés, dans un endroit sec et propre.

III.2.2.2 Paramètres physico-chimiques du sol :

1) pH (eau) :

C'est la mesure de l'acidité d'une suspension de terre dans de l'eau, avec un rapport terre/eau normalisé (1/5). Il indique la concentration en ions H^+ dans l'eau. La lecture du pH se fait à l'aide d'un pHmètre étalonné et après un repos d'une heure au moins

2) pH (KCl) :

Il exprime l'acidité d'échange ou l'acidité potentielle. C'est un indice d'expression des degrés de saturation du complexe absorbant, ainsi que la nature chimique des ions fixés (**Dameay et Julien, 1995**). La détermination de l'acidité d'échange se fait de la même manière que celle du pH (eau) mais en remplaçant l'eau distillée par une solution normale de chlorure de potassium (KCl 1N).

Tableau 04: Gamme de pH des sols (Soltner, 1981).

pH	Désignation des sols
3- 4,5	Extrêmement acide
4,5- 5	Très fortement acide
5- 5,5	Très acide

5,5- 6	Acide
6 – 6,75	Faiblement acide
6,75 – 7,25	Neutre
7,28 – 8,5	Alcalin
>8,5	Très alcalin

3) Conductivité électrique (C.E):

La conductivité électrique de l'eau est liée à la présence des ions, et augmente avec la température (°C) et la concentration en sels dissous (**Permo, 1981**).

Exprimée en (mS/cm), elle est déterminée par mesure électrométrique dans la solution surnageante d'un mélange sol/liquide à l'aide d'un conductimètre.

Tableau 05 : Echelle de salinité du sol (**USSS, 1954**)

Conductivité électrique (mS/cm)	Salure
0 – 0,6	Non salé
0,6 – 1,4	Peu salé
1,4 – 2,4	Salé
2,4 – 6	Très salé

4) L'humidité hygroscopique :

L'humidité hygroscopique représente la quantité d'eau que peut retenir un sol soumis aux conditions d'assèchement naturelles. C'est également la quantité d'eau retenue à la surface externe des particules du sol et en équilibre avec la pression et l'humidité atmosphérique (**Benslama, 2005**).

L'évaluation de l'humidité hygroscopique passe par un séchage à l'étuve pendant 24h à 105°C (**Benslama, 2005**). Elle est représentée par la différence de poids. (**Jackson, 1958**).

5) Matière organique :

Le même échantillon de sol récupéré est introduit dans un four à moufle à 480°C pendant 4h. On effectue une pesée après refroidissement. La différence de poids permet de calculer le taux de matière organique (**Jackson, 1958**).

Tableau 06: Classification des sols d'après leur teneur en matière organique (**Soltner, 1981**)

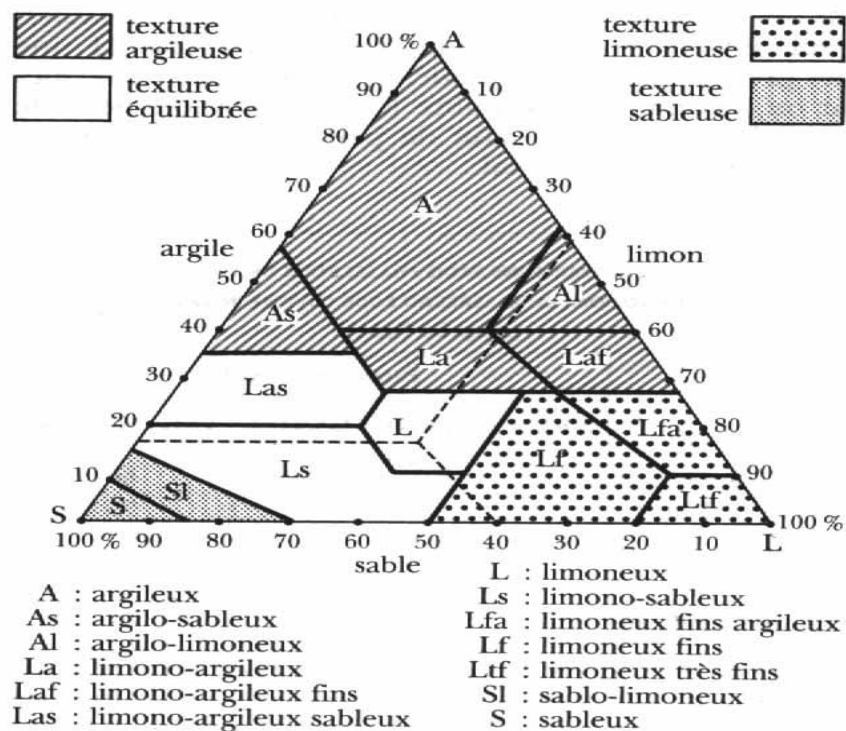
% de la MO	Appréciation
------------	--------------

<1	Extrêmement faible
1 – 1,5	Très faible
1,5 – 2,5	Faible
2,5 – 3,5	Moyenne
3,5 – 4,5	Moyennement élevée
4,5 – 5	Elevée
>5	Très élevée

6) Analyse Granulométrique :

L'analyse granulométrique du sol consiste à déterminer la proportion des différentes classes de grosseur des particules. On sépare, pour les analyses du sol, les particules en trois classes distinctes soit le sable (2 à 0,05mm) le limon (de 0,05 à 0,002mm) et l'argile (inférieur à 0,002mm) (**Damy et Jvllen, 1995**). Il n'existe pas de méthode parfaite pour déterminer la granulométrie, la méthode la plus utilisée est celle de « la pipette de Robinson ».

Pour définir la texture, on utilise le triangle textural (nous avons utilisé le triangle textural de l'U.S.D.A.) (fig.24).



TRIANGLE DES TEXTURES
(d'après U.S. département of agriculture)

Figure 24 : Triangle textural

III.2.2.3 Analyse pollinique :

1) Traitement physico-chimique du pollen :

Mettre une quantité de sol (5g) dans des tubes coniques étiquetés.



Élimination des carbonates :

- Ajouter, en mélangeant, quelques gouttes d'HCl 0,5N dans chacun des tubes coniques, jusqu'à arrêt de l'effervescence ;
- Mettre les tubes coniques dans le bain marie ($T^{\circ}40-50^{\circ}C$), ajouter des gouttes d'HCl jusqu'à arrêt total de l'effervescence, ne pas laisser à sec (compléter avec l'eau distillée) ;
- Centrifuger à 2500 Tr/mn pendant 5mn, jeter le surnagent et répéter l'opération jusqu'à ce que le liquide ne soit plus jaune.



Élimination de l'acide humique et de la cellulose :

- Ajouter 3 à 5ml de KOH, préalablement, préparé à chaud, laisser agir 10-15mn;
- Centrifuger, répéter l'opération jusqu'à ce que le surnagent devienne clair.



Milieu acide :

- Ajouter 5ml d'HCl préalablement préparé. Laisser agir 10-15mn, puis centrifuger (2500Tr/mn - 5mn). Retourner les tubes sur du papier buvard pendant 10mn.



Élimination de la matière minérale par le chlorure de zinc (Zn_2Cl):

- Préparer le chlorure de Zinc ($ZnCl_2$) à une densité : $d=1,88$ à $1,90$.
- Verser 10 à 15ml de la solution préalablement préparée, dans les tubes. Agiter avec une baguette en verre, centrifuger (2500T/mn pendant 30mn)
- Récupérer le surnagent dans de nouveaux tubes gradués et conserver le culot. Ajouter de l'eau distillée au surnagent (le double ou le triple du volume). Centrifuger à 2500Tr/mn-5mn. Jeter le surnagent et récupérer le culot.



Élimination de la cellulose résiduelle (l'Acétolyse) :

- Ajouter au culot, de l'acide acétique (CH_3COOH) à 50% pour l'hydrater. Centrifuger.
- Préparer, au moment de l'utilisation, dans un bécher, et sous la hotte, une solution d'acétolyse, qui se compose de 9 parts d'anhydride acétique ($C_4H_6O_3$), et une part d'acide sulfurique (H_2SO_4) ajouté délicatement.

- Verser le liquide d'acétolyse, directement, sur le culot, pour éviter le réchauffement du tube et sa fragilisation, mettre les tubes au bain-marie à 100° pendant 8 à 10mn pour éliminer la cellulose résiduelle.

- Après avoir sorti les tubes du bain-marie, les refroidir en versant dans chacun, peu à peu, de l'acide acétique préalablement préparé et ce pour éviter le cassage des tubes lors de l'étape suivante, qui est la centrifugation (2500Tr/mn-5mn) (**Pons, 1970**). On rince à l'alcool puis à l'eau. On filtre le tout sur un tamis de 300µm/10µm.

- Mettre le culot dans des microtubes, centrifuger 5mn à 2500Tr/mn. Ajouter quelques gouttes de glycérine jusqu'à recouvrement du culot pour la conservation. (**Goeury, Beaulieu, 1979**)

2) Montage des lames :

Les culots de pollens extraits sont montés entre lame et lamelle.

3) Lecture, identification et comptage pollinique :

Les grains de pollens sont observés et identifiés au microscope optique sous l'objectif (x40) puis dénombrés sous objectif (x10).

La reconnaissance des spores et grains de pollen est basée sur la dimension du spécimen, l'observation du nombre et de la position apertures, ainsi que sur la nature de l'ornementation de l'exine. L'identification est effectuée à l'aide de l'atlas photographique « pollen et spores d'Europe et d'Afrique du nord » (**Reille, 1992, 1995, 1998**).



PARTIE PRATIQUE



CHAPITRE IV:

Résultats et Discussion

V.1 Résultats des analyses physico-chimiques du sol :

Les échantillons de sol, prélevés dans les différents sites, ont été traités selon les protocoles appropriés, en fonction des moyens disponibles dans notre laboratoire.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 07.

Tableau 07 : Résultats de l'analyse physico-chimique des échantillons de sol

	Ech	CE(mS/cm) (T°20C)	pH H ₂ O	pH KCl	H%	MO%	A%	L%	LG%	S%	Texture
Hippone	1	2,47	6,94	6,86	4	0,55	56	16	8	15,45 10,5	Argileuse
	2	1,94	6,92	6,89	2	0,43	48	8	31,07		Argileuse
	3	2,47	6,93	6,90	2,6	0,48	48	16	17,07		Argileuse

										<i>16,85</i>	
Madors	4	<i>3,24</i>	<i>6,94</i>	<i>6,77</i>	<i>19,2</i>	<i>1,97</i>	<i>48</i>	<i>8</i>	<i>7,13</i>	<i>15,7</i>	<i>Argileuse</i>
	5	<i>2,11</i>	<i>6,91</i>	<i>6,68</i>	<i>1,4</i>	<i>0,22</i>	<i>40</i>	<i>8</i>	<i>37,13</i>	<i>13,25</i>	<i>Argilo- limoneuse</i>
	6	<i>2,78</i>	<i>6,83</i>	<i>6,77</i>	<i>1,8</i>	<i>0,57</i>	<i>40</i>	<i>24</i>	<i>15,53</i>	<i>18,1</i>	<i>Argilo- limoneuse</i>
	7	<i>2,63</i>	<i>7,05</i>	<i>6,81</i>	<i>1,2</i>	<i>0,11</i>	<i>0</i>	<i>32</i>	<i>49,94</i>	<i>16,75</i>	<i>Limoneuse</i>
Khemissa	8	<i>4,25</i>	<i>6,89</i>	<i>6,80</i>	<i>2,4</i>	<i>0,75</i>	<i>24</i>	<i>20</i>	<i>22,95</i>	<i>29,9</i>	<i>Limoneuse</i>

V.1.1 Interprétation des résultats :

La lecture des résultats du tableau (07) montre une très grande différence entre le site d'Hippone et ceux de Madors et Khemissa. En effet, le site d'Hippone est situé dans l'étage bioclimatique sub-humide, favorable au développement d'un couvert végétal dense et diversifié, d'une part, et à la conservation du pollen, d'autre part. Alors que les sites de Madors et Khemissa sont, tous deux, situés en zone semi aride, caractérisée par l'ouverture et la rareté du couvert végétal, d'une part, et l'aridité du climat favorisant la dessiccation et la dégradation du pollen, d'autre part.

❖ Site d'Hippone :

- Selon le triangle des textures, les échantillons de sol appartiennent à la gamme des textures argileuses, le pourcentage de l'argile étant de l'ordre de 56% pour l'échantillon N°1, et de 48% pour les échantillons N° 2 et N°3.
- Selon (**Soltner, 1981**) les échantillons de sol du site d'Hippone sont peu humides avec une teneur extrêmement faible en matière organique.
- Selon (**Soltner, 1981**) le pH est neutre pour les trois échantillons.
- Selon l'échelle de salinité, les échantillons N°1 et N°2 sont très salés, alors que l'échantillon N° 3 est, dit, salé (tableau10).

❖ Site de Madors :

- L'analyse granulométrique des quatre échantillons du site archéologique de Madors montre que le sol passe de la texture argileuse à argilo-limoneuse puis à limoneuse.
- Les sols sont secs, sauf l'échantillon N°4 qui est humide à (19,5%).
- L'évaluation de la teneur en matière organique, nous permet de constater que la majorité des sols en sont pauvres.
- Le pH est neutre à faiblement acide pour l'ensemble des échantillons, avec une salinité très élevée.

❖ Site de Khemissa :

- Selon le triangle des textures, l'échantillon N°8 est de texture limoneuse.
- L'humidité hygroscopique est faible, le sol est peu humide.
- La matière organique est extrêmement faible, elle est de l'ordre de (0,75%).
- Le pH est neutre, il est de l'ordre de : (6,89).
- L'échantillon est très salé avec une conductivité électrique de l'ordre de : (4,25mS/cm).

V.2 Résultats de l'analyse pollinique

- L'analyse palynologique des sites archéologiques a permis de faire un sondage pollinique de la région (diversité pollinique locale et régionale) d'une part, et de déceler le caractère écologique des taxons (végétaux des milieux sec ou humide, supportant le froid ou la chaleur), d'autre part.

- Les sédiments traités sont pauvres en pollens et spores, puisque on dénombre dans une seule lame environ 90 grains dans un culot prélevé de 25µl.

- Au vu des résultats obtenue des paramètres physico-chimique du sol étudiés (tableau 07) on observe que les conditions nécessaires à la conservation du pollen et spore sont peu favorable (pH, humidité, texture) pour la plupart des échantillons. L'analyse pollinique quant a elle révélée la pauvreté des échantillons en pollen et spores, du :

- 1) La production et la dispersion pollinique spécifique de chaque plante.
- 2) La sédimentation pollinique naturelle ou perturbée par les activités humaines.
- 3) Les conditions de conservation liées à la nature géologique et sédimentologique des terrains. Dans le temps.

- Les grains de pollen sont bien conservés sauf pour l'échantillon N°3 (site d'Hippone), qui présente des pollens abîmés appartenant surtout à la famille des Pinaceae.

- Les pourcentages ont été calculés par rapport à la totalité des grains de pollen rencontrés, à l'exclusion de ceux abîmés et/ou indéterminés.

- L'identification pollinique a permis de dresser trois tableaux, où sont regroupés, respectivement, pour chaque région : les NAP (pollens herbacés), les AP (pollens arboréens, arbuste et arbrisseaux), et enfin les taxons par familles. A partir de ce dernier critère, on a pu tracer le diagramme des familles polliniques d'Hippone et ceux de Madors, Khemissa.

V.2.1 Résultats de l'analyse pollinique du site d'Hippone :

Tableau 08 : Taxons du pollen NAP (Herbacée) au niveau du site d'Hippone

Les Taxons NAP	<i>Echantillon 1</i>		<i>Echantillon 2</i>		<i>Echantillon 3</i>	
	Le nb	Le %	Le nb	Le %	Le nb	Le %
<i>Arum italicum</i> (Miller)	4	1,73	0	0	0	0
<i>Aira provincialis</i> (Jordan)	0	0	0	0	1	0,44
<i>Alkanna tinctoria</i> (L)	2	0,86	0	0	0	0
<i>Aristolochia</i> sp	0	0	4	1,71	2	0,88
<i>Athyrium felix-femina</i> (L)	0	0	0	0	3	1,33
<i>Atriplex patula</i> (L)	0	0	2	0,85	0	0
<i>Avena pratensis</i> (L)	6	2,59	10	4,29	8	3,55
<i>Avena sterilis</i> (L)	11	4,76	4	1,71	7	3,11
<i>Bellardia trixago</i> (L)	0	0	5	2,14	6	2,66
<i>Bellis annua</i> (L)	0	0	0	0	1	0,44
<i>Beta vulgaris</i> (L)	10	4,32	9	3,86	2	0,88
<i>Biserula pelecinus</i> (L)	4	1,73	1	0,42	0	0
<i>Bromus</i> sp (M)	32	13,85	12	5,15	16	7,11
<i>Cerinthe major</i> (L)	0	0	0	0	1	0,44
<i>Crepis vesicaria</i> (L)	19	8,22	1	0,42	7	3,11
<i>Crypsis alopecuroides</i> (Piller & Mitt)	1	0,43	0	0	4	1,77
<i>Cyperus alternifolius</i>	0	0	0	0	15	6,66
<i>Cystopteris fragilis</i> (L)	0	0	0	0	3	1,33
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L)	0	0	0	0	17	7,55
<i>Echinochloa crusgalli</i> (L)	14	6,06	0	0	16	7,11
<i>Echium vulgare</i> (L)	8	3,46	1	0,42	0	0
<i>Eupatorium adenophorum</i> (L)	0	0	0	0	3	1,33
<i>Euphorbia serrata</i> (L)	0	0	4	1,71	1	0,44
<i>Festuca spadicea</i> (L)	22	9,52	0	0	3	1,33
<i>Fumaria capreolata</i> (L)	0	0	0	0	1	0,44
<i>Glyceria fluitans</i> (L)	9	3,89	0	0	1	0,44
<i>Iris planifolia</i> (Mill)	1	0,43	2	0,85	0	0
<i>Isoetes hystrix</i> (Bory)	2	0,86	0	0	0	0
<i>Koeleria</i> sp	18	7,79	8	3,43	11	4,88
<i>Lemna minor</i> (L)	4	1,73	0	0	0	0
<i>Ligusticum</i> sp	0	0	0	0	1	0,44
<i>Lilium candidum</i> (L)	1	0,43	8	3,43	0	0
<i>Linaria reflexa</i> (Miller)	0	0	115	49,35	0	0
<i>Malva sylvestris</i> (L)	0	0	1	0,42	0	0
<i>Melica ciliata</i> (L)	2	0,86	0	0	13	5,77
<i>Melica uniflora</i> (L)	8	3,463	20	8,58	0	0

<i>Molinia caerulea</i> (L)	0	0	1	0,42	16	7,11
<i>Parietaria officinalis</i> (L)	0	0	0	0	8	3,55
<i>Phragmites australis</i> (Cav)	1	0,43	0	0	0	0
<i>Pitatherum miliaceum</i> (L)	0	0	0	0	1	0,44
<i>Plantago major</i> (L)	2	0,86	0	0	0	0
<i>Poa pratensis</i> (L)	0	0	0	0	1	0,44
<i>Poligonum aviculare</i> (L)	8	3,46	0	0	2	0,88
<i>Polystichum aculeatum</i> (L)	0	0	0	0	18	8
<i>Primula acaulis</i> (Pallas)	6	2,59	0	0	0	0
<i>Pteridium aquilinum</i> (L)	0	0	0	0	2	0,88
<i>Ranunculus arvensis</i> (L)	0	0	0	0	1	0,44
<i>Sedum album</i> (L)	1	0,43	0	0	0	0
<i>Senecio vulgaris</i> (L)	0	0	0	0	3	1,33
<i>Setaria verticillata</i> (L)	0	0	13	5,57	0	0
<i>Sonchus asper</i> (L)	0	0	0	0	3	1,33
<i>Stipa sp</i>	3	1,29	0	0	2	0,88
<i>Taraxacum atlanticum</i> (C.A. Meyer)	10	4,32	0	0	0	0
<i>Torilis arvensis</i>	20	8,65	0	0	0	0
<i>Tribulus terrester</i> (L)	0	0	0	0	2	0,88
<i>Urtica pilulifera</i> (L)	2	0,86	1	0,42	23	10,22
<i>Zea mays</i> (L)	0	0	11	4,72	0	0
Le total	231	100	233	100	225	100

Tableau 09: Taxons du pollen AP (arborescent, arbustive, arbrisseau) au niveau du site d'Hippone

Les taxons AP	<i>Echantillon 1</i>		<i>Echantillon 2</i>		<i>Echantillon 3</i>	
	Le nb	Le%	Le nb	Le%	Le nb	Le %
<i>Acacia salicina</i> (L)	0	0	0	0	3	5
<i>Clematis flammula</i> (L)	0	0	2	15,38	0	0
<i>Cupressus sp</i>	1	2,43	0	0	0	0
<i>Ephedra altissima</i> (Desf)	1	2,43	0	0	0	0
<i>Erica arborea</i> (L)	9	21,95	1	7,69	7	11,66
<i>Eucalyptus sp</i>	3	7,31	0	0	0	0
<i>Ficus carica</i> (L)	7	17,07	2	15,38	3	5
<i>Juniperus communis</i> (L)	0	0	4	30,76	2	3,33
<i>Morus alba</i> (L)	8	19,51	1	7,69	2	3,33
<i>Olea europea</i> (L)	4	9,75	0	0	13	21,66
<i>Pinus maritima</i> (L)	1	2,43	2	15,38	1	1,66
<i>Pinus nigra</i> (Arnold)	1	2,43	0	0	0	0
<i>Pinus pinea</i> (L)	0	0	0	0	20	33,33
<i>Pyrus communis</i> (L)	0	0	0	0	4	6,66
<i>Quercus ilex</i> (L)	0	0	0	0	1	1,66
<i>Rubus ulmifolius</i> (Schott)	6	14,63	1	7,69	0	0
<i>Smilax aspera</i> (L)	0	0	0	0	4	6,66
Le total	41	100	13	100	60	100

Tableau 10: Réparations des familles de pollen du site d'Hippone

Les familles	<i>Echantillon 1</i>		<i>Echantillon 2</i>		<i>Echantillon 3</i>	
	Nb	Le %	Nb	Le %	Le %	Nb
Apiaceae	20	7,60	0	0	1	0,33
Araceae	4	1,52	0	0	0	0
Aristolochiaceae	0	0	4	1,55	2	0,67
Asteraceae	29	11,02	1	0,38	17	5,70
Boraginaceae	10	3,80	1	0,38	1	0,33
Chenopodiaceae	10	3,80	11	4,28	2	0,67
Crassulaceae	1	0,38	0	0	0	0
Cupressaceae	1	0,38	4	1,55	3	1,00
Cyperaceae	0	0	0	0	15	5,03
Dryopteridaceae	0	0	0	0	18	6,04
Ephedraceae	1	0,38	0	0	0	0
Ericaceae	9	3,42	1	0,38	7	2,34
Euphorobiaceae	0	0	4	1,55	1	0,33
Fabaceae	4	1,52	1	0,38	3	1,00
Fagaceae	0	0	0	0	1	0,33
Fumariaceae	0	0	0	0	1	0,33
Hypolepidaceae	0	0	0	0	2	0,67
Iridaceae	1	0,38	2	0,77	0	0
Isoetaceae	2	0,76	0	0	0	0
Lemnaceae	4	1,52	0	0	0	0
Liliaceae	1	0,38	8	3,11	4	1,34
Malvaceae	0	0	1	0,38	0	0
Moraceae	15	5,70	3	1,16	5	1,67
Myrtaceae	3	1,14	0	0	0	0
Oleaceae	4	1,52	0	0	13	4,36
Pinaceae	2	0,76	2	0,77	25	8,38
Plantaginaceae	2	0,76	0	0	0	0
Poaceae	118	44,86	90	35,01	130	43,62
Poligoniaceae	8	3,04	0	0	2	0,67
Primulaceae	6	2,28	0	0	0	0
Ranunculaceae	0	0	2	0,77	0	0
Rocaceae	6	2,28	1	0,38	0	0
Schrophulariaceae	0	0	120	46,69	6	2,01
Urticaceae	2	0,76	1	0,38	31	10,40
Woodsiaceae	0	0	0	0	6	2,01
Zygophyllaceae	0	0	0	0	2	0,67
Le total	263	100	257	100	298	100

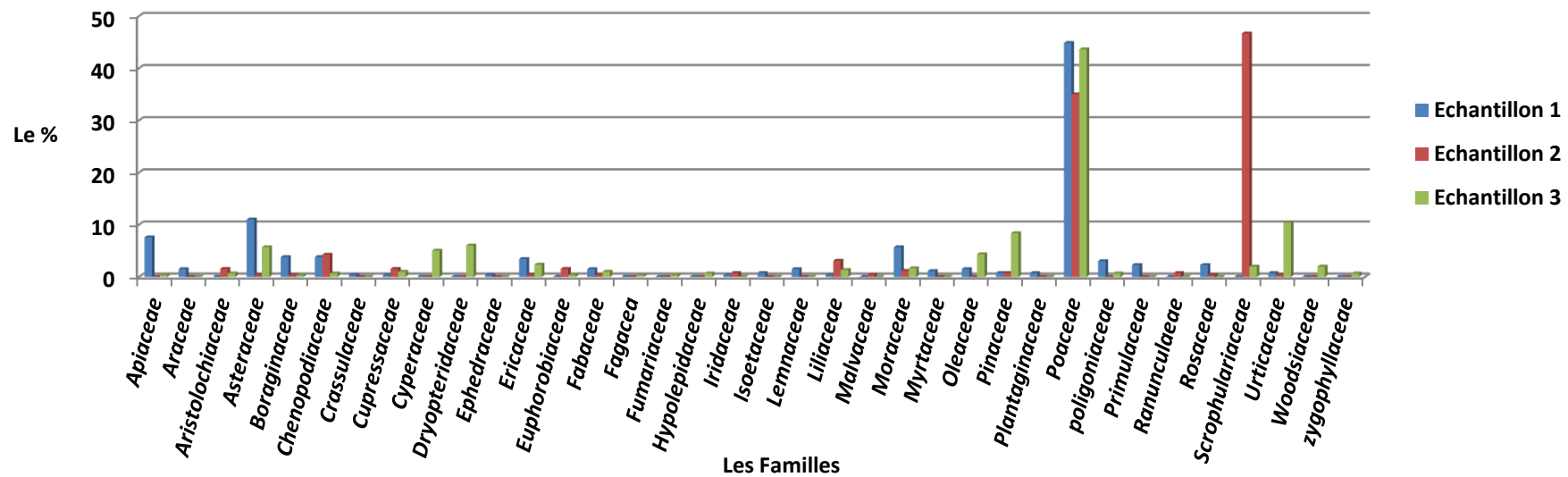


Figure 25 : Diagramme représentant les familles au niveau du site d'Hippone

IV.2.1.1 Interprétation pollinique du site d'Hippone:

Le dénombrement et l'identification du pollen ont pour but la reconstitution du paysage végétal des sites étudiés.

Les résultats de l'analyse pollinique du site d'Hippone montrent l'abondance du pollen non arboréen ou herbacé (NAP) par rapport au pollen arboréen (AP), le rapport AP/NAP est inférieur à l'unité. Cette situation suggère l'ouverture du milieu, et traduit, ainsi, la conséquence directe d'un déboisement par l'homme en vue d'une mise en culture, cette dernière favorise l'apparition de nombreuses plantes héliophiles pionnières, ainsi que de plantes liées aux activités agro-pastorales (culture, élevage).

- **POLLEN NON ARBOREEN** (Pollen des herbacées) :

Les herbacées sont représentées, essentiellement, dans le diagramme par les Poaceae et les Asteraceae.

- Asteraceae : *Crepis* 8,22% (Echantillon 2), 3,11% (Echantillon 3), *Senesio vulgaris* pollen présent, uniquement, dans l'échantillon 3.

- Poaceae : Présente par les genres *Avena*, *Bromus*, *Echinochloa*, *Festuca*, *Koeleria*, *Melica*, *Zea* et *Digetaria*, les deux derniers genres sont présents, uniquement, dans l'échantillon 3 (**Quezel P et Santa S, 1962/1963**).

En plus des deux principales familles dominantes dans le site, nous avons inventorié la présence d'autres familles :

- Scrofulariaceae : Caractérisée par l'espèce *Linaria refelxa* présente, uniquement, dans l'échantillon 2 (49,35%), et l'espèce *Bellardia trixago* présente dans les échantillons 2 et 3.

- Urticaceae : l'échantillon 3 est marqué par *Urtica pilulifera* (espèce nitrophile, favorisée par l'activité pastorale) et le genre *Parietaria* (espèces rudérales).

- Apiaceae : *Torilis arvensis* présente, uniquement, dans l'échantillon 1(8,26%).

- Cupressaceae : plante du défrichement avec un pourcentage stable pour les trois échantillons.

- Dryopteridaceae et Cyperaceae très abondants dans l'échantillon 3, avec des pourcentages à la fois faibles et stables dans les échantillons 1 et 2.

- Des spores sont, également, identifiées de la famille des Woodsiaceae, représentée par le genre *Athyrium* et *Cystopteris* présents, uniquement, dans l'échantillon 3.

- *Isoetes hystrix* dans l'échantillon 1 et *Glyceria sp* dans l'échantillon 3 indiquent que le milieu est humide (**Quezel P et Santa S, 1962/1963**).

On note la présence d'espèces étrangères au cortège floristique de la région d'Annaba :

- *Eupatorium Cannabium* (plante du Mexique naturalisée en Algérie) **Dovignart A, Chatenain C (2010/2011)**

- Le genre *Stipa* présent dans l'échantillon 1 et 2 avec un pourcentage faible, ce genre appartient aux zones semi arides, on suppose que sa présence est due à un apport éolien lointain (**Quezel P et Santa S, 1962/1963**) ; **De Belair (1990)**.

• **POLLEN ARBOREEN** (Pollens des arbres, arbustes et arbrisseaux) :

Comporte essentiellement :

- Les Pinaceae : dont les espèces *Pinus maritima*, *Pinus pinea* et *Pinus nigra*. Avec un pourcentage stable pour les échantillons 1 et 2, mais très important dans l'échantillon 3 (18,38%). Leur apport est régional (**Quezel P et Santa S, 1962/1963**).

- Espèces fruitières dont le genre: *Olea (Olivier)* c'est un arbuste cultivé dans la région. Quant au : *Ficus* (Figuier), *Morus et Rubus* (types de Murier), ils ne sont pas exigeants du milieu (**Quezel P et Santa S, 1962/1963**).

- Les autres taxons sont présents en faible quantité mais jouent un rôle très important dans l'augmentation de la biodiversité du site d'étude.

IV.2.1 Résultats de l'analyse pollinique des échantillons du sol du site de Madors et Khemissa

Tableau 11 : Taxons du pollen NAP (Herbacée) au niveau de Madors et Khemissa

Les Taxons	Echantillon 4		Echantillon 5		Echantillon 6		Echantillon 7		Echantillon 8	
	Le nb	Le %	Le nb	Le %	Le nb	Le %	Le nb	Le %	Le nb	Le %
<i>Acanthus mollis</i> (L)	0	0	0	0	4	3,50	0	0	0	0
<i>Aegilops ovata</i> (L)	17	7,76	8	3,47	0	0	14	6,33	33	11,07
<i>Althaea officinalis</i> (L)	0	0	0	0	6	5,26	0	0	0	0
<i>Andryala integrifolia</i> (L)	4	1,82	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aristolochia sp</i>	0	0	22	9,56	0	0	0	0	0	0
<i>Artemisia sp</i>	1	0,45	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Arum italicum</i> (Miller)	0	0	0	0	4	3,50	0	0	0	0
<i>Arundo donax</i> (L)	1	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aspelinum sagittatum</i> (DC)	0	0	0	0	0	0	2	0,90	0	0
<i>Aster alpinus</i> (L)	0	0	0	0	0	0	4	1,80	0	0
<i>Avena pratensis</i> (L)	1	0,45	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Avena sativa</i> (L)	6	2,73	10	4,34	0	0	0	0	6	2,01
<i>Avena sterilis</i> (L)	6	2,73	28	12,17	0	0	25	11,31	24	8,05
<i>Bellardia trixago</i> (L)	0	0	0	0	0	0	2	0,90	3	1,00
<i>Bellis annua</i> (L)	0	0	0	0	2	1,75	0	0	0	0
<i>Beta patellaris</i> (L)	15	6,84	16	6,95	9	7,89	2	0,90	75	25,16
<i>Bidens sp</i>	0	0	0	0	0	0	4	1,80	2	0,67
<i>Biserrula pelecinus</i> (L)	0	0	0	0	0	0	2	0,90	4	1,34
<i>Blechnum spicant</i> (L)	0	0	2	0,86	0	0	0	0	0	0
<i>Bromus sp</i>	6	2,73	44	19,13	8	7,01	2	0,90	1	0,33
<i>Campanula mollis</i> (L)	17	7,76	0	0	0	0	6	2,71	2	0,67
<i>Carex canariensis</i> (Kükenth)	0	0	6	2,60	0	0	2	0,90	0	0

<i>Cerintho major</i> (L)	0	0	0	0	0	0	2	0,90	0	0
<i>Chaerophyllum nodosum</i> (L)	1	0,45	0	0	4	3,50	0	0	0	0
<i>Chenopodium album</i> (L)	0	0	0	0	0	0	2	0,90	22	7,38
<i>Crepis aurea</i> (L)	9	4,10	8	3,47	34	29,82	8	3,61	0	0
<i>Crypsis alopecuroides</i> (Piller & Mitt)	4	1,82	0	0	0	0	0	0	4	1,34
<i>Cyperus involucratus</i> (Rottb)	0	0	1	0,43	0	0	0	0	0	0
<i>Cytinus hypocistis</i> (L)	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2,01
<i>Dactylis glomerata</i> (L)	0	0	0	0	1	0,87	0	0	14	4,69
<i>Echinochloa crusgalli</i> (L)	17	7,76	8	3,47	0	0	14	6,33	33	11,07
<i>Echium vulgare</i> (L)	6	2,73	0	0	0	0	2	0,90	2	0,67
<i>Eupatorium cannabinum</i> (L)	0	0	1	0,43	0	0	2	0,90	0	0
<i>Euphorbia sp</i>	5	2,28	9	3,91	0	0	2	0,90	1	0,33
<i>Festuca paniculata</i> (L)	0	0	14	6,08	0	0	14	6,33	3	1,00
<i>Glyceria fluitans</i> (L)	1	0,45	0	0	0	0	0	0	4	1,34
<i>Hieracium pilosella</i> (L)	1	0,45	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Iris sp</i>	0	0	0	0	0	0	3	1,35	0	0
<i>Koeleria sp</i>	1	0,45	12	5,21	0	0	0	0	3	1,00
<i>Lagurus ovatus</i> (L)	7	3,19	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lamium sp</i>	1	0,45	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Legousia hybrida</i> (L)	0	0	0	0	2	1,75	0	0	0	0
<i>Lilium candidum</i> (L)	0	0	0	0	0	0	4	1,80	0	0
<i>Linaria reflexa</i>	3	1,36	0	0	0	0	4	1,80	0	0
<i>Malva sylvestris</i> (L)	0	0	6	2,60	0	0	0	0	2	0,67
<i>Melhanian denhamii</i> (R.Br)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,33
<i>Melica ciliata</i> (L)	1	0,45	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melica uniflora</i> (L)	1	0,45	0	0	0	0	2	0,90	0	0
<i>Mentha sp</i>	2	0,91	0	0	4	3,50	12	5,42	9	3,02

<i>Microstylis monophyllos</i> (L)	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1,00
<i>Molinia caerulea</i> (L)	6	2,73	0	0	0	0	14	6,33	3	1,00
<i>Parietaria officinalis</i> (L)	5	2,28	12	5,21	0	0	4	1,80	2	0,67
<i>Phragmites australis</i> (Cav)	2	0,91	0	0	0	0	0	0	1	0,33
<i>Pitatherum miliaceum</i> (L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Plantago major</i> (L)	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1,00
<i>Poa pratensis</i> (L)	8	3,65	10	4,34	0	0	8	3,61	8	2,68
<i>Polygonum aviculare</i> (L)	1	0,45	0	0	0	0	4	1,80	1	0,33
<i>Primula nivalis</i> (Pallas)	1	0,45	0	0	4	3,50	2	0,90	0	0
<i>Ranunculus arvensis</i> (L)	2	0,91	0	0	0	0	0	0	3	1
<i>Rumex acetosella</i> (L)	1	0,45	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sagittaria latifolia</i> (Willd)	0	0	0	0	6	5,26	0	0	0	0
<i>Secale cereal</i> (L)	2	0,91	0	0	0	0	2	0,90	0	0
<i>Sedum album</i> (L)	0	0	0	0	0	0	4	1,80	0	0
<i>Senesio vulgaris</i> (L)	0	0	0	0	0	0	6	2,71	1	0,33
<i>Setaria verticillata</i> (L)	6	2,73	0	0	0	0	25	11,31	0	0
<i>Schimus barbatus</i> (L)	6	2,73	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Soleirolia soleirolii</i> (Req)	0	0	0	0	0	0	4	1,80	0	0
<i>Spartina sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4,36
<i>Stipa sp</i>	27	12,32	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Taraxacum sp</i>	1	0,45	0	0	7	6,14	0	0	0	0
<i>Trisetum loeflingianum</i> (L)	14	6,39	0	0	0	0	6	2,71	3	1,00
<i>Umbilicus rupestris</i> (Salisb)	0	0	0	0	9	7,89	0	0	0	0
<i>Urtica dioica</i> (L)	3	1,36	6	2,60	2	1,75	6	2,71	2	0,67
<i>Valeriana tuberosa</i> (L)	0	0	0	0	6	5,26	0	0	1	0,33
<i>Veronica arvensis</i> (L)	0	0	0	0	2	1,75	0	0	0	0
<i>Zea mays</i> (L)	0	0	7	3,04	0	0	0	0	0	0
Total	219	100	230	100	114	100	221	100	298	100

Tableau 12 : Taxons du pollen AP (arborescent, arbustive, arbrisseau) au niveau de Madors et Khemissa

Taxons (Ab)	Echantillon 4		Echantillon 5		Echantillon 6		Echantillon 7		Echantillon 8	
	Le nb	Le %	Le nb	Le%	Le nb	Le %	Le nb	Le %	Le nb	Le %
<i>Acacia saligina</i> (L)	0	0	0	0	5	3,54	3	11,53	5	13,15
<i>Alnus glutinosa</i> (L)	3	6,81	0	0	3	2,12	0	0	0	0
<i>Cedrus libani</i> (Endl)	0	0	0	0	0	0	4	15,38	0	0
<i>Coriaria myrtifolia</i> (L)	0	0	0	0	2	1,41	0	0	14	36,84
<i>Cupressus torulosa</i> (L)	1	2,27	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Erica arborea</i> (L)	1	2,27	0	0	3	2,12	6	23,07	1	2,63
<i>Ficus carica</i> (L)	1	2,27	0	0	0	0	0	0	4	10,52
<i>Gesnouinia arborea</i> (L)	2	4,54	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Juneperus communis</i> (L)	1	2,27	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Morus alba</i> (L)	1	2,27	14	27,45	0	0	4	15,38	6	15,78
<i>Myrtus communis</i> (L)	2	4,54	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Olea europea</i> (L)	11	25	14	27,45	8	5,67	8	30,76	3	7,89
<i>Pinus canarinsis</i> (sweet)	0	0	0	0	1	0,70	0	0	0	0
<i>Pinus nigra</i> (Arnold)	0	0	18	35,29	74	52,48	0	0	0	0
<i>Pinus pinea</i> (L)	15	34,09	0	0	1	0,70	0	0	2	5,26
<i>Pinus sylvestris</i> (L)	0	0	0	0	37	26,24	0	0	0	0
<i>Quercus coccifera</i> (L)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2,63
<i>Quercus ilex</i> (L)	0	0	5	9,80	6	4,25	0	0	0	0
<i>Ricinus communis</i> (L)	0	0	0	0	1	0,70	0	0	0	0
<i>Salix fragilis</i> (L)	6	13,63	0	0	0	0	1	3,84	0	0
<i>Smilax aspera</i> (L)	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5,26
Le total	44	100	51	100	141	100	26	100	38	100

Oleaceae	11	4,21	14	4,98	8	3,13	8	3,49	3	1,00
Orchidaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1,00
Pinaceae	15	5,74	18	6,40	113	44,31	4	1,74	2	0,66
Plantaginaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1,00
Poaceae	139	53,25	141	50,17	9	3,52	126	55,02	145	48,49
Polygonaceae	2	0,76	0	0	0	0	4	1,74	1	0,33
Primulaceae	1	0,38	0	0	4	1,56	2	0,87	0	0
Rafflesiaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2,00
Ranunculaceae	2	0,76	0	0	0	0	0	0	0	0
Saliaceae	6	2,29	0	0	0	0	1	0,43	0	0
Schrophulariaceae	3	1,14	0	0	2	0,78	6	2,62	3	1,00
Sterculiaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,33
Urticaceae	10	3,83	18	6,40	2	0,78	14	6,11	4	1,33
Valerianaceae	0	0	0	0	6	2,35	0	0	1	0,33
Le total	261	100	281	100	255	100	229	100	299	100

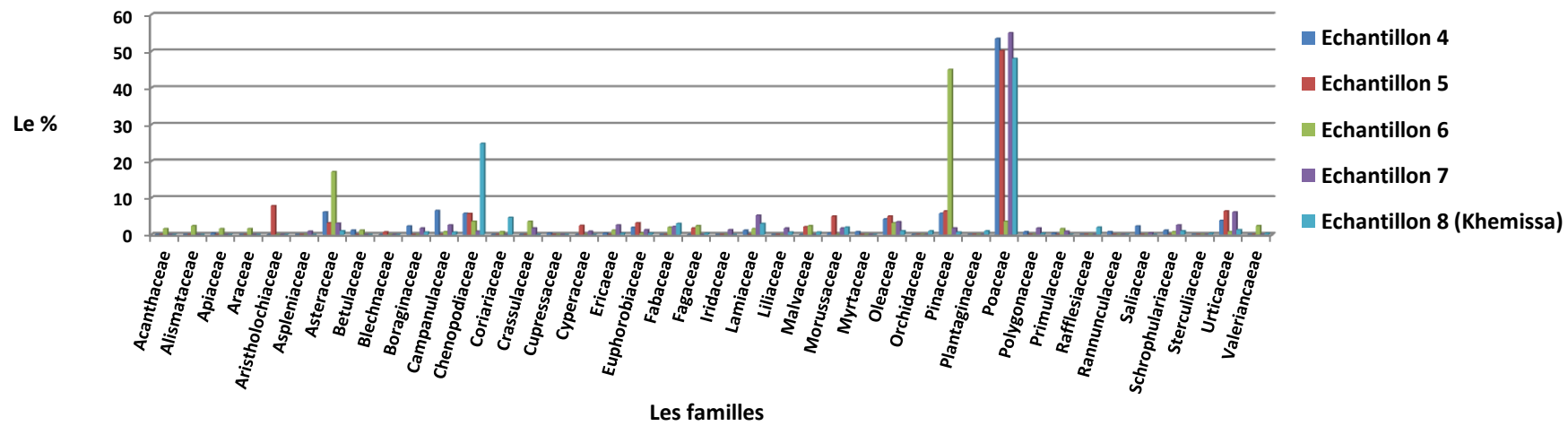


Figure 26 : Diagramme représentant les familles du site de Madors et Khemissa

IV.3.2 Interprétation pollinique des sites de Madors et Khemissa :

Le diagramme pollinique des sites archéologiques de Madors et Khemissa montre une diversité et une abondance de la strate herbacée ; représentée par la famille des Asteraceae et celle des Poaceae, pour les échantillons de Madors. Quant à l'échantillon de Khemissa, on note l'abondance de la famille des Poaceae (25,08%) et celle des Chenopodiaceae (48,49%), suggérant, dans les deux cas, un milieu ouvert.

L'exploitation du milieu par l'homme en vue d'une mise en culture, ainsi que, l'aridification du climat se traduit directement par un déboisement.

- **POLLEN NON ARBOREEN** (Pollen des herbacées) :

- Les Asteraceae : Espèce *Crepis aurea* avec 4,10% (Echantillons 4), 3,47% (Echantillon 5), 29,82% (Echantillon 6), 3,61% (Echantillon 7). Quant au site de Khemissa, on trouve le genre *Bidens* avec 0,67%.

- Les Poaceae : on trouve le genre *Aegilops* 7,76% (Echantillons 4), 3,47% (Echantillon 5), 6,33% (Echantillon 7) et 11,07% (Echantillon 8). Le genre *Avena* a un pourcentage très élevé dans tous les échantillons, sauf pour l'échantillon N° 6 dont il est absent. Le genre *Bromus* se trouve dans tous les échantillons avec des pourcentages importants, mais il atteint son niveau le plus élevé dans l'échantillon N°5 (espèces de pâturage et de culture).

- Les Chenopodiaceae représentés par le genre *Beta* (espèces nitrophiles), ont un pourcentage constant dans les échantillons de Madors, mais elle est très abondante dans le site de Khemissa avec (25,16%).

- Les Aristolochiaceae, quant à eux, sont abondants dans un seul échantillon N° 5 avec (9,56%).

- Absence d'espèces de milieux humides.

- **POLLEN ARBOREEN** (Pollens des arbres, arbustes et arbrisseaux) :

- La famille des Pinaceae est la plus représentative avec 5,74% (échantillon 4), 6,40% (échantillon 5), 44,37% (échantillon 6), 1,74 (échantillon 7), et un très faible pourcentage pour l'échantillon de Khemissa (0,66%). Avec trois espèces (*Pinus pinea*, *Pinus nigra*, et *Pinus sylvestris*). (Quezel et Santa, 1962/1963)

- Les arbres fruitiers sont représentés par *Olea europaea* présente dans l'ensemble des échantillons avec un apport pratiquement stable. Quant au genre *Morus*, il est très présent dans l'échantillon 5 (27,45%).

On note également la présence d'espèces exotiques :

- *Gesnouinia arborea* (plante des îles Canaries), uniquement, dans l'échantillon 4 avec un pourcentage de 5,45%. La présence de cette espèce peut être liée soit à une échappée de jardin où à un apport lointain par le vent (**Dovignart et Chatenain, 2010/2011**).

- Les espèces *Cyperus involucratus* (originaire de Madagascar) et *Soeiriolia soleirolli* (originaire de Corse) ont, toutes deux, été naturalisées en Algérie (**Dovignart et Chatenain, 2010/2011**).

- *Blenchum spicant* provient de l'Akfadour, en Kabylie, on suppose que sa présence est due au facteur éolien (**Dovignart et Chatenain, 2010/2011**).

- Le reste des familles, représentées dans le diagramme avec de faibles pourcentages, témoigne d'une très grande biodiversité du site d'étude.

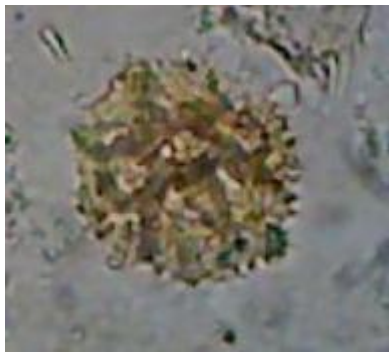
Quelques types de pollens et spores identifiés (Gr x40)



Genre : *Zea*
sp : *mays*
Famille : Poaceae



Genre : *Eucalyptus*
sp : *sp*
Famille : Myrtaceae



Genre : *Crepis*
sp : *aurea*
Famille : Asteraceae



Genre : *Cuperessus*
sp : *torulosa*
Famille : Cupressaceae



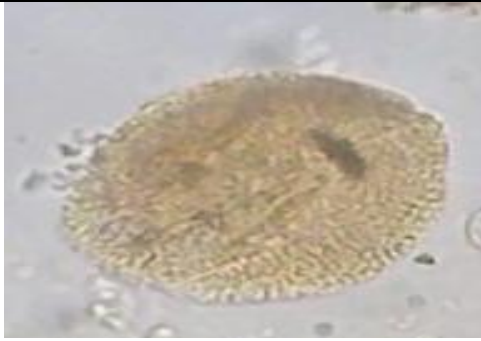
Genre : *Urtica*
sp : *sp*
Famille : Urticaeae



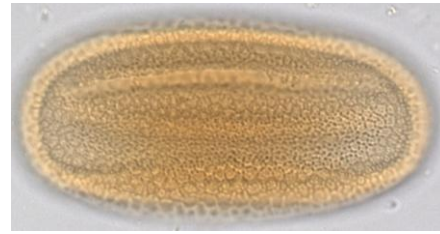
Genre: *Lemna*
sp: *minor*
Famille: Lemmnaceae



Genre : *Pinus*
sp : *maritimus*
Famille : Pinaceae



Genre : *Iris*
sp : *sp*
Famille : Iridaceae



Genre : *Acanthaus*
sp: *mollis*
famille: Acanthaceae



Genre : *Polygonum*
Sp : *lapathifolium*
Famille : Polygonaceae



Genre : *Olea*
sp : *europaea*
Famille : Oleaceae



Genre : *Ficus*
sp : *carica*
Famille : Moraceae



Genre : *Plantago*
sp : *media*
Famille : Plantaginaceae



Genre: *Rumex*
sp: *acetosella*
Famille: Polygonaceae



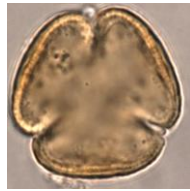
Genre : *Linaria*
sp : *reflexa*
Famille : Schrophulariaceae



Genre : *Echium*
sp : *vulgare*
Famille : Boraginaceae



Genre : *Blenchum*
sp : *spicant*
Famille : Blenchaceae



Genre : *Quercus*
sp : *ilex*
Famille : Fagaceae



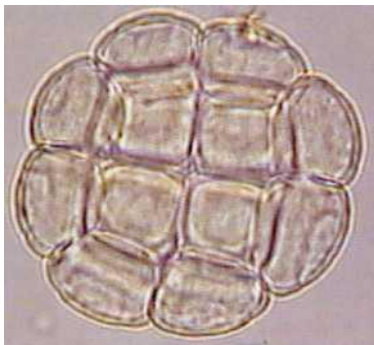
Genre : *Alnus*
sp : *glutinosa*
Famille : Betulaceae



Genre : *Athyrium*
sp : *felix-foemina*
Famille: Woodsiaceae



Genre : *Rubus*
sp : *ulmifolius*
Famille : Rosaceae



Genre : *Acacia*
sp : *sp*
Famille : Fabaceae (Mimocaeae)



Genre : *Erica*
sp : *sp*
Famille : Ericaceae

(Gouasmi, 2012)

Conclusion générale :

Pour mieux connaître le substrat du sol des régions d'étude, nous avons effectué des analyses physico-chimiques.

L'analyse granulométrique du site d'Hippone montre un sol salé, argileux peu humide, extrêmement pauvre en matière organique, avec un pH neutre.

Le site archéologique de Madors montre un sol qui passe de la texture limoneuse, argilo-limoneux à argileuse. Avec faible humidité sauf pour un seul échantillon humide. Le pH est neutre à faiblement acide pour l'ensemble des échantillons, avec une salinité très élevée. Quand à la teneur en matière organique nous constatons que la majorité des sols sont pauvres.

La station du site archéologique de Khemissa montre un sol limoneux, neutre, très salé, extrêmement pauvre en matière organique et peu humide.

L'analyse physico-chimique du sol, a révélé que les conditions nécessaires à la conservation du pollen et spore sont présentes pour la plupart des échantillons. L'analyse pollinique quant à elle a révélée la pauvreté des échantillons de site en pollen et spores.

Le dénombrement et l'identification du pollen nous a permis de reconstituer le paysage végétal de ces cités et de caractériser la végétation régionale.

Les résultats de l'analyse pollinique du site d'Hippone, Madors, Khemissa, montrent qu'on est en présence d'un milieu extrêmement ouvert (pauvreté en pollen arboréen et abondance de pollen herbacées). Les herbacées sont représentées avec des pourcentages élevés par deux familles (Poaceae et Asteraceae).

Le cortège floristique est très particulier avec des espèces messicoles, rudérales (associées aux décombres), héliophile et xérophile caractéristique des milieux méditerranéens sub-humides pour Annaba et sub-aride pour la région de Souk-Ahras. A l'exception de quelques pollens non inféodés au cortège floristique de ces régions (espèce adventice) on suppose que leur apport est dû à des facteurs biotiques ou abiotiques de dispersion du matériel sporo-polinique.

L'étude du pollen des sites archéologiques du nord est algérien montre l'intérêt floristique de ces sites et ouvre des pistes pour des futures études en paléobotanique et de la mise en place de mesures pour la protection de l'environnement.

Enfin les résultats que nous avons exposés restent préliminaires et peuvent être plus affinés avec la multiplication des investigations dans d'autres sites historiques de l'Algérie.

Bibliographie

- **Anonyme 1** : <http://www.geo.arizona.edu/palynology/>
- **Anonyme 2** : <http://www.clas.ufl.edu/users/pciesiel/gly3603c/fossils.html>
- **Anonyme 3**: Google earth
- **Alimessaid S (1997)** : Contribution à l'étude des grains de pollen dans les sédiments organiques, cas de Demnet Errihane et Garrat Bourdim. Université d'Annaba. **P**
- **Aouadi (1989)** :
- **Barbier D, Burnouf J, Visset L (2001)**: Les diagrammes société/végétation : un outil de dialogue interdisciplinaire pour la compréhension des interactions Homme/Milieu. In: Quaternaire - Volume 12 - Numéro 1-2 -. pp. 305.
- **بالعربي ويزة (2005)**: معاصر مادور دراسة اثرية تحليلية. مذكرة تخرج لنيل شهادة ماجستير في الآثار القديمة. جامعة قالة, ص 8,9,18,19,20,21,23,24,25
- **Belguerfi W, Kraimia Z (2010)** : Le calendrier pollinique de la région de Souk-Ahras. Mémoire de licence académique en écologie générale. Centre universitaire Mohamed El Cherif Messaidi. Souk-ahras. P14.
- **Benslama M, Zanache H (1998)** : Contribution à l'étude de la diversité des microorganismes (champignons saprophytes des sols du complexe humide d'El -Kala, Nord Algérien), Cas des stations d'El-khoubzi, Righia et Lac Noir. P66
- **Boudjema S (2007)** : Contribution à l'étude des sols de la plaine d'Annaba. Mémoire d'ingénieur en écologie et environnement. Université d'Annaba.
- **Boudoudou H (2005)** : Contribution à l'étude de la relation végétation régionale et pluie pollinique dans le Nord-est algérien. Mémoire d'ingénieur d'état en écologie et environnement. Université d'Annaba. 39p.
- **Boudekhana A (2002)**: Guide de la wilaya de Souk-Ahras « Dans les traces de Saint Augustin ».

- بوجليدة س; مرازقية ص (2006): دراسة أثرية و صافية لمدينة خميسة. مذكرة تخرج لنيل شهادة ليسانس في الآثار القديمة. جامعة قالمة, ص 9, 12, 14.

- **Brongniart M Adolphe (1822)** : La classification et la distribution des végétaux fossiles. Extrait des mémoires du musée d'Histoire naturelle. Paris A. Belin.

-**Chateauneuf J,-J.; Reyre Y (1974)** : Elément de palynologie, application à la Géologie. Laboratoire de paléontologie, université de Genève P99, P101.

- **Carion J,-F (2010)** : Grottes et tourbières. Institut français de l'éducation.

- **Cerceau-Larrival M.TH et Hidioux M (1983)** : Pollens de quelques plantes médicinales du Rwanda, Agence de coopération culturelle et technique. Imprimerie Boudin. Paris.58p.

- **Chihani A (2002)** : Guide d'Annaba. Edition. Copyright Graphique Design. Alger.

- **Dahmani S (1973)** : Hippo Reguis. Alger. N°004397. P07.

- **Dahmani S (2006)** : Prospectus MADAUROS N° 01. Les Moulin Belghith. Bouna. P03, 04, 08, 10.

- **Dameay et Julien (1995)** : Les indicateurs du statut acido-basique des sols «station agronomique de l'Asime».

- **Davide L (1956)** : Etude géologique sur le mont de la Medjerda, wilaya de Souk-Ahras.

- **Debiche T (2002)**: Evolution de la qualité des eaux (Salinité, Azote et Métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Thèse de doctorat en sciences de la terre. U.F.R des sciences et techniques. Université de Franche Comté.

- **Démoule J-P., Giligny F, Lehoerff A, Chuapp A (2009)** : Guide des méthodes de l'archéologie. Editions la découverte.

- **Derdour H (1982-1983)** : Annaba, 25 siècles de vie quotidienne et de lutte. Tomes 1 et 2. Edi. SNED. Alger.

- **Dif S et Hamid S (1999)** : Influence de deux polluants (NaF) et $Pb(NO_3)_2$ sur la variabilité des pollens.

- **Diot F-M (1991) :** Les sciences de la préhistoire. Présentation de la palynologie en Archéologie. CNRS. Centre national de préhistoire, centre départemental de La Marne. P.75-81.
- **Djeffel A (2005) :** Etude agro-pédologique de la wilaya de Souk-Ahras.
- **Dobignart A, Chatenain C (2010/2011) :** Index synonymique et biologique de la flore de l'Afrique. Volumes 1, 2 et 3.
- **DSA (2006):** Direction de service agricole de la wilaya de Souk-Ahras,
- **Dulucq et Tulon (1998) :** La palynologie et l'environnement du passé. Compte rendu de la conférence de Diot, M.F.UMR9933 du CNRS.
- **Emberger L (1955):** Une classification biogéographique des climats. Nature. Montpellier. Series Bot .
- **Erdetman G (1952):** Did dicotyledanous plants rixit in early Jurassic time. Stockholm.91p
- **Gerfi Z (2012) :** Impact de l'utilisation des boues résiduares sur les propriétés physico-chimiques des sols de la haute vallée de la Medjerda, wilaya de Souk-Ahras. Mémoire de magister en écologie et environnement. Université d'Annaba.
- **Goeury et De Beaulieu J. L (1979) :** A propos de la concentration du pollen à l'aide de la liqueur de Toulet dans les sédiments minéraux. Pollen et spore 21(1) 2. PP 239-251.
- **Gourri W (2007) :** Contribution à l'étude de l'origine botanique de deux sous produits de la niche (Pollen et miel) dans deux sites de la région d'Annaba (Séraïdi) et Skikda (ElMarsa). Mémoire d'ingénieur en Agronomie. Institut d'agronomie d'El Taref.
- **Gsell S, Joly C. A (1914):** Khemissa, M'daourouch, Announa. 1^{ère} partie KHEMISSA. Alger. 01p; 06p; 18p.
- **Gsell S (1972) :** Histoire ancienne de l'Afrique du nord « I ». Les conditions de développement historique, les temps primitifs, la colonisation phénicienne et l'Empire de Carthage. OTTO ZELLER VERLAG. OSNABRÜCK. ISBN 3 5 35 01319 4. 01p ; 02p ; 06p ; 07p ; 10p. 31p, 32p, 34p. 145p, 151p, 152P, 156p, 157p.
- **Gsell S (1972):** Histoire ancienne de l'Afrique du nord « V » Livre II. Exploitation du sol et mode d'habitation. Chapitre I : Elevage et culture. 04p ; 09p. 189p 190p, 191p.

- **Hervé R (1994)** : Évaluation de l'impact de l'homme sur la végétation : l'apport de la palynologie. In : histoire et mesure. Volume 9-n°3-4.pp.305-316. Besançon P 309, 310, 307.
- **Ibncherif H (2006)** : Contribution à l'étude palynologique des sédiments tourbeux du Marais de Bourdim (Complexe humide d'El-Kala, N.E d'Algérie) : Histoire de la végétation et du paléoenvironnement. Mémoire de magister en biologie végétale. Université d'Annaba. P115
- **Jakson M (1958)**: Soil Chemical, Analysis, Prentice, Hall, Inc, Engknood Cliffs, N.J, 498p.
- **Jean et Al (1996)** : Biologie des plantes cultivées, Tome 1. Organisation physiologie de la nutrition, 2^{ème} édition.
- **Layachi I (2008)** : Contribution à l'étude de la relation végétation régionale et pluie pollinique dans la Numidie Orientale. Mémoire d'ingénieur d'état en écologie et environnement. Université d'Annaba.
- **Le Petit Larousse illustré (2009)**. Larousse/HER
- **Louveaux J (1985)** : Le miel. Cach. Nutr. Diet, 20 ; 57-70.
- **Louis F (1967)** : Manuel pratique d'archéologie, Robert Laffont, 2^{ème} édition Paris. P285; 288, 307, 309.
- **Mesaadia F (2009)** : Les caractéristiques physico-chimiques des boues résiduairees et leur utilisation dans les sols de la haute vallée d'Oued Medjerda, wilaya de Souk-Ahras.
- مرازقية ر (2007): حي الواجهة البحرية لهيبون. مذكرة تخرج لنيل شهادة ليسانس في الاثار القديمة.جامعة قالمة,ص15,16,17
- **Narsis S (2008)**: Etude de quelques paramètres physico-chimique du sol d'Oued Seybouse. Mémoire d'ingénieur d'état en écologie et environnement. Université d'Annaba.
- **Pesson P et Louveaux J (2006)** : Pollinisation et production végétale. Ed. INRA. Paris : 663p.
- **Permo (1981)** : La pratique de l'eau usage domestique, collectifs et industriels. Ed. Du Moniteur.
- **Pons A (1958)**: le pollen. Paris Vendôme, Impr. Presses universitaires de France.

- **Pons A (1970)** : le pollen, collection : « que sais-je ? ». Le livre des actuels, n°83. 2^{ème} Edt. Paris, Presse universitaire de France.663p.
- **Quezel P et Santa S (1962-1963)** : Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tomes 1 et 2. Paris.
- **Quezel P (1978)**: Analysis of flora of Mediterranean and Saharan Africa. Ann. Missouri. Bot. Gard, 65. (2).
- **Quezel P, Barbero, Bonin G et Loisel R (1990)**: Recent plant invasion in the Centro Mediterranean region. In Discrì and al, "Biological invasion". Kluwer Puble.
- **Rahmani C, Chafrouri N, Chkhmaia R (2010)** : les incendies de la forêt de Souk-Ahras. Licence académique en écologie générale. Centre universitaire Mohamed El Cherif Messaidi. Souk-ahras.
- **Redjel T (2011)** : HIPHONE (HIPPO REGUIS). Collection : « musée à ciel ouvert ». ARAJA EDITIONS e, 28p. 286p.
- **Reille M. (1990)** : Leçons de palynologie et d'analyse pollinique, Ed. C.N.R.S. Paris.206p.
- **Reille M. (1992)** : Pollens et spores d'Europe et d'Afrique du nord. Atlas photographique. Laboratoire de botanique historique et palynologie. Livre I. Université d'Aix, Marseille III. 520p.
- **Reille M. (1995)** : Pollens et spores d'Europe et d'Afrique du nord. Supplément I. Laboratoire de botanique historique et palynologie. Université D'Aix, Marseille III. 327p.
- **Reille M. (1998)** : Pollens et spores d'Europe et d'Afrique du nord. Supplément II. Laboratoire de botanique historique et palynologie. Université D'Aix, Marseille III. 327p.
- **Ricciardelli D'albore G. C. et Oddol Persano (1998)** : Flora apistica italiana. Insituto sperimentale per la zoologia agraria Frenz.
- **Soltner (1981)** : Les bases de la production végétale. Tome 1, le sol. Collection sciences et techniques agricoles 456p.
- **USSL**: Diagnostique and improvement of saline and alkali soils hand book n°60.USA, 160p.

- **Vila J.M (1980):** la chaîne alpine d'Algérie orientale et des coffins d'Algérie tunisiens I. II. I III. Thèse Es-Science. Paris. P139-174

- **Willis P. and Thomas A. (1990):** Fossils and fossilisation.p2

- **Zouaidia H. (2006):** Bilan des incendies de forêt dans l'est algérien, cas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras. Mémoire de magister en écologie et environnement. Université Mentouri, Constantine. P9-17-18-19-20.

Résumé

Les sites historiques de l'Algérie conservent un patrimoine naturel très riche.

La caractérisation morphoanalytique des sites archéologiques d'Hippone, Madors, Khemissa a révélé que le sol a un caractère peu favorable à la conservation du pollen, et à la diversité d'un couvert végétal, souvent associé à l'influence des conditions climatiques.

Pour mieux connaître le substrat sol, nous avons effectué des analyses physico-chimiques de trois sites archéologiques. Le site d'Hippone présente un sol argileux peu humide, extrêmement pauvre en matière organique et un pH neutre.

L'analyse granulométrique des quatre échantillons du site archéologique de Madors, montre un sol qui passe de la texture limoneuse, argilo-limoneux à argileuse. Le pH est neutre à faiblement acide pour l'ensemble des échantillons, avec une salinité très élevée. Quant à la teneur en matière organique, nous constatons que la majorité des sols en sont pauvres.

Les résultats de l'analyse granulométrique de la station archéologique de Khemissa, montrent un sol limoneux, neutre, très salé, extrêmement pauvre en matière organique et sec.

Après analyse palynologique, les trois sites archéologiques apparaissent pauvres en matériel sporo-pollinique mais, en même temps, très diversifié. L'enregistrement pollinique a permis une ébauche de reconstitution du paysage végétal des sites étudiés. La faible richesse en pollen arborescent met en évidence un paysage extrêmement ouvert accompagné d'un important développement de taxons héliophiles.

Mots clés : Site archéologique, mésologie, palynologie

Summary

Algeria has long pole was a must for alot of civilizations let them derriers cities consairvans natural environment.

Characterization of archaeological sites morphoanalytique Hippo Madors, Khemissa has revealed the diversity of soil and vegetation cover. To learn more about the soil substrate, we performed the physico-chemical analysis of three archaeological sites. That the region of Annaba Clay dry soil has extremely poor in organic matter and a pH neutral. Madors site shows a silt-loam soil for sample No. 5 and No. 6, for a clay soil sample No. 4 and a loamy soil for sample No. 7. The pH is neutral or weakly acid to the sample No. 5, with very raising salinity, organic matter is the humidity is low for all samples. Except sample No. 4 which is wet.

The site shows a Khemissa loam, neutral, very salty, very poor in organic matter and dry. The palynological analysis of sediments shows that the three sites are poor pollen but well preserved. The results allowed us to reconstruct the vegetation landscape of these sites. The abundance of Asteracea and Poaceae and low stratum arboresente (Ab) rensagne of open landscapes, plant pollen along with a large number of taxa heliophyle, messicol anssi as ruderal.

Keywords: Archaeological site, physico-chemical analysis of soil, palynology

المخلص

يتميز الشرق الجزائري بوجود عدة مناطق أثرية ثرية طبيعياً, تشير إلى وجود ديناميكية نباتية قديمة و حديثة إن الخصائص المرفوتحليلية لتربة ثلاثة مواقع أثرية (هييون, مادور, خميسة) اثبتت ضعف قدرتها على الحفاظ على حبوب اللقاح المترسبة.

لمعرفة المزيد عن ركيزة التربة الرسوبية, أجرينا تحاليل فيزيوكيميائية لتربة ترتب عنها أن تربة "هييون" طينية قليلة الرطوبة وهذا لعدم تشبعها بالماء, جد فقيرة بالمواد العضوية وهذا راجع إلى ضعف الخطاء النباتي, إضافة إلى تختلف من حمضية إلى جد حمضية.

بالنسبة إلى موقع "مادور وخميسة" فهما ينتميا إلى نفس المدينة أي مدينة سوق أهراس. حيث أن عينات تربة مدينة "مادور" تتنوع من طينية إلى طينية وحلية إلى وحلية, ذات حموضة معتدلة إلى حمضية و جد مالحة, جافة و فقيرة من المواد العضوية.

بالنسبة إلى تربة مدينة "خميسة" فهي وحلية, معتدلة الحموضة, جد مالحة, فقيرة من المواد العضوية وقليلة الرطوبة.

إن تسجيل وتحليل للرسم البياني لحبوب اللقاح لهذه المناطق بين أنها فقيرة من هذه الأخيرة, وقلة حبوب لقاح الأشجار يسبب انفتاح المنضر الطبيعي. كما أن الغطاء النباتي المنتشر محب للضوء إضافة إلى أما العائلة السائدة هي من عائلة النجيليات.

كلمات المفتاح: المناطق الأثرية, دراسة تحليلية للتربة, دراسة حبوب اللقاح