

Résumé.

L'étude palynologique des dépôts lacustres du Quaternaire récent du bassin d'altitude de Yammouné (versant oriental du Mont - Liban), a montré la présence, à cette époque, d'une association végétale du type *Cedrus*, *Abies*, *Quercus*, comparable à celle qui perdure actuellement dans la forêt climacique de Ehden (versant humide occidental et plus septentrional du Mont-Liban). Le paysage actuel environnant Yammouné a évolué vers une réduction du couvert forestier et la mise en place de prairies saisonnières d'altitude.



1-Introduction

Une étude du contenu pollinique des dépôts lacustres du bassin d'altitude de Yammouné a été entreprise dans le Laboratoire du Département de Sciences Naturelles de la Faculté des Sciences de l'Université Libanaise à Fanar, en association avec le Laboratoire de Palynologie de l'Université de Lyon (UMR CNRS PEPS). Il s'agit de l'étude préliminaire et ponctuelle des tous premiers prélèvements effectués sur le site, en accord avec le Professeur Paul Tapponnier, et pour le compte de l'Université Libanaise, lors des premières missions de tranchées effectuées à Yammouné de l'équipe jointe de l'IPGP (Institut de Physique du Globe de Paris) et du centre de Géophysique du CNRS-L. Ces missions ont eu lieu dans le cadre d'études de paléotectonique du Quaternaire de la grande faille du Levant. Les études polliniques sont l'une des composantes de l'approche pluridisciplinaire sur le site.

La problématique de cette étude originale était, d'une part, de tester les possibilités de contenu pollinique des sédiments lacustres d'altitude, d'autre part de mettre en évidence des variations éventuelles du couvert végétal à partir de l'étude des spectres polliniques dans la période quaternaire récente.

2-Présentation du bassin de Yammouné

Le village de Yammouné et son bassin quaternaire lacustre d'altitude sont situés au Nord-Ouest de Baalbek, Liban (fig.1). Le bassin lacustre est à une altitude d'environ 1400m; les sommets qui le dominent à l'Ouest dépassent 2000m. La faille de Yammouné (fig. 2) limite à l'Ouest la dépression de la Béqaa, partie septentrionale du Fossé Levantin qui rejoint au Sud la Mer Rouge. Cette faille s'enfonce dans le massif montagneux céno-manien du Mont-Liban au Nord de Chtaura, pour croiser la frontière libano-syrienne vers le Nord (Dubertret, 1955) et (Dubertret et Wetzel, 1949). Cette faille active, con-

1 Vue générale du bassin de Yammouné, avec son village.

Abstract.
The palynologic study of the recent Quaternary lake deposits in the Yammouné basin (East side of Mount Lebanon range), have shown the presence, at this period, of a forest association of three main trees: *Cedrus*, *Abies* and *Quercus*. It is very similar to what can be observed today in the climac forest of Ehden (north of Yammouné, on the western more humid slopes of Mount Lebanon range). The current surrounding Yammouné landscape is evolving towards a reduction of the forest coverage and the emergence of highland temporary grasslands.

2 Emplacement de Yammouné sur la faille éponyme qui borde la Beqaa à fins (secteur du lac au Sud), provenant des massifs céno-manien qui l'encadrent.

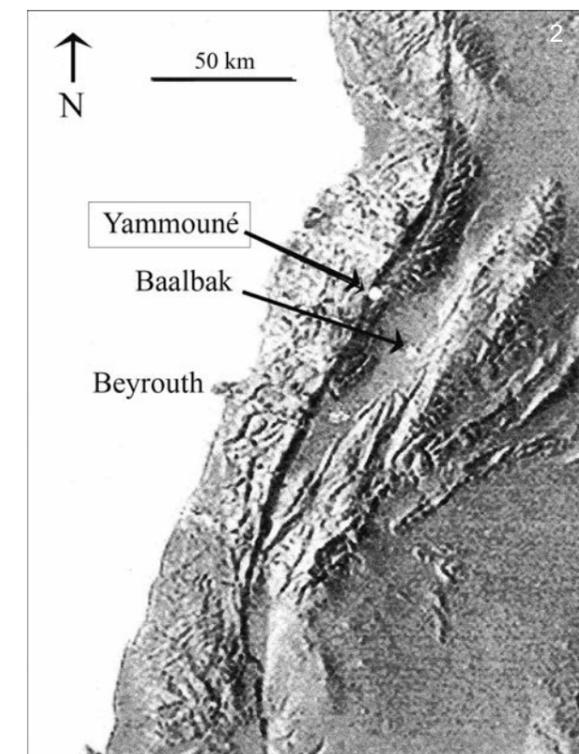
sidérée comme la principale branche décrochante du coude transpressif libanais, traverse le bassin de Yammouné du Sud-Ouest au Nord-Est, et se développe plus globalement en «pull-apart» à Yammouné. Ce «pull-apart» est responsable de la mise en place d'un bassin assez vaste en pleine montagne (Daeron, 2005).

Le bassin hydrographique à sédimentation quaternaire est rempli de matériaux grossiers (secteur du poljé au Nord) et fins (secteur du lac au Sud), provenant des massifs céno-manien qui l'encadrent.

Les matériaux argileux du lac sont interprétés comme pouvant provenir du lessivage d'anciens sols bruns forestiers. Le fer s'y était concentré, sous couvert arboré, par les processus complexes de la pédogenèse. Ce fer aurait été transformé par les conditions réductrices d'eaux stagnantes lacustres en pyrite noirâtre (couches profondes grises). D'autre part, ce fer moins évolué dans son évolution post-pédogénétique paraît être resté au stade de limonites de teintes ocres (couches intermédiaires jaunes à brunes). La marne blanche (couches superficielles) serait pour sa part due au lessivage direct des lithosols d'altitude actuels: marno-calcaires du Céno-manien. Le fer en est absent par absence de pédogenèse.

3-La tranchée du déversoir

Le déversoir naturel, situé sur l'alignement Est du «pull-apart», est le principal point d'exutoire actuel des eaux karstiques permanentes de l'aquifère céno-manien complétées des précipitations atmosphériques hivernales sur le bassin versant du lac de Yammouné. La tranchée du déversoir a été effectuée par l'équipe de tectonique, en bordure Ouest du bassin lacustre (fig. 3). Les couches y paraissent localement avec leur extension maximale, et sont déjà affectées par la proximité du trajet actif





3 Creusement de la tranchée du déversoir.

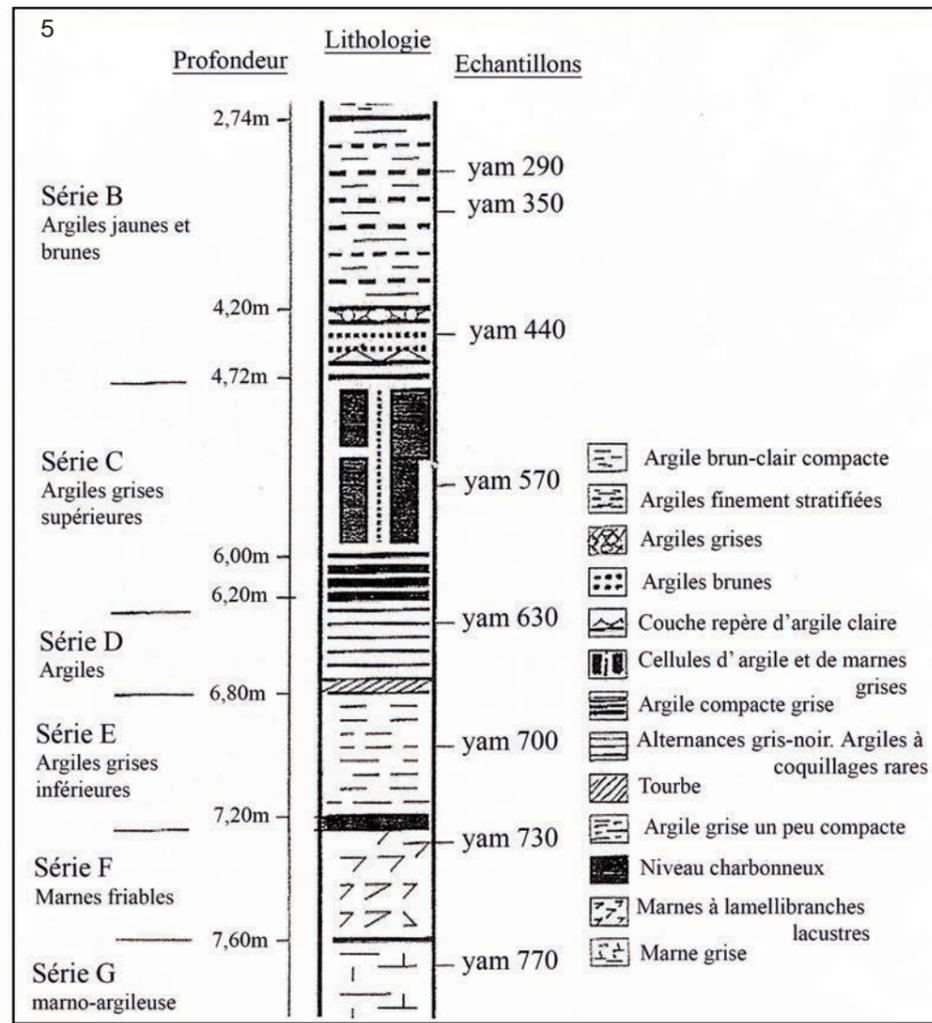


4 Couches profondes de la tranchée du déversoir: les différents traits marquent l'emplacement des prélèvements.

5 Série stratigraphique de la tranchée du déversoir de Yammouné.

de la faille dans les sédiments quaternaires.

Trois ensembles sédimentaires, divisés en plusieurs séries de dépôts, ont été mis en évidence de bas en haut (fig.5) :



- L'ensemble profond des couches argileuses grises compactes, riches en fer à l'état réduit (séries C à G), en particulier pour la série D où l'alternance de concentrations minérales permet d'observer à l'échelle millimétrique la trace des phases primaires de sédimentation.

- L'ensemble intermédiaire des argiles jaunes à brunes (série B), marqué également par des concentrations minérales alternées, garde aussi la trace de phases primaires de dépôt.

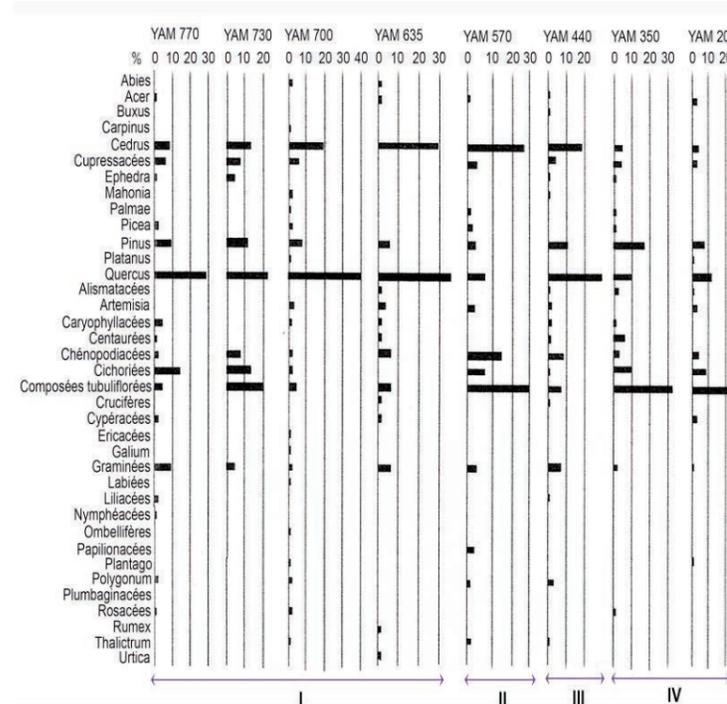
- L'ensemble superficiel de marnes claires (série A), à part la trace de quelques paléosols noirâtres (par leur richesse organique), n'est plus aussi finement stratifié. Il est riche en petits gastéropodes lacustres et se continue sans rupture avec les dépôts superficiels actuels.

Les échantillons étudiés ont été sélectionnés en nombre volontairement limité et exclusivement dans les couches argileuses grises (yam770, yam730, yam700, yam630, yam570) et dans les couches argileuses jaunes et brunes (yam440, yam350, yam290), pour tester les contenus palynologiques des couches anciennes (séries G à B).

Datation: Par analogie avec des datations radiocarbone de couches analogues par leur faciès sédimentologique dans d'autres tranchées du bassin lacustre (effectuées ultérieurement), la tranchée du déversoir s'étendrait, sans pouvoir plus préciser dans l'état actuel des connaissances, sur une partie de la période Würm (dernière phase glaciaire du Quaternaire), et le post-Würm.

6 Spectres polliniques sur la séquence du déversoir.

4-Variation pollinique et dynamisme de la végétation (description et interprétation)



Les résultats palynologiques ont permis de souligner quatre ensembles polliniques (I à IV) déterminés d'après l'évolution quantitative des différents taxons (fig. 6).

4.1. Ensemble I (yam770, yam730, yam700 et yam635)

Cet ensemble est caractérisé par une dominance de la strate arborée, un taux élevé de *Quercus* (22 à 39%), une bonne représentation de *Cedrus* (8 à 29%) accompagné souvent de *Pinus* et accessoirement de *Picea* et de *Cupressacées*. On note la présence d'*Abies* et d'*Acer*. Les herbacées sont représentées

essentiellement par les Composées (Cichoriées, *Artemisia*...), les Graminées et les Chénopodiacées.

On note, en général, dans cet ensemble :

- La présence d'un pollen de Nymphéacées (yam770) et de spores¹¹⁸ de *Riccia* (Reille, 1998) dans yam770 et yam730.
- Hormis les pollens, une richesse en débris végétaux divers.
- Une abondance d'une part, de pollens d'Abiétacées indéterminables, et d'autre part, de fragments de bois plus ou moins carbonisés dans l'éch. Yam770.

Interprétation:

L'image de la végétation traduite par l'ensemble I est celle d'un paysage forestier où se développent les taxons d'un climat régional tempéré frais voire froid avec surtout *Cedrus* qui occupe probablement le massif montagneux avoisinant avec *Abies*, *Picea* et certaines Cupressacées. Ces dernières poussaient probablement sur les terres alluvionnaires du bassin. Les coteaux sont occupés vraisemblablement par *Quercus*, essence de stations de basse, moyenne, et haute altitude selon les espèces, relativement sèches et bordés d'*Acer*, taxon exigeant en lumière.

La présence de plantes aquatiques peu abondantes (Nymphéacées et *Riccia*) indiquent un milieu de sédimentation continental probablement lacustre. Au fond de la vallée poussent des Cypéracées.

Au-dessus des niveaux humides, se trouvent des zones prairiales comprenant principalement des Composées tubuliflorées, des Cichoriées, des Graminées et des Chénopodiacées.

La richesse en pollens, charbons et débris végétaux (cuticules, sporanges...) laisse supposer un lessivage important suivi d'une accumulation; en effet, les couches argileuses grises correspondantes attestent de ce détritisme évoqué par le Palynofacies.

4.2. Ensemble II (yam570)

Les deux strates, arborée et herbacée semblent être en compétition. Une régression remarquable de *Quercus* (8%) affecte ce niveau. *Cedrus* est à 23%.

La strate herbacée s'impose avec, notamment, les Composées en général et les tubuliflorées en particulier. Les Chénopodiacées montrent un accroissement notable (14%). On signale également une abondance en épidermes et en cuticules et la présence de *Riccia*.

Interprétation :

Le paysage devient semi-ouvert; cependant, la part des arbres reste non négligeable avec essentiellement *Cedrus* et *Quercus*. L'augmentation des Chénopodiacées pourrait correspondre à un éclaircissement de la chênaie. Les apports dans le domaine fluvio-lacustre restent stables.

4.3. Ensemble III (yam440)

Ce niveau montre une microflore semblable à celle de l'ensemble I. *Quercus* (29%) se développe de nouveau et au détriment des herbacées.

Ce spectre est riche en débris végétaux divers, en charbon et en matière organique amorphe. Les planctonites existent mais en faible quantité. Par ailleurs, l'observation microscopique montre une présence marquée de *Leptolepidites* (pollen très minéralisé et foncé), taxon attribué au Crétacé supérieur. Ce dernier taxon confirmerait à lui seul le lessivage des massifs cénomaniens.

Interprétation :

La chênaie s'étend de nouveau. La présence de planctonites et la richesse en pollens, débris végétaux et matière organique amorphe traduisent un milieu confiné de sédimentation en milieu aquatique, continue et fine par sa granulométrie, mais toujours ouvert à des apports détritiques plus grossiers par lessivage superficiel, complétés éventuellement pour la fraction fine par voie karstique. L'ensemble reste associé à une pluviométrie très importante.

4.4. Ensemble IV (yam350, yam290)

La courbe des arborés s'infléchit tandis que celle des herbacées s'accroît. *Pinus* (7 à 17%) progresse aux dépens de *Cedrus* (4%) qui montre une chute brutale. *Quercus* (10-11%) recule également. *Acer* est présent dans yam290. Les Composées tubuliflorées (49%) dominent largement la strate herbacée. On distingue une dominance de charbons associée à une chute dans la quantité de matière organique amorphe et à un recul de la fréquence des éléments végétaux figurés notamment des pollens dans l'éch. yam290.

Interprétation :

Le paysage est ouvert, le déclin des taxons arborescents, principalement de *Cedrus*, au profit des herbacées peut être dû à un début d'installation de conditions plus arides. La grande quantité des charbons dans yam290 indique vraisemblablement une forte altération et un remaniement diagénétique, et surtout un transport par l'eau sur un sol probablement peu couvert par la végétation (Iskandar, 1990). Cela expliquerait dans ce niveau la rareté des pollens et des cuticules.

5. Paléoenvironnement

La répartition végétale devait présenter un étagement du au relief, dans des conditions plus constantes d'humidité qu'actuellement, et dans des conditions thermiques plus stables, favorisant un couvert arboré stable. On peut tenter de reconstituer l'environnement végétal du bassin versant de Yammouné comme suit:

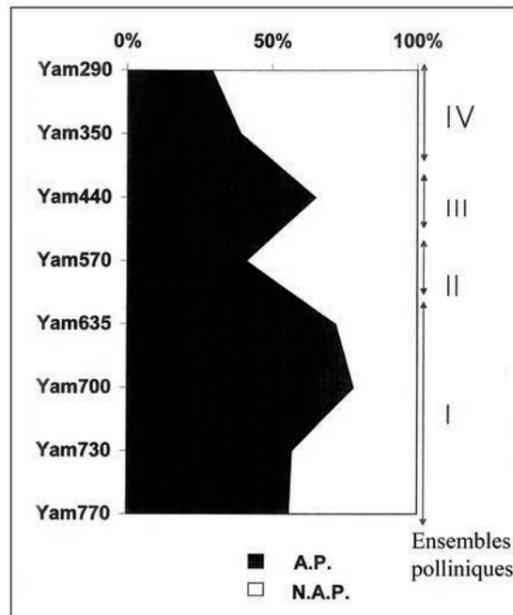
Le lac, plus ou moins permanent, devait être alimenté par un ou plusieurs cours d'eau durables. Le phytoplancton vivait dans sa zone limnétique. En bordure du lac poussaient des Cypéracées. A proximité du lac, s'étendait une strate herbacée discontinue de Caryophyllacées, d'Ombellifères et de certaines Cypéracées et Graminées. Au-delà, dans une région faiblement surélevée, des prairies peu étendues apparaissaient avec surtout des Composées essentiellement tubuliflorées et des Cichoriées accompagnées de Graminées, de Chénopodiacées et de

Labiées. Dans l'arrière-pays montagneux, et probablement sur les bases des versants du bassin, devaient pousser les arbres de stations sèches, de garrigue, avec surtout le chêne (*Quercus*) accompagné occasionnellement du pin (*Pinus*), et de Cupressacées. Ces taxons devaient être suivis en altitude par d'autres sempervirents où dominent le cèdre¹²⁰ (*Cedrus*) associé au sapin (*Abies*) et à l'épicéa (*Picea*), associés à des arbres sessiles adaptés au Liban à l'altitude : certains chênes (*Quercus*) et l'érable (*Acer*).

L'homme, par ses cultures et ses aménagements modernes, a donné de nos jours un tout autre paysage végétal au bassin lacustre et à ses abords immédiats.

6. Conclusions

7 Diagramme pollinique synthétique. En noir : pollens d'arbres (A.P. = arboreal pollens);



En blanc: pollens de plantes herbacées (N.A.P.= non arboreal pollens)

Le principal but de cette étude préliminaire a été atteint. Non seulement les sédiments quaternaires du lac d'altitude de Yammouné se sont démontrés aptes à présenter un contenu pollinique significatif, mais ils

ont aussi montré dans le temps des modifications sensibles de couverture végétale dans l'ensemble du bassin versant de Yammouné (fig. 7). L'analyse des spectres polliniques donne l'image d'un paysage dominé par la strate arborescente dans les niveaux inférieurs de la tranchée du déversoir (probablement durant la période Würm) et par la strate herbacée dans ses niveaux supérieurs (à l'exception de Yam440): période récente à actuelle.

L'association *Cedrus*, *Abies*, *Quercus* apparaît typique de la forêt climacique libanaise, conservée jusqu'à nos jours dans le Nord-Ouest du Mont-Liban, de Ehdén à Qammouaa. Présente sous forme de pollens fossilisés dans les sédiments à Yammouné, elle serait le témoin d'une extension beaucoup plus large de la forêt sur le Mont-Liban durant les temps préhistoriques, en particulier sur le versant oriental du Mont Liban. *Abies* y est aussi nettement indiqué plus au Sud que sa limite sud actuelle coïncidant

avec la forêt de Ehdén.

Les prairies d'altitude présentes qui dominent le bassin lacustre de Yammouné marqueraient à la fois un changement climatique global, et la mise en place d'un nouvel équilibre, associé de nos jours à un pâturage intensif estival, par les troupeaux d'ovins et de caprins.



8 Forêt mixte actuelle de Qammouaa: chênes, cèdres et sapins.

BIBLIOGRAPHIE

M. Daeron, 2005, Rôle cinématique et comportement sismique à long terme de la faille de Yammouneh, principale branche décrochante du coude transpressif libanais (faille du Levant). *Th.Doct., IPG Paris, France*

Louis Dubertret, 1955, *Carte géologique du Liban au 1/200 000 et notice*, République libanaise, Ministère des travaux publics, Beyrouth, Liban.

Louis Dubertret et R. Wetzel, 1949, *Carte géologique au 1/500000, feuille de Baalbek*. République libanaise, Ministère des travaux publics, Beyrouth, Liban.

D. Iskandar, 1990, "La diatomite miocène de la montagne

d'Andance, carrière de Saint-Bauzile (Ardèche, France), Etude palynologique, Ecostratigraphie, Paléoclimatologie", *Docum. Lab. Géol. Lyon*, n° 110, 173 p., 19 fig., 9 pl.

M. Reille, 1998, "Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord", Supplément 2. *Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie*. Marseille, France