

PALYNOLOGIE. — *Extension d'un élément montagnard dans le sud du Ghana (Afrique de l'Ouest) au Pléistocène supérieur et à l'Holocène inférieur : premières données polliniques.* Note (*) de Jean Maley et Daniel A. Livingstone, présentée par Edouard Boureau.

La présence, dans des sédiments du lac Bosumtwi datés entre environ 15 000 et 8 500 ans B. P., de pollens d'*Olea hochstetteri* avec des pourcentages compris entre 3 et 8 %, met en évidence l'extension à basse altitude de cette espèce montagnarde typique. Ce phénomène a probablement été causé par une forte nébulosité persistant une grande partie de l'année (nuages bas de type stratiforme et brouillards) et il a été accompagné d'une réduction de la température moyenne de 2 à 3°C au minimum.

PALYNOLOGY. — Late Pleistocene and Early Holocene Extension of a Mountain Element in Southern Ghana (West Africa): Preliminary Pollen Data.

In sediments from Lake Bosumtwi dated between about 15,000 and 8,500 years B.P., the presence of Olea hochstetteri pollen with percentages between 3 to 8% exhibits the spread of this typical mountain species to low altitudes. This phenomenon may have been caused by a heavy cloud cover lasting most of the year (low clouds of stratiform type and fog); it coincided with a lowering of the mean temperature of at least 2 to 3°C.

Les données polliniques présentées dans cette Note ont été obtenues au lac Bosumtwi qui est situé dans le sud du Ghana (fig.), à 30 km au SE de Kumasi. Ce lac s'est formé dans un cratère d'impact météoritique remontant à environ 1 million d'années [1]. Le diamètre du lac est d'environ 7 km avec un bassin versant réduit limité aux parois du cratère. Le grand intérêt de ce site pour les recherches palynologiques et paléoclimatiques vient, d'une part de sa situation en forêt dense humide du type semi-décidu, et d'autre part de sa position à environ 70 km de la limite méridionale des savanes de type soudano-guinéen (fig.). Les sédiments lacustres sont épais en moyenne de 400 m [1]; les sédiments étudiés proviennent d'une carotte de 17 m de long (carotte B-7) prélevée au centre du lac sous 78 m d'eau [2]. Plusieurs datations carbone-14 ont été obtenues avec en particulier une date de $27\,390 \pm 320$ ans B. P. vers la base de cette carotte [3].

Quelques prélèvements effectués dans des petits lacs artificiels proches donnent des informations sur la sédimentation pollinique actuelle. La forêt dense humide semi-décidue est caractérisée par la dominance de plusieurs espèces du genre *Celtis* et par *Triplochiton scleroxylon* ([4], [5]). Cependant actuellement, du fait de l'exploitation forestière, une grande partie de cette forêt est envahie par des « formations secondaires » dominées surtout par *Musanga cecropioides* et *Chlorophora excelsa* ([6], [7]). De 40 à 47 taxons ont été recensés par leur pollen dans les deux échantillons prélevés près de Kumasi (tableau). Il est intéressant de constater que les pollens de *Musanga* (23 à 29 %), *Chlorophora* (8 à 15 %) et *Celtis* (10 %) dominent dans ces deux spectres polliniques. Les faibles pourcentages des pollens de Gramineae (4 à 5 %) sont caractéristiques du milieu forestier.

L'extension d'un élément montagnard dans le sud du Ghana au Pléistocène terminal et à l'Holocène inférieur, entre environ 15 000 et 8 500 ans B. P. (d'autres extensions ont pu avoir lieu antérieurement), est mis en évidence par la présence de pollens d'*Olea hochstetteri* avec des pourcentages compris entre 3 et 8 % (tableau). De tels pourcentages impliquent que cet Olivier devait être relativement proche du lac Bosumtwi. Des restes de cuticules de Gramineae observés dans la même partie de la carotte et déterminés comme appartenant à la

(1 302 m) [14] dans les Monts des Dans (Côte d'Ivoire) [15] à environ 750 km à l'ouest du lac Bosumtwi. Il a été retrouvé plus à l'ouest en Guinée au Mont Ziama, où, entre 1 200 et 1 250 m, en bordure de prairies d'altitude installées sur le sol mince de certaines crêtes, il est une des espèces caractéristiques d'une « association arborescente basse (4 à 10 m) des lisières forestières ». La forêt montagnarde haute (arbres de 20 à 30 m), dont la limite inférieure se situe vers 1 000 m, est caractérisée par *Parinari excelsa*; cette forêt comporte aussi de nombreuses espèces qui s'étendent à basse altitude telles *Piptadeniastrum africanum*, *Chlorophora regia*, *Canarium Schweinfurthii* [16].

L'extension d'*Olea hochstetteri* au Quaternaire récent à proximité du lac Bosumtwi implique que les conditions montagnardes qui règnent actuellement au-dessus de 1 000-1 200 m, devaient alors régner au minimum 300 à 400 m plus bas. En effet le rebord du cratère du Bosumtwi se situe entre environ 300 et 400 m d'altitude, le point le plus haut culminant vers 550 m. En direction du sud-ouest s'étend une étroite chaîne de collines avec des sommets compris entre 400 et 600 m, le plus haut, situé à 13 km du lac, culmine à 707 m.

Pour essayer de reconstituer les phénomènes climatiques qui ont permis une telle extension des conditions montagnardes, il est d'abord nécessaire de connaître les facteurs climatiques et écologiques qui déterminent actuellement la position altitudinale des forêts montagnardes. Cette question complexe a été beaucoup discutée, toutefois tous les auteurs ont abouti à la conclusion que le facteur principal est d'ordre thermique. En effet, la diminution de la température avec l'altitude est assez régulière et par exemple on a calculé sur le Mont Nimba (montagne culminant à 1 752 m et située entre le Ziama et les Dans) que la température diminue en moyenne de 0,6°C lorsqu'on s'élève de 100 m [17]. Par ailleurs, à travers le globe sur la zone intertropicale, il apparaît que l'étage des forêts montagnardes a une température moyenne du mois le plus frais comprise entre 10 et 15°C environ, avec une amplitude thermique annuelle inférieure généralement à 5°C [18]. Cependant les raisons pour lesquelles ces températures relativement basses contrôlent le dynamisme de la végétation montagnarde ne sont pas encore complètement élucidées [19]. Diverses observations montrent que ces basses températures agissent en particulier sur la chaîne des phénomènes qui contrôlent les apports nutritifs à la plante, soit au niveau des feuilles par les mécanismes de la photosynthèse avec surtout l'absorption du CO² [20], soit au niveau des sols en ralentissant les apports minéraux aux racines [19]. Ainsi par exemple la faible évaporation, liée aux températures relativement basses, et les pluies fines qui dominent en altitude ([21], [22]), provoquant un engorgement des sols, ralentissent la dégradation de la matière organique (les sols montagnards sont souvent riches en humus et en débris végétaux), et augmentent l'acidité des sols [19].

Lorsque, d'une région à une autre, on compare l'altitude des formations montagnardes, on constate qu'elle est parfois différente. Ainsi sur des montagnes peu élevées, aux sommets compris entre 1 200 et 2 000 m, comme par exemple sur les Monts des Dans ou sur le Mont

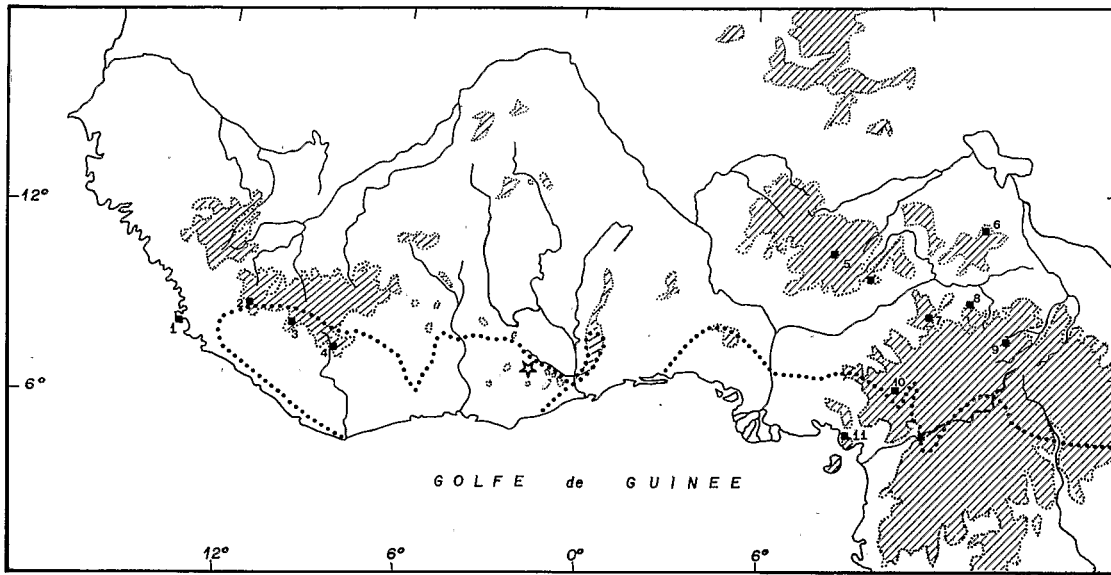
EXPLICATION DE LA PLANCHE

Carte de situation. I, Lac Bosumtwi; II, régions au-dessus de 500 m d'altitude; III, limite de la forêt dense humide; IV, localités actuelles avec *Olea hochstetteri*: 1, collines de Freetown; 2, Mont Tingui; 3, Mont Ziama; 4, Mont Momy; 5, Plateau de Jos; 6, Hosséré Oupay; 7, Mont Vogel; 8, Mont Poli; 9, Mont Nganha; 10, Monts Bamboutos; 11, Mont Cameroun.

Locality map. I, lake Bosumtwi; II, land above 500 m; III, boundary of rain forest; IV, present day localities with *Olea hochstetteri*: 1, Freetown hills; 2, Tingui mountain; 3, Ziama mountain; 4, Momy mountain; 5, Jos plateau; 6, Hosséré Oupay; 7, Vogel mountain; 8, Poli mountain; 9, Nganha mountain; 10, Bamboutos mountains; 11, Cameroon mountain.

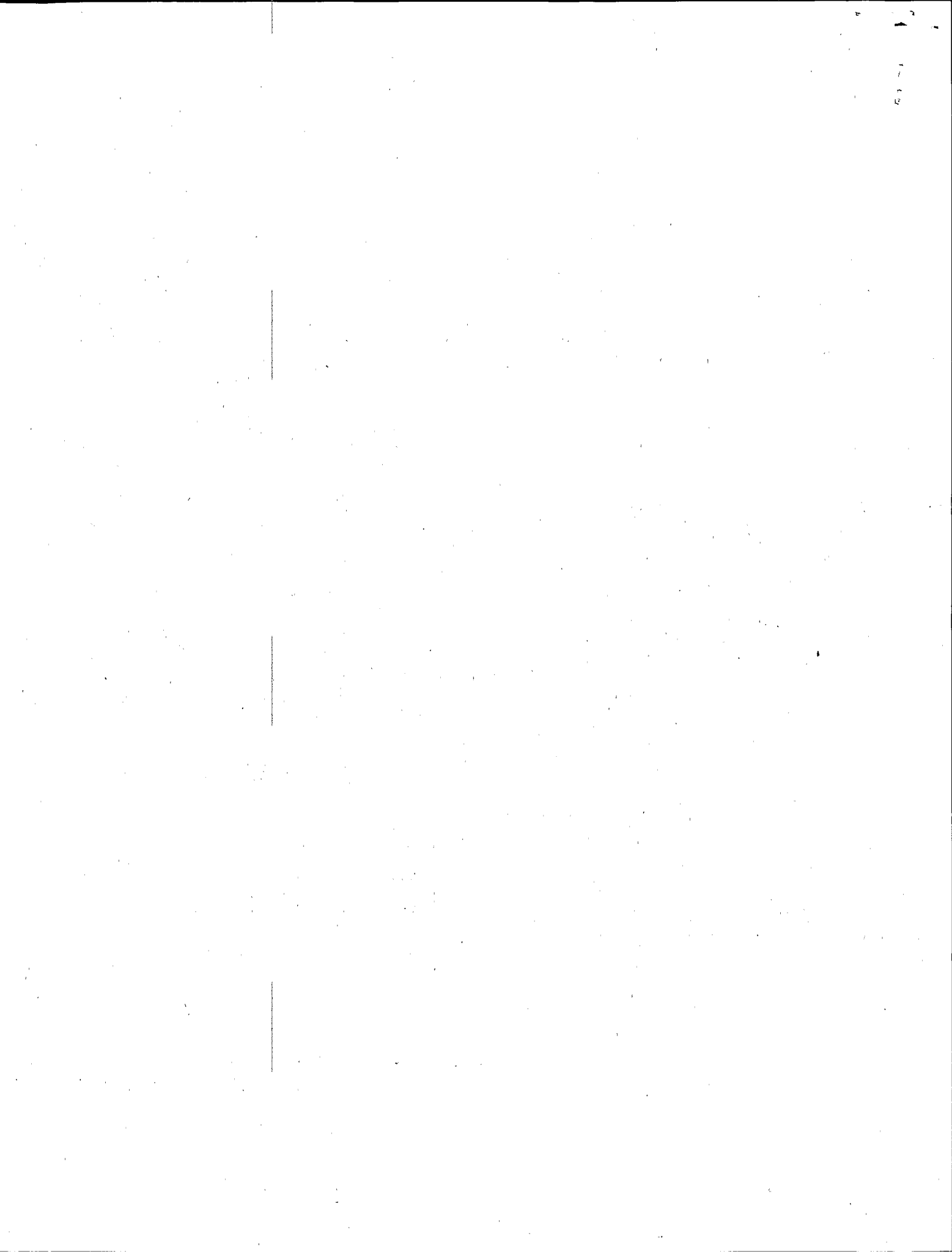
Liste pollinique de sédiments du lac Bosumtwi et de sédiments actuels de la région de Kumasi. La liste pollinique n'est pas complète car les pollens très faiblement représentés dans les différents spectres ont été regroupés. Pour l'ensemble de ces 7 échantillons, 83 taxons arborés et 26 taxons herbacés ont été recensés.

Pollen list of Lake Bosumtwi sediments and recent sediments from the Kumasi region. This pollen list is incomplete because pollen grains with low frequencies have been grouped together. From all 7 examined samples, 83 arboreal taxa and 26 herbaceous taxa have been found.



☆, I; //, II; ····, III; ■, IV.

ECHANTILLONS POLLENS	LAC BOSUMTWI - Carotte B-7										ACTUEL - Région de Kumasi			
	ca.14500 B.P. B-7-3/ 2.4m		ca.13500 B.P. B-7-3/ 1.9m		ca.9000 B.P. B-7-2/ 2.4m		ca.8500 B.P. B-7-2/ 2.0m		ca.7800 B.P. B-7-2/ 1.8m		OWABI 10km NW Kumasi		BAREKESE 20km NW Kumasi	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
Plantes arborées														
<i>Alochornia cordifolia</i> (type)	2	0,7	21	3,7	20	3,3	11	3,9	10	2,3	34	6,9	39	8,1
<i>Antiatropylum</i>											3	0,6	12	2,5
<i>Antiaris toxicaria</i> (type)	4	1,4	3	0,5	4	0,7								
<i>Blighia sapida</i> (type)			4	0,7	1	0,2	2	0,7	3	0,7	1	0,2		
<i>Bosqueia</i>	6	2,1	5	0,9	1	0,2	3	1,0	4	0,9	8	1,6	2	0,4
<i>Canarium Schweinfurthii</i> (type)			7	1,2			2	0,4	2	0,4				
<i>Celtis pentandra</i>			1	0,2	1	0,2					1	0,2	4	0,8
<i>Celtis</i>	24	8,4	37	6,6	11	1,8	30	10,5	79	18,4	48	9,7	50	10,4
<i>Chlorophora</i> (type)	7	2,5	6	1,0	45	7,4	22	7,7	44	10,3	42	8,5	81	16,8
Combratiaceae-Melastomataceae	1	0,3	7	1,2	2	0,3	6	2,0	9	2,1	5	1,0	11	2,3
<i>Diospyros</i>			1	0,2	1	0,2	3	1,0	3	0,7				
<i>Dioscylipremna</i>											3	0,6	2	0,4
<i>Dracaena</i>					1	0,2					4	0,8		
<i>Drypetes</i> (type)							7	2,5	5	1,2				
<i>Elaeis guineensis</i>			8	1,4	3	0,5			1	0,2	9	1,8	12	2,5
<i>Ficus</i>	1	0,3	1	0,2							4	0,8		
<i>Holoptelea</i>	2	0,7	4	0,7	1	0,2	3	1,0	8	1,9	8	1,6	9	1,9
<i>Klainedoxa</i>													4	0,8
<i>Lanea</i> (type)			2	0,3	9	1,5	2	0,7	10	2,3	1	0,2	2	0,4
<i>Lophira</i>			4	0,7	1	0,2	3	1,0	3	0,7	3	0,6		
<i>Macaranga</i>			7	1,2	22	3,6	29	10,1	22	5,1	9	1,8	9	1,9
<i>Mallotus</i>			14	2,5	34	5,6	18	6,3	10	2,3	5	1,0	10	2,1
<i>Musainga</i> (type)			8	1,4			17	5,9	86	20,0	144	29,1	121	25,1
<i>Nauclia</i> (type)	1	0,3			1	0,2	1	0,3	7	1,6				
<i>Olea hochstetteri</i>	7	2,5	18	3,2	48	7,9	4	1,4	2	0,4	3	0,6	1	0,2
<i>Petersianthus macrocarpus</i>									2	0,4			1	0,2
<i>Piptadeniastrum africanum</i>	5	1,7	6	1,0	5	0,8	7	2,4	2	0,4	2	0,4	1	0,2
<i>Pycnanthus</i>			1	0,2	1	0,2	2	0,7	1	0,2	5	1,0	4	0,8
Sapotaceae	2	0,7	5	0,9	4	0,7	2	0,7	6	1,4				
<i>Syzygium</i> (type)	1	0,3			3	0,5	1	0,3	2	0,4	1	0,2		
<i>Tetrorchidium</i>	8	2,8	22	3,9			20	7,0	2	0,4	8	1,6	4	0,8
<i>Trema</i>			6	1,0	7	1,1	2	0,7	3	0,7	15	3,0	20	4,1
<i>Triplachiton</i>			3	0,5	1	0,2	2	0,7	4	0,9	3	0,6	1	0,2
<i>Uapaca</i>			3	0,5	3	0,5	2	0,7	5	1,2			1	0,2
Total des autres Taxons(Nombre)	4(4)	1,4	16(15)	2,9	15(13)	2,5	13(12)	4,5	21(17)	4,9	8(7)	1,6	6(5)	1,2
Plantes herbacées														
<i>Alternanthera</i>					1	0,2					6	1,2		
<i>Celastris trigyna</i> (type)	1	0,3									2	0,4		
Chenopodiaceae-Amaranthaceae	1	0,3			4	0,7					4	0,8	3	0,6
Compositae, tubuliflores	41	14,3	38	6,7	31	5,1	1	0,3	1	0,2	17	3,4	8	1,7
Cyperaceae	162	56,4	226	40,0	291	48,0	6	2,1	6	1,4	26	5,3	22	4,6
Gramineae			1	0,2							11	2,2		
<i>Nymphaea</i>											6	1,2	4	0,8
<i>Pteris</i>											10,2	2,2	4,4	0,9
Spores, type monolète	2	0,7	52	9,2	17	2,8	51	17,8			11	2,2	10	1,9
Urticaceae											1	0,2		
Total des autres Taxons(Nombre)	3(2)	0,9	11(7)	1,9	6(5)	1,0	2(2)	0,7	1(1)	0,2	6(3)	1,2	5(4)	1,0
Indéterminés	2	0,7	16	2,9	11	1,8	14	4,9	19	4,4	4	0,8	4	0,8
Somme de base	287	/	564	/	606	/	286	/	429	/	494	/	482	/



Ziama, la forêt montagnarde apparaît dès 1 000 m, tandis que sur des montagnes plus élevées et plus massives, comme sur la plupart des montagnes du Cameroun, les forêts montagnardes caractérisées en particulier par *Olea hochstetteri* n'apparaissent qu'à partir de 1 500-1 600 m. Les recherches menées sur ce phénomène ont montré que ce décalage altitudinal était dû essentiellement à la position des nuages et des brouillards qui tendent à se situer plus bas sur les montagnes peu élevées en y abaissant ainsi la température [23]. Il en résulte que sur ces montagnes c'est la persistance entre 1 000 et 1 500 m des nuages bas et des brouillards qui permet la présence des forêts montagnardes [19]. Ainsi par exemple le Mont Ziama a entre 300 et 320 jours de brouillard par an [24], ou bien au Mont Nimba, pour une station située à 1 650 m, le mois le plus frais avec une moyenne de 15°C et une amplitude maximale de 3°C, se situe au cœur de l'été, en août, au moment où la montagne est en permanence dans les nuages (saison des « pluies de mousson ») qui donnent des précipitations fines et durables, souvent de véritables crachins [25]. De plus, sur des collines inférieures à 1 000 m, par « effet de crête » [26], les nuages se forment plus facilement et ont tendance à rester accrochés aux sommets. La végétation forestière peut y avoir la même physionomie que celle de l'étage montagnard : arbres petits et tortueux, couverts d'épiphytes [26]. Parfois même on y rencontre quelques espèces typiquement montagnardes comme sur les hautes collines de l'Atewa Range comprises entre 600 et 750 m et situées dans la zone forestière semi-décidue du Ghana à 95 km au SE du lac Bosumtwi. Plusieurs épiphytes à distribution montagnarde y ont été récoltés, ainsi qu'un représentant tropical d'un genre tempéré, *Rubus pinnatus* var. *afrotropicus*, et une espèce qui n'est connue ailleurs qu'aux Monts des Dans et au Nimba, *Hymenocoleus multinervis* [5]. Swaine et Hall [27] concluent aussi que c'est la fréquence des nuages et du brouillard qui a favorisé la persistance de ces espèces montagnardes sur ces collines.

Lorsqu'on observe la variation des pourcentages des pollens d'*Olea hochstetteri* dans les sédiments du Bosumtwi analysés actuellement, on constate une augmentation des pourcentages à partir d'environ 15 000 ans B. P., jusqu'à un maximum de 8 % vers 9 000 ans et une baisse ensuite avec encore 1,4 % vers 8 500 ans et 0,4 % vers 7 800 ans. Or durant toute cette période le niveau du lac Bosumtwi a été dans l'ensemble en forte hausse [28], la transgression maximale étant datée de l'Holocène moyen [9]. Cette longue phase transgressive a été certainement associée à une forte augmentation de la nébulosité. Vu ce qui a été exposé plus haut, il apparaît donc assez clairement que l'extension d'*Olea hochstetteri* dans la région du Bosumtwi, probablement sur la chaîne de collines qui s'étend vers le SW, a résulté de l'accroissement de la nébulosité (nuages bas et brouillards), avec un abaissement concomitant de la température moyenne régionale de 2 à 3°C au minimum. La baisse très marquée des pourcentages des pollens de cet Olivier vers 7 800 ans a dû correspondre à une remontée du plafond nuageux et surtout à un changement des types de nuages, comme on l'a déjà décrit pour la zone nord tropicale africaine ([29], [10]) : au Pléistocène terminal et à l'Holocène inférieur domination des nuages stratiformes et des dépressions quasi stationnaires qui donnent les « pluies de mousson » caractérisées par des pluies fines, à l'Holocène moyen passage aux nuages cumuliformes avec domination des dépressions mobiles qui donnent des pluies orageuses à grosses gouttes et dont les passages sont entrecoupés de journées ensoleillées. En rapport avec ces changements, les pourcentages très élevés des pollens de Gramineae jusque vers 9 000 ans [2] impliquent que la région devait être occupée par une sorte de prairie montagnarde avec des bouquets d'arbres épars appartenant non pas à la flore arborée des savanes soudano-guinéennes mais à celle de la flore forestière semi-décidue actuelle (tableau), avec par exemple *Canarium Schweinfurthii* qui s'étend actuellement à la forêt montagnarde [16] et dont de nombreuses empreintes de feuilles

En conclusion, on voit donc que cette extension d'un élément montagnard et l'abaissement