

ESPÈCES LIGNEUSES THERMOPHILES DE LA FLORE TARDIGLACIÈRE ET POSTGLACIÈRE DU COURS INFÉRIEUR DE LA RIVIÈRE PUTNA, DANS LE DÉPARTEMENT DE VRANCEA

I. A. LUPU, FI. ROMAN

7 subfossile Holzproben, stammend aus den Schichten unter den Alluvionen des Flusses Putna, wurden anatomisch und physikalisch-chemisch untersucht. Sie wurden mit anderen 9 fossilen (15 000 000–30 000 000 Jahre geologisches Alter), subfossilen (2 500 Jahre geologisches Alter) und rezenten Holzproben verglichen.

Die Fossilisierungskoeffizienten (F_k) wurden aufgrund des Verhältnisses zwischen dem prozentuellen Gehalt an organischer Substanz (Polysaccharide) und an Mineralstoffen (Asche) der absolut trockenen fossilen und subfossilen Hölzer berechnet. Das ungefähre geologische Alter (τ) der 7 fossilen Holzproben wurde mittels einer originellen Formel bestimmt, deren Genauigkeit ± 5 beträgt.

Es wurden 4 thermophyle Holzarten aus dem betreffenden Waldgebiet identifiziert : *Cornus mas* (11 500 Jahre), *Corylus colurna* (10 400 Jahre), *Quercus pubescens* (5 300 Jahre), *Quercus cf. frainetto* (5 300 Jahre) und 2 Arten aus der Flußbau : *Ulmus minor* (5 200 Jahre) und *Alnus glutinosa* (2 500 Jahre). Der Gehalt an Mineralstoffen der subfossilen Holzproben variiert mit dem geologischen Alter zwischen 5,40% bei *Cornus mas* und 1,23% bei *Alnus glutinosa*.

Introduction

Sur les rives abruptes de la rivière de Putna, dans la zone afférente à la plaine, sur une longueur de 30 km environ, on observe la présence d'un sol enfoui (Fig. 1 : Sf) couvert d'une couche loessoïde dont l'épaisseur est de 4–5 m. Le sol fossile enfoui est brun-roux, compact, ayant une profondeur moyenne de 1,30 m. La réaction de celui-ci est alcaline (pH=8.4

8, 5) ; l'humus conservé diminue de haut en bas (4,1–2,1%) ; les carbonates oscillent en profil (7,1–5,9%), tout comme la fraction argileuse (60,6–45,5%).

Dans l'épaisseur de la couche loessoïde couvrante se trouvent, englobés sporadiquement, à différentes profondeurs, des arbres sous-fossiles en position horizontale (Fig. 2, 3).

En amont de la localité de Boşîrlău, dans le département de Vrancea, on a extrait sept preuves de ces arbres sous-fossiles, demeurant ici „in situ“. Dans le laboratoire, on a suivi principalement deux aspects : l'identification des espèces ligneuses et la datation géologique approximative des preuves respectives, à partir d'un matériel similaire dont l'âge nous est connu [4, 7, 8, 13].

La paléoespèce *Quercoxylon justiniani* Petrescu 1978 [13] de Cluj, dans le département de Sălaj, datant stratigraphiquement de l'Oligocène-stampien, conserve encore, après 30 000 000 d'années, 0,66 % de restes de substances organiques spécifiques au bois, ayant maintenant un niveau de minéralisation de 99,34 %.

Le célèbre chimiste ouest-allemand D. Fengel de Munich, auteur de nombreux travaux sur la chimie du bois fossile, analysant un groupe de trois „diverses espèces dures“, vieilles de 20 000 000 d'années, a trouvé encore 1 % de restes de substances organiques et, respectivement, 99 % de substances minérales [4].

La paléoespèce sarmatienne *Quercoxylon praebrinnetto* Lupu, 1984 [8] de Mirosălvești, dans le département de Iași, garde encore, après 15 000 000 d'années, 1,32 % de restes de substances organiques et, respectivement, 98,68 % de substances minérales.

Les chimistes polonais D. Krutul et J. Kokoń [7], ayant utilisé le spectrophotomètre d'absorption atomique, ont déterminé le contenu en substances minérales pour six bois de *Quercus* sp., vieux de 2 500 ans, conservés dans des conditions similaires à ceux extraits de la couche de loess. Après 2 500 ans de fossilisation, les prélèvements polonais contiennent 1,24 % de substances minérales (des composés de Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, K, Na, Zn, et surtout de Si), tandis que le bois actuel du *Quercus* contient seulement 0,38 de sels minéraux.

Ces quatre catégories de bois fossiles et sous-fossiles ont servi à l'établissement d'une courbe du deuxième ordre, concernant la variation dans le temps géologique des substances organiques et du calcul de la période moyenne de réduction de celles-ci [1, 12, 21] par fossilisation ($202\ 020 \pm 2\%$).

Méthode de travail

Après un long séchage, une partie du matériel ligneux, destiné aux préparations microscopiques, a été conservée pendant 24 heures dans un mélange fondu de paraffine (80 %) et de colophane (20 %). Les sections microscopiques orientées ont été obtenues par dilution progressive avec du carborundum à granulutions décroissantes.

Une autre partie du matériel a été moulu et passé par un tamis à mailles d'un millimètre, en vue de la calcination. Pour l'élimination totale de l'eau qui n'a pas pris chimiquement, la poudre ligneuse a été réchauffée jusqu'à 105°C et puis pesée à l'aide de la balance analytique. Le matériel complètement séché a été calciné à la température de 600°C et la cendre pesée. On a soumis à la calcination deux prélèvements de bois fossiles roumains [8, 13] et cinq actuels, tous en vue de la comparaison avec les prélèvements sous-fossiles. Pour les preuves nos. 6 et 7, on a déterminé les polysaccharides dans leur totalité, par une méthode rapide, indirecte [18]

Résultats obtenus

Dans le tableau I, on compare les sept prélèvements de bois sous-fossile de la couche loessoïde couvrante, à neuf autres échantillons fossiles, sous-fossiles et actuels, tant sur la base de certaines données de la littérature de spécialité [2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 16, 17, 19, 22], que sur la base des recherches propres.

TABLEAU I

Comparaison de quelques éléments anatomiques et propriétés physico-chimiques pour des bois actuels, sous-fossiles et fossiles:

No. échantillon	Espèce	Site d'extraction	Longueur des anneaux de croissance (mm)	Diamètre tangentiel des vaisseaux ligneux: (μ)		P: p	No. des vaisseaux ligneux par mm ² [(IP + p) / mm ²]	Pourcentage de bois final (tardif) (%)	Densité spécifique apparente (g./cm ³)	Composition du bois absolument sec (%)		Coefficient de fossilisation (F _k) $F_k = \frac{O_T (\%)}{M_T (\%)}$	Âge géologique (années) (T) $T = \frac{T_{1/2}}{F_k}$ T _{1/2} = 202.020 années ± 2%	
				Initiaux (IP)	Finals (p)					Substances organiques (polysaccharides) (O _T)	Substances minérales (cendre) (M _T)			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
-	<i>Quercoxylon justiniani</i>	Clit - Salaj	-	135 ^o	75 ^o	2:1	10 ^o	-	2,37	0,66	99,34	0,006.644	30.404.381 ± 5 %	Oligocène: Stampien
-	"Espèces dures"	R. F. d'Allemagne	-	-	-	-	-	-	-	1,00 ^o	99,00 ^o	0,010.101	20.000.000 ^o	Miocène
-	<i>Quercoxylon praefrainetto</i>	Miroslavesti - Iasi	4,0	220	29	8:1	24	74	2,35	1,32	98,68	0,013376	15.103.169 ± 5 %	Miocène: Sarmatien
-	<i>Quercus sp.</i>	Latoszyn - Pologne	-	280 ^o	-	-	-	-	-	98,76 ^o	1,24 ^o	79,645.161	2.500 ^o	Quaternaire: Sous-atlantique
6	<i>Cornus mas</i>	Botirlău - Vrancea	2,1	53	39	1:1	68	62	1,06	94,60	5,60	17.518.518	11.532	Quaternaire: Per. tardiglaciaire
-	<i>Cornus mas</i>	Jardin botanique de Iassy	2,3	48	36	1:1 ^o	85 ^o	58	0,97 ^o	99,28	0,72	-	actuel	
7	<i>Corylus colurna</i>	Botirlău - Vrancea	4,1	61	27	2:1	380	64	0,59	95,11	4,89	19.449.897	10.387 ± 5 %	Quaternaire: Per. tardiglaciaire
-	<i>Corylus colurna</i>	Jardin botanique de Iassy	4,6	82	38	2:1 ^o	400 ^o	62	0,46	99,65	0,35	-	actuel	
4	<i>Quercus pubescens</i>	Botirlău - Vrancea	2,3	285	57	5:1	70	66	0,90	97,43	2,57	37.910.505	5.329 ± 5 %	Quaternaire: Atlantique
2	<i>Quercus cf. dalechampii</i>	Botirlău - Vrancea	4,6	282	44	6:1	45	72	0,85	97,45	2,55	38.215.686	5.286 ± 5 %	Quaternaire: Atlantique
3	<i>Quercus cf. dalechampii</i>	Botirlău - Vrancea	4,4	290	49	6:1	46	72	0,82	97,46	2,54	38.170.078	5.265 ± 5 %	Quaternaire: Atlantique
-	<i>Quercus dalechampii</i>	Jardin botanique de Iassy	3,8	279	44	6:1 ^o	75 ^o	68	0,65	99,62	0,38	-	actuel	
1	<i>Ulmus minor</i>	Botirlău - Vrancea	3,6	210	30	7:1	72	70	0,57	97,51	2,49	39.160.642	5.159 ± 5 %	Quaternaire: Atlantique
-	<i>Ulmus minor</i>	Jardin botanique de Iassy	3,2	180	26	7:1 ^o	60 ^o	64	0,52 ^o	99,58	0,42	-	actuel	
5	<i>Ainus glutinosa</i>	Botirlău - Vrancea	7,2	170	71	2:1	175	72	0,75	98,77	1,23	80.300.813	2.516 ± 5 %	Quaternaire: Sous-atlantique
-	<i>Ainus glutinosa</i>	Jardin botanique de Iassy	5,3	110	65	2:1 ^o	180 ^o	66	0,47 ^o	99,64	0,36	-	actuel	

^o) D'après la littérature (bibl.)

De la colonne 3 — la largeur des anneaux annuels — ne résultent pas de différences significatives de croissance annuelle en grosseur, entre les arbres sous-fossiles et les actuels. En outre, ces croissances annuelles en grosseur sont semblables à celles du *Quercoxylon praefrainetto* du sarmatien. Un groupe de 27 paléoespèces de *Quercoxylon*, datées de l'Oligocène jusqu'au Pléistocène, la plupart provenant des travaux de C. Privé [16] et de I. Petrescu [13] mais qui ne figurent pas dans le tableau I — présentent une largeur moyenne des anneaux de 2,4 mm, et la même moyenne pour les trois bois sous-fossiles de *Quercus* est de 3,8 mm.

Les valeurs inscrites dans les colonnes 4-7 ont servi à la vérification de l'identification d'après les clefs [5, 6] des espèces ligneuses sous-fossiles.

Les bois fossiles du *Quercoxylon* de l'Oligocène et du Miocène ont les vaisseaux ligneux initiaux (du printemps) plus étroites de 53% et, respectivement, de 23%, par rapport aux sous-fossiles. En comparant les diamètres tangentiels moyens des vaisseaux ligneux initiaux, entre les mêmes vingt-sept paléoespèces du *Quercoxylon* [13, 16] et les espèces du *Quercus* sous-fossiles et actuelles, nous faisons les constatations suivantes : sept bois de l'Oligocène — 217 μ ; 14 bois du Miocène — 264 μ ; 5 bois du Pliocène — 240 μ ; 1 bois du Pléistocène — 289 μ ; 3 bois sous-fossiles de l'atlantique de la rivière de Putna — 285 μ ; le bois actuel — 279 μ . Il en résulte que les bois sous-fossiles ci-analysés ont les vaisseaux ligneux initiaux de 13% plus larges, par rapport à la moyenne de toutes les catégories fossiles, bien que les exceptions à cette règle ne manquent pas. On observe encore un élargissement progressif des mêmes vaisseaux initiaux, à partir de l'Oligocène jusqu'à l'actuel : 76%, 93%, 84%, 101%, 100%, 98%.

L'explication de ce sens de l'évolution doit être recherchée dans le passage du climat oligocénique soustropical, vers le miocénique chaud-tem-péré, puis tempéré-chaud dans le Pliocène et actuellement tempéré-continent-al, avec la réduction progressive de la température et des précipitations, ainsi que dans la modification de leur distribution le long d'une année.

Le rapport entre le diamètre tangentiel des vaisseaux initiaux et les vaisseaux finals de la colonne 6 a une signification spécifique, vu qu'il sert à l'identification des espèces ligneuses, mais surtout une signification évolutive, de distanciation progressive de leur grosseur, à cause des modifications de la répartition des précipitations annuelles au cours du temps géologique.

L'évolution du nombre de vaisseaux ligneux sur mm^2 de section trans-versale, de la colonne 7, démontre la plasticité d'adaptation des plantes aux conditions du milieu, qui changent continuellement. Ainsi, le bois fossile de l'Oligocène a six fois moins de vaisseaux sur mm^2 , et celui du Miocène en a 2,5 fois moins, par rapport au bois sous-fossile et actuel. Dans les paléoclimats oligocène et miocène, à précipitations abondantes, les densités réduites des vaisseaux étaient pourtant satisfaisantes. Le même aspect est mis en évidence par le sous fossile et l'actuel.

De la colonne 8 — pourcentage de bois tardif — on observe que le bois de Miocène a le bois tardif de 16% plus développé, et les sous fossiles atlantiques de 6%, par rapport aux bois témoins actuels. À cause des températures plus élevées et de l'évapotranspiration plus intense pendant les époques respectives, on peut supposer que le pourcentage de précipitations de la seconde partie de la saison de végétation a été beaucoup plus élevé que 16% et, respectivement, 6%.

Dans la colonne 9, on observe que les bois fossiles de l'Oligocène et du Miocène, comme suite du processus de minéralisation avancé, ont la densité

spécifique apparente trois fois plus grande, par rapport à celle des bois sous-fossiles et actuels. À leur tour, les bois sous-fossiles ont une densité spécifique apparemment supérieure de 16% par rapport aux bois actuels. La croissance de la densité spécifique apparente du bois fossile et sous-fossile est une fonction complexe, qui dépend du temps géologique écoulé depuis l'inclusion du matériel, de la qualité du milieu conservant etc.

De l'analyse de la composition du bois complètement séché, dans les colonnes 10 et 11, il résulte le contenu différent de substances organiques (polysaccharides) et de sels minéraux (cendre), comme une fonction courbe qui dépend de l'âge géologique, le processus de minéralisation étant toujours plus lent vers la fin.

Le rapport entre le contenu en pourcents de substances organiques (O_r %) et celui de sels minéraux (M_r %) du bois fossile et sous-fossile, a servi au calcul du coefficient de fossilisation (F_k) de la colonne 12.

À l'aide d'une formule originale, dans la colonne 13, on a calculé l'âge géologique approximatif (τ) des bois sous-fossiles de la couche loessoïde couvrante. L'âge géologique est directement proportionnel avec la période de réduction de moitié des substances organiques du bois ($\tau_{\frac{1}{2}}$) et inversement proportionnel avec la valeur du coefficient de fossilisation (F_k).

La période de réduction des substances organiques pendant le processus de fossilisation a une valeur spécifique pour chaque espèce végétale, séparément, en fonction de la composition chimique initiale du bois, de sa structure anatomique, de la nature du milieu conservant etc. $\tau_{\frac{1}{2}}$ a des valeurs plus grandes pour les *Gymnospermae*, dont le bois est muni de cellules et de canaux résinifères, qui retardent beaucoup la minéralisation des bois par la fossilisation. Ainsi, pour l'âge géologique de 20 000 000 ans, D. Fengel [5, 6] trouve encore 12% de polysaccharides dans les bois de „résineux mous“ et seulement 1% dans les „feuillus durs“.

Vu l'impossibilité d'une documentation plus ample, dans l'ouvrage ci-présent on a adopté une valeur moyenne (202 020 ans \pm 2%) pour la période moyenne de réduction des substances organiques en bois, par la fossilisation en milieu à prépondérance siliceuse, dans le cas des angiospermes.

Discussions des résultats

La recherche des bois sous-fossiles des alluvions de la rivière de Putna a mené à l'identification de quatre espèces thermophiles de forêt zonale (*Cornus mas*, *Corylus colurna*, *Quercus pubescens*, *Quercus cf. dalechampii*) et de deux espèces de prairie (*Alnus glutinosa*, *Ulmus minor*).

L'espèce la plus intéressante en est *Corylus colurna*, qui présente une densité de 400 vaisseaux ligneaux sur mm². Aujourd'hui, elle est répandue dans les Balkans, l'Asie Mineure, le Caucase, la Perse nordique, l'Himalaya [20]. En Roumanie, elle végète sporadiquement, mais vigoureusement, dans le Banat et le Nord de l'Olténie, étant protégée dans les réservations de Domogled et de Beuşniţa [15]. Nous ne savons pas si, dans le bassin de Putna, on a signalé le *Corylus colurna* à l'état spontané.

Il semble qu'à cause des oscillations survenues à partir de la période tardiglaciaire jusqu'à nos jours, *Corylus colurna* ait disparu des environs de Cotul Carpaţilor, descendant d'un demidegré par latitude sur le territoire actuel de la Roumanie.

Corylus colurna et *Cornus mas* ont végété dans le bassin de la Putna à la fin du Pléistocène supérieur (tardiglaciaire), à l'époque du pin, fort probab-

lement à la limite du pinède aride et peu aride (10 000–11 000 ans \pm 5%). Il est évident que, du point de vue de l'âge géologique, ces deux espèces se détachent nettement de tous les arbres subfossiles. Elles ont appartenu à un type de flore spécifiquement tardiglaciaire dans les conditions d'une température moyenne annuelle d'approximativement +9°C et des précipitations annuelles d'environ 500 mm.

Le second groupe d'espèces subfossiles (*Quercus pubescens*, *Quercus cf. dalechampii*, *Ulmus minor*), pour la plupart thermophylles, ont végété dans le Bassin de la Putna vers la fin de l'atlantique (5 200–5 300 ans \pm 5%) dans les conditions de l'optimum climatique postglaciaire. Ce qui le prouve, c'est la densité réduite de vaisseaux ligneux par unité de surface supposant un climat nettement humide mais aussi le pourcentage élevé de bois tardif, réalisable uniquement dans des conditions d'humidité satisfaisante dans la seconde moitié de la saison de végétation.

La dernière espèce, *Alnus glutinosa*, qu'on rencontre dans le lit de la Putna, en dehors du „dépôt“ de bois subfossile, est aussi la plus récente (2 516 ans \pm 5%). Celle-ci, appartenant à un type actuel de flore, a végété à l'époque du subatlantique.

L'analyse des bois subfossiles des alluvions de la Putna a une signification toute particulière. A présent cette rivière n'a pas et n'a, fort probablement, eu, ni même au postglaciaire, une végétation proprement dite de forêt des bord de rivière. Pendant les crues des cours d'eau du postglaciaire, la Putna a englouti sous ses alluvions surtout des arbres de la végétation ligneuse zonale, indépendante des sols alluviaux humides et de l'atmosphère humide. On réalise de la sorte un contact avec la paléoflore tardiglaciaire et postglaciaire représentée par la forêt zonale proprement dite.

Vu la position „in situ“ et l'âge géologique des arbres subfossiles de la couche loessoïde couvrante, on est amené à poser que le sol fossile enseveli aurait pu achevé son évolution le plus tard à l'époque favorable à la végétation apparue entre les glaciations pléistocènes. On peut affirmer avec certitude que la couche loessoïde couvrante s'y est déposée comme résultat des phénomènes climatiques à partir du tardiglaciaire jusqu'à nos jours.

L'inclusion tant soit peu massive des arbres atlantiques sous la couche loessoïde couvrante n'aurait été possible que sous l'influence des crues considérables des cours d'eau provoquées par un régime pluvial abondant et souvent tumultueux comme le fut celui de la période climatique atlantique.

B I B L I O G R A P H I E

1. BARCAU, I., 1980 — *Determinarea ordinului unei reacții chimice*. Rev. de fiz. și chim., XVII, 4 : 132–134
2. BOUREAU, ED., 1957 — *Anatomic végétale*, III, Paris
3. FENGEI, D., 1974 — *Polysaccharide in fossilen Hölzern*. Naturwissenschaften, 61 Jahring, Heft 10 : 450–451
4. FENGEI, D., — *Untersuchung von fossilen Holzproben mit Hilfe elektronenmikroskopischer und chemischer Methoden*. Holz als Roh- und Werkstoff 34, no 12 : 459–463
5. GHEI-MEZIU, N. G., SUCIU, P. N., 1959 — *Identificarea lemnului*, Ed. Tehn., București
6. GREGUSS, P., 1954 — *Bestimmung der Mitteleuropäischen Laubbölzer und Straucher*, Szeged
7. KRUFUL, D., KOKOŃ, J., 1982 — *Inorganic constituents and scanning electron microscopic study of fossil oak wood*. Holzforschung und Holzverwertung, 34 (5) : 69–77
8. LUPU, I.A., 1984 — *Étude d'un bois de chêne fossile provenant de l'interfleuve Siret — Moldova (Roumanie)*. Univ. Iasi Muz. de Ist. Nat., vol. festiv 150 de ani... : 369–372

9. LUPU, I.A., ROMAN, FL., AGHERGHINEI, I., 1984 — *Încercare de datare pentru arbori subfostiți de Ulmus L., extrași de sub aluviunile văii Stretului inferior*. Univ. Iași Muz. de Ist. Nat., vol. festiv 150 de ani... : 373—378
10. LUPU, I.A., ROMAN, FL., 1985 — *Cercis siltquastrum L., specie lemnoasă termofilă prezentă în flora postglaciară din Bazinul Stretului inferior*. An. șt. Univ. Iași, s. II a, Biol., t. XXXI : 79—82
11. MACAROVICI, N., 1968 — *Geologia Cuaternarului*, Ed. Didact. și Pedagog., București,
12. MĂRCULEȚIU, V.F. et al., 1981 — *Aplicații de calcul în chimia generală și anorganică* Ed. Tehn., București
13. PETRESCU, I., 1978 — *Studiul lemnului fosil din Oligocenul din nord-vestul Transilvaniei*. Mém. Inst. de géol. et géoph., XXVII, Bucarest
14. PETRESCU, I., DRAGASTAN, O., 1981 — *Plante fosile*, Ed. Dacia, Cluj-Napoca
15. POP, E., SĂLĂGEANU, N., 1965 — *Monumente ale naturii din România*, Ed. Meridiane, București
16. PRIVÉ, C., 1975 — *Étude de quelques bois de chênes tertiaires du Massif Central, France*. Paleontographica, Abt. B. 153, Lgf. 4—6, Stuttgart
17. SIMIONESCU, CR. et al., 1964 — *Chimia lemnului din R.P.R.*, Ed. Acad., București,
18. SMELSTORIUS, J.A., 1975 — *Rapid indirect method for determining total polysaccharide content of wood and bark of an Angiosperm*. Holzforschung, 29, no 1 : 32—36
19. SUCIU, P., 1975 — *Lemnul — structură, proprietăți, tehnologie*, Ed. Ceres, București
20. TUTIN, T. G., et al. 1964, 1968 — *Flora Europaea*, t. I, II, Edit. Cambridge
21. URSEANU, Fl. et al., 1978 — *Probleme de chimie și de tehnologie chimică*. Ed. Tehn., București
22. VANIN, S.I., 1953 — *Studiul lemnului*, București.

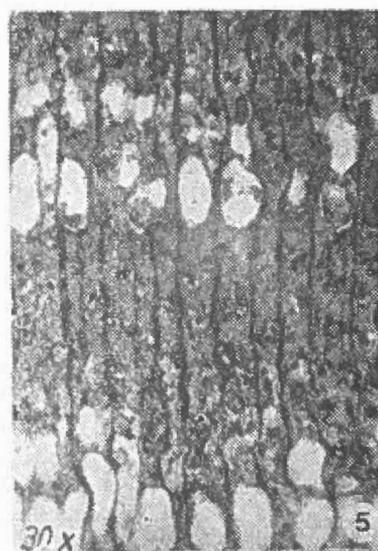
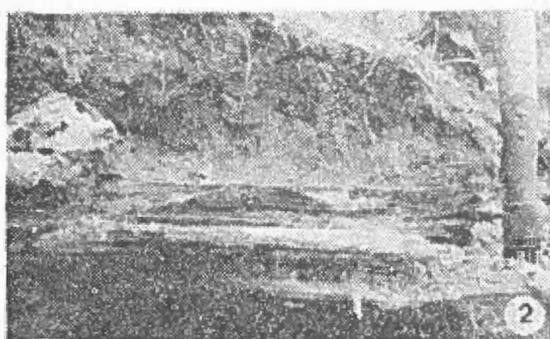
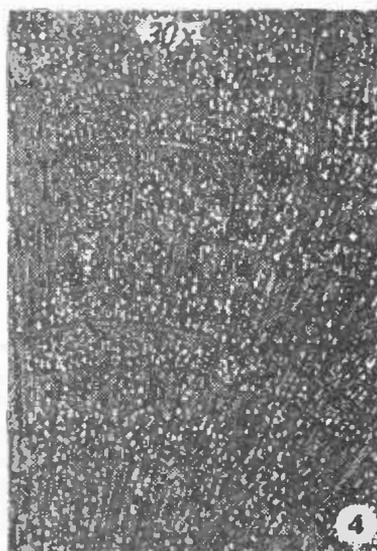
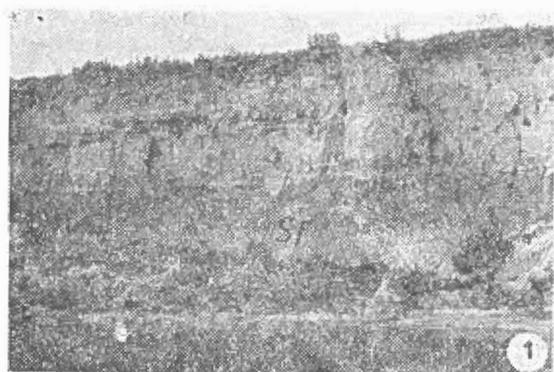


Fig. 1 — Sol fossile (Sf) enseveli par une couche couvrante de loess, rive gauche de la Putna ;
 Fig. 2 — *Quercus cf. dalechampii* (nr. 3) englobé par la couche de loess ; Fig. 3 — *Cornus mas*
 (nr. 6) englobé par la couche de loess ; Fig. 4 — *Corylus colurna* : section transversale ; Fig. 5 —
Ulmus minor : section transversale.