

ADMINISTRATION DES MINES — BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN

Annales des Mines

DE BELGIQUE



Annalen der Mijnen

VAN BELGIE

Direction - Rédaction :

INSTITUT NATIONAL DES
INDUSTRIES EXTRACTIVES

Directie - Redactie :

NATIONAAL INSTITUUT VOOR
DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

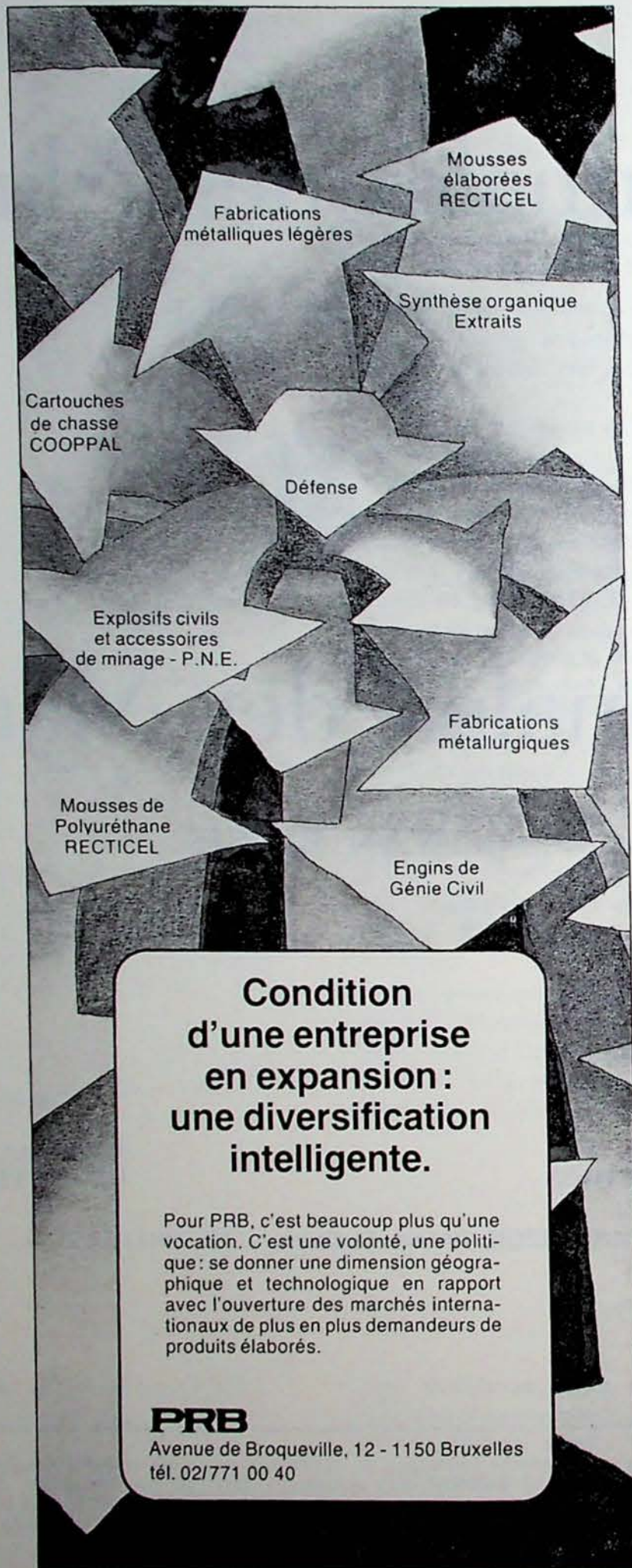
4000 LIEGE, 200 rue du Chéra — Tél. (041) 52 71 50

Renseignements statistiques. - Statistische inlichtingen. — Apport des techniques récentes en palynologie, Liège, septembre 1977 : Exposés par M. ABADIE, G. LACHKAR, J.-C. AUDRAN, J. DENIZOT, I.-K. FERGUSON, A. LE THOMAS, D. LO-BREAU-CALLEN, M.-V. LOCQUIN, B. LUGARDON, M.A. NABLI, F. PARIS. — P. LEDENT : L'avenir du charbon dans le bilan énergétique mondial. - De toekomst van de steenkool in de wereld-energiebalans. — INIEX-NIEB : Evolution des soutènements dans les tailles et les voies de chantier en Belgique. - Evolutie van de ondersteuning in de pijlers en de werkplaatsgalerijen in België. — INIEX : Revue de la littérature technique. — Bibliographie.

FEVRIER 1978

Mensuel — N° 2 — Maandelijks

FEBRUARI 1978



Mousses
élaborées
RECTICEL

Fabrications
métalliques légères

Synthèse organique
Extraits

Cartouches
de chasse
COOPPAL

Défense

Explosifs civils
et accessoires
de minage - P.N.E.

Fabrications
métallurgiques

Mousses de
Polyuréthane
RECTICEL

Engins de
Génie Civil

**Condition
d'une entreprise
en expansion:
une diversification
intelligente.**

Pour PRB, c'est beaucoup plus qu'une vocation. C'est une volonté, une politique: se donner une dimension géographique et technologique en rapport avec l'ouverture des marchés internationaux de plus en plus demandeurs de produits élaborés.

PRB

Avenue de Broqueville, 12 - 1150 Bruxelles
tél. 02/771 00 40

ANNALES DES MINES

DE BELGIQUE

n° 2 — février 1978

ANNALEN DER MIJNEN

VAN BELGIE

nr. 2 — februari 1978

Direction-Rédaction :

**INSTITUT NATIONAL
DES INDUSTRIES EXTRACTIVES**

4000 LIEGE, 200, rue du Chéra — TEL. (041) 52 71 50

Directie-Redactie :

**NATIONAAL INSTITUUT
VOOR DE EXTRACTIEBEDRIJVEN**

Sommaire - Inhoud

Barwagnemens statistiques.

Statistische mijningen 116

APPORT DES TECHNIQUES RECENTES EN PALYNOLOGIE

Liège, 19-23 septembre 1977

Avant-propos 121

M. ABADIE, G. LACHKAR : observations nouvelles sur le G. Schopfipollenites, R. Potonié et Kremp
1954 125

J.-C. AUDRAN : Présentation de quelques transformations structurales et texturales des exines de
Cycadales traitées par l'acétolyse, puis fixées par le permanganate de potassium 133

J. DENIZOT : Au sujet de la solubilité de l'exine dans l'éthanolamine 143

I.-K. FERGUSON : Technique utilisant le méthylate de sodium comme solvant de la résine époxy
des blocs d'inclusion « type MET » pour les observations de l'exine des grains de pollen 153

A. LE THOMAS : Possibilités et limites des diverses techniques d'observation dans le cas de deux
pollens d'annonacées 159

D. LOBREAU-CALLEN : L'aperture composée des Rubiaceae 167

M.-V. LOCQUIN : Utilisation de la lumière polarisée pour l'étude des Chitinomycètes ou Chitino-
zoaires 175

B. LUGARDON : Bilan des recherches récentes sur le sporoderme des Ptéridophytes 177

M.-A. NABLI : Apport des études ontogéniques et morphologiques en microscopie électronique pour
la compréhension de l'ultrastructure de l'exine 183

F. PARIS : Apports du microscope électronique à balayage dans l'étude des Chitinizoaires opaques 193

P. LEDENT : L'avenir du charbon dans le bilan énergétique mondial.
De toekomst van de steenkool in de wereld-energiebalans 203

INIEX-NIEB : Evolution des soutènements dans les tailles et les voies de chantier en Belgique
Evolutie van de ondersteuning in de pijlers en de werkplaatsgalerijen in België 219

INIEX : Revue de la littérature technique 229

Bibliographie 244

Reproduction, adaptation et traduction autorisées en citant le titre de la Revue, la date et l'auteur.

EDITION - ABONNEMENTS - PUBLICITE - UITGEVERIJ - ABONNEMENTEN - ADVERTENTIES

1050 BRUXELLES ● EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES ● 1050 BRUSSEL

Rue Borrens, 35-43 - Borrensstraat — TEL. 640 10 40

BELGIQUE-BELGIE

MINES DE HOUILLE - STEENKOLENMIJNEN

OCTOBRE-OCTOBER 1977

BASSINS MINIERES MIJNBEEKENS	Production nette Netto produktie t	Consomm. propre et Fournit. au pers. Eigen verbr. en le- vering aan het pers.	Stocks Voorraden t	Jours ouvrés Gewerkte dagen	PERSONNEL — PERSONEEL										Grisou capté et valorisé Opgevangen en gevaloriseerd mijngas m ³ à 8,500 kcal 0° C - 760 mm Hg		
					Nombre d'ouv. présents Aantal aanwezig arb.		Indices - Indices			Rendement (kg) Rendement (kg)		Présences (1) Aanw. (%)		Mouvem. main-d'œuvre Werkkrachten schomm.			
					Fond Ondergrond	Fond et surface Onder- en bovengrond	Taille Pijlter	Fond Ondergrond	Fond et surface Onder- en bovengrond	Fond Ondergrond	Fond et surface Onder- en bovengrond	Fond Ondergrond	Fond et surface Onder- en bovengrond	Belges Belgen		Etrangers Vreemdel.	Total Totaal
Sud - Zuiden	53.006	10.001	67.567	17,89	1.991	3.084	0,280	0,776	1,225	1.289	817	62,72	68,84	- 151	- 406	- 557	2.145.147
Campine - Kempen	512.594	28.703	699.527	20,00	11.125	14.509	0,098	0,423	0,556	2.362	1.799	85,47	87,12	- 50	+ 6	- 44	1.720.375
Le Royaume - Het Rijk	565.600	38.704	767.094	19,64	13.142	17.584	0,115	0,456	0,618	2.191 ²	1.617 ²	81,24	83,49	- 201	- 400	- 601	3.865.522
1977 Septembre - September	536.592	36.170	851.158	21,87	11.903	16.361	0,118	0,472	0,655	2.119	1.528	76,84	80,03	+ 10	- 41	- 31	3.203.772
Août - Augustus	503.179	28.174	1.033.482	21,85	11.530	16.112	0,108	0,454	0,642	2.205	1.558	81,02	83,55	+ 45	- 170	- 125	3.192.195
1976 Octobre - Oktober	574.206	38.604	1.153.191	20,75	13.344	18.206	0,120	0,478	0,660	2.093	1.515	77,49	80,53	- 51	- 58	- 109	2.910.987
1974 M.M.	675.915	46.823	243.710	20,06	14.579	20.472	0,130	0,444	0,629	2.254	1.590	80,70	83,26	- 758	+ 152	+ 606	5.034.404
1970 M.M.	1.022.392	93.227	214.909	18,80	21.479	30.162	0,157	0,438	0,625	2.284	1.599	83,13	85,37	- 151	- 146	- 297	4.555.460
1969 M.M.	1.100.040	90.639	630.744	19,57	25.339	35.067	0,170	0,473	0,664	2.112	1.506	82,37	84,54	- 381	- 4830	- 8221	5.783.024
1968 M.M.	1.233.846	94.468	1.735.082	20,28	30.101	40.787	0,184	0,506	0,705	1.976	1.418	83,55	85,55	- 200	- 315	- 515	5.393.912
1966 M.M.	1.458.276	104.342	3.045.509	19,72	40.231	54.455	0,219	0,569	0,787	1.758	1.270	85,07	86,66	- 435	- 617	- 1052	4.938.413
1964 M.M.	1.775.376	118.885	1.488.665	21,33	50.710	68.032	0,237	0,635	0,866	1.574	1.155	83,71	85,66	- 291	+ 323	+ 32	5.514.722
1962 id.	1.768.804	124.240	1.350.544	21,56	52.028	71.198	0,224	0,610	0,852	1.624	1.156	81,17	83,82	- 411	+ 2	- 409	5.848.183
1960 id.	1.872.443	176.243	6.606.610	20,50	51.143	71.460	0,268	0,700	0,983	1.430	1.018	81,18	83,70	- 753	- 745	- 1498	5.702.727
1956 id.	2.455.079	254.456	179.157	23,43	82.537	112.943	0,35	0,86	1,19	1.156	838	84,21	86,29	- 357	- 300	- 657	7.443.776
1948 id.	2.224.261	229.373	840.340	24,42	102.081	145.366	-	1,14	1,64	878	610	-	85,88	-	-	-	-
1938 id.	2.465.404	205.234	2.227.260	24,20	91.945	131.241	-	0,92	1,33	1.085	753	-	-	-	-	-	-
1913 id.	1.903.466	187.143	955.890	24,10	105.921	146.084	-	1,37	1,89	731	528	-	-	-	-	-	-
1978 Semaine du 11-2 au 17-2	144.900		646.298	5,00	12.275	16.414				2.376	1.756	70,00	73,00				
Week van 11-2 tot 17-2																	

N.B. — (1) Uniquement les absences individuelles. — Alleen individuele afwezigheid.
(2) Sans les effectifs de maîtrise et surveillance: Fond: 2.558 - Fond et surface: 1.848. — Zonder de sterkte van meester- en toezichtpersoneel: Ondergrond: 2.558 - Onder- en bovengrond: 1.848.

BELGIQUE
BELGIE

FOURNITURE DE CHARBONS BELGES AUX DIFFERENTS SECTEURS ECONOMIQUES
LEVERING VAN BELGISCHE STEENKOLEN AAN DE VERSCHIEDENE ECONOMISCHE SECTORS

OCTOBRE 1977
OKTOBER 1977

PERIODES PERIODEN	Foyers domestiques, artisanat, commerce, administrations publiques	Huisbrand, klein- bedrijf, handel, openbare diensten	Cokeries Cokesfabrieken	Fabriques d'agglomérés Agglomeratenfabr.	Centrales électr. publiques Openbare elektr. centrales	Sidérurgie Ijzer- en staal- nijverheid	Fabrications métall. Metaalverwerkende nijverheden	Métaux non ferreux Non-ferro metalen	Chimie Chemische nijverh.	Chemins de fer et autres transports Spoorwegen en ander vervoer	Textiles, habillem- ent, cuir Textiel, kleding, leder	Denr. alim., bois- sons, tabacs Voedingswaren, dranken, tabak	Produits minéraux non métalliques Niet metalen delfstoffen	Pâtes à papier, papier Papierpulp, papier	Industries diverses Allerlei nijver- heidsstakken	Exportations Uitvoer	Total du mois Tot. v. d. maand	
1977 Octobre - Oktober	13.380	314.301	6.554	250.593	3.328	681	943	3.766	330	78	22	336	-	197	21.486	615.995		
Septembre - September	13.318	340.134	9.531	292.918	3.756	698	679	2.726	560	89	67	745	-	256	23.825	689.302		
Août - Augustus	13.350	304.698	-	281.667	2.900	746	664	2.827	663	14	26	403	-	154	18.063	626.175		
1976 Octobre - Oktober	19.021	350.552	12.907	132.693	6.144	1.821	977	1.199	615	59	2.129	723	-	475	41.637	570.952		
1974 M.M.	56.041	391.865	28.638	86.007	5.353	1.221	3.890	246	1.034	151	1.076	1.907	25	1.539	32.007	611.569		
1970 M.M.	112.550	464.180	54.101	183.135	11.596	19.132	10.100	425	2.729	200	3.261	6.725	4.191	4.359	44.102	925.190		
1969 M.M.	132.890	519.889	51.651	271.629	13.387	2.502	12.188	371	2.729	200	3.261	9.328	4.790	3.035	74.823	1.105.199		
1968 M.M.	166.544	510.582	63.687	316.154	10.976	2.595	10.189	1.129	3.241	588	6.703	11.598	4.382	3.566	95.376	1.207.310		
1966 M.M.	174.956	12.534	466.091	76.426	334.405	13.655	4.498	15.851	6.366	1.000	5.450	15.996	11.063	5.558	14.288	99.225	1.265.649	
1964 M.M.	217.027	14.940	526.285	112.413	294.529	8.904	7.293	21.429	13.350	2.062	13.632	22.867	57.211	10.527	15.150	169.731	1.530.316	
1962 M.M.	278.231	13.871	597.719	123.810	341.235	8.112	10.370	21.796	23.376	45.843	3.686	17.082	26.857	65.031	20.128	223.832	1.834.526	
1960 M.M.	266.847	12.607	619.271	84.395	308.910	11.381	8.089	28.924	18.914	61.567	6.347	20.418	38.216	58.840	14.918	179.581	1.770.641	
1956 M.M.	420.304	15.619	599.722	139.111	256.063	20.769	12.197	40.601	41.216	91.661	13.082	30.868	64.446	71.682	20.835	32.328(1)	353.828	2.224.332
1952 M.M.	480.657	14.102	708.921 (1)	275.218	34.685	16.683	30.235	37.364	123.398	17.838	26.645	63.591	81.997	15.475	60.800	209.060	2.196.660	

N. B. — (1) Y compris le charbon fourni aux usines à gaz. — Daarin begrepen de aan de gasfabrieken geleverde steenkolen.
(2) Fourniture aux administrations publiques. — Levering aan de openbare diensten.
(3) Fourniture aux cimenteries. — Levering aan de cementfabrieken.

GENRE PERIODE AARD PERIODE	Fours en activité Ovens in werking		Charbon - Steenkolen (t)			Huiles combustibles Stookolie (t)	COKE - COKES (t)										Ouvriers occupés Tewerkgestelde arbeid.						
	Batteries Batterijen	Fours Ovens	Reçu - Ontv.				Production - Produktie			Débit - Afzet													
			Belge Inheemse	Etranger Uitheemse	Enfourné In de oven geladen		Gros coke Dikke cokes > 80 mm	Autres Andere	Total Totaal	Consomm. propre Eigen verbruik	Livr. au personnel Levering aan pers.	Seas, abouerie, normant et normant-pub. normin-pub. normin-pub. normin-pub. normin-pub.	Hydrogène H2	Coque en masse + verbeide	Centr. élect. publiques	Openb. elektr. centrales		Transports Vervoer	Autres secteurs Andere sektors	Exportation Uitvoer	Total Totaal	Stock fin de mois Voorraad einde maand (t)	
Gras - Vetkool . . . Autres - Andere . . .			322.963	271.470	587.958																		
Le Royaume - Het Rijk	42	1.356	322.963	272.970	589.858		408.929	34.533	443.462	311	554	325	408.496	—	90	10.836	10.854	430.601	113.141			2.751	
1977 Sept. - Sept. . . Août - Aug.	42	1.356	340.413	279.521	607.559		421.333	34.736	456.069	248	489	307	453.075	—	276	9.255	11.897	474.810	101.145			2.878	
1976 Oct. - Okt.	42	1.356	298.398	306.417	592.470		410.000	34.603	444.603	297	364	365	421.973	—	5	4936	5.733	433.058	120.623			2.896	
1974 M.M.	45	1.472	355.321	462.589	677.652		455.566	57.753	513.319	458	779	695	502.609	—	135	10.446	13.156	527.041	97.008			2.934	
1970 M.M.	45	1.472	396.620	474.551	872.722		555.914	114.953	670.867	22	1.099	4.834	606.197	14	143	20.155	38.705	653.354	283.183			3.196	
1970 M.M.	42	1.378	471.981	335.828	771.875	(4)	483.060	110.208	593.267	196	2.830	6.162	486.084	39	1.176	41.698	50.362	585.521	688.236			3.041	
1969 M.M.	41	1.379	515.282	266.488	781.952	(4)	503.144	100.930	604.075	367	3.066	9.084	513.846	21	903	39.480	40.250	563.335	82.874			3.039	
1968 M.M.	43	1.431	510.733	269.531	785.596	(4)	494.007	109.853	603.590	282	3.397	11.318	493.621	29	1.186	40.536	55.880	502.570	115.142			3.165	
1966 M.M.	46	1.500	465.298	283.631	757.663	1.468	461.970	118.145	580.115	1.306	5.142	11.595	442.680	117	1.010	44.278	66.884	667.906	188.726			3.524	
1964 M.M.	49	1.581	520.196	283.612	805.311	840	485.178	131.291	616.429	1.759	5.640	13.562	483.554	83	1.209	48.159	59.535	607.935	161.531			3.998	
1962 M.M.	53	1.439	581.012	198.200	778.073	951	481.665	117.920	599.585	6.159	5.542	14.405	473.803	159	1.362	46.384	3.450	591.905	217.789			4.310	
1960 M.M.	51	1.668	614.508	198.909	811.811	23.059(1)	502.323	124.770	627.093	7.803	5.048	12.564	468.291	612	1.234	49.007	82.218	616.899	269.877			3.821	
1956 M.M.	44	1.530	601.931	196.725	784.875	10.068(1)	492.676	113.195	605.871	7.228	5.154	15.538	433.510	1.918	2.200	56.636	76.498	591.308	87.208			4.137	
1948 M.M.	47	1.510	454.585	157.180	611.765	—	373.488	95.619	469.107	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			4.463	
1938 M.M.	56	1.669	399.063	158.763	557.826	—	—	—	366.543	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			4.120	
1913 M.M.	—	2.898	233.858	149.621	383.479	—	—	—	293.583	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			4.229	

N.B. — (1) En hl. - In hl. — (2) Secteur domestique et artisanat - Huisbrand en kleinbedrijf. — (3) Administrations publiques - Openbare diensten. — (4) Chiffres indisponibles - Onbeschikbare cijfers.

BELGIQUE
BELGIECOKERIES
COKESFABRIEKEN

GENRE PERIODE AARD PERIODE	Gaz - Gas 1.000 m ³ , 4.250 kcal, 0° C, 760 mm Hg						Sous-produits Bijprodukten (t)		
	Production Produktie	Consomm. propre Eigen verbruik	Débit - Afzet				Goudron brut Ruwe teer	Ammoniaque Ammoniak	Benzol
			Synthèse Ammon. fabr.	Sidérurgie Staalnijverh.	Autres indus. Andere bedr.	Centrales élec. Elek. centrales			
Gaz de fours - Hoogovensgas . . . Autres - Andere	188.784 —	85.726 13.562	7.389 —	54.540 4.796	10.114 —	31.008 —			
Le Royaume - Het Rijk	188.784	99.288	7.389	59.336	10.114	31.008	16.406	3.231	3.714
1977 Septembre - September . . . Août - Augustus	193.422 190.308	100.229 95.795	8.302 9.920	65.120 62.137	9.293 11.337	28.622 29.611	16.709 16.750	3.290 3.016	3.858 3.304
1976 Octobre - Oktober	221.900	111.971	9.830	77.122	9.318	34.522	19.500	3.674	4.507
1974 M.M.	275.138	151.001	12.043	98.876	7.919	53.854	23.714	4.379	4.769
1970 M.M.	264.156	132.455	19.397	80.926	—	—	19.471	3.995	4.586
1969 M.M.	266.093	131.627	22.652	83.604	—	—	20.527	5.141	5.366
1968 M.M.	273.366	131.861	32.096	81.331	—	—	21.841	5.874	5.567
1966 M.M.	262.398	124.317	47.994	71.338	—	—	21.297	6.415	5.053
1964 M.M.	282.815	132.949	75.748	69.988	—	—	23.552	6.764	5.470
1962 M.M.	280.103	128.325	69.423	17.162	—	—	23.044	6.891	5.239
1960 M.M.	283.038	133.434	80.645	64.116	—	—	22.833	7.043	5.870
1956 M.M.	267.439	132.244	78.704	56.854	—	—	20.628	7.064	5.569
1948 M.M.	105.334	—	—	—	—	—	16.053	5.624	4.978
1938 M.M.	75.334	—	—	—	—	—	14.172	5.186	4.636

FABRIQUES D'AGGLOMERES
AGGLOMERATENFABRIEKENOCTOBRE 1977
OKTOBER 1977

PERIODE PERIODE	Production - Produktie (t)			Consommation propre Eigen verbruik (t)	Livraison au personnel Lever. aan het personeel (t)	Mat. prem. Grondstoffen (t)		Ventes et cessions Verkocht en afgestaan (t)	Stock fin du mois Voorraad einde maand (t)	Ouvriers occupés Tewerkgestelde arbeid.
	Boulets Eierkolen	Briquettes Briketten	Total Totaal			Charbon Steenkool	Brai Pek			
1976 Août - Aug.	3.760	850	4.610	54	2.573	5.370	331	3.041	1.808	44
1976 Oct. - Okt.	15.550	1.250	16.800	318	10.482	15.715	1.315	5.773	2.887	44
1974 M.M.	33.775	940	34.715	603	12.418	32.016	2.872	22.117	3.112	123
1970 M.M.	59.178	2.920	62.098	2.101	16.990	58.556	4.751	43.469	24.951	230
1969 M.M.	62.954	3.165	66.119	2.318	15.132	58.289	5.564	49.335	21.971	268
1968 M.M.	64.766	3.820	68.586	3.364	14.784	65.901	5.404	51.061	30.291	316
1966 M.M.	75.315	5.645	80.950	2.316	16.191	78.302	6.329	65.598	48.275	482
1964 M.M.	109.081	10.337	119.418	2.425	17.827	85.138	7.124	70.576	37.623	478
1962 M.M.	119.386	14.134	133.520	2.920	16.708	127.156	10.135	114.940	5.315	577
1960 M.M.	77.240	17.079	94.319	2.282	12.191	84.464	7.060	77.103	32.920	473
1956 M.M.	116.258	35.994	152.252	3.666	12.354	142.121	12.353	133.542	4.684	647
1948 M.M.	27.014	53.384	80.848	—	—	74.702	6.625	—	—	563
1938 M.M.	39.742	102.948	142.690	—	—	129.797	12.918	—	—	873
1913 M.M.	—	—	217.387	—	—	197.274	—	—	—	1.911

(1) Chiffres indisponibles - Onbeschikbare cijfers.

BELGIQUE
BELGIE

BRAI
PEK t

OCTOBRE 1977
OKTOBER 1977

PERIODE	Quantités reçues Ontvangen hoeveelheden			Consomm. totale Totaal verbruik	Stock fin du mois Voorr. einde maand	Exportations Uitvoer
	Orig. indig. Inh. oorepr.	Importations Invoer	Total Totaal			
1977 Octobre - Oktober	909	140	1.049	981	295	3.025
Sept. - Sept.	986	114	1.100	1.127	227	2.915
Août - Augustus	326	139	465	331	254	2.013
1976 Octobre - Oktober	1.073	—	1.073	1.315	—	1.442
1974 M.M.	2.626	815	3.441	2.872	4.623	—
1970 M.M.	4.594	168	4.762	4.751	6.530	193
1969 M.M.	5.187	6	5.193	5.564	8.542	—
1968 M.M.	4.739	86	4.825	5.404	14.882	274
1966 M.M.	4.079	382	4.461	6.329	46.421	398
1964 M.M.	6.515	7.252	13.767	9.410	82.198	1.080
1962 M.M.	8.832	1.310	10.142	10.135	19.963	—
1956 M.M.	7.019	5.040	12.059	—	51.022	1.281
1952 M.M.	4.624	6.784	11.408	9.971	37.357	2.014

BELGIQUE
BELGIE

METALUX NON-FERREUX
NON FERRO-METALEN

SEPTEMBRE 1977
SEPTEMBER 1977

PERIODE	Produits bruts - Ruwe produkten								Demi-finis - Halfprodukten			Ouvriers occupés Te werk gestelde arbeiders
	Cuivre Koper (t)	Zinc Zink (t)	Plomb Lood (t)	Etain Tin (t)	Alum., Antim., Cadm., etc (t)	Alum., Antim., Cadm., enz. (t)	Poussières de zinc (t)	Zinkstof (t)	Total Totaal (t)	Argent, or, platine, etc. Zilver, goud, plat., enz. (kg)	Mét. préc. exc. Edele metalen uitgezonderd (t)	
1977 Sept. - Sept.	37.562	22.103	6.742	406	541	3.391	70.745	78.546	58.966	1.809	13.111	
Août - Augustus	40.883	22.858	7.185	428	630	3.487	75.471	92.577	42.161	2.028	13.111	
Juillet - Juli	46.416	22.367	9.581	403	796	3.721	83.284	92.713	34.014	1.132	13.405	
1976 Sept. - Sept.	38.933	20.775	9.913	501	788	3.108	74.018	56.642	55.898	2.226	14.271	
1974 M.M.	32.359	24.466	9.164	353	1.015	4.502	71.857	45.979	25.907	2.591	16.241	
1970 M.M.	29.423	19.563	3.707	477	—	—	62.428	76.259	36.333	3.320	16.689	
1969 M.M.	25.077	21.800	9.366	557	—	—	57.393	121.561	36.007	2.451	16.462	
1968 M.M.	28.409	20.926	9.172	497	—	—	59.486	85.340	32.589	1.891	15.881	
1966 M.M.	25.286	20.976	7.722	548	—	—	55.128	37.580	32.828	2.247	18.038	
1964 M.M.	23.844	18.545	6.943	576	—	—	50.548	35.308	29.129	1.731	17.510	
1962 M.M.	18.453	17.180	7.763	805	—	—	44.839	31.947	22.430	1.579	16.461	
1956 M.M.	14.072	19.224	8.521	871	—	—	43.336	24.496	16.604	1.944	15.919	
1952 M.M.	12.035	15.956	6.757	850	—	—	36.155	23.833	12.729	2.017	16.227	

BELGIQUE-BELGIE

SIDERURGIE

PERIODE PERIODE	Hauts fourneaux en activité Hoogovens in werking	Produits bruts Ruwe produkten			Produits demi-finis Half-produkten		Aciers marchands Handelsstaal	Profils Profielstaal	Rails et accessoires Spoorstaaven en toebehoren
		Fonte Gietijzer	Acier en lingots Staanblokken	Acier moult av. ébard. Gegoten staal voor afboording	Pour relamin. belges Voor Belg. herwalzers	Autres Andere			
1977 Octobre - Oktober	18	662.585	827.326	3.026	37.119	54.561	86.609	120.967	—
Septembre - September	18	707.075	892.739	3.661	66.437	63.159	73.013	126.426	—
Août - Augustus	19	687.167	867.811	3.713	42.711	28.475	94.516	68.604	—
1976 Octobre - Oktober	(3)	851.545	1.041.749	4.586	44.704	113.655	104.923	73.082	—
1974 M.M.	39	1.084.970	1.325.540	6.677	79.287	86.412	239.090	121.815	424
1970 M.M.	41	895.076	1.050.953	8.875	51.711	77.649	20.684	77.345	3.139
1969 M.M.	42	924.332	1.069.748	(3)	56.695	69.424	217.770	67.378	4.150
1968 M.M.	41	864.209	964.389	(3)	45.488	58.616	202.460	52.360	3.689
1966 M.M.	40	685.805	743.506	(3)	49.224	63.777	167.800	38.642	4.486
1964 M.M.	41	670.548	727.548	(3)	52.380	80.267	174.098	35.953	3.382
1962 M.M.	45	562.378	613.479	4.805	56.034	49.495	172.931	22.572	6.976
1960 M.M.	53	546.061	595.060	5.413	50.669	78.148	146.439	15.324	5.337
1956 M.M.	50	480.840	525.898	5.281	60.829	20.695	153.634	23.973	8.315
				(1)					
1948 M.M.	51	327.416	321.059	2.573		61.951	70.980	39.383	9.853
1938 M.M.	50	202.177	184.369	3.508		37.839	43.200	26.010	9.337
1913 M.M.	54	207.058	200.398	25.363		127.083	51.177	30.219	28.489

(3) Chiffres Indisponibles - Onbeschikbare cijfers.

Importations - Invoer (t)					Exportations - Uitvoer (t)			
Pays d'origine Land van herkomst Période Periode Répartition Verdeling	Charbon Steenkolen	Coke Cokes	Agglomérés Agglomeraten	Lignite Bruikolen	Destination Land van bestemming	Charbons Steenkolen	Cokes Cokes	Agglomérés Agglomeraten
C.E.C.A. - E.G.K.S.					C.E.C.A. - E.G.K.S.			
Allem. Occ. - W. Duitsl.	236.147	1.712	9.330	1.967	Allemagne Occ. - W. Duitsl.	14.121	1.584	—
France - Frankrijk	7.112	4.684	52	—	France - Frankrijk	3567	6.603	599
Pays-Bas - Nederland	622	12.214	—	—	Luxembourg - Luxemburg	1.011	—	—
Roy. Uni - Veren. Koninkrijk	14.710	—	—	—	Pays-Bas - Nederland	—	577	25
Total - Totaal	258.591	19.704	9.382	1.967	Total - Totaal	18.699	8.764	624
PAYS TIERS - DERDE LANDEN					PAYS TIERS - DERDE LANDEN			
E.U.A. - V.S.A.	130.337	—	—	—	Danemark - Denemarken	—	—	—
URSS - USSR	35.054	—	—	—	Norvège - Noorwegen	—	—	—
Pologne - Polen	52.486	—	—	—	Suède - Zweden	—	—	—
Afrique du Sud - Zuid-Afrika	3.001	—	—	—	Suisse - Zwitserland	—	—	—
Autriche - Oostenrijk	2.513	810	—	—	Congo - Kongo (Kinshasa)	—	—	—
Autres - Allerlei	3.017	—	—	—	Divers - Allerlei	2.787	2.090	175
Total - Totaal	226.408	810	—	—	Total - Totaal	2.787	2.090	175
Ensemble 1977 - Samen Okt.	484.999	20.514	9.382	1.967	Ensemble 1977 - Samen Okt.	21.486	10.854	799
1977 Septembre - September	539.775	23.713	14.294	2.289	1977 Septembre - September	23.825	11.897	804
1977 Août - Augustus	544.073	18.362	12.076	1.523	1977 Août - Augustus	18.063	5.733	873
1977 Octobre - Oktober	636.306	40.668	8.728	2.067	1976 Octobre - Oktober	41.637	13.156	1.702
1976 MM.	790.465	112.616	7.295	2.829	1974 MM.	32.007	38.705	2.101
Répartition - Verdeling :								
1) Sect. sid. - Huisel. sektor	124.237	1.132	9.357	1.967				
2) Sect. ind. - Industrie-sekt.	349.040	21.182	—	—				
3) Répartition - Wederuitvoer.	5.832	—	25	—				
4) Stocks - Schom. voor.	+ 5.890	- 1.800	—	—				

PRODUCTIE t

Produits finis - Afgewerkte produkten									Produits finals Verder bew. prod.		Ouvriers occupés Tewerkgestelde arbeiders
Fil machine Walsdraad	Tôles fortes Dikke platen ≥ 4,76 mm	Tôles moyennes Middeldikke platen 3 à 4,75 mm 3 tot 4,75 mm	Larges plats Universel staal	Tôles fines noires Dunne platen niet bekleed	Peuillards bandes à tubes Bandestaal Banden v. buizenstrip	Ronds et carrés pour tubes Rond en vierkant staafmat. voor buizen	Divers Allerlei	Total des produits finis Totaal der afgewerkte produkten	Tôles galvanisées et étamées Verzinkte, verloode en verfinde platen	Tubes d'acier Stalen buizen	
42.539	105.503	62.592	537	309.580	5.492	—	1.639	735.458	79.212	20.184	41.342
56.551	113.761	57.422	1.485	333.734	8.353	—	1.594	772.339	93.651	18.858	43.631
52.234	97.945	43.443	583	295.911	7.155	—	1.354	661.745	69.118	17.301	43.525
61.295	80.436	28.393	366	334.461	13.602	—	1.440	697.998	89.222	16.735	46.658
67.540	163.093	50.228	2.500	338.357	17.118	10.784	2.581	1.013.530	89.054	23.426	52.653
63.481	90.348	50.535	2.430	242.951	30.486	5.515	2.034	774.848	60.660	23.082	50.663
72.736	97.658	59.223	2.105	258.171	32.621	5.377	1.919	819.109	60.141	23.394	48.313
80.861	78.996	37.511	2.469	227.851	30.150	3.990	2.138	722.475	51.339	20.199	47.944
77.133	68.572	25.289	2.073	149.511	32.753	4.409	1.636	572.304	46.916	22.462	49.651
72.171	47.996	19.976	2.693	145.047	31.346	1.181	1.997	535.840	49.268	22.010	53.604
53.288	41.258	7.369	3.526	113.984	26.202	290	3.053	451.448	39.537	18.027	53.066
53.567	41.501	7.593	2.536	90.752	29.323	1.834	2.199	396.405	26.494	15.524	44.810
									(2)		
40.874	53.456	10.211	2.748	61.941	27.959	—	5.747	388.858	23.758	4.410	47.104
28.979	28.780	12.140	2.818	18.194	30.017	—	3.589	255.725	10.992	—	38.431
11.852	16.460	9.084	2.064	14.715	13.958	—	1.421	146.852	—	—	33.024
10.603	19.672	—	—	9.883	—	—	3.530	154.822	—	—	35.300

Production Produktie	Unité - Eenheid	Juin - Juni 1977	Mai - Mei 1977	Juin - Juni 1976	M.M. 1976	Production Produktie	Unité - Eenheid	Juin - Juni 1977	Mai - Mei 1977	Juin - Juni 1976	M.M. 1976
Porphyre - Porfier :						Calcaires - Kalksteen . . .	t	2.799.621	2.536.873	2.356.399	2.012.953
Moellons - Breuksteen . . .	t	--	--	--	112	Chaux - Kalk	t	181.901	188.054	204.295	192.016
Concassés - Puin	t	669.105	547.062	615.587	524.060	Carbonates naturels - Natuurcarbonaat	t	30.236	59.540	30.286	29.288
Petit granit - Hardsteen :						Dolomie - Dolomiet :					
Extrait - Ruw	m ³	64.160	37.680	58.104	61.650	crue - ruwe	t	236.482	204.758	270.116	223.742
Scié - Gezaagd	m ³	6.682	4.215	6.295	5.662	frittée - witgegløeide	t	12.012	15.191	16.922	17.445
Façonné - Bewerkt	m ³	939	646	926	778	Plâtres - Pleisterkalk	t	17.014	13.669	25.548	18.308
Sous-prod. - Bijprodukten	m ³	52.438	30.988	48.746	52.242	Agglomérés de plâtre - Pleisterkalkagglomeraten	m ²	3.198.644	1.784.130	1.782.815	1.527.618
Marbre - Marmer :						Silex - Vuursteen :	t	2.861	2.870	700	158
Blocs équarris - Blokken	m ³	168	296	1.100	195	Quartz et Quartzites - Kwarts en Kwartsiet	t	34.088	23.000	40.444	25.951
Tranches-Platen (20 mm)	m ²	17.586	13.713	17.546	16.130	Argiles - Klei	t	14.208	11.070	10.248	8.897
Moellons et concassés - Breuksteen en puin	t	70	192	426	412	Personnel - Personeel :					
Bimbeloterie - Snuisterijen	kg			(c)		Ouvriers occupés - Tewerkgestelde arbeiders		6.829	6.700	7.000	7.026
Grès - Zandsteen :											
Moellons bruts - Breukst.	t	39.232	29.950	41.067	24.937						
Concassés - Puin	t	255.624	221.469	203.835	163.960						
Pavés et mosaïques - Straatsteen en mozaïek	t	522	159	168	74						
Divers taillés - Diverse	t	2.454	2.631	3.977	3.397						
Sable - Zand :											
pr. métal. - vr. metaaln.	t	100.075	75.582	109.285	87.441						
pr. verrerie - vr. glasfabr.	t	149.199	159.521	154.336	135.080						
pr. constr. - vr. bouwbedr.	t	984.841	787.828	916.256	812.186						
Divers - Allerlei	t	187.826	184.380	211.337	187.216						
Produits de dragage - Prod. v. baggermolens :											
Gravier - Grind	t	665.624	554.484	781.582	576.353						
Sable - Zand	t	322.872	232.029	129.401	103.012						

(c) Chiffres indisponibles - Onbeschikbare cijfers.

Apport des techniques récentes en palynologie

Liège, 19-23 septembre 1977

Symposium organisé par l'Institut National des Industries Extractives et l'Université de Liège, Service de Paléobotanique et Paléopalynologie, sous l'égide de l'Association des Palynologues de Langue Française et du Palynologische Kring de la Société Royale de Géologie et des Mines des Pays-Bas.

Avant-propos

Dix ans après sa création, en 1967 à Marseille, l'Association des Palynologues de Langue Française (A.P.L.F.) était invitée à Liège par R. Noël, chef de Laboratoire à l'Institut National des Industries Extractives (INIEX). La réunion a été organisée du 19 au 23 septembre 1977 conjointement par l'Université de Liège, Service Paléobotanique et Paléopalynologie (Prof. M. Streel), et par l'INIEX (Dir. P. Ledent).

Un symposium sur le thème « Apport des techniques récentes en palynologie » s'est tenu à l'occasion de cette réunion, sous l'égide de l'A.P.L.F. (Prés. P. Guinet) et du Cercle de Palynologie de la Société Royale de Géologie et des Mines des Pays-Bas (Palynologische Kring., Prés. J. Janssen).

Quatre-vingt-cinq personnes ont répondu à l'appel des secrétariats de l'A.P.L.F. (C. Caratini) et du Palynologische Kring (W. Herngreen), et à l'invitation du comité organisateur local : Y. Somers pour l'INIEX, M. Streel, M. Fairon-Demaret, J. Schumacker-Lambry et M. Vanguestaine pour l'Université.

Les réunions séparées des divers groupes de travail de l'A.P.L.F. se sont tenues à l'Université le lundi 19 septembre dans l'après-midi, à savoir : Morphologie sporo-pollinique et numériclature (responsable B. Lugardon), Palynologie du Néogène (responsable H. Meon-Vilain), Palynologie du Paléogène (responsable E. Roche, remplacé par J. Schumacker-Lambry) et Palynologie du Crétacé supérieur (responsable S. Durand).

L'assemblée générale de l'A.P.L.F. a eu lieu le mercredi 21 septembre à 11 h et le symposium lui-même s'est déroulé pendant les journées du mardi 20 et du mercredi 21 septembre dans les locaux de l'INIEX. Après un exposé de C. Caratini sur la « Sédimentation et géochimie de la matière organique de dépôts marins profonds récents : les Campagnes Orgon », agrémenté de la projection du film « Au large des bouches de l'Amazonie » (réalisation F. Coumes, Elf-Aquitaine, Pau), 23 communications ont été entendues sur le thème du symposium (voir ci-dessous).

Dans la soirée du mardi 20 septembre, après une promenade à travers le jardin botanique et une aubade de cors de chasse par le Rallye Trompes de Liège, les participants se sont retrouvés au Château de Colonster, situé dans le Domaine Universitaire du Sart-Tilman, où une réception leur a été offerte.

Deux excursions terminaient les journées de réunions, l'une le jeudi 22 septembre dans le Crétacé supérieur — Paléocène de la rive gauche de la Meuse au nord de Liège, conduite par J. Schumacker-Lambry, M. Streef, J. Thorez et M. Vanguetaine (Université de Liège), avec la participation de M.J.M. Bless et J. Meesen du Service géologique des Pays-Bas à Heerlen et de H. Bick de l'École supérieure technique d'Aachen (R.F.A.). En variante, une visite botanique de la réserve naturelle de landes à bruyères de Mechelen-aan-de-Maas a été conduite par A. Froment (Université de Liège). Une autre excursion, le vendredi 23 septembre, était conduite par W. Zagwijn (Service Géologique des Pays-Bas à Haarlem) dans le Mio-Plio-Pléistocène des régions de Tegelen/Reuver et de Brunssum (Pays-Bas et Allemagne).

Le comité organisateur souhaite exprimer ici sa reconnaissance au Patrimoine de l'Université de Liège et au Fonds National de la Recherche Scientifique, ainsi qu'à la Direction de l'INIEX, pour le soutien moral et financier qu'ils lui ont apporté. Nos remerciements s'adressent également aux collègues et au personnel de l'INIEX et de l'Université qui ont contribué à la bonne organisation des réunions.

...

Le symposium organisé à Liège répondait au vœu exprimé par nombre de palynologues d'être informés des résultats qu'apporte l'utilisation des techniques récentes dans leur domaine d'études. « ...Nous sommes tous conscients de vivre une époque dans laquelle les techniques, c'est-à-dire l'ensemble des procédés employés pour obtenir un résultat déterminé, ont, dans notre domaine, considérablement évolué et certaines de manière particulièrement rapide (microscopie électronique, informatique...) » (P. Guinet).

Les communications exposées pendant le symposium, et qui font l'objet de cette publication, ont abordé quatre thèmes principaux :

1) Techniques d'observation

- M. Abadie, G. Lachkar, E. Masure, J. Taugourdeau-Lantz — Observations nouvelles sur le *G. Schopfipollenites* (Pot. et Kr. 1954).
- J.C. Audran — Présentation de quelques transformations structurales et texturales des exines des Cycadales traitées par l'acétolyse, puis fixées par le permanganate de potassium.
- J. Denizot — Au sujet de la solubilité de l'exine dans l'éthanolamine.
- I.K. Ferguson — Technique utilisant le méthylate de sodium comme solvant de la résine époxy des blocs d'inclusion type MET pour les observations au MEB de l'exine des grains de pollen.
- A. Le Thomas — Possibilités et limites des diverses techniques d'observation dans le cas de deux pollens d'Annonacées.
- D. Lobreau-Callen — L'aperture composée des *Rubiaceae*.
- M.V. Locquin — Utilisation de la lumière polarisée pour l'étude des Chitinozoaires ou Chitinozoaires.
- B. Lugardon — Bilan des recherches récentes sur le sporoderme des Ptéridophytes.
- M. Nabli — L'exine de quelques taxons tunisiens.
- F. Paris — Apports du microscope électronique à balayage dans l'étude des Chitinozoaires opaques.

2) Informatique et palynologie

- J.H. Germeraad, A.F.E. van der Horst — Aspects of storage and retrieval of palynological species descriptions.
- R. Gros — Méthodes informatiques appliquées à l'analyse pollinique au laboratoire de Montpellier.
- M. Hideux, Y. Reyre — Informatique et palynologie : revue bibliographique. (N.B. : Y. Reyre a présenté un panorama didactique des méthodes quantitatives utilisées en palynologie).
- S. Hul Thol — Méthodes numériques de la taxonomie appliquées à la palynologie du genre *Pterolobium* (Caesalpinaceae).

3) Relations palynomorphes / sédiments

- P. Cour, D. Duzer — La notion de quotients d'influence entre taxons en analyse pollinique : leurs significations climatiques et édaphiques.
- J. Kievits — Relations entre spores, acritarches et palynofaciès et l'analyse séquentielle et pétrographique de sédiments d'âge Famennien (Fa 2c) dans la vallée de l'Ourthe (Belgique).
- M. Reille — A propos de la disparition du pollen dans certains sédiments minéraux.
- J. Schumacker-Lambry — Isolement d'espèces de Dinoflagellés utiles pour la stratigraphie et mise en évidence de tendances écologiques par l'utilisation d'une méthode d'analyse multivariable.
- J.F. Suc — L'étude palynologique du Pliocène du Sud de la France dans son contexte géologique : méthode d'approche et résultats.

4) Propriétés physico-chimiques et transformation de l'exine

- P. Pierart — Evolution de la sporopollénine.
- Y. Somers, M. Streeel — Effets d'intrusions de diabas sur les assemblages de spores et le pouvoir réflecteur de la vitrinite dans une séquence schisto-gréseuse au sommet du Dévonien à Langenaubach (R.F.A.).
- J. Taugourdeau et Ch. Sabouraud — Observations à propos de la silicification de grains de pollen.
- P. van Gijzel — Recent developments in the application of quantitative fluorescence microscopy in the palynology and palaeobotany (N.B. : Communication non présentée).

5) Divers

- J.L. De Beaulieu, M. Reille — Quelques moyens de sondage en usage chez les pollenanalystes : étude comparative de diagrammes.

Qu'il nous soit permis d'adresser ici nos remerciements à l'INIEX dont l'appui financier nous a permis de réaliser cette publication.

Y. SOMERS

M. STREEL

Main body of faint, illegible text, likely a letter or document, occupying the upper half of the page.

Second section of faint, illegible text, possibly a separate paragraph or a different part of the document.

Third section of faint, illegible text, continuing the document's content.

Final section of faint, illegible text at the bottom of the page.

Observations nouvelles sur le *G. Schopfipollenites R. Potonié et Kremp 1954*

Michel ABADIE*, Georges LACHKAR**,
Edwige MASURE*** et Josette TAUGOURDEAU-LANTZ***

RESUME

De nieuwe observations au M.E.B. et au M.E.T. du g. Schopfipollenites R. Pot. et Kr. 1954 ont permis de mettre en évidence deux nouvelles couches lamellaires, externes par rapport à la couche spongieuse déjà observée par Pettitt 1966. L'ensemble de l'édifice pariétal des spores de Médullosacées possède donc une ultrastructure lamellaire ainsi qu'on l'observe chez les spores, mais avec un type d'organisation original.

SAMENVATTING

Uit nieuwe onderzoeken van het genre Schopfipollenites R. Pot. en Kr. 1954 met de raster-elektronenmicroscop en met de transmissie-elektronenmicroscop, is het bestaan gebleken van twee nieuwe lamellaire lagen die aan de buitenkant gelegen zijn, vergeleken met de sponsachtige laag die reeds werd geobserveerd door Pettitt in 1966. Het geheel van de wandbouw van de sporen der Medullosacea bezit dus een lamellaire ultrastructuur zoals men die bij de andere sporen waarneemt, maar eerstgenoemde onderscheiden zich door een origineel organisatietype.

ZUSAMMENFASSUNG

Neue Untersuchungen der Gattung Schopfipollenites R. Pot. u. Kr. 1954 mit dem Rastermikroskop und dem Elektronenmikroskop haben gezeigt, dass zwei Lamellarschichten vorhanden sind, und zwar nach aussen hinsichtlich der spongiösen Schicht die schon 1966 von Pettitt beobachtet worden ist. Somit besitzen die Sporen der Medullosaceae eine lamellare Ultrastruktur wie die übrigen Sporen, zeichnen sich aber durch einen originellen Organisationstyp aus.

SUMMARY

New B.E.M. and T.E.M. observations of g. Schopfipollenites R. Pot. and Kr. 1954 made it possible to identify two new lamellar layers external to the spongy layer already recorded by Pettitt in 1966. The entire parietal edifice of the Medullosaceae spores thus has a lamellar ultrastructure, as is observed in the spores, but with its own special type of organisation.

* Directeur du Laboratoire de Cryptogamie Ultrastructurale de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, 12 rue de Buffon, F-75005 Paris.

** Centre National de la Recherche Scientifique, Laboratoire de Micropaléontologie, Université P. et M. Curie, 4, Place Jussieu, F-75230 Paris.

*** Laboratoire de Micropaléontologie, Université Pierre et Marie Curie, 4 Place Jussieu, F-75230 Paris Cedex 05.

La compréhension des structures fines des spores et pollens a suivi l'évolution des techniques microscopiques d'observation : trois d'entre elles coexistent et se complètent à l'heure actuelle. Au microscope photonique où l'observation effectuée par transparence permet de grossir d'environ 1.200 fois l'objet, se sont ajoutés le microscope électronique par transmission ou M.E.T. qui permet ordinairement d'atteindre un grossissement de 150.000, enfin le microscope électronique à balayage ou M.E.B. qui donne une vision en relief de l'objet à des grossisse-

ments courants de 10.000 à 20.000.

Nos nouvelles observations du *G. Schopfpollenites* au M.E.B. et au M.E.T. ont porté sur un abondant matériel de spores dispersées provenant des charbons datés du Westphalien B au Stéphaniens inférieur du bassin houiller sarro-lorrain. Il est reconnu que le genre de forme *Schopfpollenites* R. Pot. et Kr. 1954 appartient aux Médullosacées. Celles-ci constituent une importante famille de Ptéridospermées du Paléozoïque, dont on peut résumer comme suit les différents organes.

Tige	Rachis	Feuillage	Graine	Microsporangés
Medullosa	Myeloxylon	Neuropteris Alethopteris	Trigonocarpus Pachytesta Neuropterocarpus	Potonia Zeiller 1898 Whittleseya Newbery 1853 Codonotheca Sellards 1903 Boulaya Carpentier 1915 Dolerotheca Halle 1933 Goldenbergia Halle 1933 Aulacotheca Halle 1933 Schopfitheca Delevoye 1954 Halletheca Taylor 1971

Des spores attribuables aux *Schopfpollenites* ont été conservées dans les fructifications suivantes :

Dolerophyllum Renault 1896-1902
Dolerotheca fertilis (Renault 1896) Halle 1933
Dolerotheca formosa Schopf 1948
Dolerotheca reedana Schopf 1948
Dolerotheca villosa Schopf 1948
Boulaya fertilis (Kidston 1914) Halle 1933
Aulacotheca elongata (Kidston 1914) Halle 1933
Codonotheca caduca Sellards 1903

tandis que les spores recueillies à l'état dispersé ont été dénommées : pollen de *Dolerophyllum* (Renault 1896), type 31 (Zerndt 1930, 1931), *Sporonites ellipsoïdes* (Ibrahim 1934), *Monoletes ovatus*, *Monoletes ellipsoïdes*, *Monoletes aureolus* (Schopf 1938 et Dijkstra 1946), *Schopfpollenites ellipsoïdes* R. Pot. et Kremp 1954, Pierart 1958, Pettitt 1966, Lachkar 1971, Taylor 1973), *Ibrahimipollenites* (Ergonul 1960) etc...

En 1954, R. Potonié et Kremp définissent ce genre connu de la base du Namurien au Permien avec la diagnose suivante : grains de pollen assez grands (plus de 100 microns), de contour plus ou moins ovale. Parallèlement au grand axe, on peut observer sur l'un des côtés une fissure qui atteint l'équateur. Sur la face opposée, on a une sorte de plissement de l'exine (umbo).

Cette spore a depuis longtemps retenu l'attention des palynologistes par sa taille exceptionnelle pour une microspore, par l'association d'une marque monolète (jugée proximale par Schopf 1948 qui n'a

toutefois pas observé de grains en tétrades) avec les deux sillons distaux et par son appartenance aux Ptéridospermées. La symétrie bilatérale de ses 3 sillons a fait comparer cette forme aux pollens de Cycadales actuelles (Pettitt 1966, pl. 14, E. Masure 1976) ou au g. fossile *Eucommiidites* du Secondaire.

1. OBSERVATIONS AU MICROSCOPE PHOTONIQUE

Les premières observations ont montré que l'ornementation du genre *Schopfpollenites* pouvait être lisse à finement granuleuse ou ponctuée (Renault 1896, Schopf 1948). Dans la structure de la paroi, Schopf 1948 distingue déjà 2 couches : la couche exosporale et la couche endosporale. Cette dernière est en contact étroit avec l'exospore à la partie proximale, mais plus ou moins détachée à la face distale et aux extrémités. Chez les spores de *Dolerotheca reedana*, Schopf 1948 p. 709 note « En section, la paroi semble montrer une striation radiaire obscure qui peut être due à un type d'organisation micellaire ».

2. OBSERVATIONS AU M.E.B.

L'ornementation de surface, variable, a été revue au M.E.B. par Taylor 1973 sur des grains de *Halletheca*. Nos propres observations ont montré 3 types principaux :

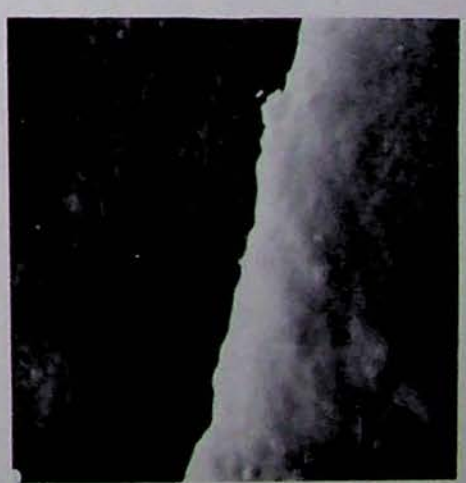
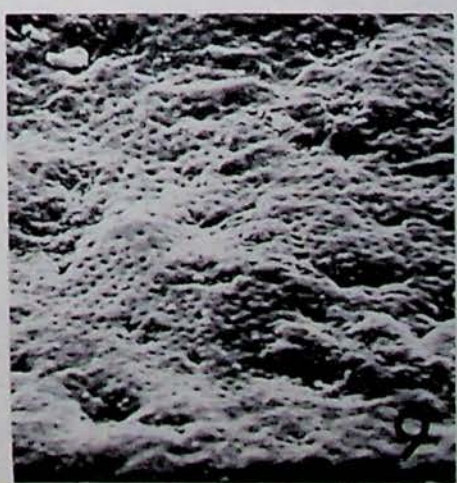
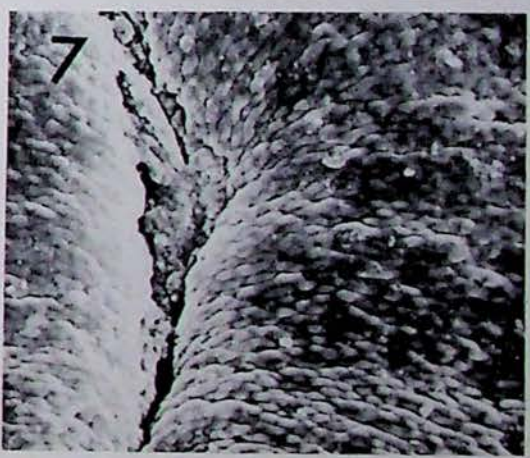
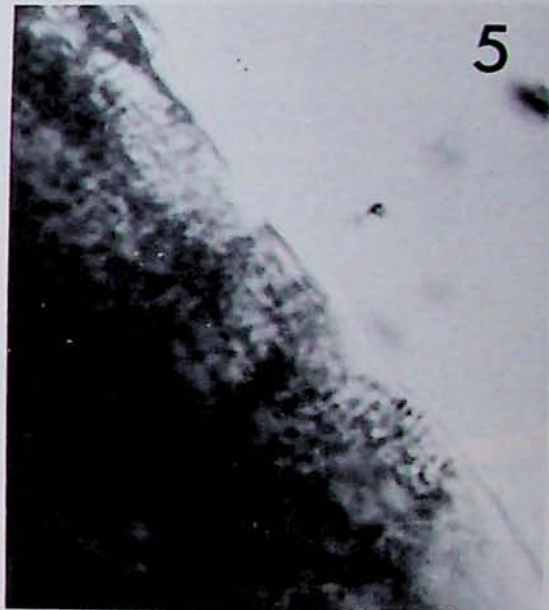
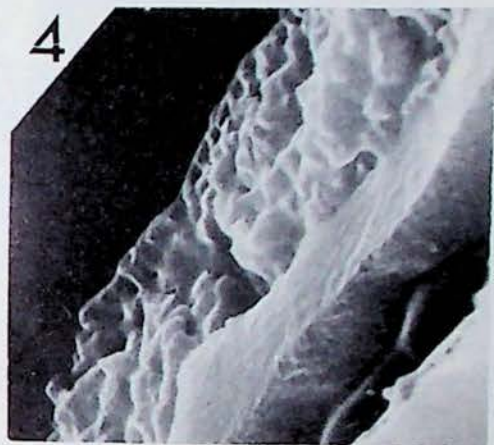
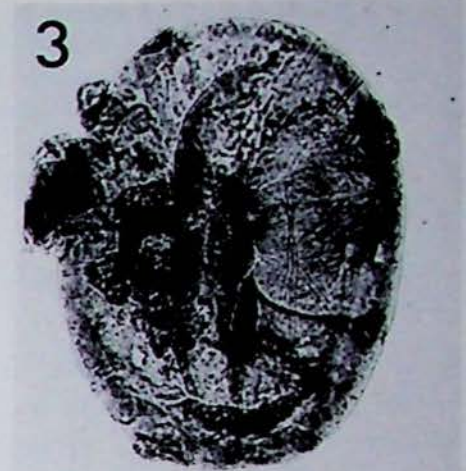
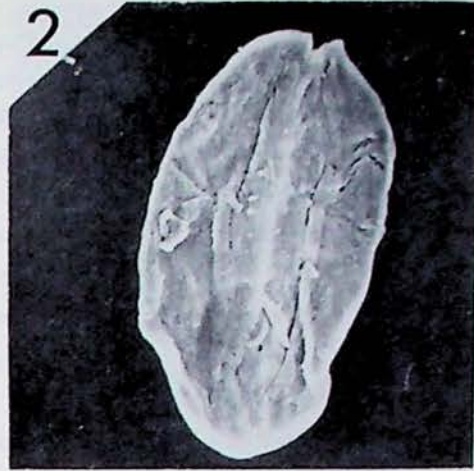


Planche I

Fig. 1 — Section transversale de *Schopfipollenites*, du Westphalien supérieur de Lorraine, Cuvelette, veine 17 n° 60, voir schéma X 800.

Fig. 2 — Vue de la face opposée au sillon, au M.E.B. X 150.

Fig. 3 — *Schopfipollenites* en lumière transmise X 500.

Fig. 4 — Coupe transversale de l'exospore ; on distingue l'exospore interne et l'exospore moyenne spongieuse. Observer les cavités régulières sous la surface externe X 5.000.

Fig. 5 — Coupe optique de la paroi. Observer les cavités de l'exospore moyenne X 1.000.

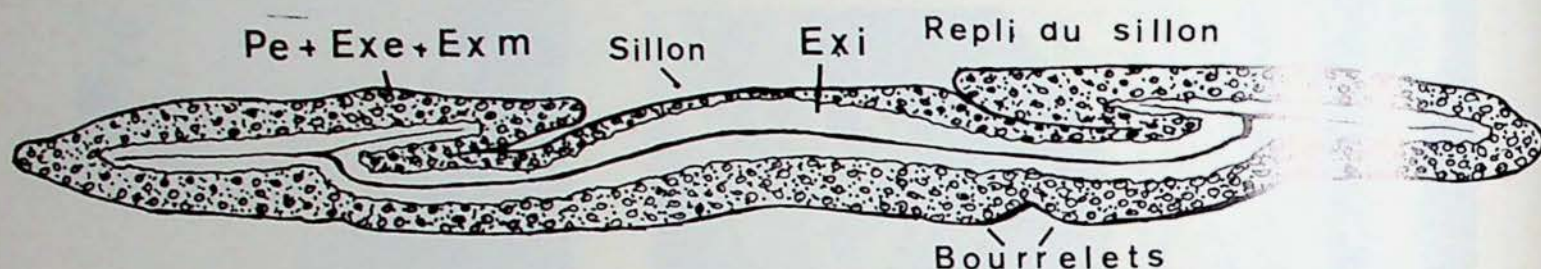
Fig. 6 — Par érosion des couches externes, on observe la surface de l'exospore moyenne spongieuse X 2.000.

Fig. 7 — Ornementation rugulo-striée X 1.500.

Fig. 8 — Ornementation ponctuée rappelant la surface d'une peau d'orange X 2.000.

Fig. 9 — Même ornementation que celle de la figure 8 X 2.000.

Fig. 10 — Ornementation scabre sans motif élémentaire organisé X 3.000



Abréviations Pe : Périspore ; Exe : Exospore externe ;
Exm : Exospore moyenne ; Exi : Exospore interne.

- Exine rugulo-striée (pl. I, fig. 7), largeur des rugules 0,4 à 0,6 μ ; ce motif n'a été rencontré que sur des échantillons du Westphalien C.
- Exine ponctuée rappelant une peau d'orange (pl. I, fig. 8,9).
- Exine scabre sans motif élémentaire organisé et répété (pl. I, fig. 10).

En ce qui concerne la structure, les 2 couches principales de la paroi identifiées par Schopf en 1948 ont été revues par Taylor 1973 qui a admirablement montré l'organisation architecturale de la couche externe chez les grains de *Schopfitheca* (Taylor 1973, p. 774, pl. 98, fig. 4,5,8) et chez ceux de *Halletheca* (Taylor 1973, p. 774, pl. 98, fig. 33-6).

La structure que nous avons observée (pl. I, fig. 4) est comparable à celle rencontrée chez les grains contenus dans *Halletheca*, avec une structure externe vacuolaire semblant provenir d'éléments plus ou moins cylindriques anastomosés dans toutes les directions. Les deux couches (interne et externe) sont peu coalescentes et se plissent souvent différemment au cours de l'aplatissement de la spore (pl. I, fig. 1 et 8).

3. OBSERVATIONS AU M.E.T.

Pettitt a effectué en 1966 les premières observations concernant l'ultrastructure des *Schopfipolleni-*

tes, ainsi que celle de nombreuses spores actuelles et fossiles. Ces documents demeurent extrêmement importants et nous pouvons les résumer ainsi :

1) a — Il montre que la couche interne (endexine) est distinctement lamellaire.

b — Sur une section (pl. 13, fig. 3), il lui semble que l'endexine soit elle-même subdivisée en 2 couches.

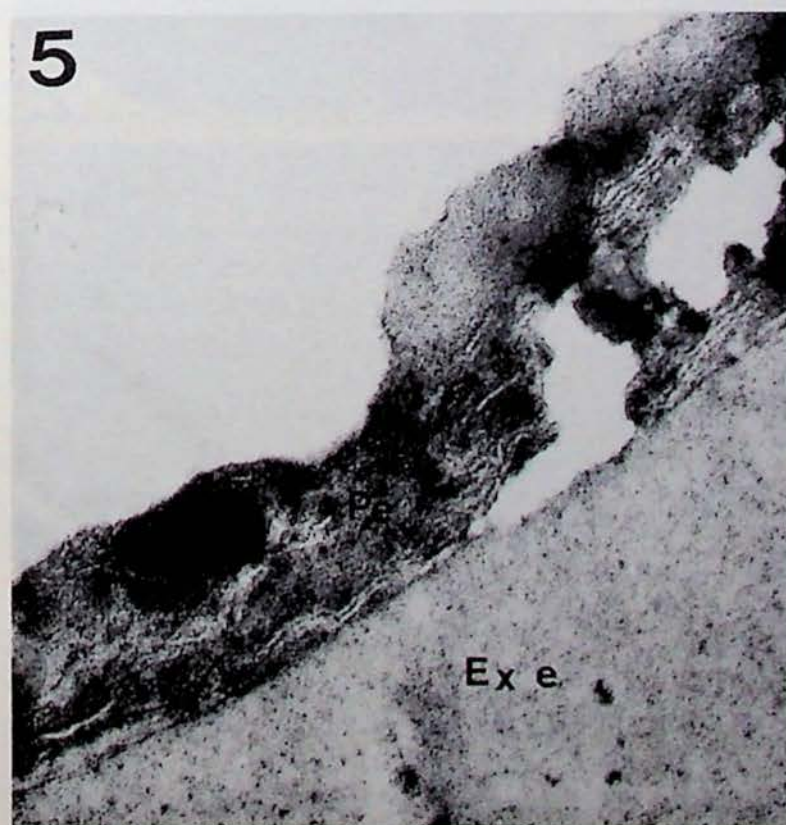
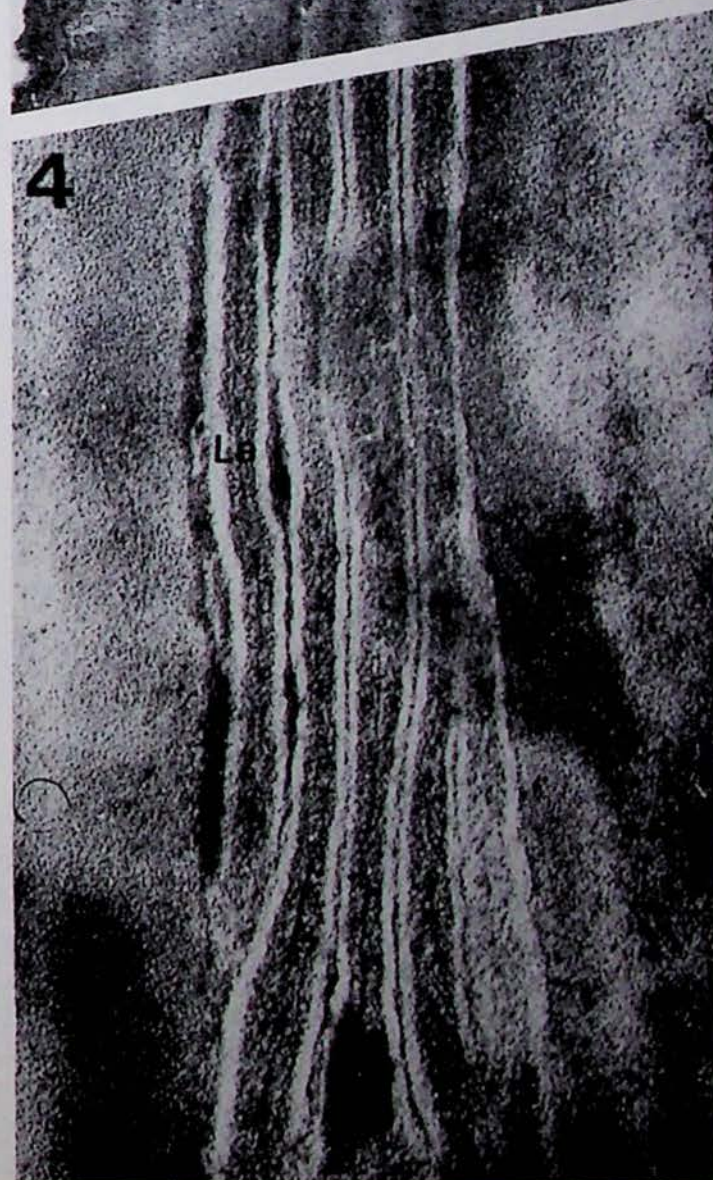
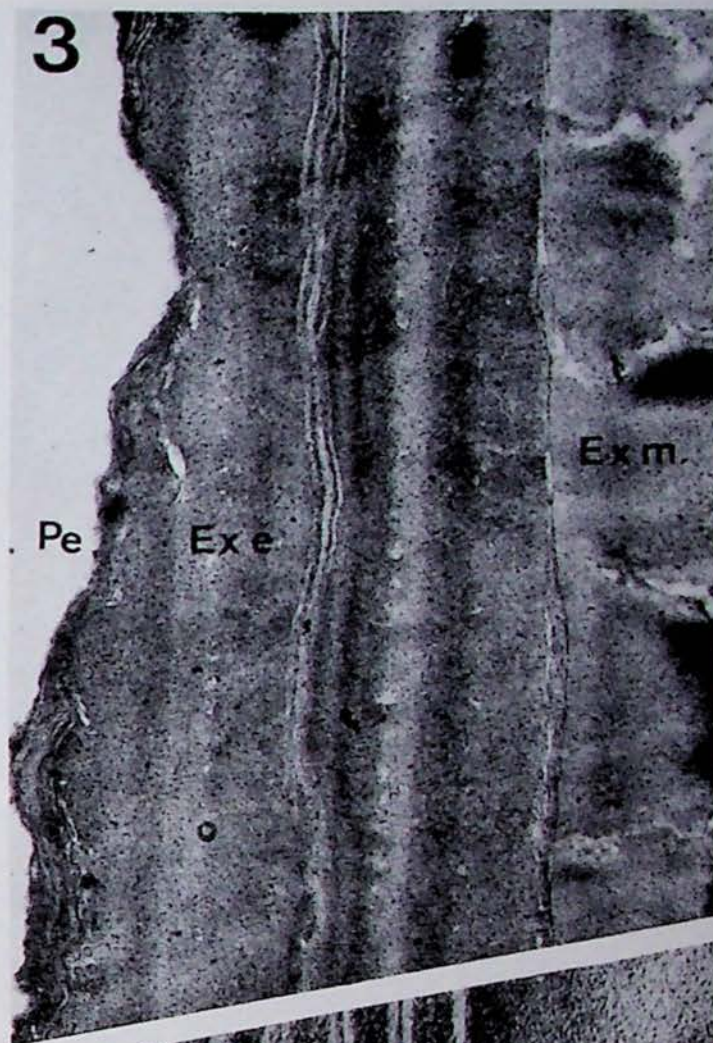
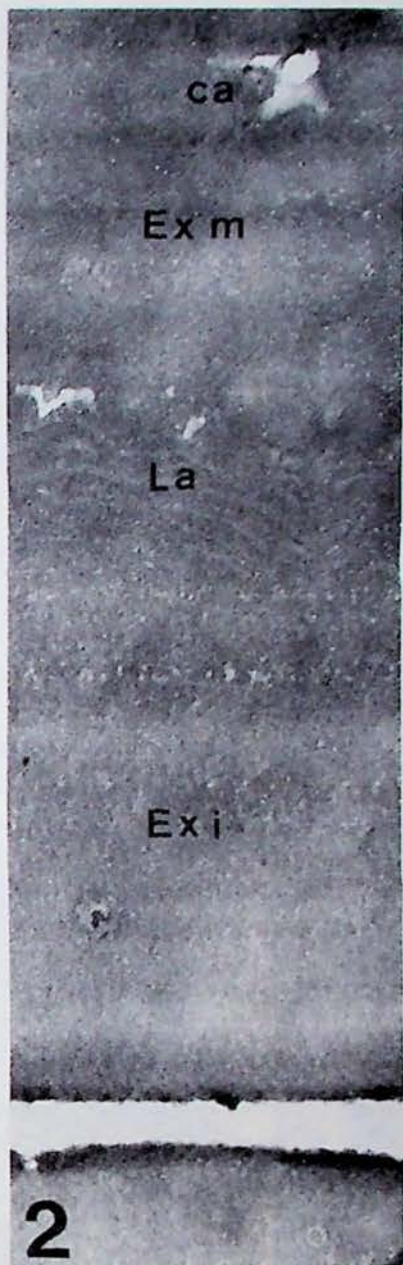
2) a — Il décrit la couche externe de l'exine (ectexine) comme construite par des unités anastomosées de sporopollénine donnant à la paroi un aspect spongieux.

b — Il précise qu'il y a continuité entre l'endexine et l'ectexine et que, sur quelques photographies, on peut voir que les unités les plus profondes de l'ectexine naissent directement de la surface externe de l'endexine.

c — Il observe que vers la surface externe du grain, les unités sporopolléniques de l'ectexine deviennent de plus en plus coalescentes et qu'elles sont complètement fusionnées à la périphérie pour former un bord plein.

Les coupes effectuées par l'un d'entre nous (M. Abadie) nous ont permis de retrouver l'ensemble de ces ultrastructures.

1a — Voir pl. II, fig. 2 et pl. III, fig. 2 : les lamelles de l'exospore interne (endexine Pettitt 1966) sont souvent nettes à la partie externe de cette couche, à la base de l'exospore moyenne.



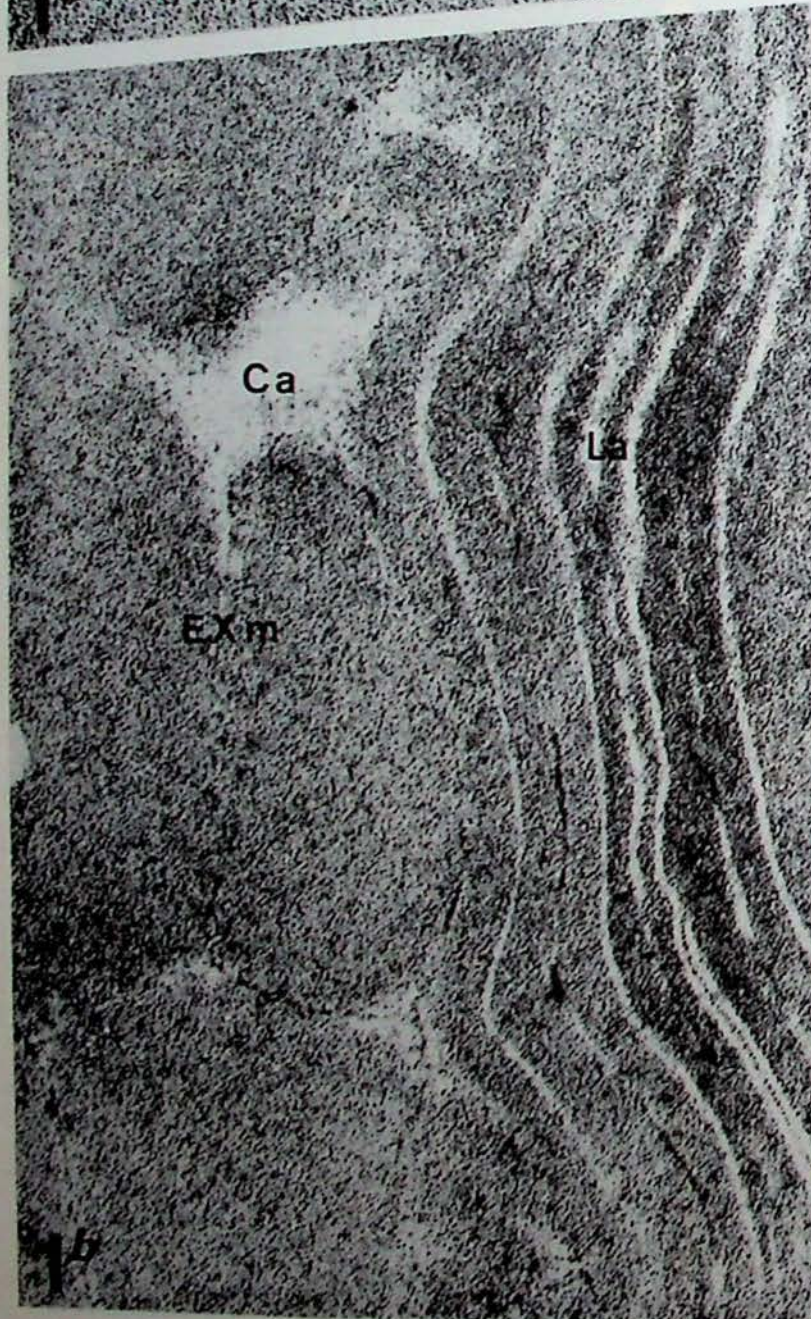
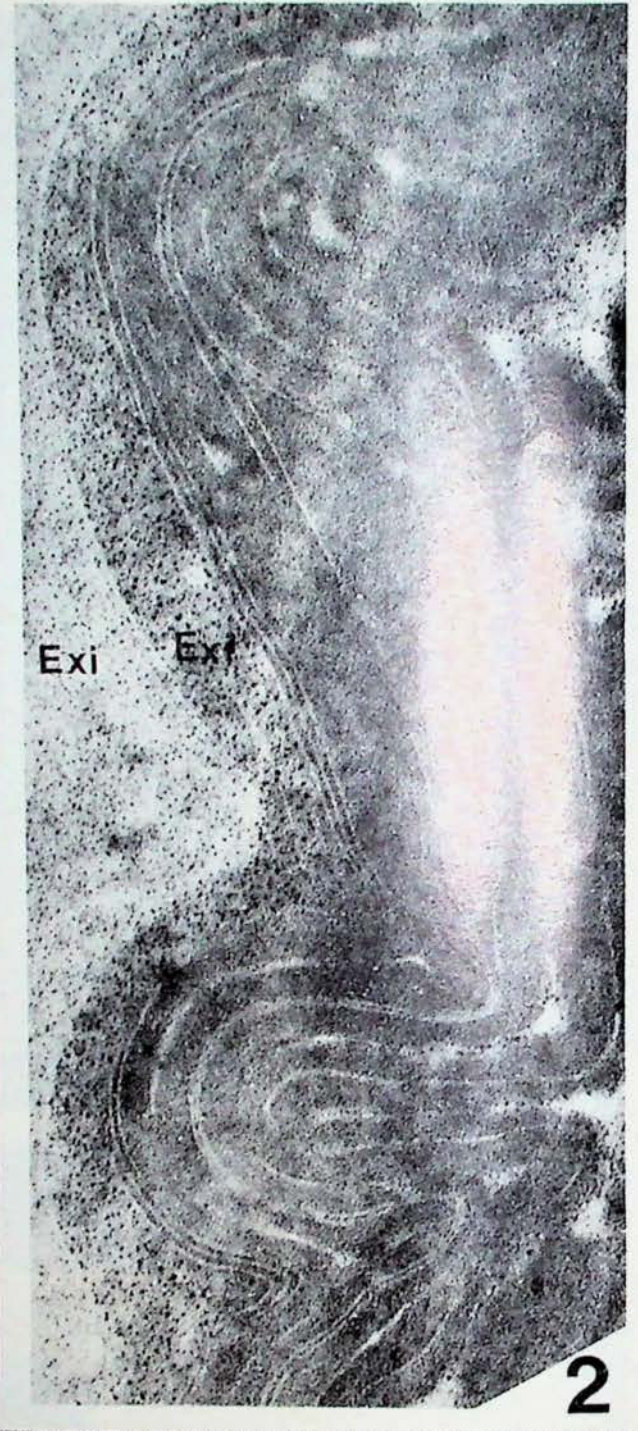
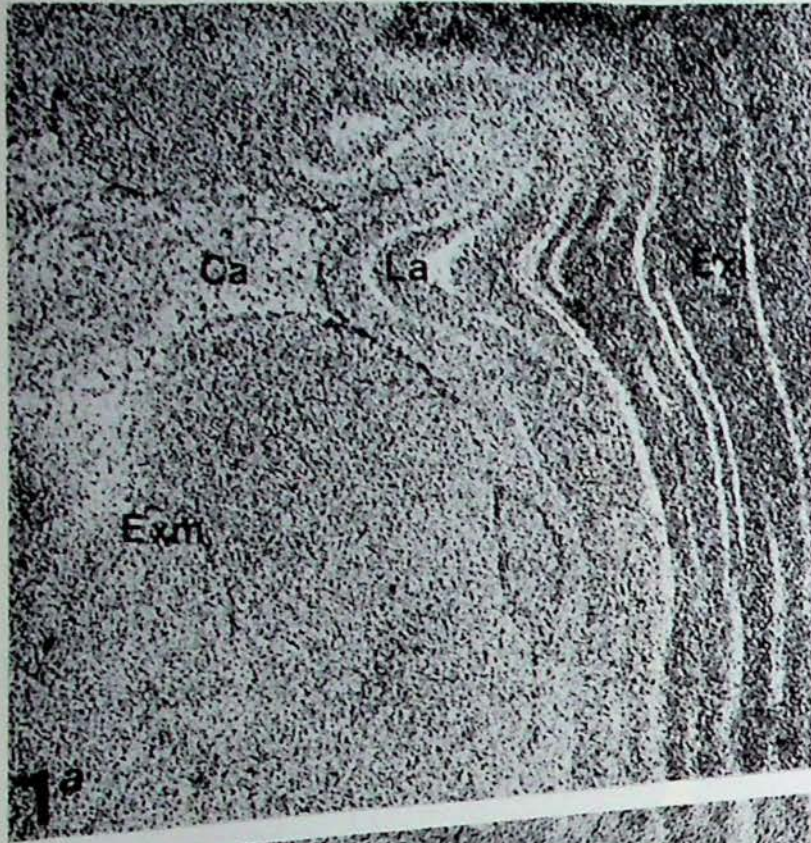


Planche II

Fig. 1 — Coupe transversale vers l'extrémité de l'ouverture germinative d'un grain de *Schopfipollenites* ; à droite la face proximale ; à gauche la face distale. Les flèches indiquent l'emplacement respectif des coupes de la figure 2 et de la figure 3. Remarquer le grand développement de la couche spongieuse X 2.300.

Fig. 2 — Aspect général de l'exospore interne et moyenne. Vers le bas, vide du centre de la spore, de part et d'autre l'exospore interne. Observer les lamelles, La, visibles à la limite de l'exospore interne, Exi, et de l'exospore moyenne, Exm, ainsi que les cavités, Ca, de l'exospore moyenne spongieuse X 34.500.

Fig. 3 — Coupe montrant les relations existant entre l'exospore moyenne, Exm, l'exospore externe, Exe, et la périspore (ou paraexospore) Pe. Observer les cavités de l'exospore moyenne spongieuse, les lamelles présentes dans l'exospore externe, la différence d'aspect, plus sombre de la périspore X 40.000.

Fig. 4 — Détail de l'ultrastructure lamellaire de l'exospore externe de la fig. 3 X 128.000.

Fig. 5 — Détail de l'ultrastructure de la périspore (ou paraexospore). Observer les structures parallèles. Les cavités proviennent sans doute d'une dégradation de cette couche X 88.500.

1b — Voir pl. III, fig. 2 : la différenciation d'une couche claire et d'une couche sombre dans l'exospore interne.

2a — Voir pl. II, fig. 1 : les vides semblent moins importants à l'observation au M.E.B.

2b — Voir pl. III, fig. 1a, 1b dans l'exospore moyenne (ectexine Pettitt 1966) les lamelles de la partie externe de l'exospore interne (endexine Pettitt 1966) sont en rapport avec les cavités de l'exospore moyenne (ectexine Pettitt 1966).

2c — Voir pl. II, fig. 1 : la portion externe de l'exospore moyenne de la spore est astructurée au niveau de l'arête de la pliure.

Mais elles nous ont aussi révélé des caractéristiques nouvelles : la paroi ne se limiterait pas aux 2 couches déjà connues : au-dessus, et nous l'avons découvert aux endroits précisés (pl. II, fig. 1), il existe une 3ème couche nettement lamellaire d'environ 1 à 1,5 μ , absolument dépourvue de cavités (pl. II, fig. 3 et 4), puis une fine couche à structures parallèles d'environ 0,1 à 0,4 μ portant une ornementation (pl. II, fig. 3 et 5) nettement plus sombre et dont la texture semble différente de celle de la couche sous-jacente. Ces deux dernières couches ne sont pas décelées sur toute la surface de la spore, mais seulement par places. Il est fort probable que la macération utilisée pour dégager les spores du charbon tend à les faire disparaître. Il faudrait vérifier si les différents types d'ornementation ne sont pas dus à cette attaque.

La découverte de ces deux couches nous semble fort importante. Elle montre que, sur toute son épaisseur, l'ultrastructure de la paroi des *Schopfipollenites*

est lamellaire, donc d'organisation sporale. Pettitt 1966 pensait déjà que l'ultrastructure de *Schopfipollenites* était plus sporale que pollinique. Toutefois, la subdivision en endexine lamellaire et ectexine spongieuse laissait entrevoir une étape vers la structure des Gymnospermes préphanérogames Cycadales ou Ginkgoales. Nos recherches ont montré que l'ultrastructure des *Schopfipollenites* est sporale, rejetant les Médullosacées vers les Progymnospermes comme les Archaeoptéridales, les Protopytales..., du Dévonien. D'autres spores de Ptéridospermées comme celles des Callistophytaceae (g. *Vesicaspora* (Schemel) Wilson et Venkat. 1963 ou g. *Jugasporites* (Leschik) Manum 1960) ont une structure alvéolaire.

La paléontologie n'a pas encore livré les termes de passage de l'ultrastructure sporale à l'ultrastructure pollinique. D'autres recherches sont indispensables. Les Médullosacées pourvues de spores mâles particulièrement volumineuses ont, quant à elles, résolu le problème de la fécondation sur la plante même en allégeant la paroi de leurs spores. La couche moyenne, épaisse, de cette paroi est largement creusée de cavités. Mais ce type d'ultrastructure qui ne se retrouve pas chez les spores actuelles est une tentative d'organisation apparemment sans lendemain.

4. CONCLUSIONS

Nous inspirant des travaux de Lugardon 1966-1976, Robert et al. 1971-1973, Denizot 1974, nous proposons la nomenclature suivante pour les parois du genre *Schopfipollenites* :

Schopf 1948	Pettitt 1966	Taylor 1973	Terminologie CIMP	Abadie et al. 1977
couche exosporale couche endosporale	ectexine endexine	couche externe couche interne	exoexine intexine	périspore ou paraexospore exospore externe exospore moyenne exospore interne

BIBLIOGRAPHIE

- DENIZOT J. (1974) : Genèse des parois sporocytaires et sporales chez *Fargiana hypophylla* (Marchantiales). Justification de la terminologie utilisée. Pollen et Spores, vol. XVI, N° 3, p. 303-371.
- DELEVORYAS T. (1964) : A probable pteridosperm microsporangiale fructification from the Pennsylvanian of Illinois. Paleontology, vol. 7, pt. 1, p. 60-63.
- DOYLE J.A., VAN CAMPO M. et LUGARDON B. (1975) : Observations on exine structure of Eucommiidites and Lower Cretaceous angiosperm pollen. Pollen et Spores, vol. XVII, n° 3, p. 429-486.
- EGGERT D.A. et KRYDER R.W. (1969) : A new species of Aulacotheca (Pteridospermales) from the middle Pennsylvanian of Iowa. Paleontology, vol. 12, pt. 3, p. 414-419.
- EMBERGER L. (1960) : Traité de Botanique. T. II. Masson Edit., Paris.
- GAUSSEN H. (1944) : Les Gymnospermes actuelles et fossiles. Toulouse, Fac. Sci., fasc. 1 et 2.
- LACHKAR G. (1975) : Les mégaspores du Bassin houiller sarro-lorrain. Palaeontographica, Bd. 150, Abt. B, p. 1-123.
- LUGARDON B. (1976) : Sur la structure fine de l'exospore dans les divers groupes de Ptéridophytes actuelles (microspores et isospores). The evolutionary significance of the exine, p. 231-250. Linnean Soc. Symp. Ser. n° 1, Ferguson et Muller Edit.
- MASURE E. (1976) : Le pollen des Cycadales et Ginkgoales. Rapport avec les monocolpés fossiles. Thèse 3ème Cycle, Univ. Paris.
- MILLAY M.A. et TAYLOR T.N. (1976) : Evolutionary trends in fossil Gymnosperm pollen. Rev. Paleobot. Palynol., vol. 21, n° 1, p. 65-91.
- PETTITT J.M. (1966) : Exine structure in some fossil and recent spores and pollen as revealed by light and electron microscopy. Bull. Brit. Mus. Nat. Hist., London 13, n° 4, p. 223-257.
- POTONIE R. (1962) : Synopsis der Sporaee in situ. Beih. Geol. Jahrb. Heft 52, Hanovre.
- POTONIE R. (1965) : Fossile Sporaee in situ. Forsch. Lands. Nordrhein Westfalen, n° 1483, Westdeutscher Verlag, Köln und Opladen.
- POTONIE R. (1967) : Versuch der Einordnung der fossilen Sporaee dispersaee in das phylogenetische System der Pflanzenfamilien. Forsch. Lands. Nordrhein Westfalen, n° 1761, Westdeutscher Verlag Köln und Opladen.
- POTONIE R. et KREMP G.O. (1954) : Die Gattungen der paläozoischen Sporaee dispersaee und ihre Stratigraphie. Geol. Jb., vol. 69, p. 111-194.
- RENAULT B. (1896) : Bassin houiller d'Autun et d'Epinae. Etudes des gites minéraux de la France. Fasc IV, p. 1-578 (Atlas publié en 1893).
- RENAULT B. (1902) : Note sur quelques micro- et macrospores fossiles. Bull. Soc. Hist. Nat. Autun, t. 15, 22 p., 12 pl.
- ROBERT D. (1971) : Nouvelle contribution à l'étude de l'origine des parois microsporales chez le Selaginète *Kraussiana* A. BR. C.R. Acad. Sci. Paris, 272, p. 385-388.
- SCHOPF J.M. (1948) : Pteridosperm male megaspores : American species of *Dolerotheca*, with notes regarding certain allied forms. Journ. Paleont., vol. 22, n° 6, p. 685-747.
- SCHOPF J.M. (1976) : Morphologic interrelationships of fertile structures in glossopterid Gymnosperms. Rev. Paleobot. Palynol., vol. 21, n° 1, p. 25-64.
- SCHOPF J.M., WILSON L.R. et BENTALL R. (1944) : An annotated synopsis of Paleozoic spores and the definition of generic groups. Ill. Geol. Surv. Rept. Inv., n° 91, p. 1-73.
- TAYLOR T.N. (1973) : Combined transmission and scanning-electron microscopy of in situ paleozoic spores. Paleontology, vol. 16, pt. 4, p. 765-776, pl. 96-98.
- TAYLOR T.N. (1973) : A consideration of the morphology, ultrastructure and multicellular microgametophyte of *Cycadeoidea dacotensis* pollen. Rev. Paleobot. Palynol., vol. 16, n° 3, p. 157-164.

**Présentation de quelques transformations structurales
et texturales des exines de Cycadales traitées par l'acétolyse,
puis fixées par le permanganate de potassium**

Jean-Claude AUDRAN *

RESUME

Les observations, menées à l'échelle de la M.E.T., ont porté sur le pollen de Stangeria paradoxa, Dioon edule, Cycas revoluta et Ceratozamia mexicana. La nexine ne subit que peu de modifications, par contre, la sexine est profondément transformée. Les cloisons des logettes constituant l'endosexine se gonflent, se déforment et confluent entre elles pour former des masses homogènes. Le volume des logettes se rétrécit et certaines se comblent. La texture en logette de ce niveau s'estompe. La sexine s'homogénéise, puis se dégrade, perdant son intégralité.

SAMENVATTING

De onderzoeken gedaan met een transmissie-elektronen-microscoop hadden betrekking op stuifmeel van de Stangeria paradoxa, de Dioon edule, de Cycas revoluta en de Ceratozamia mexicana. Het nexine ondergaat slechts weinig veranderingen, het sexine daarentegen wordt grondig getransformeerd. De wanden van de celletjes die het endosexine vormen zwellen op, vervormen en vloeien in elkaar zodat zij homogene massa's vormen. Het volume van de celletjes krimpt en sommige worden opgevuld. Het celletjesweefsel vervaagt van daaraf. Het sexine wordt homogeen, daarna wordt het afgebroken en verliest het zijn volledigheid.

ZUSAMMENFASSUNG

Untersuchungen mit dem Elektronenmikroskop wurden ausgeführt an Pollen von Stangeria paradoxa, Dioon edule, Cycas revoluta und Ceratozamia mexicana nach einer Behandlung durch Acetolyse und MnO_4K . Die Nexine verändert sich nur leicht, dagegen verwandelt sich die Sexine sehr stark. Die Wände der kleinen Logen der Endosexine schwellen auf, deformieren sich, fließen ineinander und bilden eine homogene Masse. Das Logenvolumen verkleinert sich, manche von ihnen werden aufgefüllt. Das Logengefüge schwindet. Die Sexine wird homogen, schliesslich abgebaut und verliert ihre Integralität.

SUMMARY

The observations, with the T.E.M., covered the pollen of Stangeria paradoxa, Dioon edule, Cycas revoluta and Ceratozamia mexicana. The nexine is only very slightly modified, the sexine is markedly transformed. The endosexine walls of the small lodges swell, change shape and coalesce to form homogeneous masses. The volume of the small lodges contracts and some are filled in. At this level the small lodge texture begins to disappear. The sexine becomes homogeneous, and then undergoes degradation and thus breaks up.

* Laboratoire de Botanique, U.E.R. des Sciences, F-51062, Reims Cédex.

LEGENDES

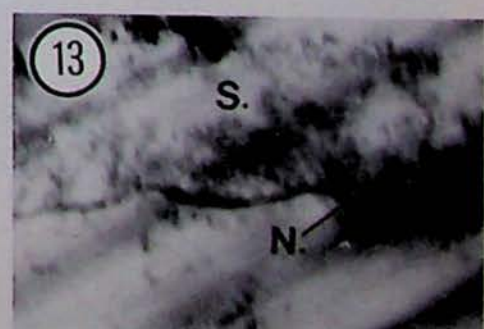
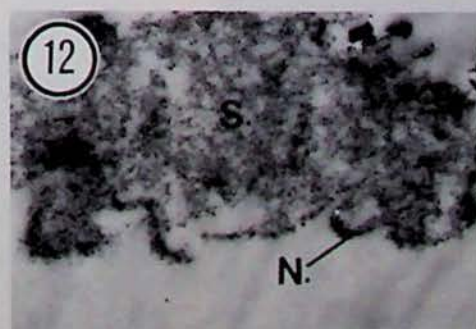
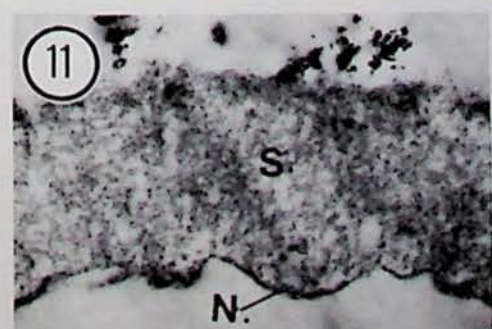
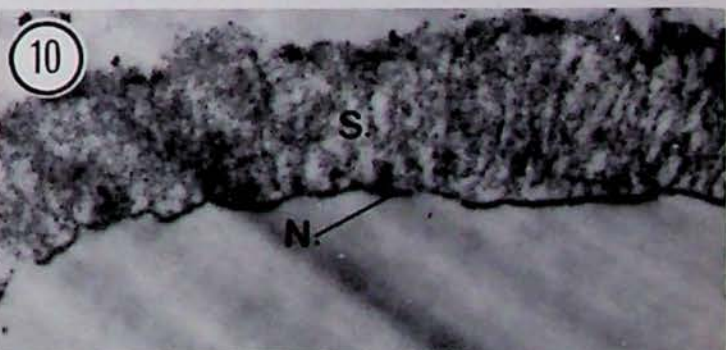
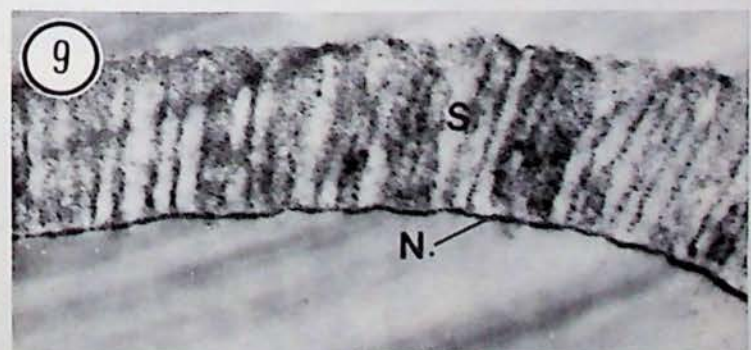
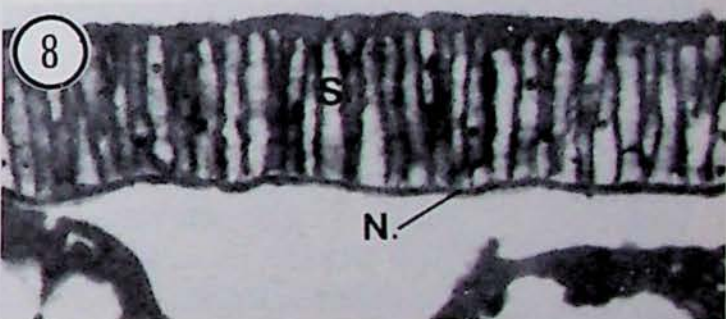
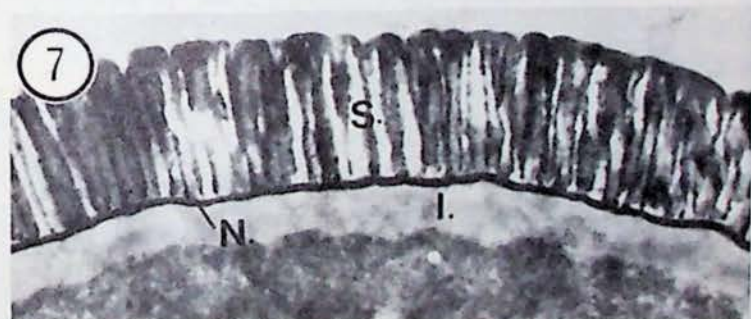
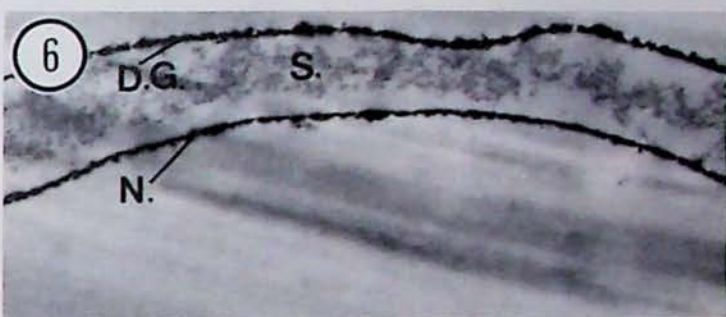
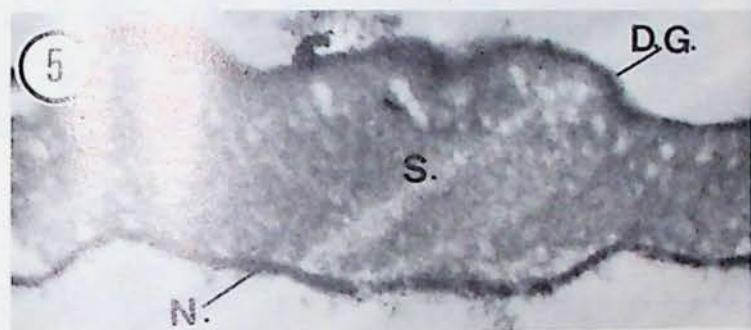
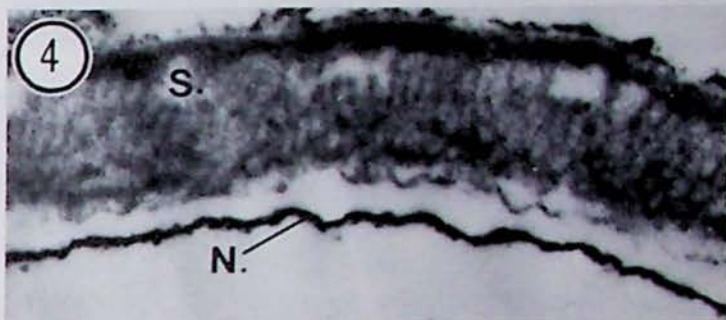
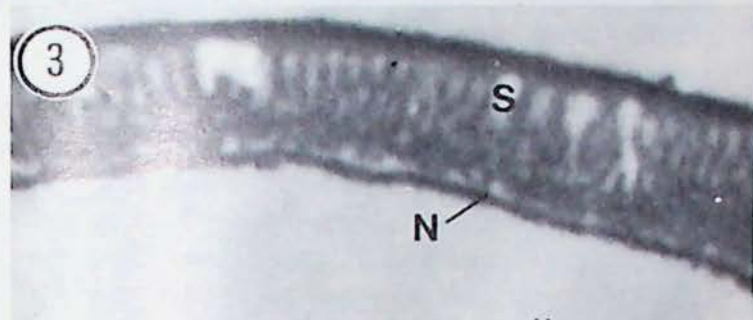
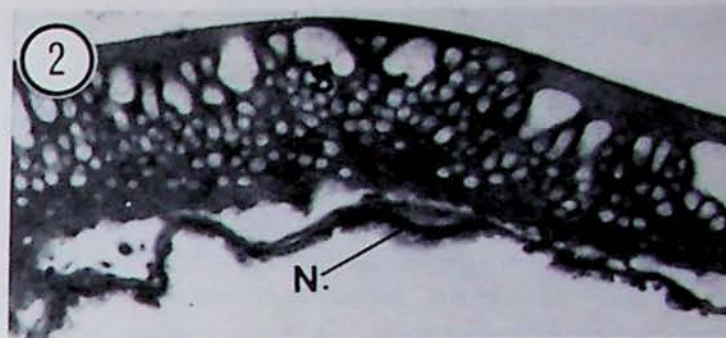
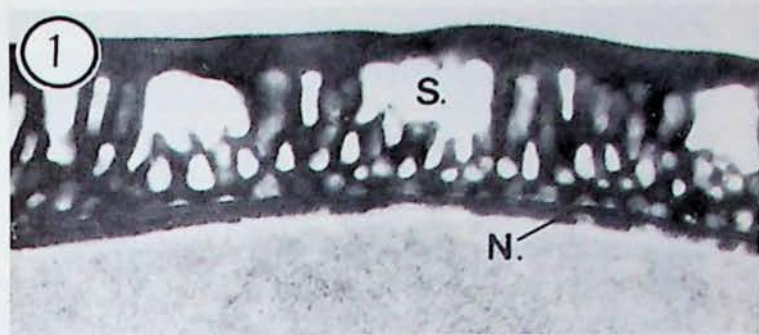
Abréviations employées : Cl. : cloison ; Cy. : cytoplasme ; D.G. : dépôt granuleux ; Ect. : ectosexine ; End. : endosexine ; I. : intine ; L. : logettes ; N. : nexine ; S. : sexine.

Planche I
Sporoderme de Cycas revoluta

- Fig. 1 (G × 20 000) : Pollen non acétolysé ; fixé par le glutaraldéhyde-osmium, et contrasté par le permanganate de potassium. La stratification, la structure et la texture de l'exine sont clairement mises en évidence. L'endosexine est formée de trois types de logettes réparties sur plusieurs niveaux.
- Fig. 2 (G × 11 000) : Pollen acétolysé : mêmes fixation et coloration que précédemment. La stratification de l'exine est inchangée, mais la structure de la sexine est légèrement modifiée.
- Fig. 3 (G × 8 400) : Pollen acétolysé : fixation par le permanganate de potassium. La nexine et la sexine sont de densité électronique différente.
- Fig. 4 (G × 9 000) : Pollen acétolysé : fixation par le permanganate de potassium. Début de la dégradation de l'exine.
- Fig. 5 (G × 9 000) : Pollen acétolysé : fixation par le permanganate de potassium. L'endosexine tend à s'homogénéiser.
- Fig. 6 (G × 5 800) : Pollen acétolysé : fixation par le permanganate de potassium. Aspect extrême d'une exine fortement dégradée.

Sporoderme de Stangeria paradoxa

- Fig. 7 (G × 15 000) : Pollen non acétolysé, fixé par le glutaraldéhyde-osmium, contrasté par le permanganate de potassium. Sur cette image de sporoderme, on reconnaît parfaitement la sexine, la nexine et l'intine. L'endosexine est constituée par un seul type de logettes disposées sur un même niveau.
- Fig. 8 (G × 15 000) : Pollen acétolysé. Mêmes fixation et coloration que précédemment. Le sporoderme est réduit à l'exine.
- Fig. 9 (G × 15 000) : Pollen acétolysé : fixation par le permanganate de potassium. Par rapport à la figure précédente, la structure de la sexine est nettement plus altérée. Sa densité électronique est plus faible que celle de la nexine.
- Fig. 10-11-12 (G × 9 000) : Pollen acétolysé : fixation par le permanganate de potassium. Altération progressive de la sexine par homogénéisation de sa texture.
- Fig. 13 (G × 9 000) : Pollen acétolysé : fixation par le permanganate de potassium. La sexine se réduit à des amas informes de substance spumeuse. La nexine contrastée se révèle moins dégradée.



O. INTRODUCTION

Lorsque l'on observe un objet biologique, quelle que soit sa nature, avec les moyens d'investigation actuels (microscopie optique et surtout microscopie électronique), l'image recueillie n'est, la plupart du temps, que le reflet grossier de la réalité. C'est que cette image est en fait la résultante entre la réalité intrinsèque de l'entité biologique observée et les nombreuses déformations, de tous ordres, provoquées par les différentes techniques que nécessite la pratique de l'observation. La connaissance même partielle de ces altérations ou artéfacts devient une nécessité pour l'interprétation correcte des résultats. Ceci est particulièrement important en palynologie, depuis que l'on a reconnu que, sur le plan phyllétique, les structures polliniques présentaient un certain intérêt [Van Campo, Lugardon (1973)]. C'est ainsi que l'acétolyse des grains de pollen des Cycadales, pratiquée selon le protocole d'Erdtman (1960), transforme radicalement la texture de l'exine, celle-ci devenant pseudo-alvéolaire [Audran (1970)]. Il en est de même pour certains agents de fixation. La fixation est la première étape indispensable à l'observation en microscopie électronique, au cours de laquelle on

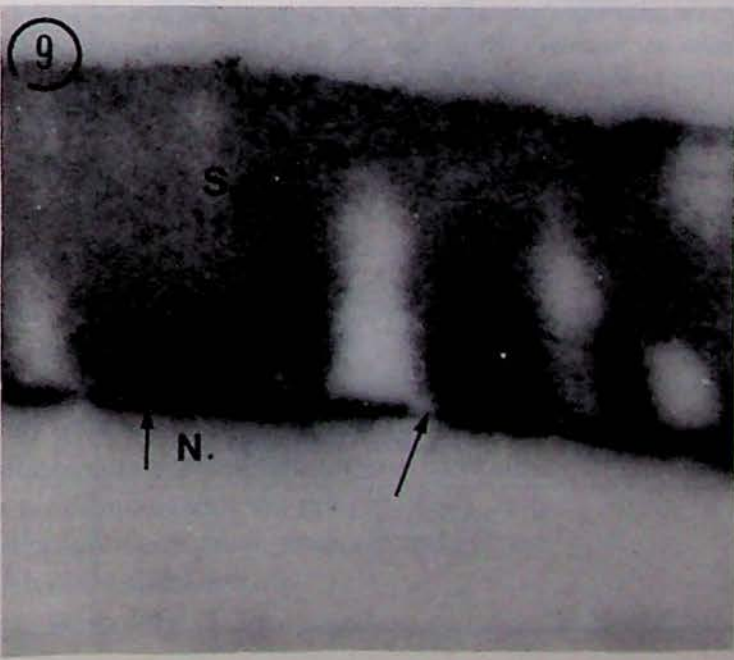
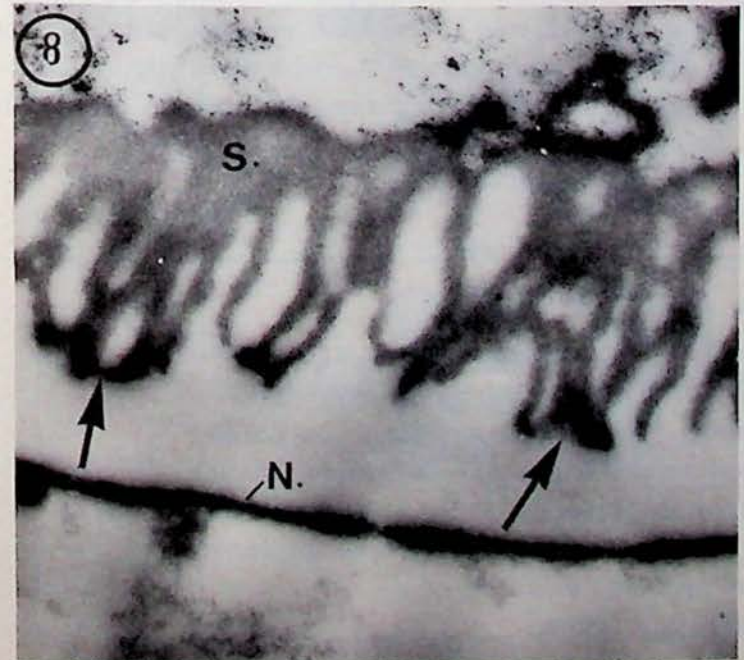
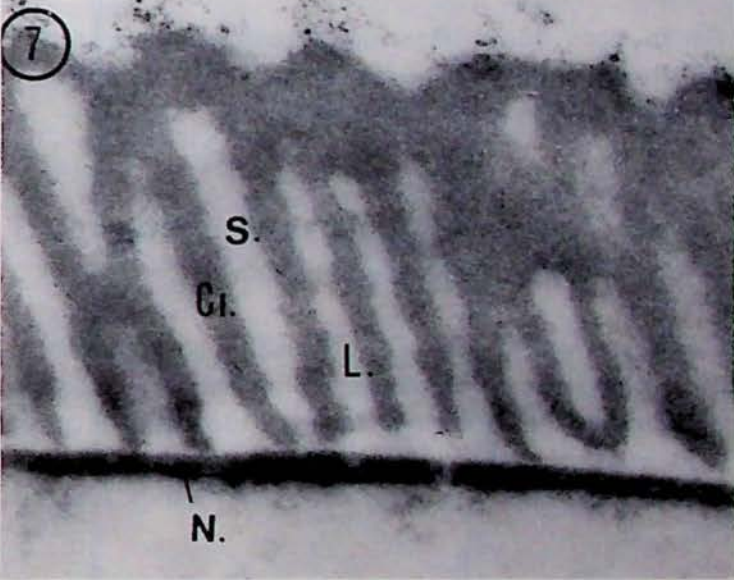
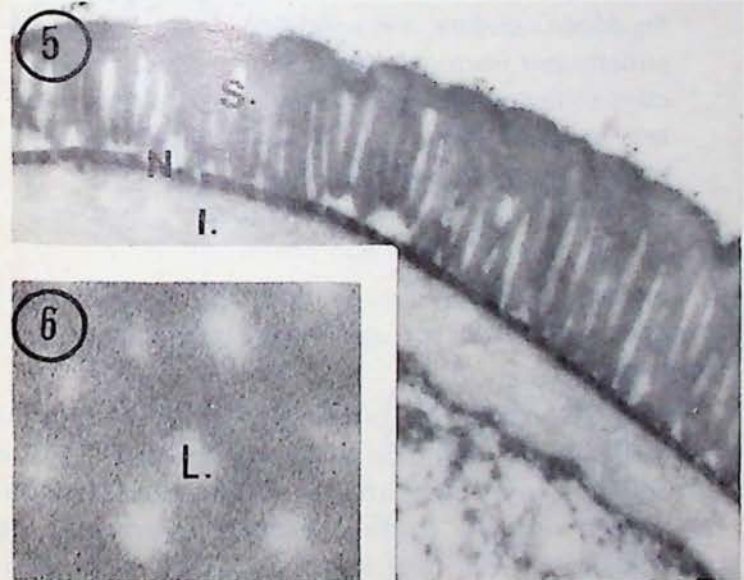
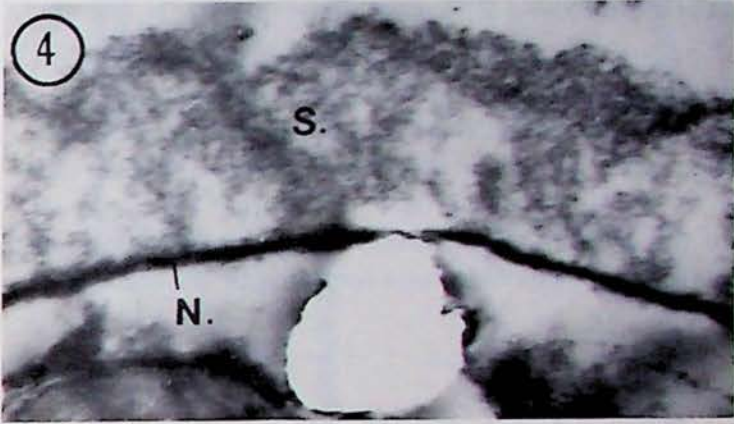
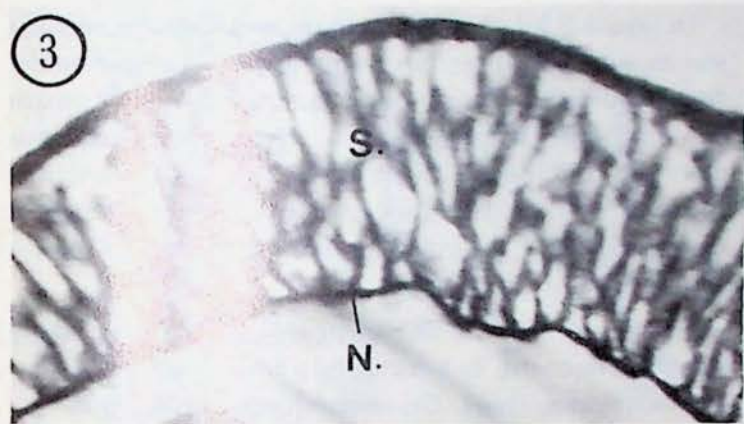
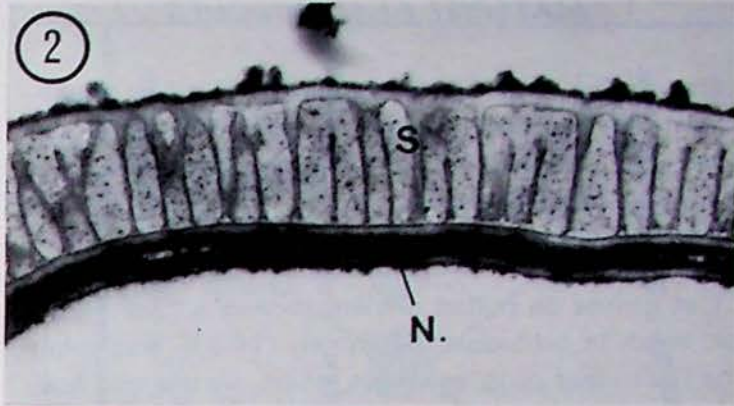
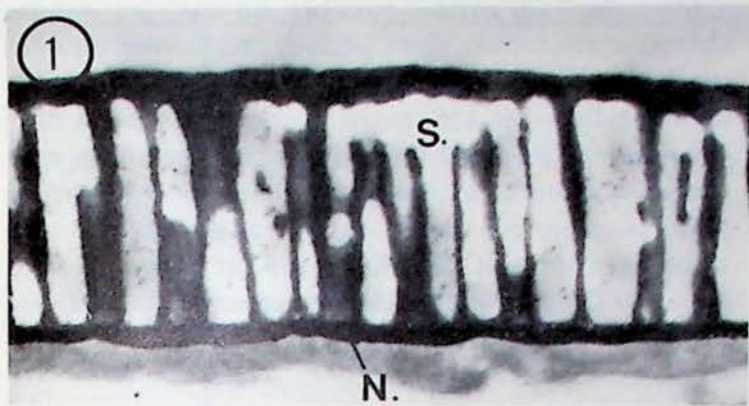
tente, à l'aide de diverses techniques, de conserver le mieux possible les structures biologiques que l'on désire analyser. Parmi les différents procédés utilisés, les solutions fixatrices sont, en fonction de leur commodité d'emploi, les plus usitées. Leur modalité d'action, ainsi que leur composition, ont été établies par Palade (1952), pour l'emploi de l'OsO₄, par Mollenhauer (1959), pour l'utilisation du KMnO₄ et par Sabatini, Bensch et Barnett (1963) pour le glutaraldéhyde. Ces mêmes fixateurs ont été repris et adoptés pour les études palynologiques [Skvarla (1966-1968), Larson (1964)]. Ces substances fixatrices, de par le principe même de la fixation, vont inter-réagir avec les constituants chimiques de l'exine, en l'occurrence la sporopollénine. Cette dernière, qui a été longtemps considérée comme extrêmement résistante, s'est avérée être très sensible à l'action des substances oxydantes [Southworth (1974)]. On conçoit ainsi que les mêmes fixateurs qui agissent sur la sporopollénine et sur un grand nombre a des propriétés oxydantes peuvent provoquer certaines modifications au niveau de l'exine. C'est, entre autres, le cas des solutions fixatrices à base de KMnO₄ agissant sur les exines préalablement acétolysées, objet de ce travail.

Planche II Sporoderme de *Dioon edule*

- Fig. 1 (G × 15 000) : Pollen non acétolysé, fixé par le glutaraldéhyde-osmium et contrasté par le permanganate de potassium. L'endosexine est composée de deux types de logettes disposées sur un même niveau.
- Fig. 2 (G × 8 000) : Pollen acétolysé. Même fixateur que précédemment. La densité de la sexine a fortement diminué.
- Fig. 3 (G × 15 000) : Pollen acétolysé : fixation par le permanganate de potassium. Début de la dégradation de la sexine.
- Fig. 4 (G × 15 000) : Pollen acétolysé : fixation par le permanganate de potassium. La sexine s'homogénéise.

Sporoderme de Ceratozamia mexicana Acétolyse ménagée — Fixation par le permanganate de potassium

- Fig. 5 (G × 21 000) : Début de l'acétolyse. La sexine est moins contrastée que la nexine. L'intine est homogène.
- Fig. 6 (G × 40 000) : Coupe oblique pratiquée dans un grain de pollen dont le sporoderme est dans un état voisin de celui de la figure 5. Noter l'aspect évanescent de la sexine.
- Fig. 7-8 (G × 35 000) (G × 21 000) : L'intine est totalement détruite. La nexine se détache de la sexine. La base des cloisons délimitant les logettes se fusionne (flèche).
- Fig. 9 (G × 30 000) : La sexine s'homogénéise et la nexine apparaît interrompue par endroit (flèche).



1. MATERIEL ET TECHNIQUES

Des grains de pollen d'origines variées* et appartenant aux espèces suivantes de la famille des Cycadales ont été utilisés pour cette expérimentation : *Stangeria paradoxa*, *Dioon edule*, *Cycas revoluta* et *Ceratozamia mexicana*.

Ces grains de pollen ont été soumis à l'acétolyse, soit selon le protocole d'Erdtman (1960), soit selon une technique progressive et moins drastique, l'acétolyse ménagée [Audran (1970)], puis fixés à froid par une solution à 2 % de $KMnO^4$ (pH : 7,2).

Après ce traitement, les grains de pollen recueillis par centrifugation en un culot sont inclus dans l'araldite [Glauert et Glauert (1958)]. Les coupes ultrafines obtenues à l'aide d'un diamant sont disposées sur des grilles en cuivre présentant un support de formevar afin d'éviter les déformations des parois polliniques sous l'impact des électrons lors de leur observation.

2. RESULTATS

Après avoir décrit l'état des transformations de la structure et de la texture des exines, nous tenterons d'en comprendre la genèse.

2.1. Aspect des exines acétolysées, puis fixées par le $KMnO^4$

Dans la majorité des cas observés, la configuration générale des sporodermes des Cycadales ainsi traités est très comparable à celle des sporodermes acétolysés et fixés par le $glut/OsO^4$ (figure de texte 1, et comparer fig. 2 et 3 pl. I, fig. 8 et 9 pl. I et fig. 2 et 3, pl. II).

* Le pollen des genres *Stangeria*, *Cycas* et *Ceratozamia* a été récolté par nos soins dans les jardins de l'Institut de Botanique à Lisbonne, dans les jardins municipaux de la ville de Cannes et de Bordighiera (Italie). Le pollen de *Dioon* nous a été fourni par Melle Masure ; qu'elle trouve ici nos remerciements.

Mais dans un certain nombre de cas, les images obtenues sont telles que l'aspect des exines qu'elles représentent s'éloigne considérablement du schéma habituel. De telles structures exiniques seraient difficilement explicables s'il n'existait pas des séries continues rattachant ces images d'exines profondément perturbées par ces traitements à celles d'exines classiquement bâties. Considérons les exemples suivants pris chez *Cycas revoluta*, *Stangeria paradoxa* et *Dioon edule*.

Cycas revoluta

La figure 3 (pl. I) représente un sporoderme réduit à son exine et dont les deux niveaux sont identifiables sans ambiguïté. Par ailleurs, la structure de la sexine est aisément reconnaissable. On comparera cette électronographie aux figures 1 et 2 de la planche I, représentant respectivement des coupes de sporodermes non acétolysés et acétolysés, fixés par le $glut/OsO^4$.

Sur le sporoderme de la figure 4 (pl. I) plus marqué par le traitement, la sexine et la nexine sont toujours bien individualisées. On remarque toutefois que :

- La structure de la sexine, sur laquelle apparaît un fin dépôt noirâtre, est modifiée. Les logettes qui constituent normalement ce niveau sont maintenant difficilement observables. Les petites logettes, en particulier, sont obstruées par une substance finement granuleuse.
- La nexine est fortement contrastée. Son épaisseur est irrégulière et son profil ondulé.

L'altération des logettes de la sexine s'accroît et le dépôt qui borde son profil externe devient plus important (fig. 5 ; pl. I).

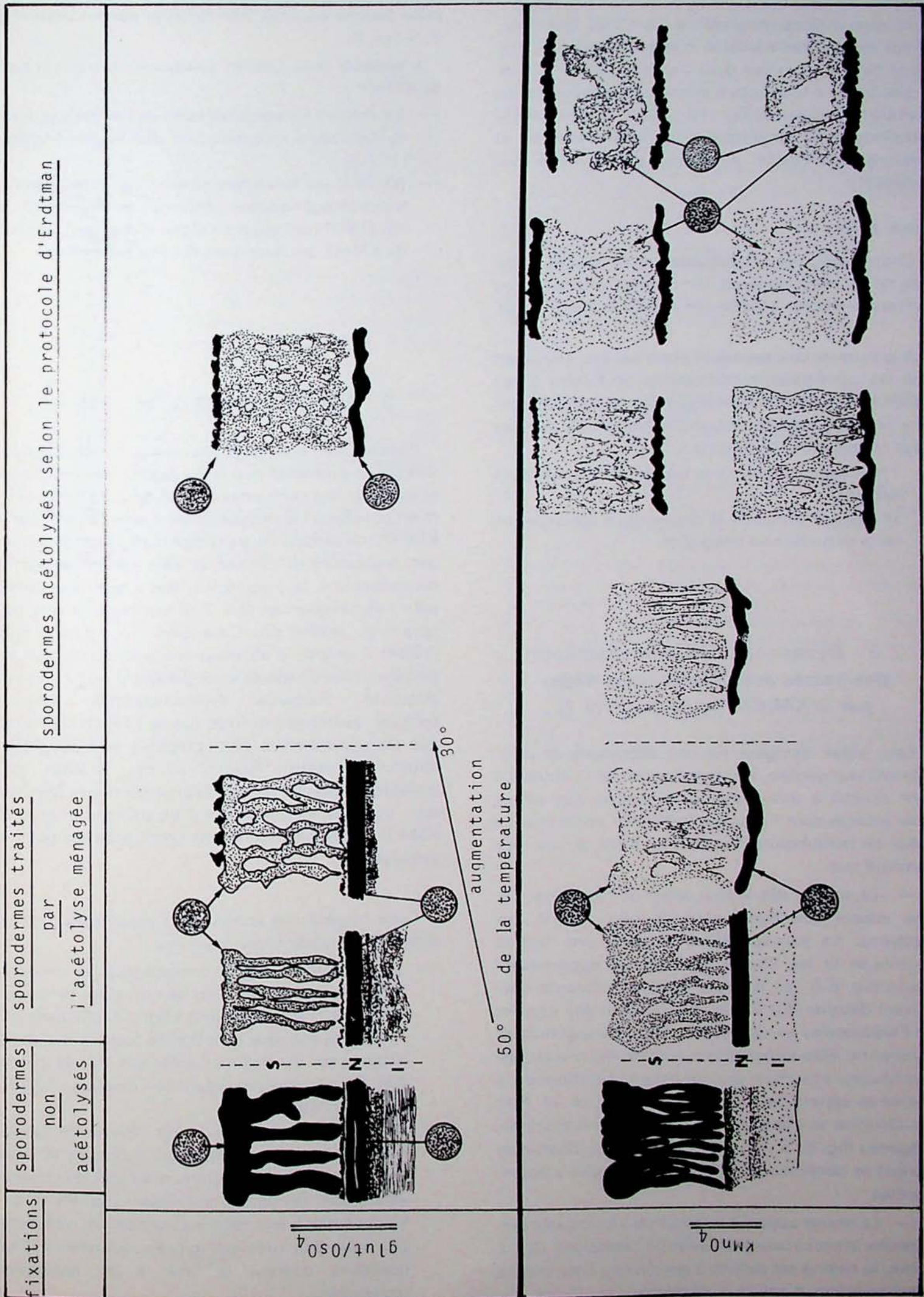
Enfin, l'aspect du sporoderme de la figure 6 (pl. I) marque le terme ultime de cette dégradation. L'exine est devenue totalement méconnaissable. Elle apparaît alors composée d'une substance spumeuse, de faible densité électronique et disposée irrégulièrement, limitée extérieurement et intérieurement par deux bandes, très contrastées et mesurant $180 \mu m$ d'épaisseur en moyenne. Aucune des structures constituant initialement ce niveau de l'exine n'est identifiable.

Fig. 1.

Tableau récapitulatif, à l'aide de schémas, les effets des deux principales fixations chimiques sur l'infrastructure de sporodermes préalablement ou non acétolysés.

Ces sporodermes proviennent tous de pollens fraîchement récoltés. Les coupes ultrafines pratiquées sur les enveloppes polliniques fixées par la double fixation $glut/OsO^4$ ont été contrastées par une solution de $KMnO^4$ à 1 %. A l'intérieur des cercles figurés dans ce tableau, nous avons représenté la texture de la sporopollénine constituant les deux niveaux de l'exine.

I. : intine ; N. : nexine ; S. : sexine.



Stangeria paradoxa

La série d'électronographies 7 à 13 (pl. I) montre, mieux qu'un commentaire, comment à partir d'une exine (fig. 9, pl. I) aux deux niveaux nettement individualisés et à la structure encore bien conservée, on aboutit à une exine (fig. 13 ; pl. I), profondément transformée et constituée d'une nexine ondulée et fortement contrastée, surmontée d'une sexine déliquescence.

Dioon edule

Comme pour les cas précédemment étudiés, la sexine de *D. edule* apparaît dans son ensemble, moins contrastée et plus abîmée que la nexine (fig. 3-4 ; pl. II).

A la suite de ces premières observations, il apparaît que les principales modifications de l'exine à ces traitements ont lieu essentiellement au sein de la sexine selon un schéma séquentiel bien établi dont les deux étapes principales sont :

- l'homogénéisation de la texture en logettes de la sexine ;
- la déliquescence de la sexine qui s'accompagne de la perte de son intégralité.

2.2. Dynamique de la transformation des exines acétolysées, puis fixées par le $KMnO^4$ (figure de texte 1)

Pour saisir l'origine de ces altérations et comprendre leur genèse, les sporodermes de *C. mexicana* sont soumis à une acétolyse ménagée. Les exines ainsi traitées sont fixées par le $KMnO^4$ après chaque palier de température d'acétolyse. Ainsi, avons-nous constaté que :

— La sexine, dès le tout début de l'acétolyse (intine encore présente), perd de son opacité aux électrons. La sporopollénine acquiert une texture spumeuse et les limites des logettes apparaissent floues (fig. 5-6 ; pl. II). Puis, lorsque l'intine est totalement détruite (60 à 70°), les cloisons des logettes de l'endosexine se déforment. Elles s'anastomosent alors entre elles latéralement à différents niveaux de leur hauteur et surtout sur leur base aux endroits où la nexine se sépare de la sexine (fig. 7, 8 ; pl. II). Puis ces cloisons se gonflent pour former des masses homogènes (fig. 8, 9 ; pl. II). Le volume des logettes se rétrécit et certaines se comblent. La sexine s'homogénéise.

— La nexine apparaît toujours plus contrastée que la sexine et ceci à tous les stades de l'acétolyse. Dès le début, la nexine est réduite à son niveau interne et sa lamellarisation n'est plus décelable (fig. 7 ; pl. II).

Puis son épaisseur s'amenuise, devient irrégulière et cette couche apparaît interrompue par endroits (fig. 8, 9 ; pl. II).

Il apparaît donc que les solutions fixatrices à base de $KMnO^4$:

- accentuent les effets néfastes de l'acétolyse sur la configuration architecturale des exines [Audran (1970)] ;
- gonflent les structures sexiniques, conduisant à leur homogénéisation. Notons que Larson et Lewis (1961) ont aussi souligné le pouvoir gonflant du $KMnO^4$ sur les exines Angiospermiennes.

3. DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS

Il ressort de l'ensemble des observations que nous venons de présenter que la configuration structurale et texturale des exines des Cycadales est particulièrement sensible à l'acétolyse suivie d'une fixation par le $KMnO^4$; ensemble de traitements physicochimiques qui, soulignons-le, ont été et sont encore employés couramment à la préparation des grains de pollen pour l'observation en M.E.T. Il semble que cela soit propre au pollen des Cycadales. En effet, Larson (1964) à propos d'observations pratiquées sur un grand nombre de spores et de pollens d'origine variée (Mousses - Fougères - Gymnospermes - Angiospermes), acétolysés et fixés par le $KMnO^4$, constate que les sporodermes ainsi préparés ont une infrastructure normale. Roland et col. (1968), sur quelques types de pollen d'Angiospermes, aboutissent aux mêmes conclusions et soulignent que le $KMnO^4$ reste une méthode de choix pour les pollens acétolysés.

Cette fragilité des exines des Cycadales à l'action des acides chauds et des oxydants :

- permet maintenant de comprendre les interprétations contradictoires émises au sujet de la texture et de la structure de la sexine des Cycadales. Il apparaît ainsi que la notion de texture alvéolaire acquise sur du matériel acétolysé et fixé par le $KMnO^4$ doit être abandonnée [Afzelius (1956), Gullvag (1966)]
- pose l'important problème du devenir de ces infrastructures sporopolléniques au cours de leur fossilisation naturelle. Dans quel état de conservation sont les parois polliniques fossiles et celui-ci permet-il leur reconnaissance par référence aux infrastructures polliniques actuelles ? Ces questions ouvrent la voie à de nouvelles recherches.

DISCUSSION

B. Lugardon

Des dégradations de même type ont été observées dans le cas de spores de fougères. Peut-être que ces dégradations en relation avec le traitement par MnO_4K se produiraient non pas au cours de ce traitement lui-même, mais postérieurement au cours de l'inclusion dans les résines... ?

J.C. Audran

Il est peu probable, du moins en ce qui concerne les Cycadales, que les déformations de l'exine que nous venons de présenter soient le fait de la technique d'inclusion employée (Araldite) pour les deux raisons suivantes :

- les déformations que nous avons notées sont en effet très différentes de celles provoquées par certaines méthodes d'inclusion, qui sont surtout des déchirures et des décollements des différentes couches de l'exine ;
- les exines non acétolysées, fixées par le $Glut/O_3O_4$ et enrobées dans l'Araldite ne présentent pas de déformations infrastructurales.

BIBLIOGRAPHIE

AFZELIUS (B.M.), 1956. Electron microscope investigation into exine stratification. *Grana Palynologica*, 1, n° 2, 23-27.

- AUDRAN (J.C.), 1970. Structure de la paroi pollinique du *Ceratozamia mexicana* (Cycadacées) étudiée aux microscopes photonique et électronique après acétolyse ménagée. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 270, 1455-1457.
- ERDTMAN (G.), 1960. The acetolysis method. A revised description. *Svenk. Bot. Tidskr.*, 5, 561-564.
- GLAUERT (M.A.), GLAUERT (R.H.), 1958. Araldite as an embedding medium for electron microscopy. *J. Biophys. Biochem. Cytol.*, 4, 191-194.
- GRAY (J.), 1965. Extraction technique. In *Handbook of paleontological techniques*. B. Kummel and D. Raup ed., Freeman W.H. and Company, 530-587.
- GULLVAG (B.M.), 1966. The fine structure of some Gymnosperm pollen walls. *Grana Palynologica*, 6, n° 3, 435-475.
- LARSON (D.A.), 1964. Processing pollen and spores exines for electron microscopy. *Stain Technology*, 39, 237-243.
- LARSON (D.A.), LEWIS (C.W.), 1961. Fine structure of *Parkinsonia aculeata* pollen. I - The pollen wall. *Amer. J. Bot.*, 48, 934-943.
- MOLLENHAUER (H.H.), 1959. Permanganate fixation of plant cells. *J. Biophys. Biochem. Cytol.*, 6, (3), 431-435.
- PALADE (G.G.), 1952. A study of fixation for electron microscopy. *J. Exp. Med.*, 95, 285-298.
- ROLAND (J.C.), ROLAND (F.), 1968. Essais de coloration élective des niveaux du sporoderme en microscopie électronique. *Pollen et Spores*, X, (1), 5-10.
- SABATINI (D.D.), BENSCH (K.), BARNETT (R.J.), 1963. Cytochemistry and electron microscopy. The preservation of cellular structure and enzymatic activity by aldehyde fixation. *J. Cell. Biol.*, 17, 19-58.
- SKVARLA (J.J.), 1966. Techniques of pollen and spore electron microscopy. Part. I. Staining, dehydration and embedding. *Oklahoma Geology Notes*, 26, 179-186.
- SKVARLA (J.J.), KELLEY (A.G.), 1968. Rapid preparation of pollen exines for electron microscopy. *Stain Technology*, 43, (3), 139-144.
- SOUTHWORTH (D.), 1974. Solubility of pollen exines. *Amer. J. Bot.*, 61, (1), 36-44.
- VAN CAMPO (M.), LUGARDON (B.), 1973. Structure grenue infratectale de l'ectosexine des pollens de quelques Gymnospermes et Angiospermes. *Pollen et Spores*, XV, n° 2, 171-187.

Au sujet de la solubilité de l'exine dans l'éthanolamine

Janine DENIZOT *

RESUME

A température constante, l'action de l'éthanolamine sur l'exine des pollens de *Malva silvestris* L. varie selon sa durée et les traitements préalables, en particulier acetolyse et l'action de l'éthanol bouillant (ces techniques modifient en outre l'ultrasculpture).

ZUSAMMENFASSUNG

Bei konstanter Temperatur wirkt Ethanolamin verschiedenartig auf die Exine der Pollen von *Malva silvestris* L. je nach der Dauer und der vorhergehenden Behandlungen, insbesondere was die Acetolyse und die Wirkung von kochendem Ethanol betrifft (zudem verändern diese Aufbereitungen die Ultraskulptur).

A la suite des travaux de Southworth (1974), qui ont mis en évidence la solubilité de l'exine 1 des pollens et des spores de nombreux taxons dans certaines bases organiques faibles, nous avons utilisé l'action de l'éthanolamine sur les spores de quelques Hépatiques. Les expériences que nous avons ensuite pratiquées sur des pollens choisis en fonction de la structure du sporoderme, en vue d'en solubiliser différemment les diverses strates, nous ont donné des résultats variables. Nous avons cherché les causes de ces variations en opérant selon une méthode expérimentale, la même pour tous les ta-

SAMENVATTING

Bij constante temperatuur varieert de werking van het ethanolamine op het exine van het stuifmeel van de *Malva silvestris* L. volgens haar duur en de voorafgaandelijke behandelingen, in het bijzonder voor wat betreft de acetolyse en de werking van kokend ethanol (die technieken wijzigen bovendien de ultrasculptuur).

SUMMARY

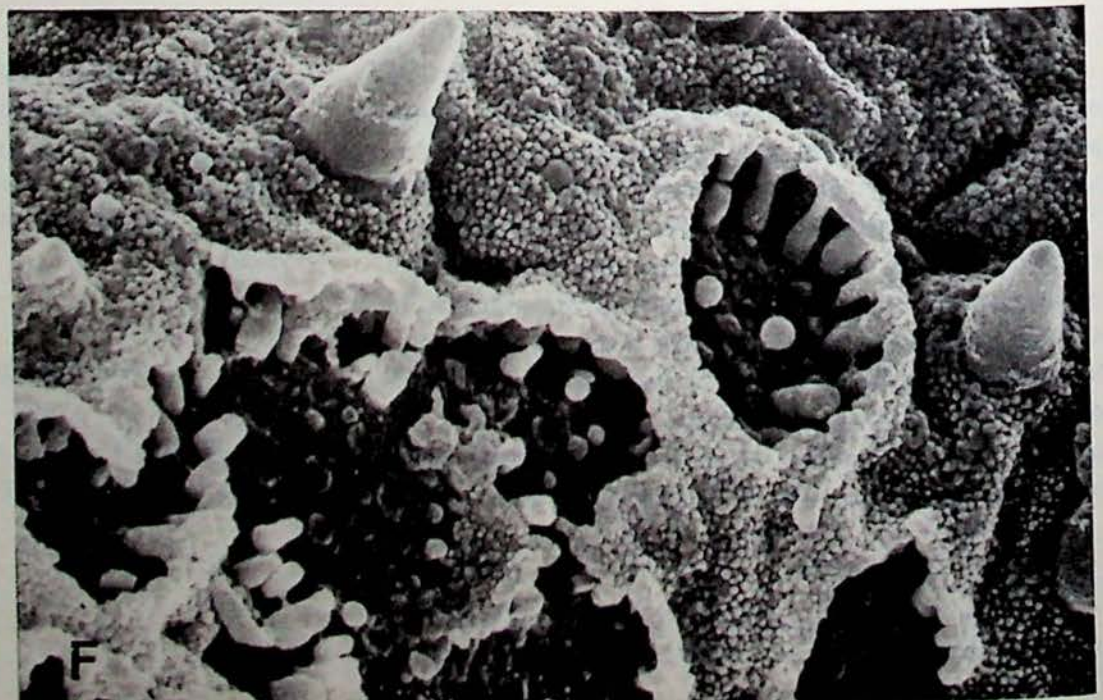
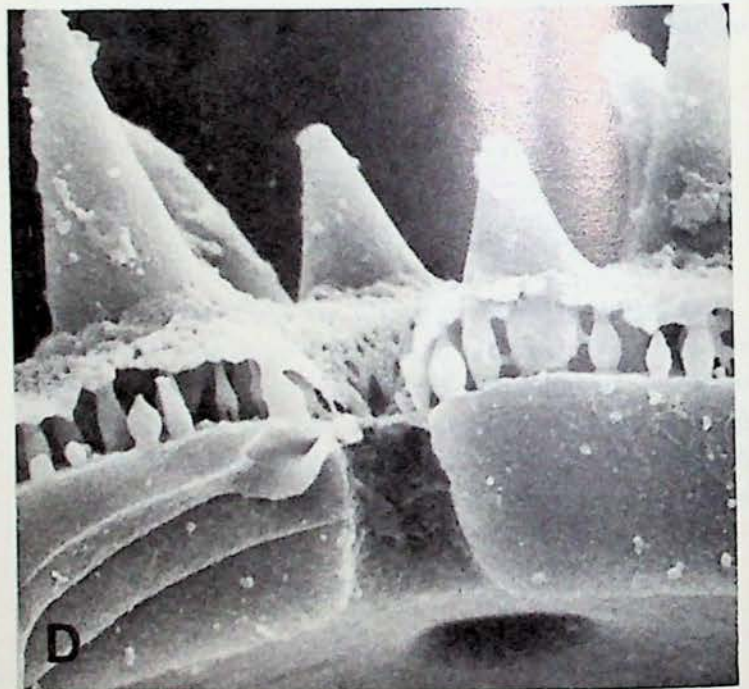
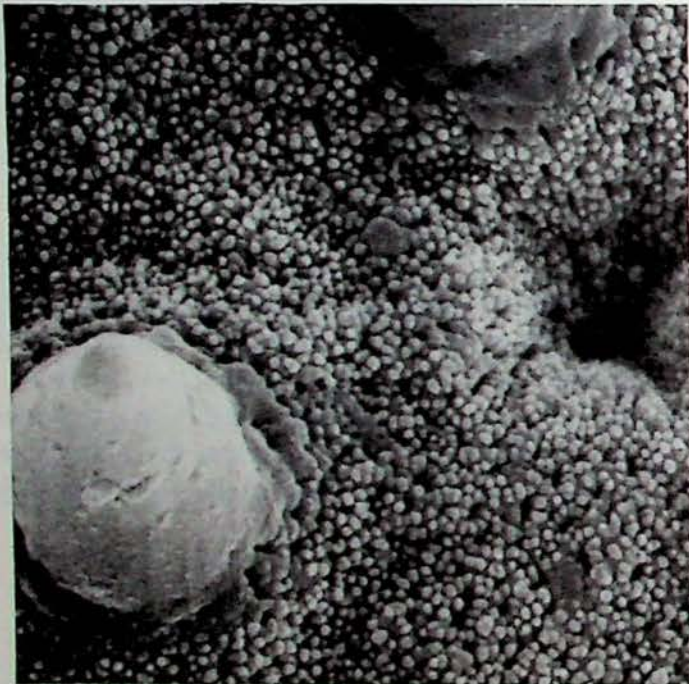
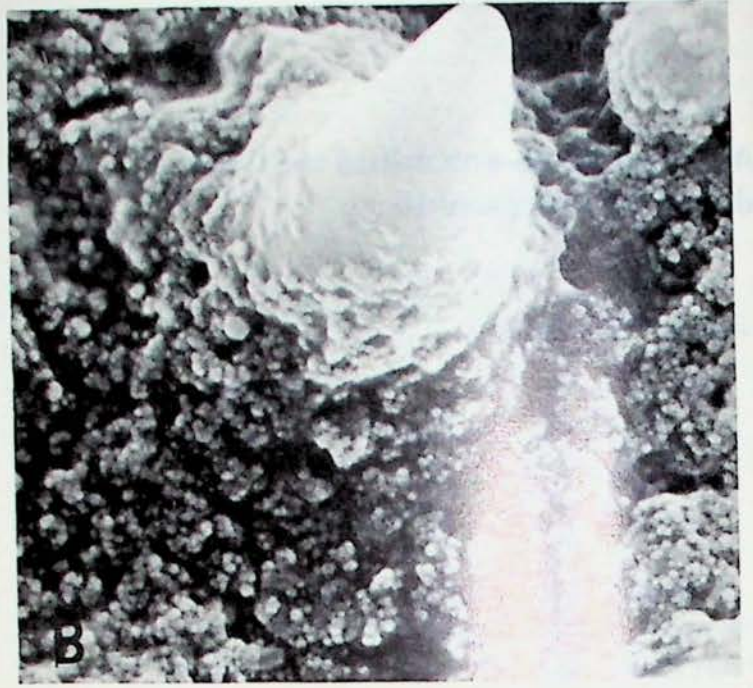
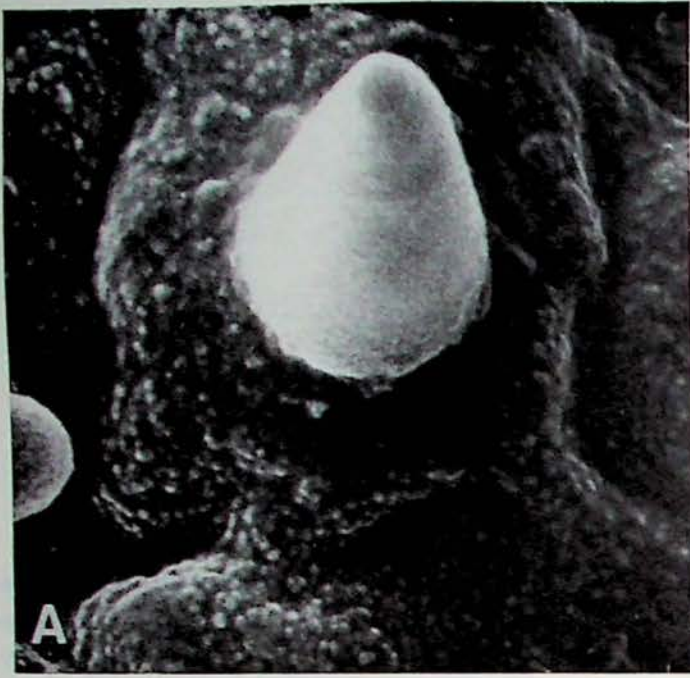
At constant temperature, the action of ethanolamine on the exine of the pollen of *Malva silvestris* L. varies as a function of the duration of this treatment; it also varies as a function of the preliminary treatment given, particularly with acetolysis or boiling ethanol. In addition, these treatments modify the ultrasculpture.

xons étudiés, qui ne fait intervenir qu'un nombre réduit de facteurs (température, durée, traitements préalables). Nous consignons ici quelques résultats obtenus sur les pollens de *Malva silvestris* L. (Malvacées) et sur les spores de *Reboulia hemisphaerica* Raddi.

1. METHODE EXPERIMENTALE

Dans les 48 heures qui suivent leur récolte (élimination de l'influence d'une dessiccation prolongée),

* Laboratoire de Palynologie du C.N.R.S., E.R., 25, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, F-34060 Montpellier Cedex.



les pollens mûrs (issus d'une population à caractères phénotypiques semblables) sont traités après avoir été répartis en 4 lots :

- Lot A : eau
- Lot B : acétolyse (à 85°C)
- Lot C : échantillon dans l'éthanol pur pendant 3 minutes (cf. Méthode de Wodehouse)
- Lot D : traitement identique à celui du lot C suivi d'une acétolyse à 85°C.

Un certain nombre de pollens de chacun de ces lots est alors soumis à l'action de l'éthanolamine portée à la température constante du bain-marie en ébullition (élimination des effets des variations de température). Nous opérons dans des tubes pouvant être refroidis brusquement ; les temps d'action choisis, 5 min, 10 min, 15 min, jusqu'à 120 min. Les pollens demeurés dans les lots A, B, C, D, désormais témoins ainsi que ceux traités par l'éthanolamine sont lavés à l'eau distillée plusieurs fois, sur lame, à l'aide de microprobes. Cette centrifugation s'est révélée être trop brutale (pour certains stades), puis déposés sur lame de verre ou sur plaque carrée d'aluminium en vue des observations en MPh et MeB.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Chez *Malva*

2.1.1. Lots témoins (pl. I)

1) Les épines, dans le lot A (fig. A) surmontent des socles polygonaux en relief. Les pores, rarement visibles, sont situés dans les parties en creux. La microsculpture est constituée par des granules régulièrement espacés et dont le relief est atténué par un revêtement. Ce revêtement disparaît après acétolyse (fig. C). Les granules ont alors grossièrement le même diamètre. La forme polygonale des socles des épines est estompée par suite de l'accroissement de volume du pollen. Les pores circulaires apparaissent au fond de dépressions étoilées garnies de granules. La base des épines est festonnée. Après action de l'éthanol, lot C (fig. B), la disposition des granules est modifiée ; ils sont agglomérés en amas. La base des épines n'est plus lisse. Il est curieux de constater qu'un traitement

ultérieur par l'acétolyse redonne un aspect semblable à celui observé après la seule acétolyse (fig. E).

Les différences dans la microsculpture sont nettes. Si ces résultats se retrouvaient chez d'autres espèces, il serait souhaitable de connaître la technique précédant la préparation pour le MeB.

2) Une épine qui se détache entraîne les columelles situées sous sa base et celles des alentours immédiats, mettant à nu la surface supérieure de la strate infracolumellaire qui apparaît creusée de dépressions (fig. F). Les rapports de la base des columelles avec cette strate sont moins étroits que ceux de leur extrémité distale avec le tectum.

3) Les cassures obliques, au niveau des pores, dans la strate infracolumellaire (fig. D) indiquent une hétérogénéité.

2.1.2. Pollens traités par l'éthanolamine

— *A partir du lot B* (pl. II et fig. A, pl. III)

1) Les granules perdent leur individualité avant que les épines retenues par des cordons (columelles ?) et dont la rigidité est modifiée ne disparaissent (fig. A et B, pl. II).

2) Le diamètre des pores s'accroît quelle que soit la face exinique observée (fig. C, pl. II). Cependant, le diamètre des pores variant d'un grain à l'autre, nous ne pouvons affirmer qu'une certaine quantité d'exine a été dissoute au niveau des pores car la plasticité de l'exine, fortement modifiée par le traitement, peut être aussi mise en cause.

On constate en outre la présence d'anneaux (flèches), autour du pore, dans l'épaisseur de la strate alors dépourvue de tectum et de columelles, mais à surface externe ornée (fig. C et D, pl. II). Cette formation en anneaux, pas toujours concentriques, est peut-être à rapprocher de l'hétérogénéité soupçonnée sur le pollen témoin.

3) Après 20-25 minutes de traitement nous n'observons plus de modifications (fig. A, pl. III).

— *A partir du lot A* (pl. III et fig. A, pl. IV)

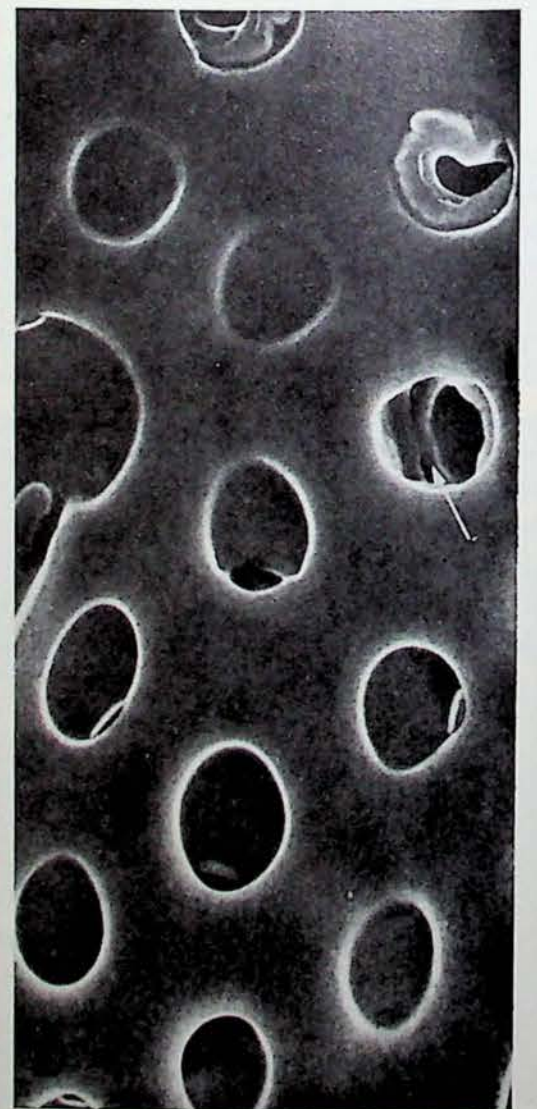
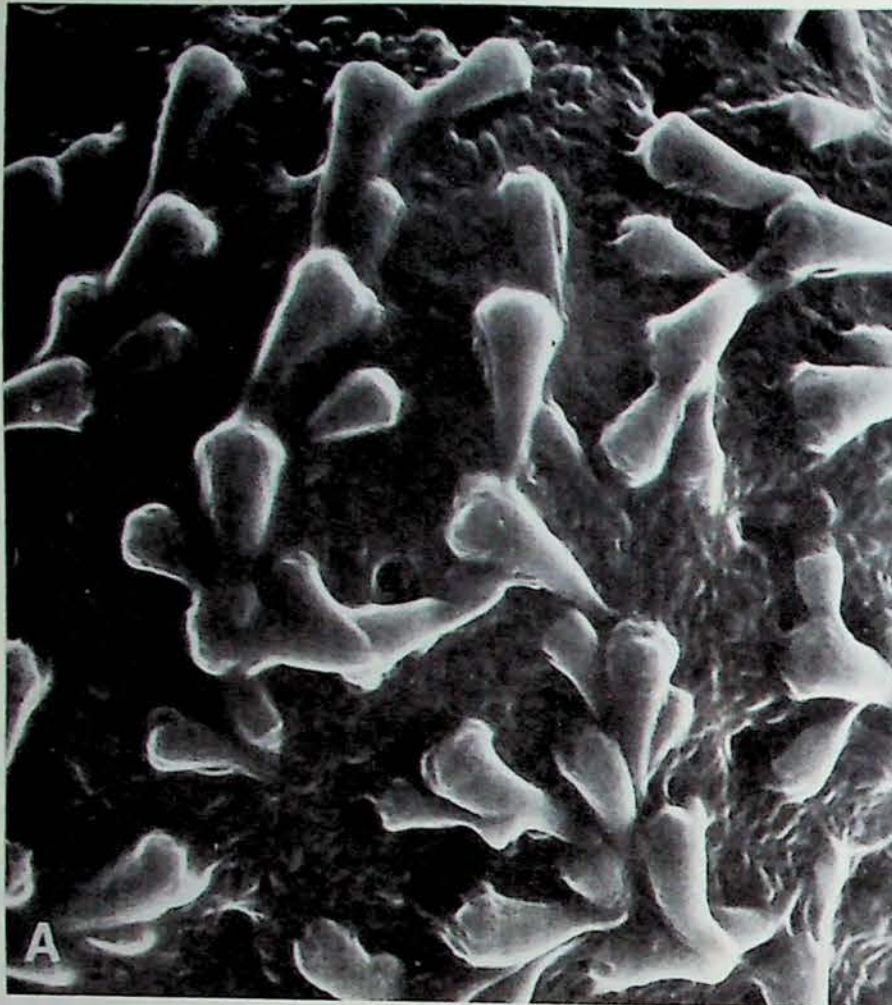
La disparition des épines est plus précoce ; cependant, après 5 minutes de traitement, certains mamelons peuvent faire penser à des épines émoussées

Malva silvestris L. (Planches I, II, III, IV)

Planche I

Pollens des lots témoins

- A. Lot A (eau). G × 10.000.
- B. Lot C (éthanol pur et bouillant). G × 10.000.
- C. Lot B (acétolyse). G × 10.000.
- D. Lot B (acétolyse) ; cassure. G × 10.000.
- E. Lot D (éthanol + acétolyse). G × 10.000.
- F. Lot D (éthanol + acétolyse) ; chute des épines. G × 10.000.



(fig. B, pl. III). Après 10 minutes, la surface (fig. D, pl. III) apparaît avec une ornementation dont les nouveaux éléments semblent occuper l'emplacement des socles polygonaux des épines (fig. F, pl. III). Leur assemblage est encore en réseau polygonal ; les mailles sont occupées par un mamelon plus ou moins étoilé. La largeur du réseau se réduit lorsque la durée d'action de l'éthanolamine s'accroît (fig. E, pl. III). Après 60 minutes, les formations étoilées subsistent seules. Les pores ne sont pas décelables (fig. A, pl. IV).

— *Action comparative de l'éthanolamine après 120 minutes (pl. IV)*

1) Les variations de volume du grain, selon les traitements préliminaires, sont considérables.

2) Les propriétés physiques des grains soumis à l'action de l'éthanolamine pendant 2 heures sont différentes d'un lot à l'autre. Les grains issus du lot A (fig. B) sont larges et plats, ceux des lots B (fig. C) et D (fig. D) ne le sont plus et leur plasticité est plus grande.

3) Le lot D possède des épines, certaines encore dressées (fig. D). Les pores sont très gros. Nous avons prolongé l'action de l'éthanolamine pendant une nouvelle heure : les résultats demeurent inchangés. Il semble donc que la persistance des épines soit en relation avec le traitement par l'éthanol.

4) Les pollens issus des lots A et B sont respectivement dans le même état que ceux qui ont subi 10 et 20-25 minutes de traitement à l'éthanolamine. C'est donc que l'action de cette base est moins rapide après une acétolyse. Southworth a signalé que l'acétolyse n'altère pas les solubilités différentielles des exines 1 et 2, dans l'éthanolamine. Ce fait est confirmé ; en effet l'exine 2 résiste, mais, en l'absence de coupes observées en MeT, nous ne saurions affirmer que la strate infracolumellaire soit intacte. De plus, les différences dans les durées d'action de ce solvant et dans les aspects « morphologiques » résultants impliquent des modifications plus profondes des propriétés physiques et chimiques dues à l'acétolyse.

2.2. Chez *Reboulia* (pl. V)

Nous avons appliqué cette méthode expérimentale aux spores de *Reboulia*. Quels que soient les traitements initiaux (eau, acétolyse ou éthanol), la topographie de l'exine reste inchangée après l'action de l'éthanolamine pendant 120 minutes.

La spore représentée en vue proximale (fig. A) est acétolysée ; un détail de la région équatoriale (fig. B) met en évidence la microsculpture. La spore (fig. C), non acétolysée, orientée sur la face proximale, a subi 120 minutes d'éthanolamine. L'agrandissement d'une partie de la région équatoriale (fig. D) montre des épines, aussi nombreuses que dans la spore précédente mais à contours émoussés, et quelques ornements réduits entre les épines ; la microsculpture paraît rabotée, gommée. Les ornements de la surface des élatères (fig. E et F) résistent à l'acétolyse et à l'action de l'éthanolamine. Sur ces éléments qui contribuent à la dissémination des spores, les verrues, elles aussi, sont émoussées après ce dernier solvant.

3. CONCLUSIONS

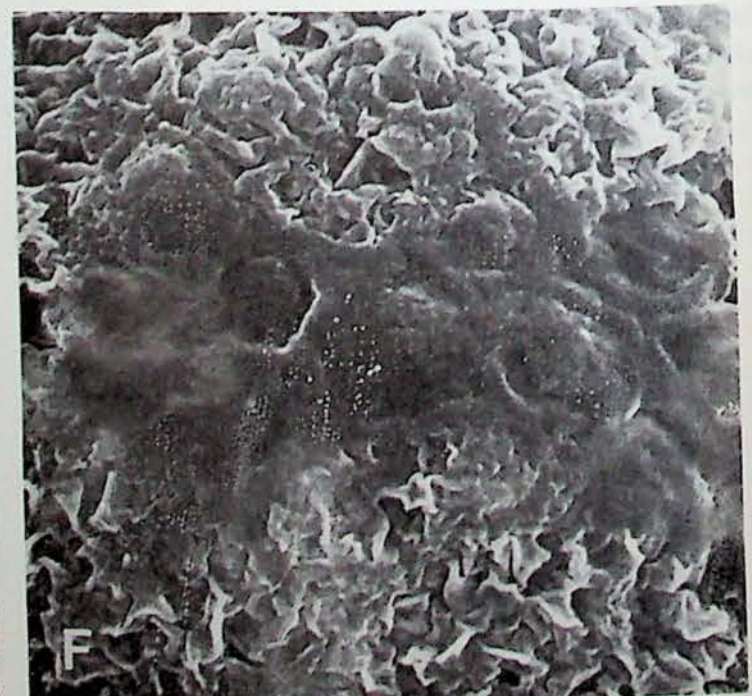
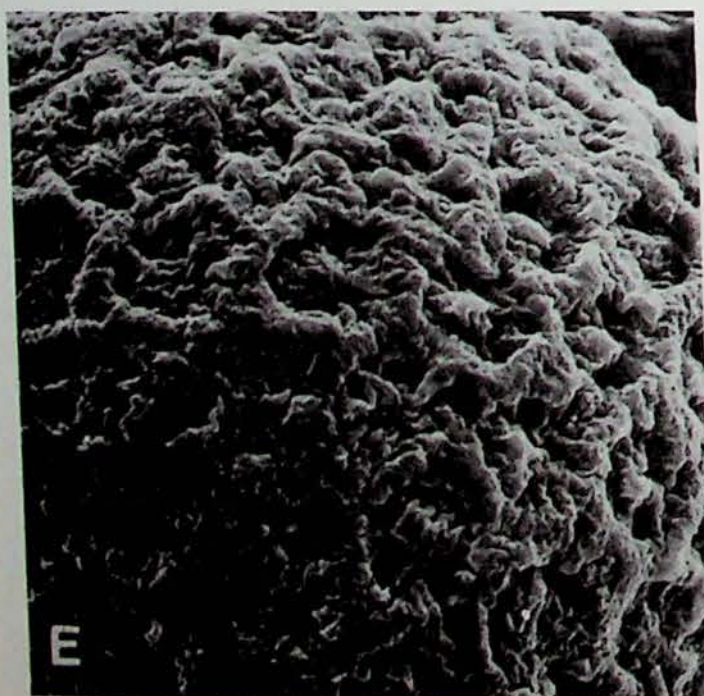
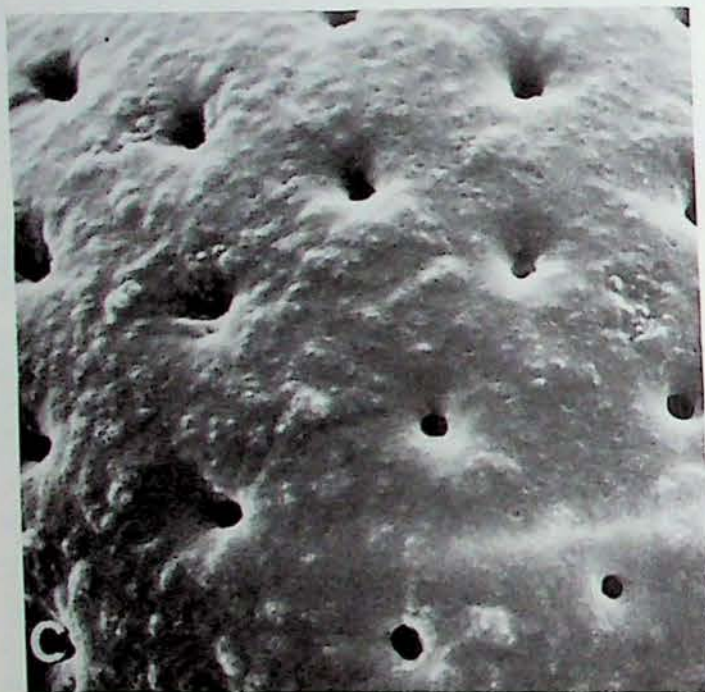
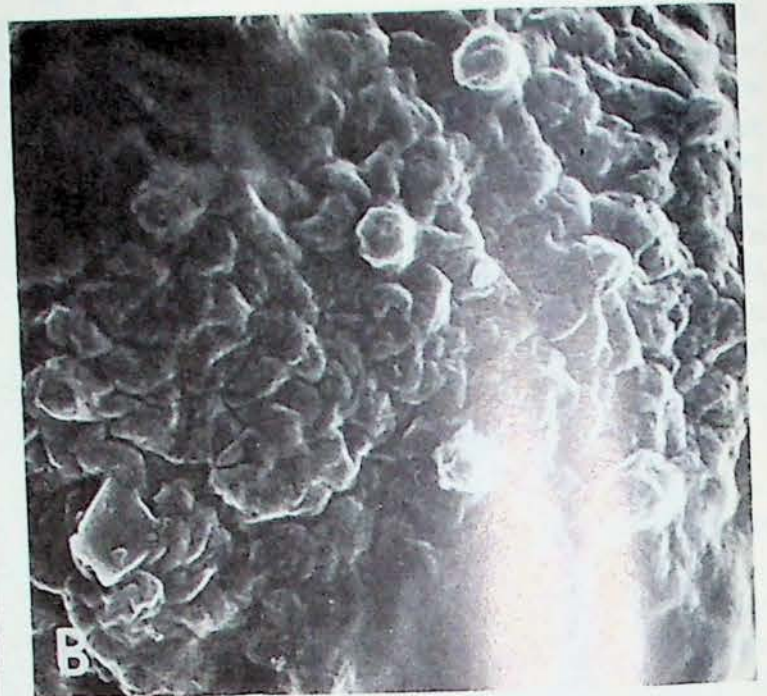
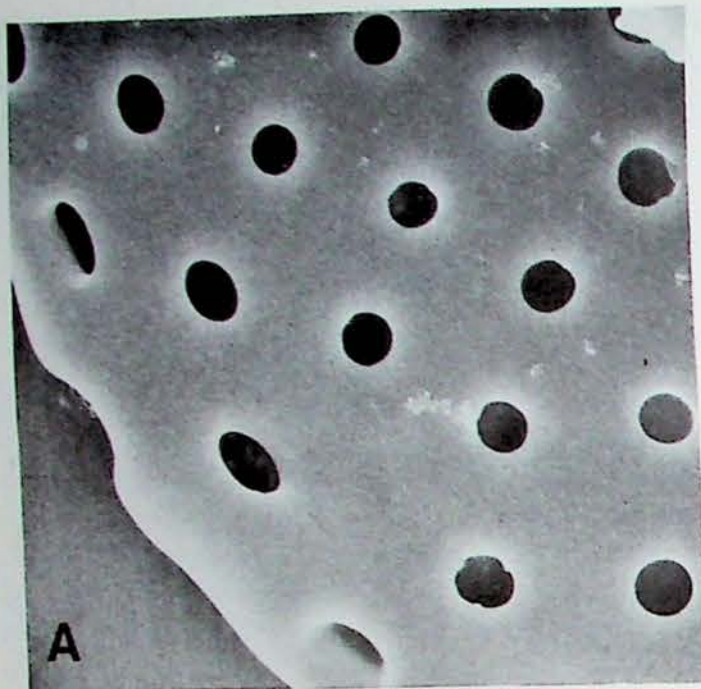
La technique récente de la solubilisation de certaines strates exiniques par l'éthanolamine, couplée avec l'observation en MeB, apporte des résultats importants dans la connaissance des caractères polliniques, par exemple dans la distinction exine 1-exine 2 (Cf Southworth). Il est cependant nécessaire de maîtriser les conditions expérimentales, faute de quoi on peut être amené à conclure à l'insolubilité de certains éléments ou de certaines strates. Les résultats de cette technique peuvent apporter des compléments d'information ou en confirmer d'autres (Denizot 1976).

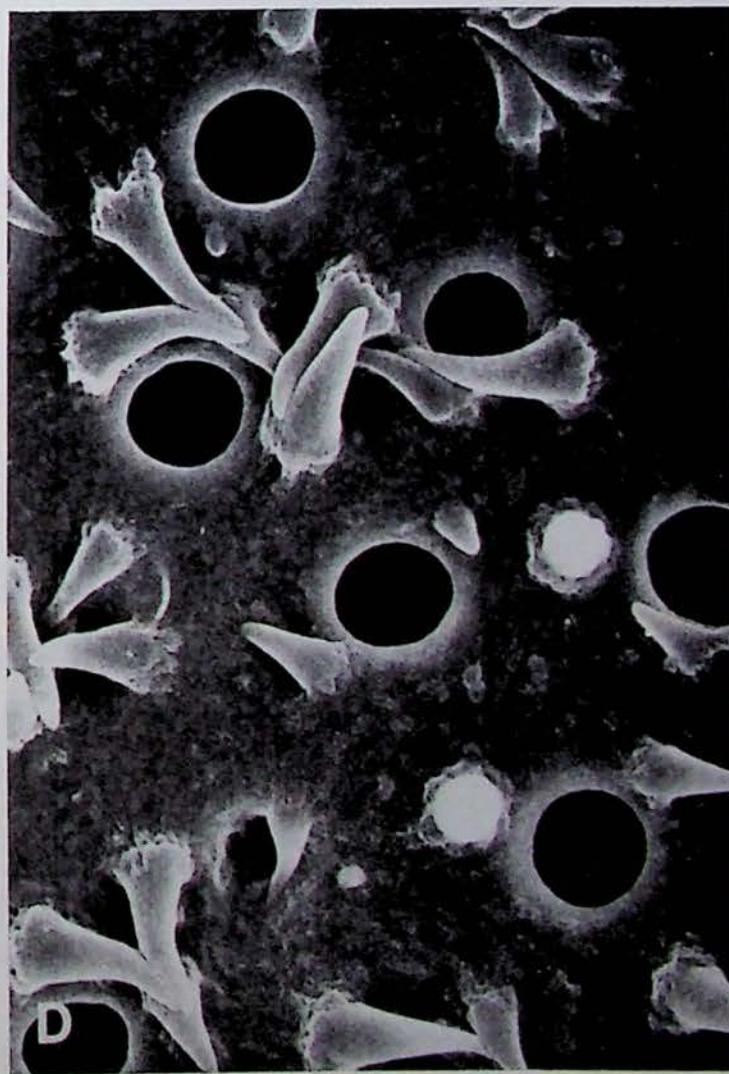
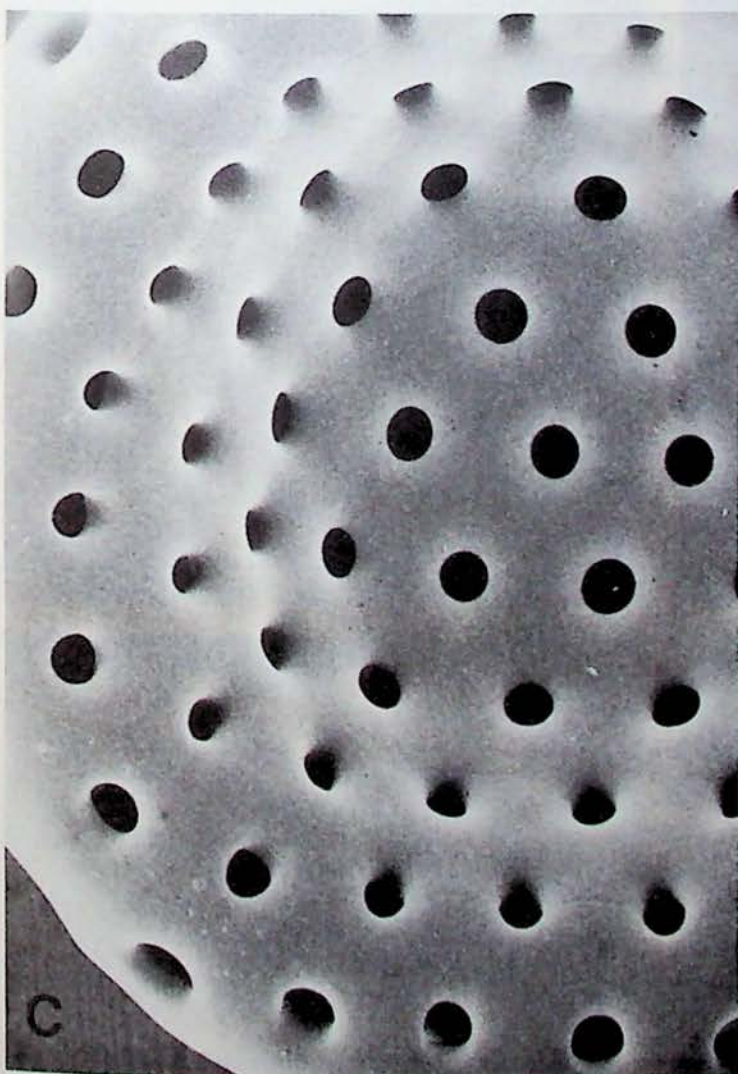
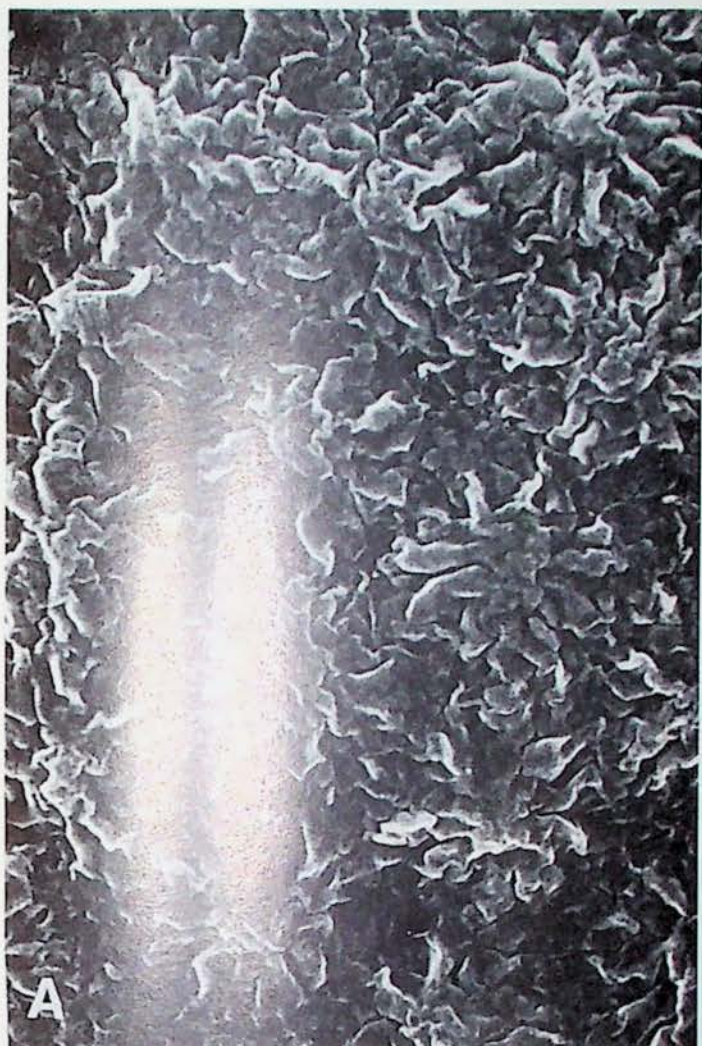
Chez les pollens fossiles, la perte des épines dont la cause est souvent attribuée à des agents mécaniques pourrait être due à des dissolutions partielles, dans des conditions à préciser et grâce à des solvants naturels dont l'action est encore inconnue.

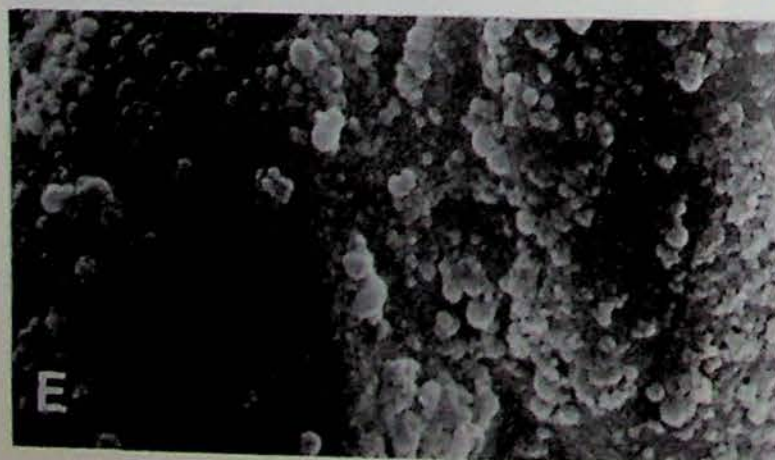
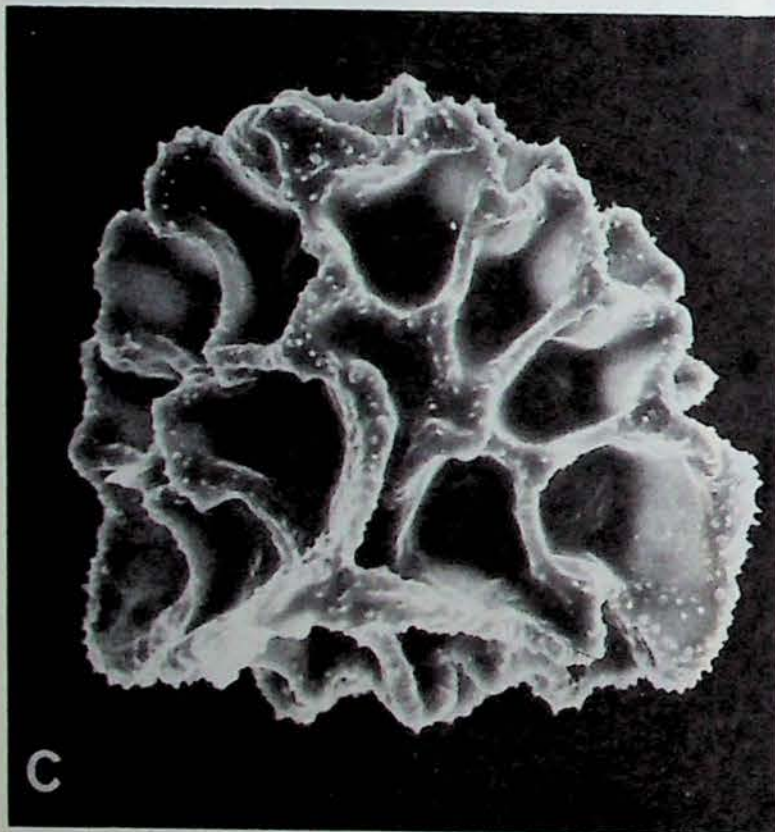
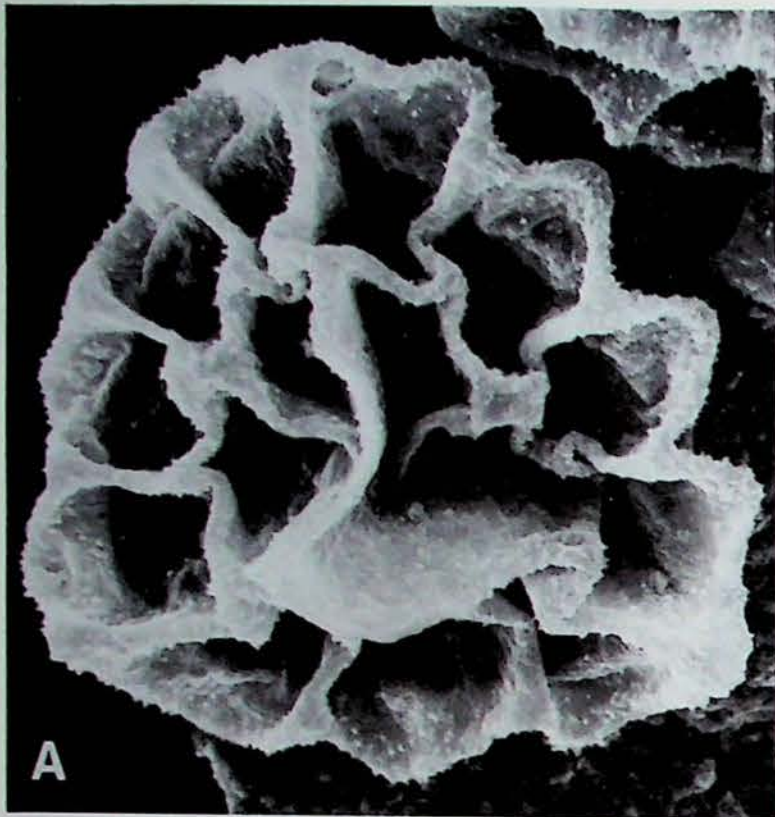
Planche II

Pollens issus du lot B et soumis à l'action de l'éthanolamine

- A. Durée 5 minutes. G × 2.000.
- B. Durée 5 minutes. Détail montrant les cordons (flèche) qui retiennent encore les épines. G × 10.000.
- C. Durée 10 minutes. La cassure ne montre pas de strates différenciées ; anneaux dans le pore (flèche). G × 4.000.
- D. Durée 20 minutes. Anneaux non concentriques dans un pore (flèche) vu par la face interne. G × 2.000.







Bibliographie

- DENIZOT J., 1976. Remarques sur l'édification des différentes couches de la paroi sporale à exine lamellaire de quelques Marchantiales et Sphaerocarpaceles. « The evolutionary significance of the exine », I.K. Ferguson and J. Muller ed. ; Academic Press, London, 185-210.
- SOUTHWORTH D., 1974. Solubility of pollen exines. *Amer. J. Bot.*, 61 : 36-44.

Je remercie, pour les photographies en MeB, Monsieur G. Campos, Technicien CNRS, Responsable du service de MeB du CEREM.

Planche III
Action de l'éthanolamine

- A. Sur les pollens issus du lot B ; durée 30 minutes. G × 2.000.
Sur les pollens issus du lot A :
- B. Durée 5 minutes. G × 2.000.
C. Durée 10 minutes (aspect très exceptionnel). G × 2.000.
D. Durée 10 minutes. G × 2.000.
E. Durée 20 minutes. G × 2.000.
F. Durée 30 minutes. G × 3.000.

Planche IV

- A. Pollens issus du lot A après 60 minutes d'éthanolamine. Le réseau en relief a disparu. G × 10.000.
Action comparative de l'éthanolamine après 120 minutes sur les pollens issus des lots suivants :
- B. Lot A. G × 2.000.
C. Lot B. G × 2.000.
D. Lot D. G × 2.000.

Planche V
Reboulia hemisphaerica RADDI

- A. Spore acétolysée, face proximale. G × 1.000.
B. Détail de la région équatoriale de la spore précédente. G × 10.000.
C. Spore non acétolysée, mais ayant subi 120 minutes d'éthanolamine, face proximale. G × 1.000.
D. Détail de la région équatoriale de la spore précédente. G × 10.000.
E. Fragment d'élatère acétolysée. G × 10.000.
F. Fragment d'élatère non acétolysée mais après 120 minutes de traitement par l'éthanolamine. G × 10.000.

Technique utilisant le méthylate de sodium comme solvant de la résine époxy des blocs d'inclusion « type MET » pour les observations de l'exine des grains de pollen

I.K. FERGUSON*

RESUME

Une technique simple est exposée, par laquelle des grains de pollen inclus dans du plastique (résine époxy) pour la fabrication d'ultracoupes et l'examen au MET peuvent être observés au MEB après traitement au méthylate de sodium, solvant de la résine époxy. Les résultats montrent que l'exine peut être sectionnée dans différents angles et à différents niveaux et que les endoapertures, la stratification des parois et l'organisation du tectum peuvent être observés. Il est possible de corréler les observations obtenues par ultracoupes et par MEB. Cette technique peut être particulièrement avantageuse pour l'étude simultanée au MEB et au MET d'échantillons polliniques très réduits, par exemple d'échantillons de grains de pollen fossiles.

ZUSAMMENFASSUNG

Eine einfache Methode wird beschrieben zur rastermikroskopischen Untersuchung der Pollen die schon in Epoxyharz eingebettet sind. Natriummethylat löst dieses Plastik auf. In der Exine kann man Schnitte nach verschiedenen Winkeln und in verschiedenen Niveaus anlegen, so dass die Endoaperturen, die Wandschichtungen sowie die Organisation des Tectums beobachtet werden können. Diese Resultate kann man mit denjenigen der Elektronenmikroskop-Ultraschnitte vergleichen. Diese Technik erscheint besonders vorteilhaft wenn sehr kleine Pollenproben, z.B. bei fossilem Material, gleichzeitig mit Raster- und Elektronenmikroskop zu untersuchen sind.

SAMENVATTING

Er wordt een eenvoudige techniek beschreven waardoor stuifmeelkorrels gevat in plastic (epoxyhars) voor fijne doorsneden en onderzoek met de transmissie-elektronenmicroscop, geschikt kunnen worden gemaakt voor onderzoek met de raster-elektronenmicroscop door behandeling met natriummethylaat, dat het epoxyhars oplost. Uit de resultaten blijkt dat het exine onder verschillende hoeken en op verschillende niveau's kan worden gesneden en dat de endoaperturen, de wandgelaagdheid en het tectumpatroon kunnen worden waargenomen. De waarnemingen gedaan d.m.v. fijne doorsneden en d.m.v. de raster-elektronenmicroscop, kunnen met elkaar vergeleken worden. Die techniek kan bijzonder nuttig zijn voor het gelijktijdig bestuderen, met de raster-elektronenmicroscop en met de transmissie-elektronenmicroscop, van zeer kleine stuifmeelmonsters, bijvoorbeeld van monsters van fossiele stuifmeelkorrels.

SUMMARY

A simple technique is described where pollen grains embedded in plastic (epoxy resin) for thin sectioning and examination with the TEM can be exposed for study with the SEM by treatment with the epoxy resin solvent sodium methoxide. The results show that exines can be found cut at different angles and different levels and the endoapertures, wall stratification and tectum pattern can be easily seen. It is possible to correlate data from thin sections with those from SEM. It is suggested that the technique may be of particular value for SEM and TEM study of very small pollen samples, for example fossil pollen grains.

* Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, Surrey TW9 3AB, England.

La préparation de fractures ou de coupes épaisses de grains de pollen pour l'étude de la structure de l'exine au MEB est aujourd'hui une technique très couramment utilisée dans les laboratoires de palynologie.

Les premiers chercheurs à employer cette méthode furent Echlin (1968), Cerceau et coll. (1970), Chambers & Godwin (1971), Hideux (1972), Hideux & Marceau (1972), Leuenberger et coll. (1973), Muller (1973), Wodzicki & Humphreys (1973), Olsson (1975), Barthlott et coll. (1976), et Spicer et coll. (1976). Ces méthodes consistent en un traitement : par les ultrasons pour l'obtention de cassures et de surfaces de rupture de l'exine ; par le froid (décapage par le froid (« freeze-etching »), cryofractures et coupes ou microtome à congélation) ; par l'inclusion du matériel dans la paraffine ou dans la gomme arabique glycerinée et coupes épaisses au microtome ; par microdissection ; par oxydation ; par décapage ionique (« ion-etching »). L'utilisation de rayons lasers a même été expérimentée pour fracturer les grains de pollen.

La méthode utilisée ici est dérivée de celle mise au point par Jarvis en 1975 et appliquée à l'étude des dents du péristome de la mousse *Funaria hygrometrica*. L'application de cette méthode n'a pas encore été tentée en palynologie.

L'utilisation du méthylate de sodium comme solvant de la résine époxy a été décrite pour la première fois par Mayer et coll. (1961) ; ils mirent au point une technique pour dissoudre la résine des sections épaisses en vue de l'étude du microscope photonique.

Ces chercheurs préparaient le méthylate de sodium de la façon décrite ci-dessous (à l'attention des palynologues). Le même procédé est utilisé ici. Il est aussi parfois possible de se procurer des solutions commerciales de méthylate de sodium.

Le méthylate de sodium est préparé en dissolvant 2,5 g de sodium métallique coupé en petits morceaux dans 25 ml d'alcool méthylique. Ceci est réalisé de préférence sous hotte en prenant des précautions particulières pour éviter le contact du sodium métal-

Planche I

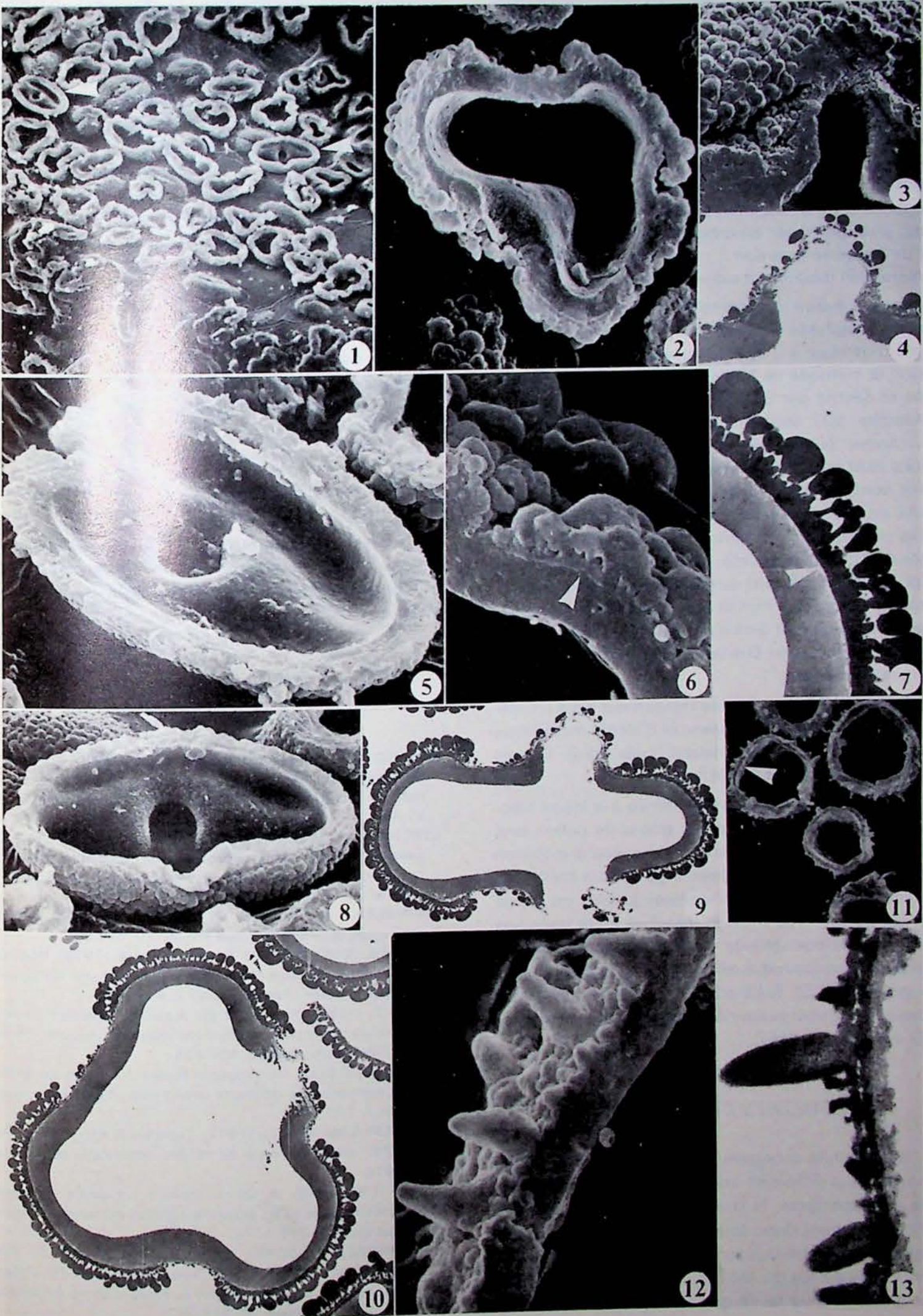
Micrographies MET de grains de pollen acétolysés fixés au tétr oxyde d'osmium et contrastés à l'acétate d'uranyle et au citrate de plomb. Des sections ultrafines sont réalisées pour le MET et ensuite les blocs MET sont traités par le méthylate de sodium pour les observations en MEB.

Fig. 1-10 *Camoënsia scandens* (Welw.) Gillett (Leguminosae).

1. Micrographie MEB montrant une partie de la surface d'un bloc MET avec les grains de pollens coupés à différents niveaux et à différents angles. Les flèches désignent les grains de pollen des figures 5 et 8 \times 200.
2. Coupe transversale d'un grain de pollen montrant les 3 sillons et une partie de l'une des endoapertures. MEB \times 1600.
3. Détail d'une coupe longitudinale au niveau de l'endoaperture. Surface externe du tectum visible également. MEB \times 1500.
4. Même coupe. MET \times 1500.
5. Coupe longitudinale montrant l'endoaperture en vue interne. MEB \times 1600.
6. Détail d'une partie de l'exine : surface et stratification (tectum, columelles, sole et endexine). La flèche montre la discontinuité entre l'endexine et l'ectexine. MEB \times 5000.
7. Même coupe. MET \times 6000.
8. Coupe longitudinale d'un autre grain de pollen : niveaux et angles de coupe différents de la figure 5. MEB \times 1000.
9. Coupe longitudinale passant par 2 endoapertures. MET \times 1000.
10. Même coupe figure 2. MET \times 1600.

Fig. 11 - 13 *Afrocrania volkensisii* (Harms) Hutchinson (Cornaceae).

11. Micrographie MEB montrant une petite partie d'un bloc MET avec un groupe de sections de grains de pollens transversalement. La flèche désigne le grain de pollen de la figure 12.
12. Détail d'une partie de l'exine surface et stratification (épines, tectum complet, columelles, nexine). MEB \times 5000.
13. Même coupe MET avec épines, granules, columelles très courtes et surtout la distinction de la sole et de l'endexine.



lique avec de l'eau. L'alcool s'évapore pendant que le sodium se dissout et le niveau doit être maintenu à 25 ml. Quand le sodium est complètement dissous, un volume égal de benzène est ajouté, le sodium se dissout dans l'alcool méthylique et forme du méthylate de sodium. Les conditions optimales de température sont comprises entre 50° et 60°C. Le mélange résultant doit être clair, sinon de l'alcool méthylique en excès doit être ajouté pour éliminer l'interphase formée. La solution stock est conservée dans une bouteille à l'abri de la lumière au réfrigérateur. Elle peut être diluée par un mélange d'alcool méthylique et de benzène (solution 1 : 1) si nécessaire. Des solutions non diluées ont toujours été utilisées.

Dans la technique décrite ici, l'exine des grains de pollen acétolysés est fixée par une solution de tétroxyde d'osmium à 2 % et incluse dans l'épon-araldite selon la méthode de Mollenhauer, légèrement modifiée et décrite par Skvarla en 1966. L'Epon 812 et l'Araldite 502 sont utilisés avec le DDSA comme durcisseur (anhydride dodeceny succinique). Les blocs sont taillés et des sections de 1,0 µm d'épaisseur sont réalisées jusqu'à l'obtention d'un niveau riche en grains de pollen. Des ultracoupes sont réalisées pour le MET et contrastées par l'acétate d'uranyle et le citrate de plomb. Pour les études au MEB, le bloc est immergé dans du méthylate de sodium à une profondeur de 0,5 mm et agité avec précaution pendant une minute et demie à deux minutes (des temps plus courts peuvent être suffisants pour d'autres mélanges de résines).

La face du bloc est rincée rapidement dans un mélange à part égale de benzène et d'alcool méthylique pendant une minute environ, puis dans l'alcool méthylique pendant une minute.

La face du bloc est alors examinée à la loupe bino-culaire pour déterminer si les grains de pollen sont situés au niveau de la surface du milieu d'inclusion (sinon le bloc peut être réimmergé dans la méthylate de sodium et l'expérience répétée). Le bloc est monté sur un portoir type MEB et métallisé à l'or dans une unité conventionnelle de vaporisation et observé selon les méthodes habituelles avec un appareil de type « Jeol » JSM SI, MEB ou ISI Super II Miniscan. Les ultra-coupes sont examinées avec un appareil de type AEI « Corinth » MET.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats montrent que l'exine peut être sectionnée sous différents angles et à différents niveaux. Les endoapertures, la stratification et la structure du tectum peuvent donc être facilement observées. Les résultats ainsi obtenus au MEB peuvent aisément être confrontés à ceux du MET (planche I). D'ailleurs, ceci est d'autant plus facile que le nombre de grains de

pollen présents à la surface du bloc est relativement limité. La technique semble particulièrement utile lorsque des observations comparatives en MEB et MET sont requises et que seuls des échantillons pauvres en pollen sont disponibles. La technique pourrait être aussi très utile pour l'étude des grains de pollen fossiles et complèterait, en la simplifiant, l'excellente technique décrite par Doyle, Van Campo et Lugardon en 1975. Il serait alors facile de récupérer les grains de pollen inclus dans le bloc en lavant longuement dans le méthylate de sodium.

L'utilisation de cette technique demande une recherche préliminaire du temps de traitement adapté au matériel étudié de façon à solubiliser complètement la substance d'inclusion sans cependant décoller les grains de pollen de la surface du bloc. Un soigneux dosage de la quantité de grains de pollen inclus par la recherche des coupes pour leur étude au MEB et au MET est rendue difficile si les grains sont trop nombreux.

REMERCIEMENTS

J'adresse mes remerciements à mon ami Michel Hideux, du Laboratoire de Palynologie de Paris, pour ses conseils et la traduction en français de cette mise au point.

BIBLIOGRAPHIE

- BARTHLOTT W., EHLER N. & SCHILL R. (1976). Abtragung biologischer Oberflächen durch hochfrequenzaktivierten Sauerstoff für die Raster-Elektronenmikroskopie. *Mikroskopie* 32, 35-44.
- CERCEAU M.-T., HIDEUX M., MARCEAU L. & ROLAND F. (1970). Cassure du pollen par les ultrasons pour l'étude structurale de l'exine au microscope électronique à balayage. *C.R. Acad. Sc. Paris, sér. D.* 270, 66-69.
- CHAMBERS T.C., GODWIN H. (1971). Scanning electron microscopy of *Tilia* pollen. *New Phytol.* 70, 687-692.
- DOYLE J.A., VAN CAMPO M. & LUGARDON B. (1975). Observations on exine structure of *Eucommiidites* and lower Cretaceous angiosperm pollen. *Pollen Spores* 17, 429-486.
- ECHLIN P. (1968). The use of the scanning reflection electron microscope in the study of plant and microbial material. *Journ. Royal. Microscop. Soc.* 88, 407-418.
- HIDEUX M. (1972). Techniques d'études du pollen au MEB : effets comparés des différents traitements physico-chimiques. *Micron* 3, 1-31.
- HIDEUX M. & MARCEAU L. (1972). Techniques d'étude du pollen au MEB : méthode simple de coupes. *Adansonia sér.* 2, 12, 609-618.
- JARVIS L.R. (1975). A simple method for exposing plastic embedded structures for scanning electron microscopy. *Journ. Microscopy* 105, 115-117.
- LEUENBERGER B., SCHILL R. & UHLARZ H. (1973). Eine Methode zur Herstellung von Exinebruchstücken für Pollenmorphologische Untersuchungen in Raster-Elektronen-mikroskop. *Journ. Microscopie* 18, 259-262.

- MAYOR H.D., HAMPTON J.C. & ROSARIO B. (1961). A simple method for removing the resin from epoxy-embedded tissue. *Journ. Cell Biol.* **9**, 909-910.
- MOLLENHAUER H.H. (1964). Plastic embedding mixtures for use in electron microscopy. *Stain Technol.* **39**, 110-114.
- MULLER J. (1973). Pollen morphology of *Barringtonia calyptrocalyx* K. Sch. (Lecythydaceae). *Grana* **13**, 29-44.
- OLSSON U. (1975). On the use of laser for fracturing pollen grains of *Quercus robur* L. (Fagaceae). *Grana* **14**, 100-102.
- SKVARLA J.J. (1966). Techniques of pollen and spore electron microscopy. Part 1. Staining dehydration and embedding Oklahoma Geol. Notes **26**, 179-186.
- SPICER R.A., SENGUPTA S. & PHILLIPS L. (1976). Low temperature preparation of pteridophyte spores and sporangia for SEM. *Journ. Microscopy* **106**, 351-354.
- WODZICKI T.J. & HUMPHREYS W.J. (1973). Fracturing plastic embedded plant material for scanning electron microscopy. *Micron* **4**, 1-9.
-

Possibilités et limites des diverses techniques d'observation dans le cas de deux pollens d'annonacées

Annick LE THOMAS *

RESUME

Deux exemples de pollens d'Annonacées, pris l'un parmi les pollens simples, l'autre parmi les pollens en tétrades, illustrant la complémentarité des différents moyens d'observation : Mph, MeB, MeT. Toutefois, seul le MeT permet de révéler la présence de certaines structures et de les interpréter avec précision.

SAMENVATTING

Uit twee voorbeelden van Annonaceae-stuifmeel, het ene genomen uit enkelvoudig stuifmeel, het andere uit stuifmeel in tetraden, blijkt dat de verschillende observatiemiddelen elkaar aanvullen : licht-microscop, raster-elektronenmicroscop, transmissie-elektronenmicroscop. Het is evenwel alleen met de laatste mogelijk de aanwezigheid van bepaalde structuren waar te nemen en die nauwkeurig te interpreteren.

ZUSAMMENFASSUNG

Zwei Beispiele von Annonaceae-Pollen : ein Einzelkorn einerseits, eine Tetrade andererseits, zeigen dass die verschiedenen mikroskopischen Beobachtungsmöglichkeiten sich vervollständigen : Lichtmikroskop, Rastermikroskop, Transmission-Elektronenmikroskop; doch nur mit dem letzteren kann man bestimmte Strukturen wahrnehmen und sie genau auslegen.

SUMMARY

Two examples of pollen of Annonaceae, one drawn from simple pollen grains, the other from tetrads, illustrate the complementary nature of different observation techniques (photon microscope, SEM, TEM). But only the transmission electron microscope can demonstrate the presence of certain types of structure and make it possible to interpret them precisely.

Depuis 1834 où pour la première fois H. von Mohl décrit les grains de pollen de quelques Annonacées, de nombreux travaux palynologiques ont été réalisés sur cette famille d'Angiospermes primitives au cours de ces dernières vingt cinq années (R.W. Van Derwyk, 1950 ; G. Erdtman, 1952 ; J.E. Canright, 1963 ; V. Sh. Agababyan, 1967, 1973 ; J. Walker, 1971, 1974).

C'est essentiellement l'aperture qui a retenu l'attention de ces palynologues au cours de leurs études en microscopie optique, qu'il s'agisse dans le cas des

pollens en tétrades d'affirmer ou de rejeter son existence, ou bien encore de préciser sa position, distale comme chez les pollens monosulqués des Gymnospermes et des Magnoliacées, ou proximale suivant l'interprétation donnée aux modifications de la partie interne des monades de certaines tétrades.

Jusqu'en 1972 (A. Le Thomas & B. Lugardon), la structure du sporoderme n'avait, semble-t-il, soulevé aucun point d'interrogation malgré toutes les incertitudes que laissait apparaître la microscopie photonique. C'est ainsi que, dans la monographie la plus complète de J. Walker, parue en 1971, tous les pollens « à columelles invisibles » sont interprétés comme « microtectés » et les tétrades « cataulcérées » ou « catasulquées » à aperture proximale.

* Laboratoire de Phytomorphologie EPHE, 16 rue Buffon, F-75005 Paris.

Une vaste étude réalisée en microscopie électronique à balayage m'a permis, au moyen de coupes, de constater l'originalité de la face interne de l'exine de nombreux pollens et l'architecture exinique tout à fait remarquable de certains autres, me conduisant ainsi à utiliser le haut pouvoir de résolution du microscope électronique à transmission pour arriver à comprendre la structure exinique de ces pollens.

Deux nouvelles structures ont été ainsi mises en évidence chez les Annonacées : la *structure grenue* (M. Van Campo & B. Lugardon, 1973 ; A. Le Thomas & B. Lugardon, 1974), et la *structure feuilletée lamellaire* (A. Le Thomas & B. Lugardon, 1972 ; B. Lugardon & A. Le Thomas, 1974). La connaissance de ces structures est en réalité indispensable à la compréhension du pollen de cette famille d'Angiospermes primitives, d'une part, pour préciser la notion d'aperture dans ce groupe et, d'autre part, pour apprécier l'extraordinaire diversification de l'architecture exinique qui traduit les principales tendances évolutives du pollen des Annonacées.

Deux exemples pris, l'un parmi les pollens simples, l'autre parmi les pollens en tétrades, vont me permettre d'illustrer les différentes étapes méthodologiques de mes recherches et d'en montrer la complémentarité.

1. PIPTOSTIGMA CALOPHYLLUM

Mildbraed & Diels

(R. Letouzey 10153, Cameroun, P)

En *microscopie optique*, on obtient une assez bonne image d'ensemble de ce pollen simple, très nettement hétéropolaire ($L = 61 \mu\text{m}$; $l = 33 \mu\text{m}$) où l'unique sillon atteint les extrémités du grain. La LO analyse permet de discerner dans un tectum lisse quelques minuscules dépressions, mais la coupe optique ne montre aucune structure de l'exine, sinon une très légère irrégularité de la face interne.

L'observation au *MeB* donne une image générale encore supérieure grâce à la profondeur de champ. Sur une seule photo, on obtient une vue très condensée de la morphologie générale du pollen à un grossissement relativement faible ($X 2000$). À un grossissement beaucoup plus fort ($X 11.000$), on

distingue nettement quelques rares microperforations à la surface de l'exine qui demeure totalement lisse. Si l'on ne procède pas à la méthode des coupes, le *MeB* ne donne aucune précision sur la structure de l'exine et peut donc paraître moins enrichissant que le microscope optique. Par contre, les coupes révèlent dans ce cas, à un fort grossissement ($X 11.000$), une structure de l'exine particulièrement surprenante, puisqu'apparemment totalement homogène, sans aucune trace de différenciation. Il n'y a, très évidemment, aucune columelle, et l'interprétation de cette coupe reste énigmatique.

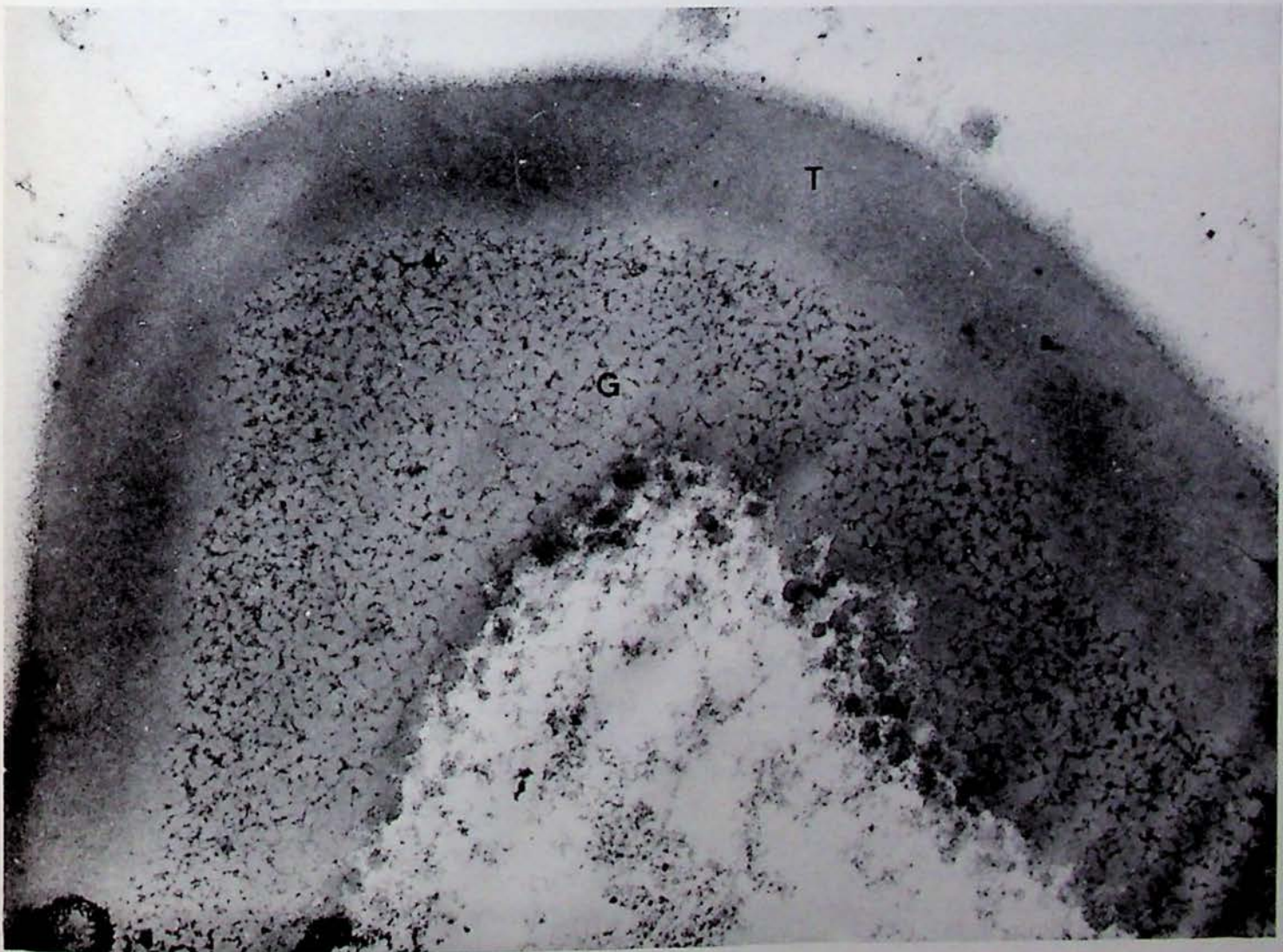
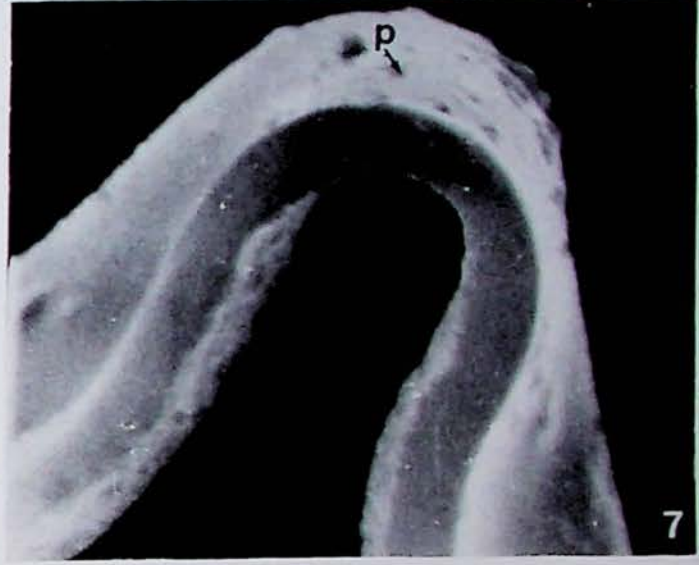
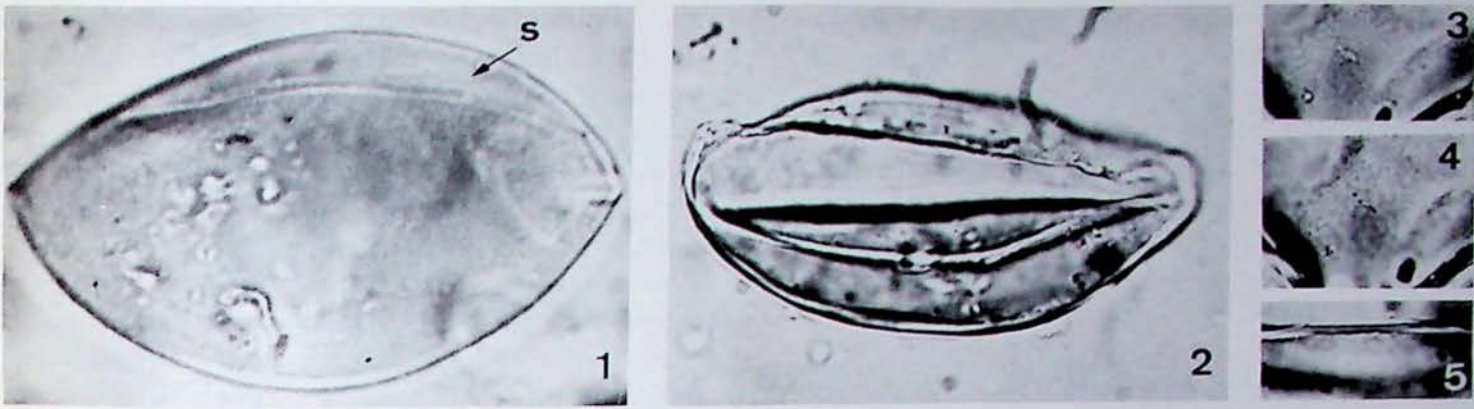
Le microscope électronique à transmission offre un pouvoir de résolution extrêmement puissant et une profondeur de champ très réduite qui permettent de distinguer les détails les plus fins. Les informations qu'il apporte sur la morphologie générale sont pratiquement nulles, mais par contre, il est remplaçable dans les études de structure. L'organisation et apparemment constituée d'une seule couche au *MeB*, montre en réalité deux couches distinctes au *MeT* : l'une externe, continue, de structure homogène, et traversée par de très rares et étroites perforations circulaires vues de face : le tectum ; l'autre interne, plus épaisse, constituée d'un grand nombre d'éléments plus au moins sphériques, soudés entre eux et en continuité avec le tectum ; très serrés à proximité du tectum, ces grains sont de plus en plus gros et de mieux en mieux individualisés vers la zone profonde de la couche.

Ce type de structure infratectale non columellaire a été défini par le terme *grenue* (M. Van Campo & B. Lugardon, 1973) et a été décrit pour la première fois chez les Annonacées à cette date. Seule, la microscopie électronique à transmission permettait de la déceler et d'y reconnaître par la suite un trait fondamental de l'architecture exinique des Annonacées.

Il faut en outre remarquer que les coupes ne montrent aucune trace d'endexine et que l'exine de *Piptostigma calophyllum* se trouve ainsi réduite à deux couches ectexiniques, structure retrouvée par J. Walker & J. Skvarla (1975) chez *Degeneria* et *Eupomatia*, et considérée actuellement comme la plus primitive parmi les Angiospermes.

Planche I

Piptostigma calophyllum — Mph ($X 1.000$) : 1, grain simple hétéropolaire (s = sillon) ; 2, sillon vu de face ; 3, surface microperforée ; 4, base des perforations ; 5, coupe de l'exine. — MeB : 6, grain, vue d'ensemble $X 1.200$; 7, coupe de l'exine hors sillon $X 7.000$ (p = perforations). — MeT : 8, coupe de l'exine $X 7.500$ (T = tectum, G = grains).



Ainsi dans le cas de *Piptostigma*, la microscopie photonique a donné une idée très exacte de la morphologie, y compris l'aperture, et apporté des indications spontanées sur la structure, en particulier l'absence de columelles. Au MeB, seule une coupe à fort grossissement confirme une structure exinique très particulière, mais c'est seulement le MeT qui en révèle toute l'originalité.

2. *UVARIASTRUM PYNAERTII* De Wild (Letestu 8473, Gabon, P.)

Le cas de ce pollen est très différent du précédent et cependant très classique chez les Annonacées. Dans cette famille, on trouve en effet tout un groupe de pollens en tétrades subcarrées-planes, très cohérentes, de grande taille (85 à 200 μm) pour lesquelles le principal objet de controverse a été l'absence ou la présence d'aperture.

En *microscopie photonique*, le pollen d'*Uvariastrum pynaertii* paraît au premier abord relativement facile à étudier. Les tétrades acalymées ne montrent aucune aperture en surface. La LO analyse permet de reconnaître un tectum épais, rugulé-perforé, à rugules larges et de forme irrégulière, séparées par

d'étroits sillons, et comportant de très petites perforations à différents niveaux. La coupe optique montre une couche infratectale d'aspect parfois columellaire, présentant en outre de petits éléments \pm sphériques exiniques, interprétée sans ambiguïté comme columellaire par Walker (1971); la nexine semble constituée de plusieurs strates superposées et enchevêtrées. Les parois latérales s'amincissent progressivement vers la partie proximale très réduite en épaisseur, sans qu'aucune interruption n'apparaisse. Néanmoins, la plupart des auteurs ont interprété cette réduction de la paroi interne des monades comme une aperture (Bailey & Nast, 1943; J.E. Canright, 1953; J. Walker, 1971, 72, 74) conférant ainsi aux tétrades d'Annonacées un caractère original parmi les Magnoliales, l'aperture étant proximale.

Le MeB fournit une vue d'ensemble spectaculaire de la tétrade sans apporter de précision sur la face proximale et l'éventualité d'une aperture. L'ornementation est réellement observée et n'est pas seulement déduite de l'interprétation d'une LO analyse. Elle peut donc être décrite avec grande précision. Par contre, il est nécessaire de procéder à la méthode des coupes pour obtenir une idée de la structure. Bien que celle-ci soit compacte et très enchevêtrée, on voit tout de suite qu'il n'y a pas de vraies columelles, mais un

Planche II

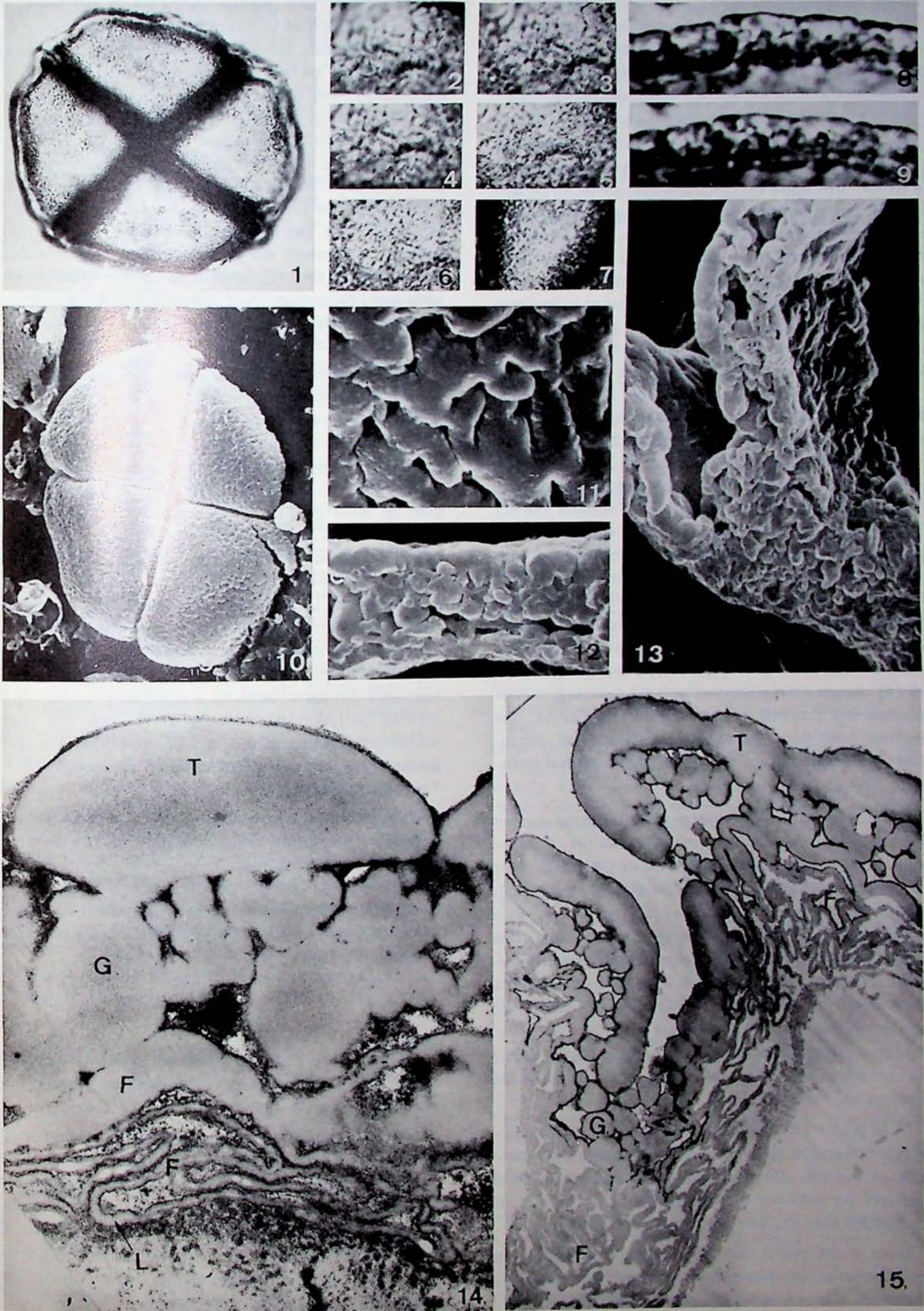
Uvariastrum pynaertii — Mph : 1, tétrade X 400 ; 2, surface rugulée X 1.000 ; 3, base des espaces entre les rugules X 1.000 ; 4, perforations au fond des espaces interrugulaires X 1.000 ; 5, base des perforations et éléments \pm sphériques de sporopollénine X 1.000 ; 6, base de l'exine (?) ; 7, strate infratectale X 1.000 ; 8-9, coupes de l'exine X 2.000. — MeB : 10, tétrade X 480 ; 11, surface rugulée X 6.500 ; 12, coupe distale de l'exine X 6.500 ; 13, coupe de l'exine aux faces latérales des monades X 5.000. — MeT : 14, coupe distale de l'exine X 25.000 (T = tectum, G = grains, F = feuilletts ; L = lamelle) ; 15, coupe de l'exine acétolysée au niveau de la jonction des monades X 5.000.

Matériel et techniques

Le matériel étudié a été prélevé en herbier (Letestu, P), ou sur des fleurs conservées en alcool (Letouzey, P). Il a été déterminé par l'auteur.

Les pollens observés au microscope optique et au MeB ont subi une acétolyse ménagée ; les coupes ont été obtenues sur un microtome à couteaux de verre après inclusion dans une solution de gomme arabique et de glycérine (Hideux & Marceau, 1972). Les clichés MeB ont été réalisés au Laboratoire de Géologie du Museum national d'Histoire naturelle.

Les coupes ultra-fines ont été faites sur du pollen plein ou acétolysé ; fixation par formaldéhyde/OsO₄ ; inclusion dans l'époue ; contrastants : acétate d'uranyle/citrate de plomb. Les coupes et les clichés ont été réalisés au Laboratoire de Biologie végétale de Toulouse par B. Lugardon.



magma de masses plus ou moins globuleuses et informes, soudées au tectum à la partie extrême, libres ou directement reliées à une couche interne d'épaisseur variable et paraissant pluristratifiée. Sur les faces latérales et proximales, on ne distingue qu'un enchevêtrement d'éléments exiniques provenant, semble-t-il, de la couche basale.

Seules, les coupes observées au *MeT* permettent de comprendre réellement la structure de cette exine. Le tectum très épais est constitué de massifs arrondis, séparés par d'étroites perforations ou soudés entre eux sur une distance plus ou moins longue. La couche infratectale, de structure désordonnée, est essentiellement constituée de gros grains, isolés ou le plus souvent agglomérés en amas importants et irréguliers reliés au tectum. Çà et là, de très gros grains allongés ou provenant de la fusion de plusieurs grains prennent l'aspect de columelles courtes et massives dont l'extrémité inférieure repose sur une couche basale d'aspect lamellaire. Epais dans sa partie superficielle, les éléments qui la composent sont beaucoup plus fins, peu écartés et très contournés dans sa partie profonde. On y discerne çà et là une ligne claire médiane indiquant la présence d'une lamelle (*sensu* Rowley & Southworth), tandis que la sporopollénine qui l'enrobe a même contraste et même texture que celle qui constitue les grains et le tectum. Pour éviter toute confusion, les éléments de cette structure originale de la couche basale de l'exine des Annonacées, ont été appelés feuillets et la couche ainsi constituée : *couche feuilletée* (B. Lugardon & A. Le Thomas, 1974). Ayant même contraste, même texture, même résistance à l'acétolyse que le reste de l'exine, ces feuillets sont donc de nature extexinique et constituent la couche basale de l'exine, dépourvue d'endexine.

Les coupes ultra-fines permettent donc de décrire dans ce pollen deux structures originales : *la structure infratectale grenue*, très différente de celle que nous avons observée dans le pollen précédent et non assimilable à la structure columellaire ; elle peut, être considérée comme « *intermédiaire* », en raison des grains allongés radialement que l'on y rencontre, affectant la forme de columelles. *La structure feuilletée lamellaire* de la couche basale, caractéristique de nombreux pollens d'Annonacées, prend ici un développement important et amorce, semble-t-il, un début de différenciation dans sa partie superficielle plus épaisse.

Si la plupart de ces caractéristiques sont perceptibles de manière spontanée en microscopie photomicroscopique et sur les coupes vues au *MeB*, on constate qu'elles ne peuvent être réellement interprétées et comprises sans l'apport des coupes ultra-fines.

Il est en de même dans le cas de ce pollen pour ce qui concerne les régions latérale et proximale des monades que seules les coupes ultra fines permettent

d'observer avec précision. Sur les faces latérales, la couche infratectale grenue disparaît la première, le tectum s'amincit et se fragmente en massifs plus ou moins nombreux, tandis que les feuillets lamellaires de la couche basale se multiplient et forment un enchevêtrement dense et serré en zone proximale, constituant ainsi l'unique lien entre l'intine des monades. Ce lien extexinique apporte un éclairage nouveau sur la morphologie de ces tétrades qui, observées après acétolyse au *MeB*, donnent parfois l'impression de posséder une ouverture béante à la face proximale. Les feuillets lamellaires, aussi denses soient-ils, viennent en effet se plaquer sur la face interne distale des monades et de confondre avec elle sans que l'on puisse les distinguer. Ce type d'observation a parfois entraîné la déduction d'une aperture (J. Walker, 1971, 1974).

Pourtant, on connaît de multiples exemples de pollens composés dont la structure et l'épaisseur des couches de l'exine sont ainsi considérablement modifiées aux faces proximales des monades sans traduire pour autant l'existence d'une aperture : Mimosacées (Ph. Guinet & B. Lugardon, 1976), Wintéracées (F. Roland, 1971 ; D. Lobreau-Cailion, 1976), Velloziacées (E.S. Ayensu & J.J. Skvarla, 1974). Il paraît en outre difficile d'imaginer la définition de caractères aperturaires ou de ce qui pourrait être considéré comme un vestige ou une ébauche aperturale dans une couche aussi peu cohérente que ces feuillets lamellaires. L'aperture ne *pourrait être que morphologiquement non délimitée*, en quelque sorte non définissable par les caractères précis habituels. On n'en connaît actuellement aucun autre exemple, contrairement aux nombreux cas de modifications dues au mode de cohésion des tétrades (Ph. Guinet & A. Le Thomas, 1973).

Comme Agababyan (1967) qui a montré la non-spécificité fonctionnelle du pôle proximal de certaines tétrades d'Annonacées, il nous est donc permis, après ces observations, de continuer à soutenir que ces tétrades d'Annonacées sont inaperturées (A. Le Thomas & B. Lugardon, 1972 ; Ph. Guinet & A. Le Thomas, 1973).

CONCLUSION

L'examen de ces deux pollens d'Annonacées au moyen des trois types de microscopes illustre bien leur complémentarité.

Avec un minimum de préparation, le microscope optique fournit une bonne image d'ensemble et donne l'essentiel des indications sur la forme et les apertures. Même dans les cas difficiles, la coupe optique liée à la LO analyse, permet d'obtenir des indications spontanées sur la structure, incomplètes certes ou difficilement interprétables, mais susceptibles d'apporter des critères de séparation.

Le microscope électronique à balayage, grâce à la profondeur de champ, donne une image plus précise encore de la morphologie et des détails d'ornementation immédiatement observables. Par contre, il ne permet aucune étude des structures, sinon par l'observation de coupes. Bien que parfois délicate, cette méthode est cependant plus rapide que la préparation nécessaire à l'observation au MeT. L'observation de ces coupes apporte alors très souvent un ensemble d'indications extrêmement précieuses qui, sans toujours pouvoir être parfaitement interprétées, permettent au moins de sérier les problèmes à résoudre par le MeT.

Les coupes ultra-fines nécessitent en effet une longue préparation et il n'est pas possible d'étudier chaque pollen par ce moyen. Si les renseignements qu'elles donnent sur la morphologie sont pratiquement nuls, elles sont, par contre irremplaçables dans l'observation et l'interprétation de certaines structures complexes. Par les détails ultra-fins qu'elles révèlent. Une fois comprises, ces structures se retrouvent d'ailleurs beaucoup plus aisément en phototonique ou sur les coupes au MeB que l'on peut alors interpréter avec plus de précision. Ainsi, la structure infratectale grenue, qui n'a pu être décrite et interprétée sans coupes ultra-fines, est maintenant facilement décelable sur bon nombre de coupes vues au MeB ou en phototonique, son type d'organisation pouvant même être relativement bien différencié dans certains cas. Ceci offre l'avantage de pouvoir étudier de plus grandes séries et de montrer la variation qui existe dans un même taxon. Il en est de même pour la couche basale feuilletée qu'avec un peu d'habitude on peut retrouver sur la coupe optique en phototonique.

Si l'utilisation des différents moyens d'observation paraît en quelque sorte réversible, il n'en reste pas moins vrai que, dans le cas d'un groupe primitif comme celui des Annonacées, seule l'ultrastructure a permis de mettre en évidence certains traits originaux et fondamentaux du pollen jusqu'alors totalement ignorés, modifiant parfois même l'interprétation morphologique habituellement admise (aperture) et permettant de comprendre la différenciation d'une architecture exinique particulièrement variée (A. Le Thomas & B. Lugardon, 1976).

DISCUSSION

R. Lugardon

La « série » de types structuraux d'exine existant chez les Annonacées permet de « suivre » le *tectum* depuis *Piptostigma* jusque dans des ectexines très classiques à *tectum* - *columelles* - *sole*.

A. Le Thomas

Dans bon nombre d'exines d'Annonacées, chaque couche demandait à être redéfinie par rapport à la terminologie classique des pollens d'Angiospermes (: couche infratectale grenue, couche basale feuilletée). Le *tectum*, dans les cas d'exines non columellaires, peut être défini comme la couche la plus externe de l'exine et de structure totalement homogène.

La connaissance approfondie des structures de l'exine nous conduira sans doute à revoir la terminologie palynologique fondée sur les observations optiques.

BIBLIOGRAPHIE

- Agababyan V. Sh. (1967). O prorastanii mikrospor u roda Annona. Akad. Nauk Armyankoy S.S.R. Biol. Zh. Arménie 20 (12), 77-80.
- Agababyan V. Sh. (1969). Uch. Zap. Everansk Gosud. Univ. 3 (109), 151-167.
- Agababyan V. Sh. (1973). Le pollen des Angiospermes primitives (en russe). Akad. Nauk. Armyansk. S.S.R., Bot. Inst. Erevan, 169 p., 5 fig., 28 pl.
- Ayensu E.S. & Skvarla J.J. (1974). Fine structure of *Velloziaceae* pollen. Bull. Torrey Bot. Club 101 (5), 250-266.
- Canright J.E. (1953). The comparative morphology and relationships of the *Magnoliaceae* II. Significance of the pollen. Phytomorphology 3, 355-365.
- Canright J.E. (1963). Contributions of pollen morphology to the phylogeny of some ranalean families. Grana Palynologica 4, 64-72.
- Erdtman G. (1952). Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms. Hafner, New York.
- Guinet Ph. & Le Thomas A. (1973). Interprétation de la répartition dissymétrique des couches de l'exine dans les pollens composés. Conséquences relatives à la notion d'aperture. C.R. Ac. Sc. Paris, sér. D., 276, 1545-1548.
- Guinet Ph. & Lugardon B. (1976). Diversité des structures de l'exine dans le genre *Acacia* (*Mimosaceae*). Pollen et Spores 18 (4), 483-511.
- Le Thomas A. & Lugardon B. (1972). Sur la structure fine des tétrades de deux Annonacées (*Asteranthe asterias* et *Hexalobus monopetalus*). C.R. Ac. Sc. Paris, sér. D, 275, 1749-52.
- Le Thomas A. & Lugardon B. (1974). Quelques types de structure grenue dans l'exine de pollens simples d'Annonacées. C.R. Ac. Sc. Paris, sér. D, 272, 1187-90.
- Le Thomas A. & Lugardon B. (1976). Structure exinique chez quelques genres d'Annonacées. Linn. Soc. Symposium, sér. 1, 309-325.
- Le Thomas A. & Lugardon B. (1976). De la structure grenue à la structure columellaire dans le pollen des Annonacées. Adansonia, sér. 2, 15 (4), 543-572.
- Lobreau-Callen D. (1977). Le pollen de *Bubbia perrieri* R. Cap. Rapports palynologiques avec les autres genres de Wintéracées. Adansonia, sér. 2, 16 (4), 445-460.
- Lugardon B. & Le Thomas A. (1974). Sur la structure feuilletée de la couche basale de l'ectexine chez diverses Annonacées. C.R. Ac. Sc. Paris, sér. D, 279, 255-58.
- Roland F. (1971). The detailed structure and ultrastructure of an acalymmate tetrad. Grana 11, 41-44.

- Van Campo M. & Lugardon B. (1973). Structure grenue infratectale de l'ectexine des pollens de quelques Gymnospermes et Angiospermes. *Pollens et Spores* 15, 171-187.
- Walker J.W. (1971). Pollen morphology, phytogeography and phylogeny of the *Annonaceae*. *Contr. Gray Herb. Harv.* 202, 1-132.
- Walker J.W. (1974). Evolution of exine structure in the pollen of primitive Angiosperms. *Am. J. Bot.* 61, 891-902.
- Walker J.W. (1974). Aperture evolution in the pollen of primitive Angiosperms. *Am. J. Bot.* 61, 1112-1137.
- Walker J.W. & Skvarla J.J. (1975). Primitively columellaless pollen : a new concept in the evolutionary morphology of Angiosperms. *Science N.Y.*, 187, 445-447.
- Walker J.W. (1976). Evolutionary significance of the exine in the pollen of primitive Angiosperms. *Linn. Soc. Symposium, sér. 1.* 251-308.
-

L'aperture composée des Rubiaceae

Danielle LOBREAU-CALLEN *

RESUME

Après observations aux microscopes photonique et électronique à balayage, l'aperture composée des grains colpores avec un épaississement paraît constituée de trois parties superposées : une ectoaperture, une aperture médiane entourée d'un annulus et une endoaperture souvent elliptique.

Présentant des caractères comparables, le pollen des Alangiaceae est rapproché de celui des Rubiaceae.

ZUSAMMENFASSUNG

Die mit einer Verdickung versehene Apertur der colporenen Pollenkörner wurde mit dem Licht- und dem Rastermikroskop untersucht. Sie scheint aus drei übereinanderliegenden Teilen zu bestehen : eine äussere Apertur, eine mit einem Annulus umgebene mittlere Öffnung und eine öfters elliptische Endoapertur.

Alangiaceae-Pollen haben ähnliche Merkmale wie diejenigen der Rubiaceae und können in ihre Nähe gestellt werden.

SAMENVATTING

Na bestudering met de lichtmicroscop en met de raster-elektronenmicroscop, schijnt de samengestelde apertuur van de gecolporeerde stuifmeelkorrels met een verdikking te bestaan uit drie boven elkaar gelegen delen : een ectoapertuur, een middenapertuur omgeven door een annulus en een dikwijls elliptische endoapertuur.

Aangezien het vergelijkbare kenmerken vertoont lijkt het stuifmeel van de Alangiaceae op dat van de Rubiaceae.

SUMMARY

After observation under a photon microscope or a scanning electron microscope, the compound aperture of the colpate pollen grains exhibiting a thickening appears to consist of three superimposed elements : an ectoaperture, a median aperture surrounded by an annulus and an endoaperture which is often elliptical in outline. The pollen of the Alangiaceae, which exhibits similar characteristics, is likened to that of the Rubiaceae.

Depuis quelques années, il devient classique d'étudier la morphologie pollinique en utilisant les divers appareils d'optique à notre disposition, le microscope photonique (Mph), et les microscopes électroniques à transmission (MeT) et à balayage (MeB). Ces deux derniers appareils sont surtout utilisés pour les études de structure de l'exine et d'orne-

mentation de surface. Plus rares sont les observations de la face interne de l'exine. Afin de montrer tout l'intérêt d'une telle étude, qui doit commencer par une observation approfondie et minutieuse au Mph, nous avons choisi l'exemple des apertures composées chez les *Rubiaceae*.

Le pollen des *Rubiaceae* présente tous les types aperturaux, simples ou composés, ces derniers ayant très fréquemment un pore caractéristique entouré d'un épaississement, que les grains soient colpores ou porés.

* L.A. 218 du C.N.R.S. au Laboratoire de Phanérogamie, Muséum National d'Histoire Naturelle, 16 rue de Buffon, F-75005 Paris.

Depuis de nombreuses années, le pollen colpore avec un épaissement autour du pore est décrit à la suite d'observations aux microscopes photonique et électronique à balayage, comme ayant des apertures composées formées chacune, suivant les auteurs, soit de deux, soit de trois parties superposées. C'est ainsi que G. Erdtman, 1952, M. Malplanche, 1971, B.D. Sharma, 1969, J.F. Leroy 1974 notamment, décrivent une ectoaperture reposant sur une endoaperture localisée dans la nexine.

Pour W.H. Lewis, 1965, K. Mitra, 1969, G. Vasanthy, 1976, l'aperture au contraire est composée de trois parties : une ectoaperture en forme de sillon, une aperture généralement elliptique située dans la nexine et sous-jacente à l'ectoaperture et une aperture circulaire ou endoaperture entourée de « costae » ou « costae-pori », localisée dans la partie profonde de la nexine.

Etudiant actuellement le pollen des *Rubiaceae* d'Asie en collaboration avec D. Tirvengadam, systématicien chargé de la révision des *Gardeniae* pour les régions asiatiques, nous avons été amenés à choisir nos exemples polliniques cités ou illustrés dans ce groupe ainsi que chez quelques *Ixora*, tribu voisine, bien que la taxonomie soit en cours de révision.

A la suite d'observations réalisées au Mph, nous pouvons remarquer, en utilisant la méthode de la L.O. Analyse, que l'aperture composée est formée de trois parties superposées : une ectoaperture (sillon) située

dans la sexine ; une ouverture sous-jacente, généralement circulaire et entourée d'un épaissement localisé dans la nexine 1 ou sole, et une ouverture de contour elliptique en position profonde, donc dans la nexine 2 ou endexine. L'aperture circulaire est donc une aperture moyenne entourée d'un annulus et l'aperture elliptique, une endoaperture (pl. I, fig. 1 à 13).

Au MeB, ces observations sont largement confirmées par l'étude d'exine de pollens acétolysés ou non, coupés en cryomicrotomie (pl. I, fig. 14 ; pl. II, fig. 1 à 3).

Par ce moyen d'observation, on peut noter en outre la différence d'aspect entre l'exine de la nexine, qui est finement endosculptée au niveau du sillon et plus rarement endosculptée et parfois évasée au niveau des pôles, et la sole qui, visible au niveau de l'annulus seulement, est irrégulière et légèrement rugulée à sa face interne (pl. I, fig. 15 ; pl. II, fig. 4).

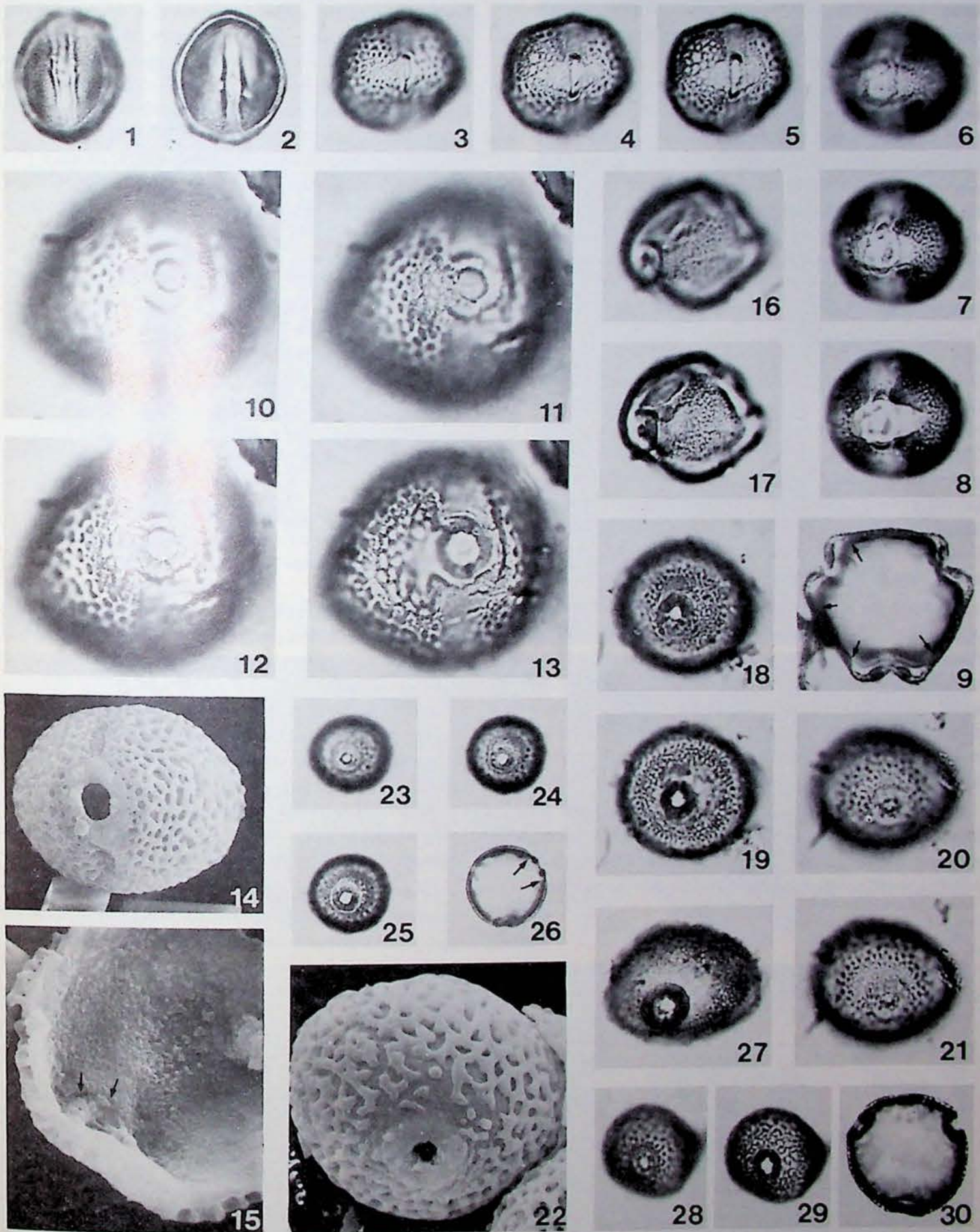
Chez les grains pororés ou porés, on observe également au Mph et au MeB la présence de trois apertures concentriques (Mph, pl. I, fig. 18, 19 et 23 à 26 ; MeB, pl. II, fig. 5 et 6). Chez les grains porés d'*Aidia*, observés au microscope électronique à transmission, l'épaissement concentrique au pore est localisé dans la sole (M. Keddam-Malplanche, 1975 ; J. Abadie & M. Keddam-Malplanche, 1977), donc dans la nexine 1 et il s'agit là encore d'un annulus.

Les flèches indiquent les limites de l'endoaperture et de l'endexine. E = endexine ; S = sole.

Planche I

Mph : Grossissement x 1000

Fig. 1 et 2, *Gardenia turgida* Roxb. (s. coll., Fort. Bot. Cal., s.n. P, Inde) : 1, ectoaperture ; 2, endoaperture. — 3 à 5, *Gardenia campanulata* Roxb. (Chatterjee 19 P, Asie) : 3, ectoaperture ; 4, aperture moyenne ; 5, endoaperture. — 6 à 9, *Rothmannia venalis* Brem. (Tixier, s.n. ; P, Indochine) : 6, ectoaperture ; 7, aperture moyenne ; 8, endoaperture ; — 9, coupe optique équatoriale montrant l'endoaperture, l'annulus et l'ectoaperture. — 10 à 15, *Himalrandia tetrasperma* (Wall. ex Roxb.) Yamazaki (Satainton, Sykes & Williams 315 BM, Népal) : 10 à 12, ectoaperture, aperture moyenne et réseau simpli à duplicolumellé sur la marge ; 13, endoaperture ; 14, pollen au MeB, x 1300 ; 15, endoaperture et l'endexine (x 2500). — 16 et 17, *Randia mussaendoides* Craib. (Kerr 188849 K, Thaïlande) : 16, ectoaperture ; 17, aperture moyenne et endoaperture, noter le fin réseau. — 18 et 19, *Randia fusca* Craib. (Kerr 18917 K, Thaïlande) : 18, aperture moyenne ; 19, endoaperture. — 20 à 22, *Porterandia anisophylla* (Jack. ex Roxb.) Ridl. (Griffith 2811 P, Péninsule malaise) : 20, ectoaperture ; 21, endoaperture et aperture moyenne ; — 22, pollen poré au MeB, x 2500. — 23 à 26, *Annomanthodia auriculata* (Wall. in Roxb.) Hook. f. (King's Coll. 4034, P., Péninsule Malaise) : 23, ectoaperture ; 24, aperture moyenne ; 25, endoaperture ; 26, coupe optique équatoriale. — 27, *Randia spinosa* (Thunb.) Bl., sous-genre *Ceriscus* Hook. f. in D. Tirvengadam (Thomson, s.n., P. Asie) : pore. — 28 à 30, *Aidia cochinchinensis* Lour. (Poilane 24338 P, Annam) : 28 ectoaperture (pore) ; 29, endoaperture (pore) ; 30, coupe optique équatoriale.



Ainsi on peut conclure que chez les *Rubiaceae*, lorsque le pollen présente un pore entouré d'un épaissement, les grains étant colporés, pororés ou porés, ce pore est une aperture moyenne et l'épaississement un annulus localisé dans la sole (K. Faegri & J. Iversen, 1954).

Par l'étude du pollen des *Gardeniae* d'Asie et notamment du genre *Porterandia* * (pl. I, fig. 16 à 22), nous pouvons remarquer que la structure de l'ectexine se complexifie en passant de tectée, perforée avec de fines columelles (pl. I, fig. 16 et 17) à réticulée avec des columelles plus grosses localisées sous les murs du réseau (ex. *P. anisophylla*, pl. I, fig. 20 à 22), alors que les ectoapertures se réduisent pour devenir circulaires. Si l'on admet l'hypothèse que l'évolution des types polliniques se fait parallèlement à l'augmentation du degré de complexité de la structure de l'exine (M. Van Campo, 1950 ; D. Lobreau-Callen, 1967 ; Ph. Guinet, 1969 ; D. Lobreau-Callen, 1975...), on peut préciser que la différenciation des types polliniques dans les pollens des *Gardeniae* se fait à partir des pollens colporés vers les grains porés par l'intermédiaire des grains pororés (pl. I, fig. 18 et 19). C'est d'ailleurs à cette conclusion que B.D. Sharma, 1968, K. Mitra, 1969, M. Van Campo, 1976, D. Lobreau-Callen, 1977 aboutissaient lors de leurs études sur diverses *Rubiaceae*.

Sachant qu'au cours de la diversification des types polliniques, l'ectoperture devient circulaire et isodiamétrique avec la mésoaperture, nous remarquons qu'en même temps, l'endoaperture elliptique devient, elle aussi, plus réduite, pour être circulaire, concentrique et isodiamétrique avec l'aperture moyenne ; ainsi, seule l'aperture moyenne reste relativement invariable et garde un contour régulier.

Ainsi, puisque les pollens porés dérivent des pollens colporés, les observations au MeT de la structure du pore observée par M. Keddam-Malplanche, viennent confirmer les résultats obtenus par les études au

Mph et au MeB : l'aperture moyenne est entourée d'un annulus, donc de nature ectexinique (sole).

Appartenant également au groupe des *Gardeniae*, on peut, en outre, noter l'existence d'un type pollinique à aperture composée, colporé, où la région de l'aperture moyenne est marquée par un léger épaissement de contour mal défini (*Gardenia turgida*, pl. I, fig. 1 et 2). On y rencontre également un autre type colporé où l'aperture moyenne possède un contour irrégulier et elliptique, allongé selon l'axe polaire ; les deux extrémités de la mésoaperture présentent alors un épaissement de la sole (*Gardenia campanulata*, pl. I, fig. 3 à 5). Chez *Gardenia turgida* comme chez *Gardenia campanulata*, l'endoaperture est très allongée. En comparaison avec les observations précédentes, nous assistons avec ces types polliniques à l'apparition de la mésoaperture à partir d'un pollen colporé dont l'aperture composée est formée d'une ecto- et d'une endoaperture.

D'après l'étude du pollen de plusieurs autres tribus des *Rubiaceae*, dont les *Hedyotidae* (W.H. Lewis, 1965), il apparaît que la variation des types polliniques se fait selon trois tendances parallèles à partir :

1°) de grains colporés avec deux apertures superposées vers des pollens colpés par réduction de l'endoaperture sans qu'il y ait eu formation d'aperture moyenne ;

2°) de grains colporés avec deux apertures superposées vers des pollens pororés par réduction de l'ectoperture, sans qu'il y ait eu formation d'aperture moyenne ;

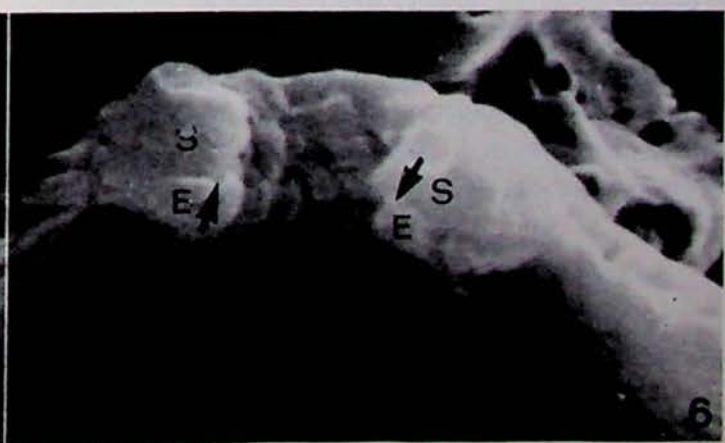
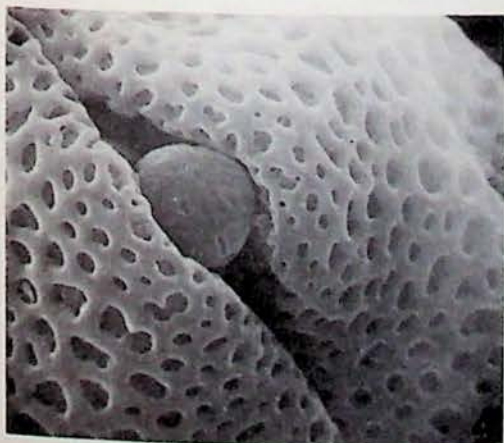
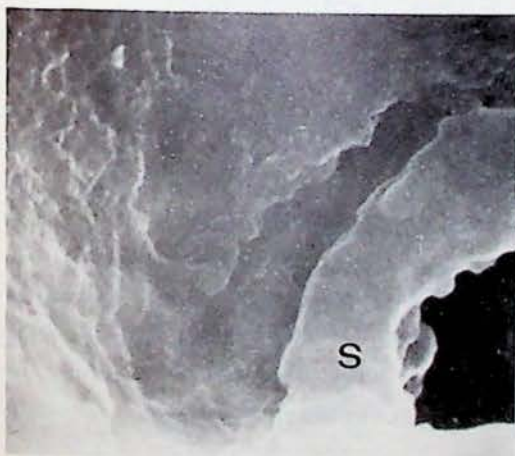
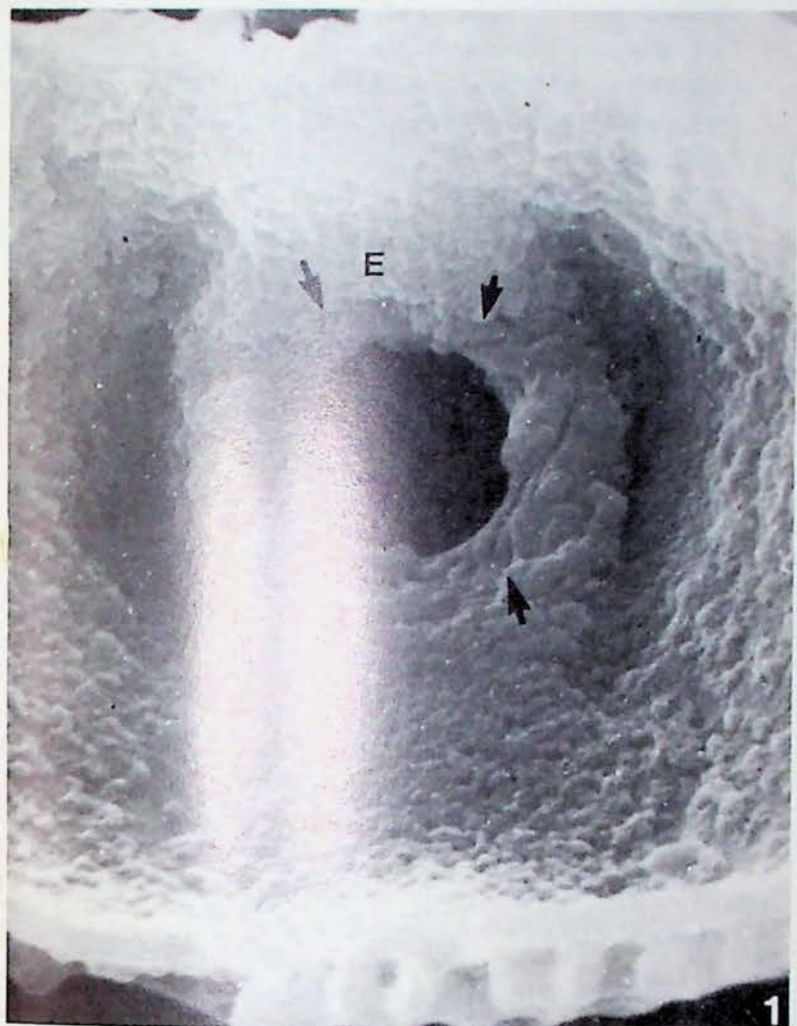
3°) de grains colporés avec deux apertures superposées vers des pollens colporés avec trois apertures par la formation d'une aperture moyenne pour aboutir enfin à des pollens colporés apparemment avec deux apertures, par la réduction de l'endoaperture et par la persistance de l'ectoperture bien développée et de la mésoaperture.

Chez les *Gardeniae*, par ailleurs, le pollen varie de colporé avec deux apertures à colporé avec trois apertures par suite de l'apparition de la mésoaperture pour aboutir à poré par réduction des ecto- et des endoapertures.

* Pour *D. Tirvengadam*, le genre *Porterandia* doit comprendre plusieurs taxons affines tels que *Randia mussaendoides* et *R. fusca*.

Planche II (MeB)

Fig. 1 à 4, *Himalrandia tetrasperma* (Wall. ex Roxb.) Yamazaki (Stainton, Sykes & Williams 315 BM, Népal) : 1, endoaperture, aperture moyenne et amincissements périaperturaires d'un pollen acétolysé, x 6000 ; 2, *idem*, noter l'aspect interne de l'endexine finement endosculptée et de la sole au niveau de l'annulus, x 10.000 ; 3, endoaperture et aperture moyenne entourée d'un annulus d'un grain non acétolysé, x 7500 ; 4, ectoaperture, x 3750. — 5 et 6, *Randia spinosa* (Thunb.) Bl., sous-genre *Ceriscus* Hook. f. in *D. Tirvengadam* (Thomson, s.n. ; P, Asie) : 5, vue interne du pore, limites de l'endo- et de la mésoaperture, x 10.000 ; 6, coupe de l'exine passant par un pore, endo- et aperture moyenne, x 10.000.



Ainsi, en considérant les variations des types polliniques des *Rubiaceae*, on remarque qu'il y a évolution parallèle du type apertural composé vers un type simple dérivé selon quatre modes différents schématisés (fig. 1) :

+ pollen colpore — pol- len colpé ou colpore :	} avec ou sans formation d'une ouverture moyenne qui, lorsqu'elle est déve- loppée, reste perma- nente.
+ pollen colpore — pol- len poré :	

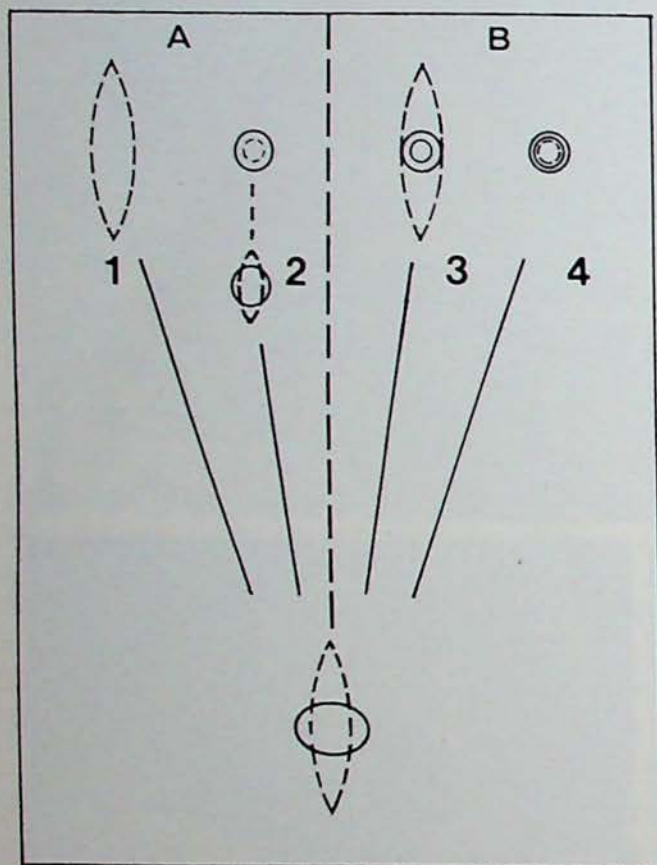


Fig. 1 : Tendances évolutives parallèles des types aperturaux chez les pollens des *Rubiaceae* : A, sans qu'il y ait eu formation d'une ouverture moyenne, 1, avec réduction et perte de l'endoaperture, 2, avec réduction de l'ectoaperture ; B, avec formation d'une ouverture moyenne et d'un annulus, 3, avec réduction de l'endoaperture, 4, avec réduction de l'ectoaperture.

----- ectoaperture ;
 ————— endoaperture ;
 = = = = = aperture moyenne + endoaperture.

Chez les *Rubiaceae*, il y a donc simplification des structures aperturales comme cela existe dans de nombreux autres groupes angiospermiens (D. Lobreau-Callen, 1975, 1976, 1977).

Par la présence fréquente d'un annulus caractéristique, le pollen des *Rubiaceae* a souvent été comparé à celui des Cornales ainsi qu'à celui des Célastrales s.l. D'après l'ultrastructure de l'exine au niveau des ouvertures, le pollen des Cornales se distingue nettement de celui des *Rubiaceae* par la présence d'épaississements de nature endexinique donc de costae, liées à l'endoaperture (I.K. Fergusson, 1976), et celui des Célastrales s. str. (ex. *Celastraceae*) s'en différencie également puisque l'épaississement est en réalité un repli de l'endexine, la sole étant totalement absente dans cette région (D. Lobreau-Callen & B. Lugardon, 1973).

Par contre, le pollen des *Rubiaceae* est comparable à celui d'un second groupe de Célastrales s.l. comprenant en particulier les familles des *Alangiaceae* et des *Icacinaceae* où les apertures composées, lorsqu'elles sont formées de deux papilles, ont une ouverture moyenne entourée également d'un annulus (D. Lobreau-Callen, 1977). La structure de l'exine vient par ailleurs étayer ce rapprochement : endexine plus ou moins réduite, irrégulière, endosculptée, tectum perforé ou réseau à mailles souvent anguleuses, clavae ornementées reposant sur un tectum discontinu, réduit...

En comparant le pollen des *Alangiaceae* d'après les travaux de T.J. Reitsma, 1970, on peut être frappé par la nature des types aperturaux qui existent dans les grains de cette famille : le pollen, qui varie de colpore à porore et même à poré, présente une ectoaperture allongée qui peut devenir circulaire, une mésoaperture entourée d'un annulus particulièrement bien développé, localisé dans la sole, une endoaperture isodiamétrique avec la mésoaperture d'après les observations faites au Mph et au MeT. Les types aperturaux des *Alangiaceae* sont tout à fait identiques à ceux que l'on rencontre chez les *Rubiaceae* des tribus des *Gardeniae* et des *Ixorae* par exemple.

D'autre part, si nous comparons les autres caractères du pollen et notamment le contour et l'ultrastructure de l'exine chez les deux familles des *Alangiaceae* et des *Rubiaceae*, nous constatons de nombreuses similitudes : grains faiblement bréviaxes ou subisopulaires, marge diffuse, tectée perforée, exine fréquemment réticulée avec des murs épais et des mailles anguleuses parfois plus ou moins fermées, ou tectée perforée, ou encore clavée, les clavae rugulostriées étant disposées sur un très fin tectum discontinu reposant lui-même sur de courtes columelles (cf. *Alangium villosum*, *A. salviifolium* d'après T.J. Reitsma, 1970, *Oligodon cunliffeae* d'après M. Keddam-Malplanche, 1974), sole épaisse et homogène, endexine irrégulière, endosculptée.

Ces caractères palynologiques paraissent soutenir le rapprochement des *Alangiaceae* et des *Rubiaceae*, suggéré par R. Hegnauer, 1965 et R.H. Eyde, 1968, d'après la teneur en alcaloïdes et la structure florale. Il convient en outre de remarquer la ressemblance de la structure de l'exine des grains clavés de ces deux familles avec ceux des *Aquifoliaceae* et des *Euphorbiaceae*. Cette structure, qui présente des rapports avec la structure crotonoïde (D. Lobreau-Callen, 1977), est un des caractères qui rapproche le pollen de ces familles des *Dilleniidae* près du groupe des Céléstrales comprenant en particulier les *Aquifoliaceae* et les *Icacinaceae* (groupe II des Céléstrales s.l. in D. Lobreau-Callen, 1977) et des Euphorbiales.

En conclusion, l'étude précise du pollen des *Rubiaceae* en Mph, confirmée par les observations au MeB des faces internes et externes de l'exine et au MeT, des apertures composées permet de mieux comprendre les liens qui existent entre les divers types polliniques de cette famille et de préciser ses rapports avec divers groupes systématiques appartenant aux *Dilleniidae*.

Remerciements. Les coupes de pollen en cryomicrotomie ont été réalisées par M. Chalopin que nous tenons à remercier très vivement.

Les observations au MeB ont été réalisées au Laboratoire de Paléontologie du Museum de Paris grâce à l'obligeance de Monsieur le Professeur Lehman et de Mademoiselle Weber à qui nous exprimons toute notre gratitude.

BIBLIOGRAPHIE PRINCIPALE

- Abadie M. & Keddama-Malplanche M., 1977. Etude de microscopie électronique à transmission du sporoderme de deux espèces de Rubiaceae. Bull. Soc. Bot. Fr., coll. Palynologie, 112, 89-91.
- Erdtman G., 1952. Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms. Almquist & Wiksell, Stockholm.
- Eyde R.H., 1968. Flowers, fruits and phylogeny of Alangiaceae. J. Arn. Arb., 49 (2), 167-192.
- Faegri K. & Iversen J., 1964. Textbook of Pollen Analysis; Scandinavian University Books. Munksgaard, 2de éd., 237 p.
- Ferguson I.K. & Hideux M., 1976. Some aspects of the pollen morphology of the Cornaceae sens. lat. and its taxonomic significance. Abstracts. Fourth International Palynological Conference, 29.12.76 - 5.1.77, Birbal Sahni Institute of Paleobotany, Lucknow, 50-51.
- Guinet Ph., 1969. Les Mimosacées. Etude de palynologie fondamentale, Corrélation, Evolution. Inst. Fr. Pondichery, Trav. Sec. Sci. Tech. 9, 1-283.
- Hegnauer R., 1965. Chemismus und systematische Stellung der Cornaceae in Beiträge zur Biochimie und Physiologie von Naturstoffen. Zeitschrift Kurt Mothes zur 65. Geburtstag. G. Fischer, Jena, 235-246.
- Keddama-Malplanche M., 1974. Rubiaceae in Pollen et Spores d'Afrique Tropicale. Association des Palynologues de Langue Française. Travaux et Documents de Géographie Tropicale, C.E.G.E.T., Talence, 16, 235, pl. 83.
- Leroy J.F., 1974. Recherches sur les Rubiacées de Madagascar, les genres *Mantalanina* et *Pseudomantalanina* (Gardéniées). *Adansonia*, 14, 29-52.
- Lewis W.H., 1965. Pollen Morphology and Evolution in Hedyotis subgn. *Edrisia* (Rubiaceae). Amer. J. Bot., 52 (3), 257-264.
- Lobreau-Callen D., 1975. Les pollens colpés dans les Céléstrales: Interprétation nouvelle de l'aperture simple. C.R. Acad. Sc. Paris, 280 (D), 2547-2550.
- Lobreau-Callen D., 1976. New interpretation of the variations of the exine structure of simple apertures pollens grains in the Celastrales. Abstracts. Fourth International Palynological Conference, 29.12.76 - 5.1.1977. Birbal Sahni Institute of Paleobotany, Lucknow, 92-93.
- Lobreau-Callen D., 1977. Nouvelle Interprétation de l'Ordre des Céléstrales à l'aide de la Palynologie. C.R. Acad. Sc. Paris, t. 284 (D), 915-918.
- Lobreau-Callen D., & Lugardon B., 1973. L'aperture à repli du pollen des Celastraceae. Nat. Monspeliensia. 23-24, 205-210, pl. I et II.
- Malplanche M., 1971. Etude palynologique de trois genres de Rubiacées- Gardéniées d'Afrique. *Adansonia*, 11, 343-355.
- Malplanche-Keddama M., 1975. Rubiaceae in Structure et Terminologie de la paroi sporo-pollinique. Association des Palynologues de Langue Française, Talence, 26.
- Mitra K., 1969. Pollen morphology and Identification of *Gardenia*, in J. Sen Memorial, Volume, Bot. Soc. Bengal éd., 223-228.
- Reitsma Tj., 1970. Pollen Morphology of the Alangiaceae. Rev. Palaeobotan. Palynol., 10, 249-332.
- Sharma B.D., 1968. Contribution to the pollen morphology and taxonomy of the genus *Randia* Houst. ex. Linn.; J. Palynol. Lucknow, 4, 113-128.
- Tirvengadam D. Tribe *Gardenia* of South and South-East Asia (manuscript).
- Van Campo M., 1950. Recherches sur la phylogénie des Abietinées d'après leurs grains de pollen. Trav. Lab. For. Toulouse, 2 (4: 1), 1-182.
- Van Campo M., 1976. Pattern of Pollen morphological variation within taxa in the evolutionary significance of the exine. Linn. Soc. Symp. Series, 1, 125-137.
- Vasanthi G., 1976. Pollen des montagnes du sud de l'Inde. Inst. Fr. Pondichery, Trav. Sec. Sci. Techn., 15, 1-74.

Utilisation de la lumière polarisée pour l'étude des Chitinomycètes ou Chitinozoaires

Marcel V. LOCQUIN*

Pour pouvoir observer correctement les ultrastructures de la matière organique des microfossiles du Paléozoïque, il faut, au préalable, les dégager de la roche sans faire appel à des dissolvants chimiques. Ayant constaté sur des fractures de roches que souvent les microfossiles étaient libres dans une morphoniche, j'ai eu l'idée de broyer à sec des fragments de roches puis de les mettre en suspension dans de l'eau pure et de souffler de l'air pour provoquer, selon la technique de Dognon, une concentration différentielle des microorganismes dans les mousses, à l'interface eau-air. Plus le courant est violent, plus on provoque la concentration d'objets de gros diamètre. On peut, à la fin, ajouter des traces d'un agent mouillant tensioactif pour faciliter la séparation des plus gros objets. Après repos de quelques secondes, les mousses tombent, mais les objets restent en surface et peuvent être prélevés sur un support pour examen. Les détails de cette méthode ont été antérieurement décrits par moi-même en 1943.

Pour l'examen des objets en lumière polarisée, on fait trois préparations : montées dans l'air, dans l'eau et dans une résine. Sur les objets montés dans l'air, on cherchera les restes de mucilages repérables par la dépolarisation de la lumière qu'ils provoquent, qu'il ne faut pas confondre avec une biréfringence ; sur ceux montés dans l'eau, on vérifiera par comparaison avec ceux montés dans une résine, l'importance des biréfringences de formes par rapport aux biréfringences de structure. Pour les détails du mode opératoire, on se reportera au *Manuel de Microscopie* de Locquin et Langeron, 1978.

Application à l'étude des Chitinomycètes

Observés avec ces techniques, les phialosporanges des Chitinomycètes sont tous organisés de la même façon, sauf les *Hoegisphaera*. On observe, de l'inté-

rieur vers l'extérieur, des couches alternativement polarisantes et non polarisantes. A l'intérieur du corps du Chitinomycète, l'opisthosome, ainsi nommé par G. Deflandre, est raccordé au prosome, lui-même fermé par un opercule interne, distinct de la coiffe cassante, qui clôt le tout à l'origine. Cet opisthosome est assez fortement biréfringent, mais cette biréfringence ne se voit bien que sur des spécimens rompus partiellement, car la couche moyenne qui le recouvre est le plus souvent assez opaque et non biréfringente. Cette couche moyenne est aussi la plus épaisse et souvent ornée de poils et de processus. Au-dessus de cette couche moyenne, une fine couche biréfringente recouvre le tout et manifeste une structure sphérique, repérée par le phénomène de la croix noire. Cette couche est bien distincte d'une certaine biréfringence de tension qui peut se manifester alentour dans les préparations montées dans une résine. On le vérifie sur les spécimens montés dans l'eau. C'est autour de cet ensemble qu'existe un ample mucilage, autrefois appelé cocon, mucilage parfois bourré d'algues probablement symbiotes.

Les spores des Chitinomycètes, qui emplissent parfois le corps, ou encombrent les abords des corps dans la préparation, sont faciles à repérer par leur forte biréfringence, qui rend probable leur nature cellulosique, et explique leur difficile fossilisation qui les a jusqu'ici occultées à notre vue. Ces spores presque toujours ornées, parfois dimorphes par leurs tailles, sont bien des produits du corps du Chitinomycète car il m'est arrivé d'en voir *in situ* dans des phialosporanges encore clos par leur coiffe. Chez certaines espèces, plus particulièrement au début du Paléozoïque, c'est une masse protoplasmique ou *protoplaste* qui est émise, et les spores s'y élaborent ultérieurement. Ces émissions sont répétées, et la trace de chaque émission se repère par un anneau sur le prosome qui devient ainsi annelé.

Toutes ces structures se retrouvent dans la plupart des groupes actuels de Champignons, ce qui m'oblige à ne plus douter de la nature ancestrale fongique des Chitinomycètes.

On trouvera dans un ouvrage en préparation, les photographies démontrant la réalité de ce qui précède.

* Ecole Pratique des Hautes Etudes, Laboratoire de Micro-paléontologie, 8 rue Buffon, F-75005, Paris.

Voies bibliographiques

- M. Locquin : Sur quelques méthodes nouvelles de concentration des microorganismes, Bull. Sté Linn. de Lyon, 1943.
- M. Locquin. Préambule paléomycologique : Les Chitinomycètes, champignons fossiles du paléozoïque, in : De Taxia Fungorum, Sens 1976.
- M. Locquin. Chronophenetic relationship of fossil taxa, in : De Taxia Fungorum Sens 1977.
- M. Locquin & M. Langeron. Manuel de Microscopie, Masson, Paris, 1978.
- M. Locquin. Chap. : Les Champignons fossiles in : Les Champignons, Que Sais-je ? Presses Universitaires, 4^e édit., Paris 1978.
- M. Locquin. Les Chitinomycètes ; Biologie, Systématique ; en préparation.
- M. Locquin. Manual of structural Mycology ; en préparation.

DISCUSSION

F. Paris

Il ne s'agit pas à proprement parler de questions mais plutôt d'un commentaire sur les clichés présentés par M. Locquin dont je voudrais tout d'abord

saluer l'imagination novative même si je ne partage pas toujours son point de vue.

La première diapositive présente quelques Chitinozoaires observés en lumière polarisée dans une lame mince pétrographique. Si la frange claire qui apparaît sur ces photos est effectivement attribuée à la paroi d'un Chitinozoaire, celle-ci serait anormalement épaisse pour un test de Chitinozoaire. Dans les sédiments épimétamorphiques, des cristallisations donnant le même aspect en lumière polarisée, existent souvent autour des microfossiles organiques et évoquent les « ombres de pression » signalées par les structurologues autour de certains objets antéschisteux.

Une autre remarque concerne l'interprétation donnée par M. Locquin pour *Parachitina curvata* et *Pterochitina perivelata*. Ces 2 formes ont une extension stratigraphique très limitée et sont séparées par plusieurs dizaines de millions d'années. La notion de temps est fondamentale en paléontologie. Il paraît donc dangereux pour le néo-socialiste de champignons que je suis d'intégrer des observations ponctuelles prises dans un laps de temps de plus de 200 millions d'années pour bâtir l'ontogénie des Chitinozoaires.

Bilan des recherches récentes sur le sporoderme des ptéridophytes

Bernard LUGARDON *

RÉSUMÉ

Ce bilan sommaire des connaissances acquises au cours des dernières années souligne d'une part les avantages du MeT pour l'étude morphologique des spores, d'autre part l'intérêt que présente le MeT pour les recherches sur la structure fine des parois sporales. Les données nouvelles obtenues grâce à ces instruments s'avèrent très précieuses sur le plan de la phylogénie et de la taxonomie des Pteridophytes vivantes ; mais elles doivent en outre permettre d'établir entre les spores actuelles et les spores fossiles un certain nombre de corrélations intéressantes dans divers domaines de la recherche.

ZUSAMMENFASSUNG

Eine kurze Bilanz der in den letzten Jahren gewonnenen Erkenntnisse zeigt einerseits die Vorteile des Rastermikroskops für die morphologische Untersuchung der Sporen, andererseits das Interesse des Transmission-Elektronenmikroskops für die Erforschung der Feinstruktur der Porenwände. Die neuen Ergebnisse sind sehr wichtig sowohl in Bezug zur Phylogenie als zur Taxonomie der modernen Pteridophyten ; darüber hinaus wird es möglich sein interessante Beziehungen zu den fossilen Sporen herauszustellen.

SAMENVATTING

De beknopte balans van de tijdens de laatste jaren verworven kennis beklemtoont enerzijds de voordelen van de rasterelektronenmicroscop voor de morfologische studie van de sporen en anderzijds het belang van de transmissie-elektronenmicroscop voor de onderzoeken betreffende de fijne structuur van de sporenwanden. De nieuwe gegevens die met deze instrumenten werden verkregen, blijken zeer waardevol te zijn op gebied van de phylogenie en van de taxonomie van de levende Pteridophyten ; maar zij moeten het bovendien mogelijk maken tussen de huidige sporen en de fossiele sporen een aantal verbanden te leggen die interessant zijn op verschillende onderzoek gebieden.

SUMMARY

This brief record of the knowledge obtained in recent years emphasizes two things : i) the advantages of the scanning electron microscope for studying the morphology of spores, and ii) the value of the transmission electron microscope for investigating the fine structure of the spore walls. The new data obtained with these instruments are most valuable for phylogenetic and taxonomic purposes in respect of living Pteridophytes, but must also make it possible to establish a certain number of correlations between living and fossil spores, which correlations are valuable in various fields of research.

* Laboratoire de Biologie Végétale, Université Paul Sabatier.
Allées Jules Guesde, F-31400 Toulouse, France.

Le sporoderme des Ptéridophytes est extrêmement diversifié ; relativement simple dans certains cas, il est ou du moins paraît, dans d'autres cas, exceptionnellement complexe ; et il possède, de façon très générale, une structure — sinon une sculpture — très fine et difficile à mettre en évidence.

Ce sporoderme est sans aucun doute porteur d'une somme considérable, et peut-être inégalée, d'informations précieuses et exploitables dans de nombreux domaines de la recherche fondamentale et appliquée. Il reflète à la fois, en effet, d'une part les tentatives évolutives, les échecs et l'aboutissement d'un ensemble complexe de végétaux dont l'origine remonte à des temps très reculés, d'autre part l'histoire botanique, climatique et stratigraphique de notre planète.

Pour tenter de déchiffrer cette masse d'informations, le microscope photonique (Mph) s'est avéré insuffisamment efficace : avec son pouvoir séparateur relativement faible et hors de proportions avec la petitesse des détails caractéristiques des spores, il a permis de réaliser des études morphologiques incontestablement utiles, mais forcément superficielles et laissant, en quelque sorte, le chercheur sur sa faim. La mise en œuvre des techniques modernes, et en premier lieu celle des instruments d'observation à haut pouvoir de résolution, présente donc un intérêt tout particulier pour l'étude de ce matériel difficile, comme le démontrent largement les résultats déjà obtenus grâce à eux.

Il n'est évidemment pas possible d'analyser ici chacun de ces résultats, ni de prétendre établir une liste exhaustive de tous les travaux « ptéridopolynologiques » réalisés à l'aide des méthodes et outils nouveaux. Le but, beaucoup plus modeste, de cette étude est d'abord de dresser un tableau d'ensemble des connaissances acquises au cours des dernières années. A la lumière de ce bref tour d'horizon, nous pourrions ensuite envisager la nature et la portée des résultats nouveaux qui devraient être atteints dans un avenir peu éloigné.

Dans un premier temps, nous considérerons séparément les spores actuelles et les spores fossiles, uniquement parce que les unes et les autres posent des problèmes « techniques » de nature différente : ces deux sortes de spores sont de toute évidence étroitement liées, et l'un des grands espoirs que nous pouvons caresser est justement, comme on va le voir, de combler peu à peu le hiatus qui, sur le plan pratique, paraît les séparer.

1. SPORES ACTUELLES

Le microscope électronique à balayage (MeB) vient très efficacement compléter le Mph pour l'étude de la morphologie sporale. Pour s'en convaincre, il suffit

d'examiner les illustrations de spores parues dans des travaux tels que ceux de G. Erdtman et P. Sorsa (1971 — une cinquantaine d'espèces appartenant à diverses familles), A.F. Tryon (1971 — *Thelypteris palustris* et ses variations), C. Le Coq et col. (1973 — deux *Gymnogramme* et *Scolopendrium vulgare*), R.M. Tryon et A.F. Tryon (1973 — diverses espèces du groupe des fougères « cheilanthoides »), C.C. Wood (1973 — 24 espèces de *Thelypteris*), G.J. Gastony et R.M. Tryon (1976 — nombreuses et remarquables spores de plusieurs genres de Cyatheaceae), E. Hennipman (1977 — diverses espèces de *Bolbitis*).

Un seul reproche peut être fait au MeB : il donne seulement des images de surfaces, et ne permet ni l'observation de coupes optiques ni la « L.O. » analyse, qui restent de précieux compléments du Mph. En dépit de cet inconvénient, le MeB permet incontestablement d'approfondir beaucoup nos connaissances sur la morphologie des spores ; il présente en outre l'avantage considérable de fournir des documents photographiques très caractéristiques, directement et facilement exploitables par le chercheur travaillant au Mph. Par ailleurs, sur le plan technique, la préparation des spores avant balayage ne pose pas de problème notable.

Dans ces conditions, il peut paraître quelque peu surprenant et regrettable que le nombre des descriptions publiées soit encore relativement restreint. Cela est peut-être lié, en partie du moins, au fait que le MeB laisse parfois planer une indétermination sur la nature exacte, exosporale ou périssporale, de la surface photographiée : les spores nous offrent, sur ce plan, une difficulté que les spécialistes du pollen ignorent ! Bien que cette indétermination pose dans certains cas d'épineux problèmes d'interprétation, il n'en reste pas moins que les études réalisées au MeB s'avèrent très intéressantes et utiles. Il est donc satisfaisant de savoir que plusieurs travaux importants sont actuellement en voie d'achèvement dans différents pays, et que nous pourrions de ce fait bénéficier bientôt d'informations et d'illustrations nouvelles concernant de nombreuses spores de types divers : isospores, microspores, et même mégaspores un peu trop négligées peut-être par les morphologistes si l'on en croit divers paléobotanistes, taxonomistes et stratigraphes. Nous pouvons en outre escompter que la précision des observations et la qualité des images obtenues au MeB seront encore améliorées à l'avenir grâce à la généralisation de techniques telles que la métallisation par pulvérisation cathodique (ou « sputtering » ; F. Damblon, 1975).

Le microscope électronique à transmission (MeT) a été utilisé pour l'étude des spores actuelles par un nombre assez faible d'auteurs parmi lesquels on peut citer B.M. Afzelius et col. (1954 — *Lycopodium* essentiellement), J.M. Pettitt (1966 — spores fossilisées de divers groupes), E.K. Kempf (1969, 1970a

— mégaspores d'*Azolla* et *Selaginella*), E. Henipman (1970 — *Bolbitis*), D. Robert (1970, 1971a, b, c — microspores de *Selaginella*), B. Lugardon (1965, 1969, 1971a, b, 1972a, b, 1973a, b, 1974, 1976 — Filicinées, *Equisetum*, *Psilotum*, *Lycopodium*, microspores de *Selaginella* et *Isoetes*).

La préparation du matériel pose quelques problèmes d'ordre technique dans la mesure où il est souvent difficile d'obtenir une inclusion correcte des échantillons dans les résines et de réaliser de bonnes coupes ultra-fines. Par ailleurs, ces recherches sont abordées sans que l'on dispose de données antérieures solides, et elles portent sur des sporodermes dont les caractères fins sont à la fois très différents de ceux des autres sporodermes, et très diversifiés d'un groupe à l'autre des plantes concernées. Dans ces conditions, l'examen des spores mûres des premières espèces étudiées dans un groupe donné ne permet pas de comprendre d'emblée la signification exacte de la stratification et des détails visibles sur les coupes : pour parvenir à interpréter correctement ces indices, il est indispensable de procéder aussi à une étude assez approfondie de la sporogénèse dans ces mêmes espèces.

Ces recherches passablement complexes impliquent évidemment bien des longueurs et des aléas, mais les résultats déjà acquis montrent que de tels travaux présentent un incontestable intérêt. Il faut souligner tout d'abord que l'étude des spores au MeT deviendra — et devient déjà — de plus en plus aisée et rapide, étant donné que les connaissances procurées par l'étude détaillée des spores et de la sporogénèse de quelques espèces permettent de saisir sans grandes difficultés les caractères et particularités des sporodermes des autres espèces du même groupe. Par ailleurs, le MeT présente le considérable avantage de permettre d'une part de distinguer avec précision les diverses parois composant chaque sporoderme, d'autre part de mettre en évidence les caractères structuraux plus ou moins fins de chacune de ces parois ainsi que, le cas échéant, certains détails de la sculpture non perceptibles avec les autres instruments d'observation.

Contrairement à celles que procure le SeM, ces informations ne sont pas, ou peu, utiles et directement exploitables lors de travaux tels que la détermination de spores dispersées. Mais elles peuvent constituer un apport très positif dans différents domaines, car elles vont souvent très au-delà de celles que fournissent les observations réalisées à l'aide du Mph ou du MeB. Ainsi, comme le prouvent divers travaux en cours, l'étude des caractères fins de la périspore, en particulier, est à même de fournir des indications précieuses dans le cadre de recherches taxonomiques. D'autre part, il s'avère que la structure fine de l'exospore présente, spécialement dans des groupes tels que les Filicinées ou les Selaginellales,

tout un ensemble de variations hautement significatives sur le plan de la phylogénie et de l'évolution.

Nous possédons dès maintenant, grâce aux travaux déjà menés à bien, des notions précises et détaillées sur la plupart des types d'isospores et microspores actuelles (B. Lugardon, 1976, et ss. presse). Bien des problèmes restent évidemment à résoudre ; mais il y a actuellement un nombre de plus en plus grand de chercheurs poursuivant ou commençant des travaux de longue haleine sur la structure fine et la morphogénèse des spores de Ptéridophytes. Il est donc tout à fait permis d'espérer que nous disposerons d'ici peu de connaissances assez complètes sur tous les types structuraux des spores actuelles.

Parmi les techniques modernes applicables à l'étude de ces spores, on peut citer également la micro-analyse par sonde électronique. Cette technique permet de rechercher et de localiser dans les sporodermes des substances telles que la silice ou le calcium. Elle a déjà été exploitée sur des mégaspores d'*Isoetes* (D. Robert et col., 1973a, b) et de *Selaginella* (D. Robert, commun. pers. ; A.F. Tryon et B. Lugardon, ss. presse). La silice, en particulier, existe probablement dans un nombre assez grand de sporodermes, et sa recherche systématique dans les spores de divers groupes pourrait, semble-t-il, fournir des indications intéressantes à divers égards.

2. SPORES FOSSILES

Le MeB est, comme chacun sait, très largement exploité par les paléobotanistes qui ont très vite discerné les avantages de cet instrument pour l'étude des spores fossiles. Les travaux déjà publiés, tant en France que dans les pays étrangers, sont trop nombreux pour être énumérés ici ; ils renferment une quantité considérable de descriptions et de clichés à la fois très beaux et très démonstratifs, extrêmement précieux pour la connaissance et l'identification des spores.

Le MeT n'a été, jusqu'à présent, utilisé systématiquement pour l'étude des sporodermes fossiles de Ptéridophytes que par un très petit nombre d'auteurs tels que J.M. Pettitt (1966) et E.K. Kempf (1969, 1970b, 1971a, b), avec des résultats de valeur inégale en fonction de la qualité des échantillons.

Ces recherches se développeront certainement au cours des prochaines années, et elles nous procureront très vraisemblablement des informations de plus en plus précises sur les spores des plantes anciennes. Divers essais récents permettent en effet de penser que les fins détails de la structure des sporodermes fossiles sont assez souvent bien conservés et peuvent être mis en évidence sur les coupes fines. Il faut seulement que deux conditions, tout aussi logiques l'une que l'autre, soient remplies : d'une part il

faut que les détails structuraux ne soient pas devenus définitivement imperceptibles au moment de la maturation sporale (comme cela se produit dans un certain nombre de spores actuelles) ; d'autre part il est nécessaire que les sporodermes se soient fossilisés dans de bonnes conditions, et que les traitements de laboratoire en vue de l'élimination de la gangue n'aient pas entraîné de dégradations importantes (ce dernier point, crucial, pose dans certains cas un problème encore mal circonscrit).

3. CONCLUSIONS

Ce tableau très sommaire des recherches récentes sur les spores des Ptéridophytes montre sans doute que les instruments d'observation modernes — utilisés conjointement avec le Mph, irremplaçable en dépit de ses performances plus modestes — sont particulièrement précieux pour l'étude de ces spores. Mais ce bref bilan met surtout en lumière, me semble-t-il, la possibilité qui nous est maintenant offerte d'explorer un vaste domaine dont nous ne pouvions, auparavant, que pressentir l'immense intérêt et percer les secrets les plus grossiers.

Il est absolument certain que les études morphologiques actuelles, avec leurs descriptions très précises et leurs illustrations incomparables, contribuent grandement à l'extension de nos connaissances sur les spores, tant fossiles qu'actuelles. Mais les recherches en cours sur les structures sporales ont probablement une importance et une portée plus grandes encore, car elles nous ouvrent des perspectives qui ne pouvaient être envisagées il y a seulement quelques années.

Les travaux déjà réalisés démontrent en effet que le sporoderme des Ptéridophytes possède une structure complexe, le plus souvent très fine mais riche en détails bien caractérisés. D'autre part, cette structure peut être maintenant, dans le cas des spores actuelles, connue d'une façon très approfondie et précise grâce à l'étude des phases successives de la formation des sporodermes. Enfin il s'avère que cette structure présente des caractères nettement différents d'un groupe de Ptéridophytes à l'autre et, à l'intérieur de chacun de ces groupes, des variations de moindre importance mais néanmoins caractéristiques.

Par conséquent, le jour — peu éloigné — où la structure de tous les types de spores actuelles sera connue, nous disposerons d'un ensemble de données nouvelles qui seront certainement très significatives sur le plan de la phylogénie. De même, l'étude fine du sporoderme d'espèces voisines appartenant à des groupes tels que genre, famille ou ordre doit fournir, dans bien des cas, des informations très utiles au point de vue de la taxonomie.

Mais l'étude des structures sporales présente aussi, et peut-être surtout, l'avantage de nous fournir des critères de comparaison précis et formels entre les spores fossiles et les spores actuelles. Cela doit nous permettre en premier lieu de rapprocher peu à peu ces deux ensembles de spores, jusqu'à en faire un tout cohérent et ordonné. Et par voie de conséquence, ce grand pas en avant nous procurera aussi, on peut sembler-t-il l'espérer sans optimisme excessif, des données nouvelles et précieuses concernant de multiples problèmes tels que les corrélations entre les divers groupes de Ptéridophytes et leur évolution au cours des temps, le passage de l'isosporie à l'hétérosporie, les relations entre Ptéridophytes et Spermaphytes primitives...

OUVRAGES CITÉS

- AFZELIUS B.M., ERDTMAN G. et SJÖSTRAND F.S. (1954). On the fine structure of the outer part of the spore wall of *Lycopodium clavatum* as revealed by the electron microscope. *Svensk Bot. Tidskr.*, 48, (1), 155-161.
- DAMBLON F. (1975). Sputtering, a new method for coating pollen grains in scanning electron microscopy. *Grana*, 15, (-3), 137-144.
- ERDTMAN G. et SORSA P. (1971). Pollen and Spore Morphology. Plant Taxonomy: Pteridophyta (Text and additional illustrations). Almqvist & Wiksell, Stockholm.
- GASTONY G.J. et TRYON R.M. (1976). Spore morphology in the Cyatheaceae. II, The genera *Lophosoria*, *Metaxya*, *Sphaeropteris*, *Alsophila* and *Nephelea*. *Amer. J. of Bot.*, 63, (6), 738-758.
- HENNIPMAN E. (1970). Electron and light microscopical observations on the perine of the spores of some *Bolbitis* species (Filices). *Acta Bot. Neerl.*, 19, (5), 671-680.
- HENNIPMAN E. (1977). A monograph of the fern genus *Bolbitis* (Lomariopsidaceae). Leiden University Press.
- KEMPF E.K. (1969). Elektronenmikroskopie der Sporodermis von känozoischen Megasporen der Wasserfarn-Gattung *Azolla*. *Paläont. Z.*, 43, (1-2), 95-108.
- KEMPF E.K. (1970). Elektronenmikroskopie der Sporodermis von Megasporen der Gattung *Selaginella* (Pteridophyta). *Rev. of Palaeobot. and Palynol.*, 10, 99-116.
- KEMPF E.K. (1971a). Electron microscopy of the megaspore *Horstisporites semireticulatus* from liassic strata of Germany. *Grana*, 11, 18-22.
- KEMPF E.K. (1971b). Microstructures of the mesozoic megaspore *Tasmanitriletes* N.G. *Grana*, 11, 95-100.
- KEMPF E.K. (1971c). Electron microscopy of mesozoic megaspores from Denmark. *Grana*, 11, 151-163.
- LE COQ C., GUERVIN C. et LAROCHE J. (1973). Morphologie de quelques spores de Polypodiacees *sensu lato* en microscopie électronique à balayage. *Pollen et Spores*, 15, (1), 109-115.
- LUGARDON B. (1965). Structure des parois de la spore de *Blechnum spicant* (L.) Roth. *Pollen et Spores*, 7, (3), 409-428.
- LUGARDON B. (1969). Sur la structure fine des parois sporales d'*Equisetum maximum* Lamk. *Pollen et Spores*, 11, (3), 449-474.
- LUGARDON B. (1971 a). L'endospore et la « pseudo-endospore » des spores des Filicinaes isosporées. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 273, 675-678.

- LUGARDON B. (1971 b). Contribution à la connaissance de la morphogénèse et de la structure des parois sporales chez les Filicinées isosporées. Thèse Univ. P. Sabatier, Toulouse.
- LUGARDON B. (1972 a). Sur la structure fine et la nomenclature des parois microsporales chez *Selaginella denticulata* (L.) Link et *S. selaginoides* (L.) Link. C. R. Acad. Sc. Paris, 274, 1656-1659.
- LUGARDON B. (1972 b). La structure fine de l'exospore et de la périspore des Filicinées isosporées, I. Généralités, Eusporangiées et Osmundales. Pollen et Spores, 14, (3), 227-261.
- LUGARDON B. (1973 a). Sur les parois sporales de *Psilotum triquetrum* Sw. et leur structure fine. C. R. Acad. Sc. Paris, 276, 1277-1280.
- LUGARDON B. (1973 b). Nomenclature et structure fine des parois acéto-résistantes des microspores d'*Isoetes*. C. R. Acad. Sc. Paris, 276, 3017-3020.
- LUGARDON B. (1974). La structure fine de l'exospore et de la périspore des Filicinées isosporées, II. Filicales. Commentaires. Pollen et Spores, 16, (2), 197-226.
- LUGARDON B. (1975). La structure fine de l'exospore dans les divers groupes de ptéridophytes actuelles (microspores et isospores). In I.K. Ferguson & J. Muller (Eds), The evolutionary significance of the ferns, p. 250 (Linn. Soc. Symp. Ser. No. 1), Academic Press.
- LUGARDON B. (ss. presse). Exospore and microspore walls of living Pteridophytes; identification possibilities with different observation instruments. In Proceedings of the IV International Palynological Conference, Lucknow.
- PETTITT J.M. (1966). Exine structure in some fossil and recent spores and pollen as revealed by light and electron microscopy. Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Geol.), 13, 223-257.
- ROBERT D. (1970). Participation des cellules de l'assise tapétale du sporange à l'édification des parois microsporales chez une Sélaginelle, *Selaginella kraussiana* A. Br. C. R. Acad. Sc. Paris, 271, 648-651.
- ROBERT D. (1971 a). Nouvelle contribution à l'étude de l'origine des parois microsporales chez le *Selaginella kraussiana* A. Br. C. R. Acad. Sc. Paris, 272, 385-388.
- ROBERT D. (1971 b). Etude, en microscopie électronique, des modalités d'édification des parois microsporales chez le *Selaginella selaginoides* (L.). Mise en place du feuillet externe. C. R. Acad. Sc. Paris, 273, 332-335.
- ROBERT D. (1971 c). Etude, en microscopie électronique, des modalités d'édification des parois microsporales chez le *Selaginella selaginoides* (L.). Mise en place du feuillet interne. C. R. Acad. Sc. Paris, 273, 1933-1936.
- ROBERT D., ROLAND-HEYDACKER F., DENIZOT J., LAROCHE J., FOUGEROUX P. et DAVIGNON L. (1973 a). Etude de la paroi siliceuse chez la mégaspore d'*Isoetes setacea* Delille. C. R. Acad. Sc. Paris, 276, 2521-2524.
- ROBERT D., ROLAND-HEYDACKER F., DENIZOT J., LAROCHE J., FOUGEROUX P. et DAVIGNON L. (1973 b). La paroi mégaspore de l'*Isoetes setacea* Bosc ex Delille. Etude en microscopies photonique et électroniques. Localisation et nature de la silice entrant dans sa constitution. Adansonia, sér. 2, 13, (3), 313-332.
- TRYON A.F. (1971). Structure and variation in spores of *Thelypteris palustris*. Rhodora, 73, 444-460.
- TRYON R.M. et TRYON A.F. (1973). Geography, spores and evolutionary relations in the cheilanthoid ferns. In A.C. Jermy, J.A. Crabbe & B.A. Thomas (Eds), The phylogeny and classification of the ferns, 145-153, (Sup. n° 1 to the Bot. J. of Linn. Soc.), Academic Press.
- TRYON A.F. et LUGARDON B. (ss. presse). Wall structure and mineral content in *Selaginella* spores. ...
- WOOD C.C. (1973). Spore variation in the Thelypteridaceae. In A.C. Jermy, J.A. Crabbe & B.A. Thomas (Eds), The phylogeny and classification of the ferns, 191-202 (Sup. n° 1 to the Bot. J. of Linn. Soc.), Academic Press.

Apport des études ontogéniques et morphologiques en microscopie électronique pour la compréhension de l'ultrastructure de l'exine

Mohamed Abdelhamid NABLI *

RESUME

Les apertures de grains de pollen immatures et mûrs sont comparées chez trois espèces de Labiatae (Ajuga chamaepitys, Marrubium vulgare et Lavandula vera x spica). Ces comparaisons montrent l'intérêt qu'il y a à étudier l'exine du pollen immature pour mieux comprendre l'ultrastructure de l'exine du pollen mûr.

D'autre part, l'ultrastructure de l'exine mature est étudiée chez le Peganum harmala, le Centranthus ruber, le Scabiosa maritima et le Ziziphus lotus ; certaines structures décrites par l'auteur chez quelques Labiatae se retrouvent chez certains de ces taxons. La microscopie électronique révèle, en outre, une ultrastructure aperturale complexe chez le Ziziphus lotus.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Aperturen reifer und unreifer Pollen bei drei Arten von Labiatae (Ajuga chamaepitys, Marrubium vulgare und Lavandula vera x spica) werden untereinander verglichen. Dabei zeigt sich wie interessant es ist die Exine des unreifen Pollens zu untersuchen um die Ultrastruktur der Exine des reifen Pollens zu verstehen.

Andererseits wurde die Ultrastruktur der reifen Exine bei Peganum harmala, Centranthus ruber, Scabiosa maritima und Ziziphus lotus untersucht ; bei einigen dieser Arten findet man auch bestimmte Strukturen die bei einigen Labiatae beschrieben wurden. Schliesslich zeigt das Transmission-Elektronenmikroskop eine komplexe Ultrastruktur der Aperturen bei Ziziphus lotus.

SAMENVATTING

De aperturen van onrijpe en rijpe stuifmeelkorrels worden vergeleken bij drie groepen Labiatae (Ajuga chamaepitys, Marrubium vulgare en Lavandula vera x spica). Uit die vergelijkingen blijkt het belang van het bestuderen van het exine van onrijp stuifmeel voor een beter begrip van de ultrastructuur van het exine van rijp stuifmeel.

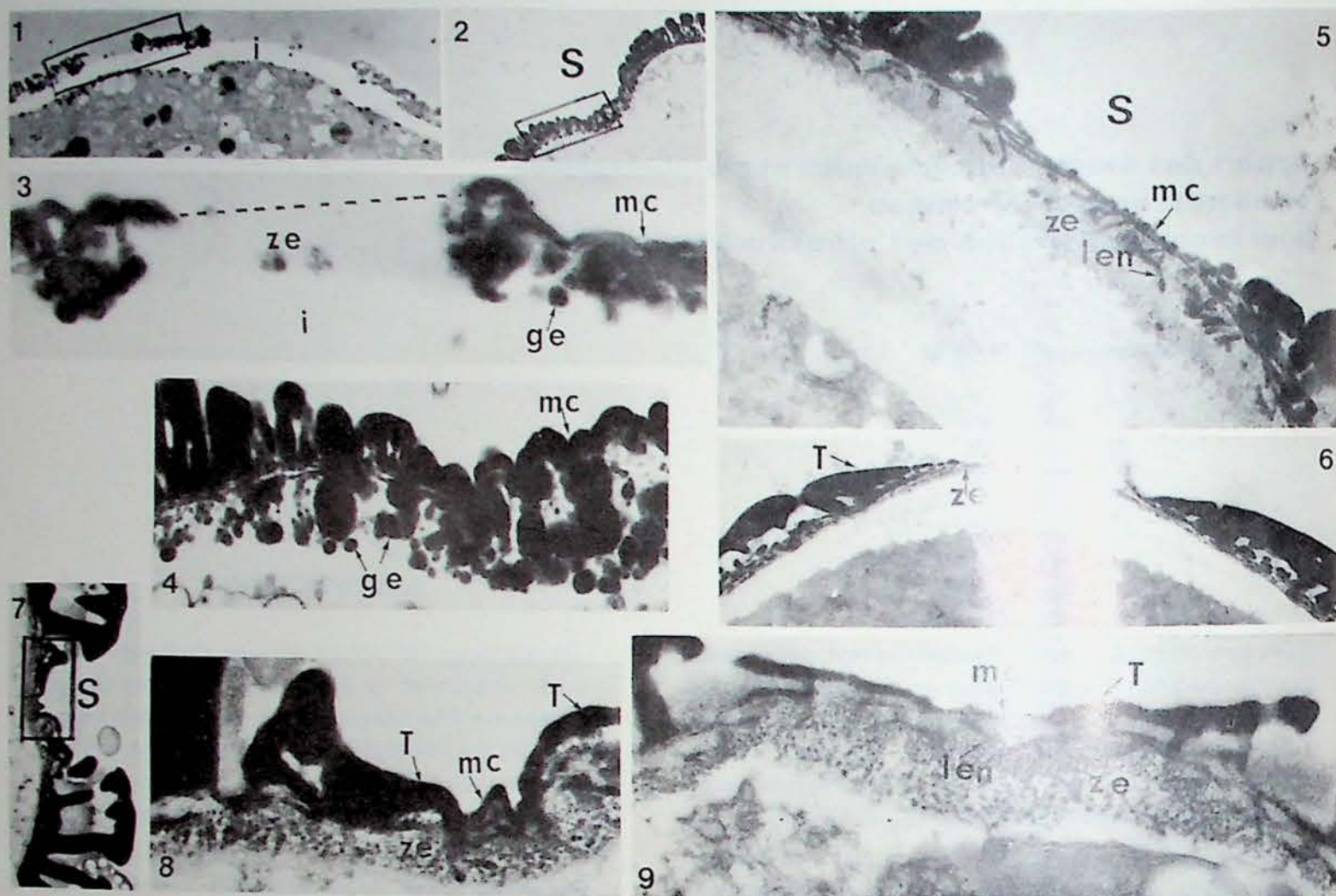
Anderzijds wordt de ultrastructuur van rijp exine bestudeerd bij de Peganum harmala, de Centranthus ruber, de Scabiosa maritima en de Ziziphus lotus ; sommige structuren die door de auteur werden beschreven bij enkele Labiatae, worden teruggevonden bij sommige van die taxa. Uit de elektronenmicroscopie blijkt bovendien een complexe aperturale ultrastructuur bij de Ziziphus lotus.

SUMMARY

Apertures in immature and mature pollen grains are compared in three Labiatae taxa (Ajuga chamaepitys, Marrubium vulgare, Lavandula vera x spica). This comparison shows the interest to study immature pollen grain exine for a better understanding of the ultrastructure of mature exine.

On the other hand, the ultrastructure of mature exine is studied in Peganum harmala, Centranthus ruber, Scabiosa maritima and Ziziphus lotus. Some features described by the Author in some Labiatae are found in some of these taxa. Besides, the transmission electron microscopy reveals a complicated apertural exine in Ziziphus lotus.

* Laboratoire de Biologie végétale. Faculté des Sciences — Campus Universitaire — Tunis (Tunisie).



EXPLICATION DES PLANCHES

Légende

c, columelle ; cr, columelle ramifiée ; CE, coupe équatoriale ; e, échinule ; en, endexine ; ge, granule endexinique ; GP, grain de pollen ; i, intine ; len, lamelle endexinique ; mc, membrane colpale ; n, nexine ; p, perforation ; rc, ramification columellaire ; S, sillon ; so, sole ou foot-layer ; T, tectum ; ze, zone endexinique.

Le matériel étudié au MET a été fixé au glutaraldéhyde à 4 % à pH 7,2 (3-4 h) et postosmié par le tétr oxyde d'osmium (OsO_4) (3 h) à pH 7,2 à 1 %. Coloration au MnO_4K (fig. 2, 4, 9, 12, 13, 16, 18, 21, 23, 25). Microscope utilisé Philips EM 300 de l'Institut de Cytologie de la Faculté des Sciences de Marseille-Luminy. Le matériel utilisé pour le MEB a été acétolysé, cassé aux ultra-sons et observé au MEB, un Stereoscan S4 Cambridge Instrument du Laboratoire d'Ecologie Générale du Museum National d'Histoire Naturelle de Paris.

Planche I

Fig. 1, 2, 3, 4 : *Ajuga chamaepitys* ; Fig. 5, 6 : *Marrubium vulgare* ;
Fig. 7, 8, 9 : *Lavandula vera x spica*

Fig. 1 : Aperture d'un GP mûr en CE (x 5400). Fig. 2 : Aperture d'un GP immature en CE (x 2500). Fig. 3 : Détail de la figure 1 : partie encadrée (x 28.500). Fig. 4 : Détail de la figure 2 : partie encadrée (x 20.500). Fig. 5 : Aperture d'un GP immature en CE (x 25.100). Fig. 6 : Aperture d'un GP mûr en CE (x 10.260). Fig. 7. Aperture en CE d'un GP mûr (x 11.200). Fig. 8 : Détail de la figure 7 : partie encadrée (x 56.000). Fig. 9 : Aperture en CE d'un GP immature (x 25.100).

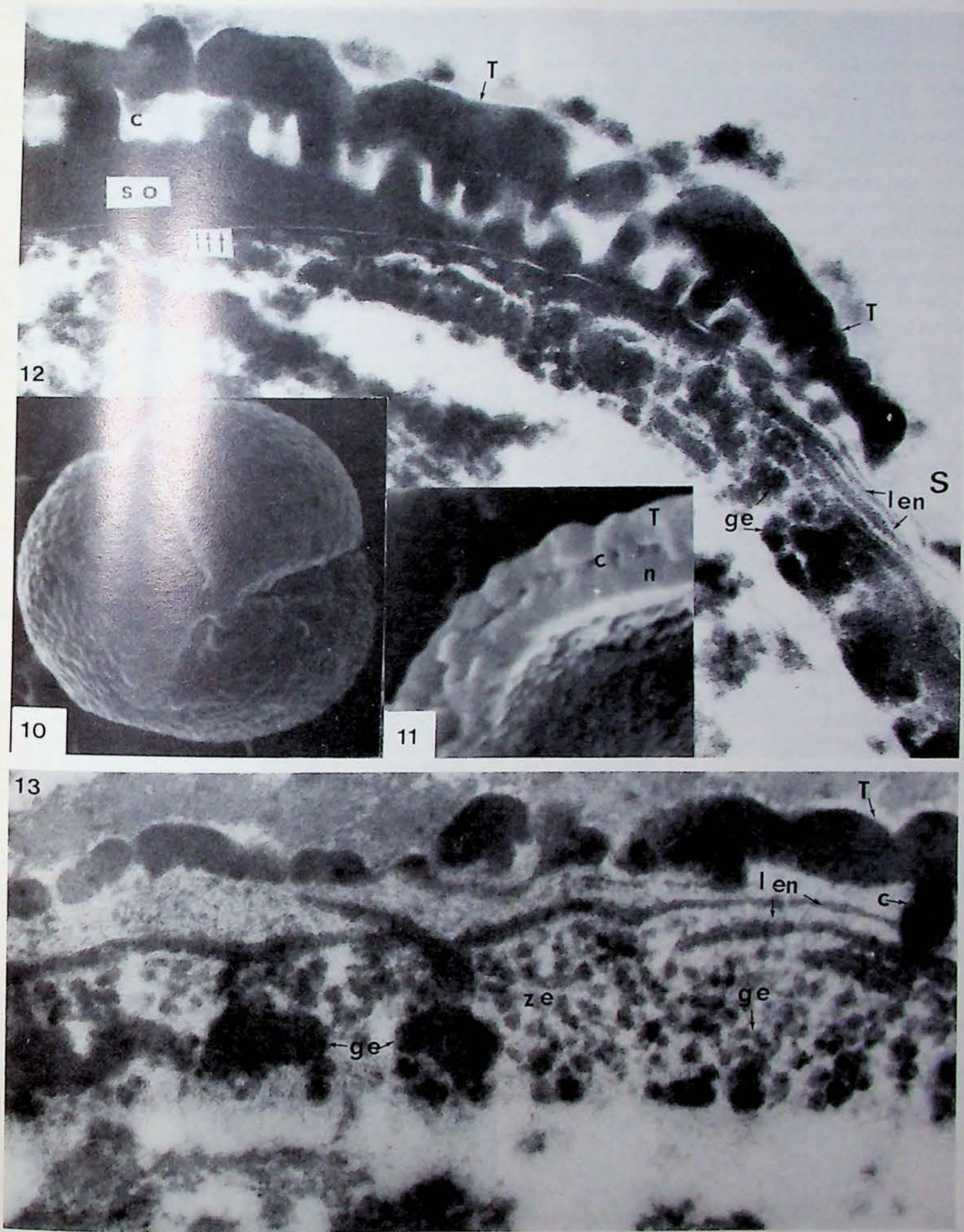


Planche II

Peganum harmala L. (Zygophyllaceae)

Fig. 10 : GP tricolporé en vue polaire (x 4750). Fig. 11 : Cassure d'un GP (x 19.000). Fig. 12 : CE d'un GP passant par un intercolporium et le bord d'une aperture (x 47.000). Fig. 13 : CE montrant un détail de l'aperture (x 60.000).

0. INTRODUCTION

L'interprétation de l'exine dans le pollen mûr a été rendue plus aisée depuis l'avènement de la microscopie électronique. L'acétolyse, technique courante, est utile en microscopie photonique et en microscopie électronique par balayage (MEB), mais elle est peu recommandable en microscopie électronique par transmission (MET) car elle rend parfois difficile l'interprétation de l'ultrastructure de l'exine par la dislocation, la destruction ou l'élimination éventuelles de certains éléments exiniques, surtout au niveau des ouvertures. Rowley et Nilsson (1972) ont décrit une technique simple pour l'étude au MET du pollen provenant d'herbiers. En dépit de ces progrès, il arrive que l'exine d'un pollen mûr et non acétolysé soit difficile à interpréter à certains niveaux, par exemple, tectum complexe relation sole — endexine spécialement au niveau de l'ouverture... Aussi, l'étude ontogénique ou simplement l'étude du pollen immature (avant la mise en place de l'intine et des substances de réserves) aide à la compréhension de l'exine du pollen mûr. C'est l'objet de la première partie de cette communication.

D'autre part, l'étude ontogénique et morphologique de l'exine de quelques Labiées a mis en évidence des structures originales telles qu'une endexine granulo-lamellaire, des columelles ramifiées (chez les *Teucrium*) et la séparation de l'ectexine de l'endexine sur une base morphogénétique. Les recherches que je poursuis actuellement ont pour but de retrouver ces structures éventuellement chez d'autres taxons, tunisiens en particulier. J'ai déjà obtenu quelques résultats qui constituent la deuxième partie de cette communication. Quatre taxons ont été choisis : *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae), *Centranthus ruber* L.

(Valerianaceae), *Scabiosa maritima* L. (Dipsacaceae) et *Ziziphus lotus* L. (Rhamnaceae).

1. INTERET DE L'ETUDE DU POLLEN IMMATURE

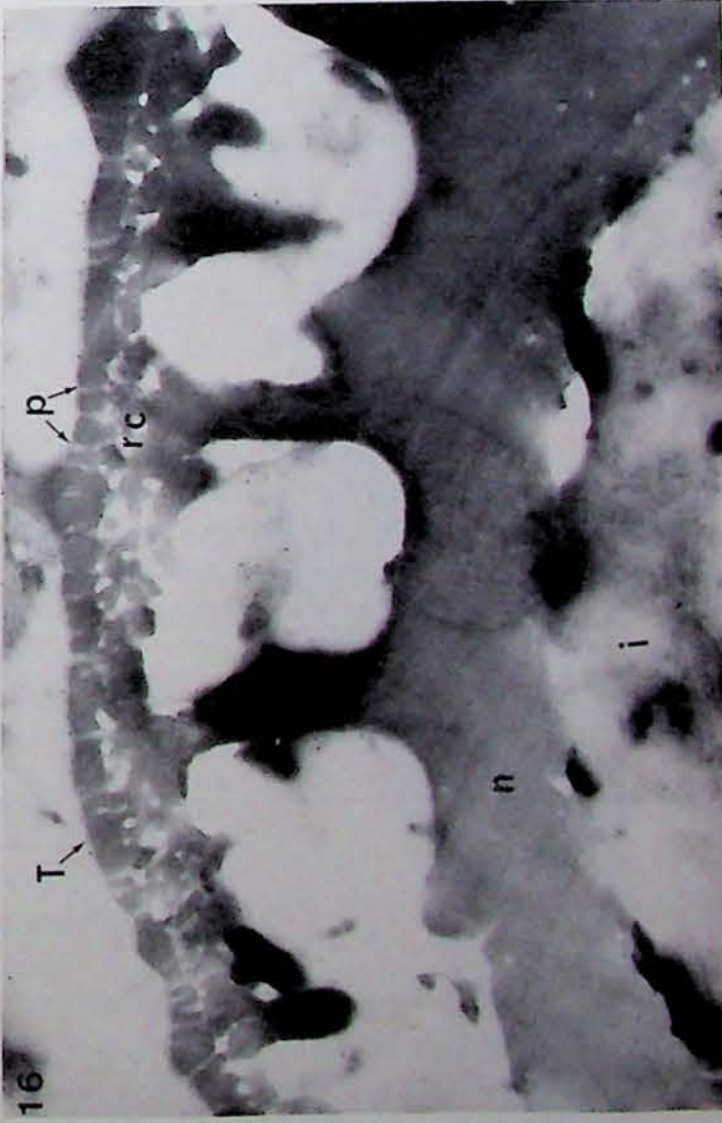
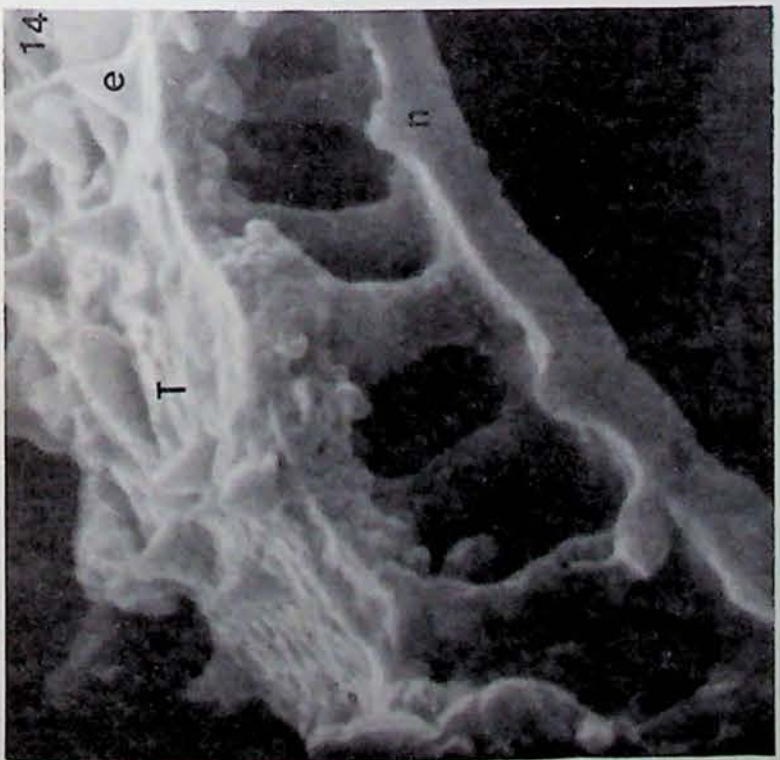
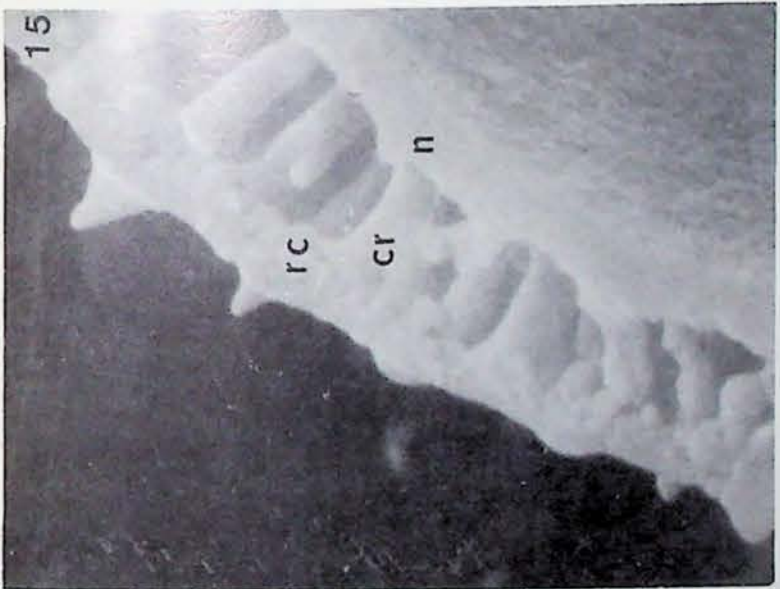
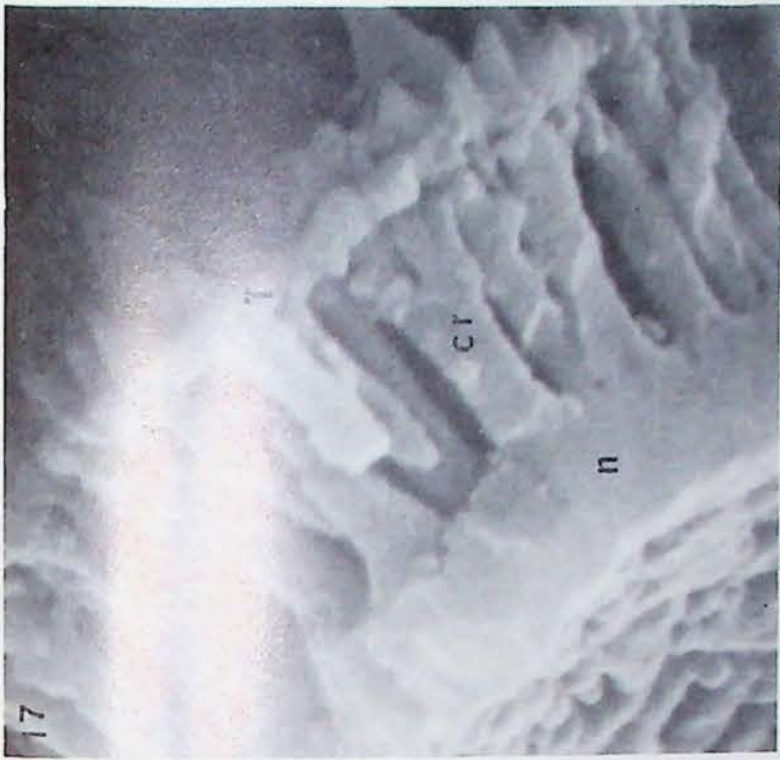
Les quelques taxons de la famille des Labiatae que j'ai étudiés (Nabli, 1976) sont caractérisés par un pollen tricolpé ou hexacolpé ; son ectexine présente quelquefois des columelles ramifiées. L'endexine est développée au niveau des ouvertures ; elle est discontinue, fragile, se trouvant comprimée lors de la mise en place de l'intine et des substances de réserves. La membrane colpale (mc) éclate par endroits, mettant à nu l'intine et provoquant la dispersion des éléments endexiniques. Ce processus est illustré par les figures de la planche III. Il s'agit de coupes équatoriales faites au niveau des colpes dans des grains de pollen immatures et mûrs. Les taxons considérés ici sont *Ajuga chamaepitys* (L.) Schreb., *Marrubium vulgare* L. et *Lavandula vera x spica*.

Dans le pollen immature (fig. 2, 4, 5, 9), on voit que la membrane colpale (mc) relie les deux bords du sillon, les lamelles endexiniques (l en) sont localisées à la périphérie (surtout dans les figures 5 et 9), alors que les granules endexiniques (g e) sont abondants surtout dans la partie interne de la zone endexinique (z e), du côté du plasmalemme (ces granules ne sont pas visibles dans la figure 5 à cette échelle). Cet agencement n'est plus net dans le pollen mûr non acétolysé (fig. 1, 3, 6, 7, 8). En outre, la figure 1 peut induire en erreur et faire croire à un sillon operculé à cause d'un fragment d'exine situé sur l'intine au milieu du sillon : il n'en est rien, il s'agit simplement d'un fragment de la zone endexinique comme l'illustre la figure 3.

Planche III

Fig. 14 à 16 : *Centranthus ruber* L. (Valerianaceae). Fig. 17, 18 : *Scabiosa maritima* L. (Dipsacaceae)

Fig. 14 : Cassure d'un GP montrant une vue stéréoscopique de l'exine (x 9500). Fig. 15 : Une cassure montrant comment les ramifications columellaires, denses, simulent avec le tectum, simple, un tectum complexe (x 9000). Fig. 16 : CE au niveau d'un intercolpium ; la nexine est épaisse et le tectum est finement perforé (x 27.000). Fig. 17 : Cassure d'un GP montrant une nexine épaisse et des épines (ou échinules) de deux tailles différentes (x 9500). Fig. 18 : CE d'un GP au niveau d'un intercolpium (x 11.400).



2. CARACTERISTIQUES DE L'EXINE DE QUELQUES TAXONS

2.1. *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae)

Le pollen est tricolporé, sphérique à subsphérique mesurant de 17 à 21 μm , le pore ayant un diamètre de 3 à 6 μm . Le matériel étudié présente une variation pollinique qui va être examinée en détail dans le cadre d'une étude palynologique et biosystématique des Zygophyllaceae tunisiennes. L'exine semble réticulée en microscopie photonique ; elle est simplement striato-rugulée. Cette exine présente une ultrastructure qui rappelle celle des Labiées par certains caractères :

- l'endexine est séparée de l'ectexine par une discontinuité transparente aux électrons (fig. 12, flèches) ;
- l'endexine est très réduite dans la partie interaperturale et forme une zone endexinique au niveau de l'aperture, avec granules et lamelles endexiniques (fig. 13, ge, l en) : les lamelles sont à la périphérie et les granules sont plus abondants du côté du plasmalemme. Ces derniers deviennent coalescents entre eux, formant de gros granules comme ceux que j'ai déjà décrits chez le *Ballota* et l'*Ajuga* (Nabli, 1976). Dans d'autres microphotographies qui ne figurent pas ici, les gros granules tendent à fusionner pour former une endexine compacte.

2.2. *Centranthus ruber* L. (Valerianaceae)

Le pollen est tricolpé, longiaxe, mesurant de 67 à 78 μm de longueur et 53 à 64 μm de largeur. L'exine est plus épaisse aux pôles (6-8 μm) qu'à l'équateur (5 μm). La nexine est de l'ordre de 2 μm . Le tectum est finement perforé (p) et les échinules sont en faible densité (fig. 14). Les columelles sont brusquement

ramifiées dans leur partie distale (fig. 16) : les ramifications sont très courtes et denses et simulent avec le tectum, un tectum complexe (fig. 15).

2.3. *Scabiosa maritima* L. (Dipsacaceae)

Le pollen est tricolpé, longiaxe, mesurant de 67 à 77 μm de longueur et 57 à 66 μm de largeur ; les colpus sont relativement courts et ne mesurent que 20 à 30 μm de longueur en général. L'exine est fortement épaisse et mesure de 7 à 9 μm dont 2,5 à 3,5 μm constituent la nexine. Le tectum est finement perforé (p) et fortement échinulé, les échinules de deux tailles différentes. Les columelles sont ramifiées à partir de leur milieu, parfois de leur base. On voit dans les figures 17 et 18 que les échinules sont dans le prolongement des columelles.

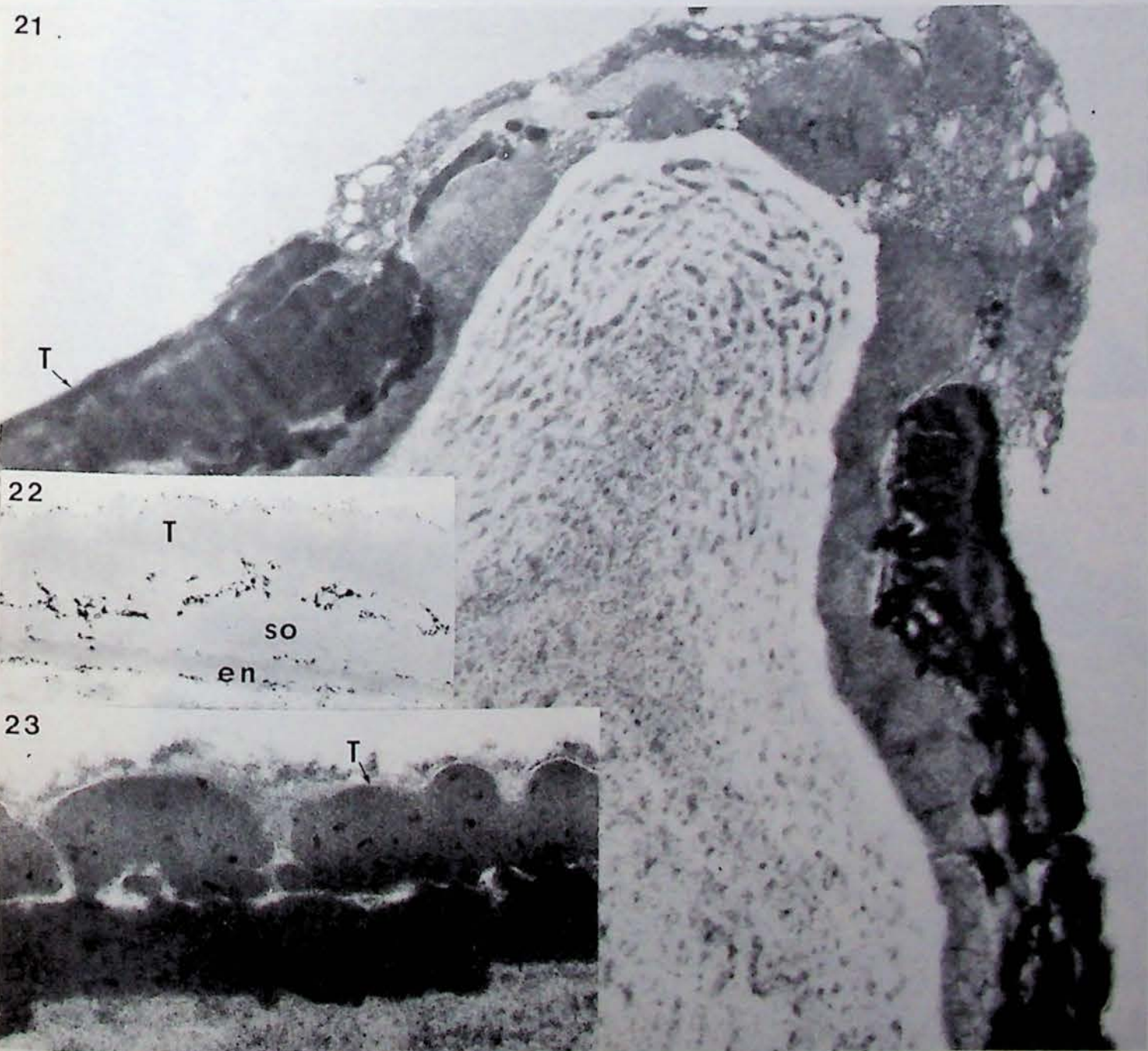
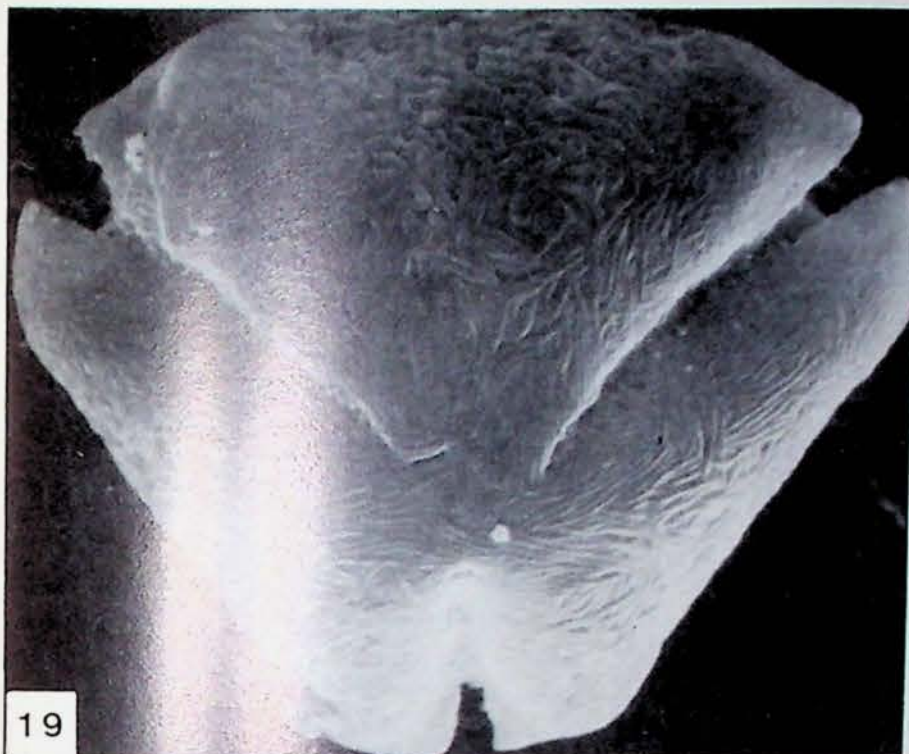
2.4. *Ziziphus lotus* L. (Rhamnaceae)

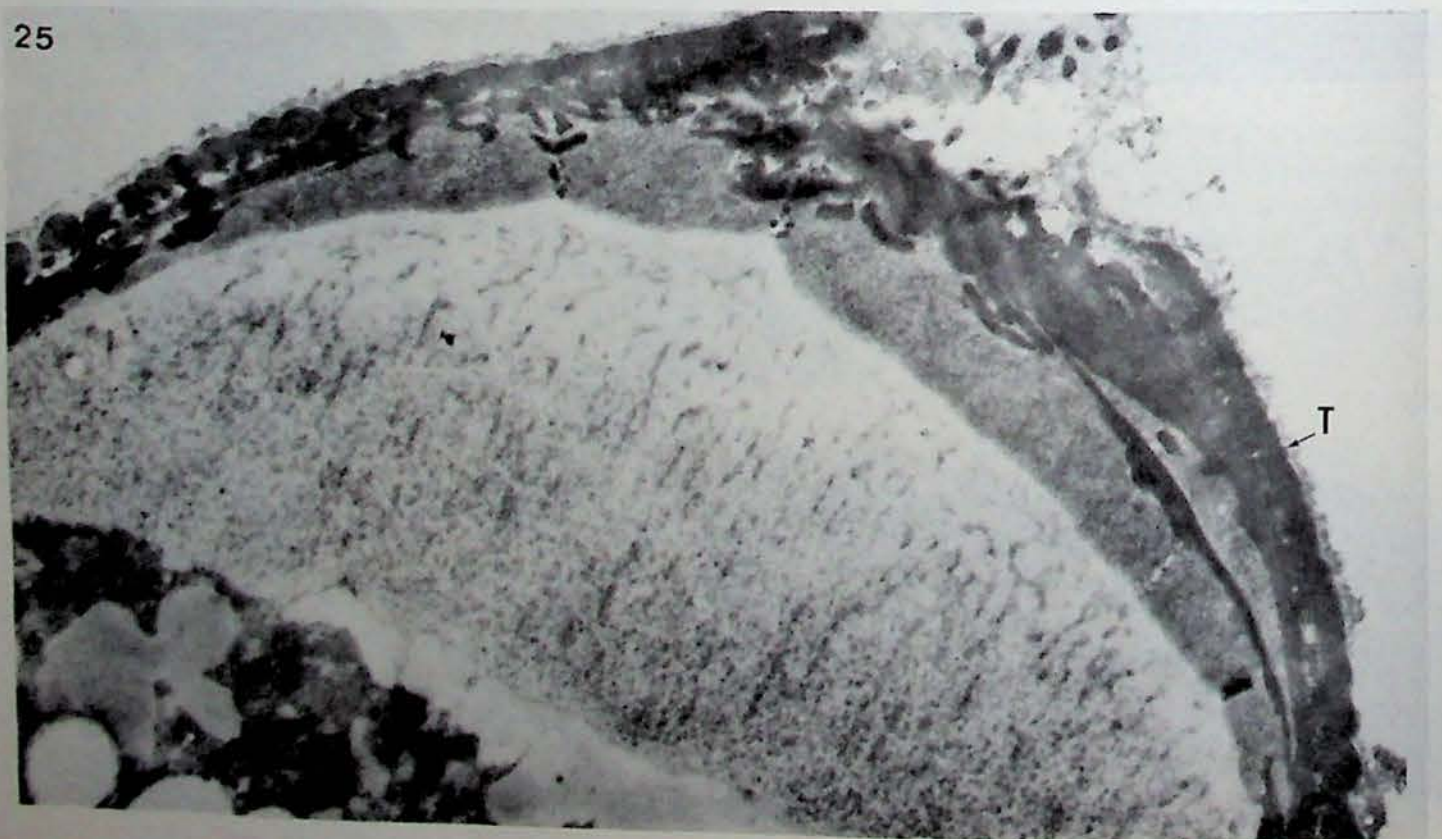
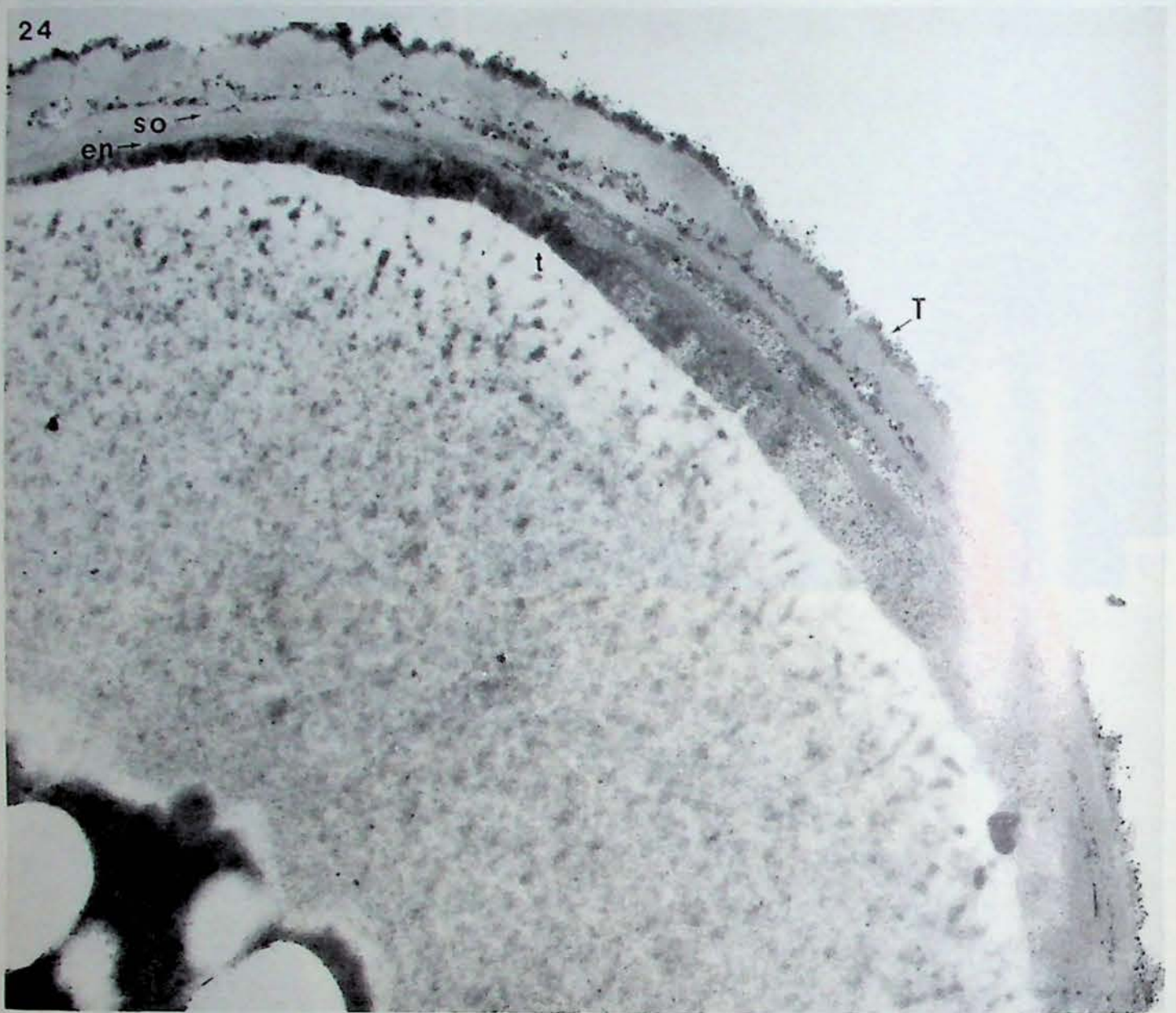
Le pollen est tricolporé (fig. 19, 20) généralement bréviaxe ; il mesure de 19 à 24 μm de longueur et 20 à 29 μm de largeur ; le pore est légèrement allongé dans le sens équatorial et mesure 5-6 μm sur 2-3 μm ; l'endoaperture présente 4 épaississements aux angles. Le tectum est finement strié sauf au voisinage des apertures où il devient compact et lisse. L'ultrastructure de cette exine s'est avérée complexe. Les columelles sont très courtes. Dans les coupes non contrastées au MnO_4K (fig. 22, 24), on peut voir une couche endexinique de faible épaisseur appliquée contre la sole, puis elle s'en détache à l'approche de l'aperture (fig. 24, 25) : elle se trouve dans une zone non structurée (distincte de l'intine), se ramifie, se complique et devient importante à l'aperture. L'ontogénie de cette exine va être entreprise.

Planches IV et V

Ziziphus lotus L. (Rhamnaceae)

Fig. 19 : Vue polaire d'un GP (x 5000). Fig. 20 : Vue méridienne d'un GP (x 4750).
Fig. 21 : CE d'un GP au niveau d'un pore (x 25.650). Fig. 22 : CE dans un intercolpium (x 31.350). Fig. 23 : CE dans un intercolpium contrastée au MnO_4K (x 51.350). Fig. 24 et 25 : CE au voisinage de l'aperture (x 25.650 et x 20.200).





3. CONCLUSIONS

La première conclusion que l'on tire de ce bref exposé est le souhait d'abandonner l'acétolyse du pollen destiné à la microscopie électronique par transmission même quand le matériel provient des herbiers. D'autre part, il est souhaitable de choisir du pollen immature chaque fois que cela est possible pour les observations au MET.

Les structures décrites chez certaines Labiées ne sont pas exclusives de ces dernières, mais peuvent se rencontrer chez d'autres végétaux :

— des columelles ramifiées dont les ramifications ultimes, au tectum, peuvent simuler un tectum complexe analogue à celui observé chez certaines Composées.

— un tectum granulo-lamellaire formant une zone endexine au niveau de l'aperture, avec des lamelles dans la partie périphérique de celle-ci et des granules plus abondants du côté du plasmalemme : souvent, on observe une continuité entre les granules et les lamelles et tout se passe comme si les lamelles sur lesquelles se dépose la sporopollénine ne sont plus capables de former des lamelles endexiniques mais seulement des granules.

REFERENCES

- ERDTMAN G., 1966. Pollen morphology and plant taxonomy - Angiosperms. Hafner Publ. Co., New York, 2ème édition.
- NABLI M.A., 1976. Etude ultrastructurale comparée de l'exine chez quelques taxons de Labiatae. In « The evolutionary significance of exine » I.K. Ferguson and J. Muller ed., Linnean Soc. Symposium series n° 1 Academic Press, London, 499-525.
- ROWLEY J.R. and S. NILSSON, 1972. Structural stabilization for electron microscopy of pollen from herbarium specimens., *Grana*, 12, 23-30.
- VAN CAMPO M., 1958. Palynologie africaine II., Bull. Inst. fr. d'Afrique noire, 22, serie A (3), 753-760, 24 pl.

DISCUSSION

Ph. Guinet

Considérez-vous la structure de l'exine (MET) des Dipsacacées comme différente de celle des Composées.

M. Nabli

Je crois que les Dipsacaceae n'ont pas un pollen homogène. En ce qui concerne *Scabiosa maritima*, l'exine a des columelles ramifiées comme celles observées chez certaines Labiées, différentes de celle des Composées auxquelles vous pensez.

M. Reille

Les espèces que nous a montrées M. Nabli (*Scabiosa maritima*, *Centranthus ruber*, *Ziziphus lotus*) sont bien connues de nous et je crois pouvoir dire que nul n'est besoin de MEB et de MET pour en comprendre la structure de l'exine ; heureusement que, pour d'aussi gros grains de pollen (surtout les deux premiers), le microscope photonique suffit (il existe d'ailleurs au Laboratoire de Palynologie de Marseille des collections photographiques qui le montrent), encore faut-il savoir interpréter les images de LO Analyse !

Les images présentées, obtenues avec des moyens sophistiqués, ne constituent donc pas un progrès.

Je suis moins affirmatif quant aux décollements complexes avoisinant l'aperture de *Ziziphus* qui sont peut-être des artefacts sans signification et qu'en tout état de cause une seule coupe ne permet pas d'expliquer.

M. Nabli

- 1) Savoir interpréter une LO Analyse n'est pas toujours suffisant. Je dois rappeler à M. Reille que c'est le Laboratoire de Palynologie de Marseille qui m'a demandé de faire de la microscopie électronique parce que personne n'arrivait à comprendre la structure de l'exine chez les *Teucrium*.
- 2) Je dois rappeler à M. Reille que j'ai dit dans l'introduction que mon but est de retrouver des structures rencontrées déjà chez les Labiées, structures qui n'ont pu être révélées par la microscopie photonique. Dans les images présentées sur *Centranthus* et *Scabiosa*, aussi bien au MET qu'au MEB, il est impossible de séparer la sole de l'endexine, par exemple ; je peux encore parler du tectum chez *Centranthus* qui simule un tectum complexe.
- 3) Je laisse à M. Reille la responsabilité de ses affirmations quand il dit que « les images présentées par des moyens sophistiqués ne constituent pas un progrès ». C'est aux autres qui ont assisté à la projection d'apprécier de telles affirmations.
- 4) Sa dernière phrase « Je suis moins affirmatif... ne permet pas d'expliquer » montre que son auteur ignore totalement le microscope électronique par transmission et sa méthode et, par conséquent, il ne sait pas de quoi il parle ou plus exactement il ne sait pas peser ses mots.

PROGRAMME GÉNÉRAL

MARDI 30 MAI - Arrivée des congressistes - Accueil au Palais de l'Europe, à partir de 16 h.

MERCREDI 31 MAI - Visites techniques.

18 h - Assemblée générale de la société de l'Industrie minière sous la présidence de M. CHERADAME.

JEUDI 1^{er} JUIN - Journée technique des sections Mine et Minéralurgie.

12 h 30 - Réception à l'Hôtel de ville.

13 h - Déjeuner officiel des congressistes.

VENDREDI 2 JUIN - Journée technique des sections Mine et Minéralurgie.

20 h 30 - Dîner et soirée dansante.

SAMEDI 3 JUIN - Journée de détente. Excursion dans le Boulonnais, sur le thème : Napoléon dans le Boulonnais.

Le programme définitif et les formules d'inscription sont à demander à la SIM, 19, rue du Grand-Moulin, 42029 Saint-Etienne Cedex

JOURNÉES TECHNIQUES DES 1^{er} ET 2 JUIN

SECTION MINE

Président : F. POT

Présentation des journées : F. POT

JEUDI 1^{er} JUIN - 9 h 30 - Thème : Technique du fond

- M. de Winter (Samifer) : Convergence dans les travaux en cours de défilage.
- Imetal : Remblayage hydraulique.
- M. Carbonel (Cerchar) : Nuisances dues à l'emploi des explosifs dans les carrières.
- Ciments Lafarge France : Comparaison de l'abattage au ripeur et de l'abattage à l'explosif.

JEUDI 1^{er} JUIN - 14 h 30 - Thème : Creusements mécanisés

- M. Hurpin ou M. Montacie : Description du tunnelier Bouygues.
- Cogema : Essai du tunnelier à la Cogema.
- Société Bouygues : Essai du tunnelier en Syrie.
- Arbed ou Samifer : Essai de production continue en courte taille.
- M. Marin (EDF) : Grandes cavernes creusées dans le rocher.

VENDREDI 2 JUIN - 9 h 30 - Thème : Boulonnage et évolution des exploitations minières

- Film d'information sur l'énergie nucléaire - (éventuellement).
- M. Raffoux - M. Sinou : Précautions à prendre dans les travaux de boulonnage.
- M. Levy (Setec) : Le boulonnage du tunnel de Fréjus.
- M. Travert : Le boulonnage dans la mine de l'Aumance.
- Secoma Montabert : Points de vue de constructeurs sur les appareils de boulonnage.

VENDREDI 2 JUIN - 14 h 30 - Thème : Exploitation à ciel ouvert

- Office chérifien des phosphates : Exploitation en découverte des phosphates marocains.
- Ciments Lafarge France : La sécurité dans l'utilisation des engins de carrière (film commenté par un conférencier de Ciments Lafarge France).
- M. Bastide (directeur de l'exploitation des Ciments français) : Techniques de réaménagement des carrières. Monographie d'une carrière du Boulonnais.
- M. Durand (Cofremi) : Exploitation à ciel ouvert de minerais de nickel en Nouvelle Calédonie.

Conférence générale

- NCB : Les grands projets du National Coal Board.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

CONGRÈS ANNUEL 1978

LE TOUQUET

31 MAI - 3 JUIN

SECTION MINÉRALE

Président : M. BOUTET

JEUDI 1^{er} JUIN - 8 h 30 - Thème : Minéralurgie - Evolution

- M. Gendreau (Société Humboldt - Wedag France) : La séparation mécanique liquide-solide et ses applications aux matières minérales.
- M. R. Leloup (de la Soceting) : Traitement des ordures ménagères pour transformation en granulés combustibles.
- M. Condolios (Sté Neyrtec Alstom Atlantique) : La clarification des eaux et le compactage des boues dans les industries minières.
- MM. G. Barbery et P. Ollivier (BRGM) : Evolution d'un procédé de traitement industriel : importance des problèmes d'environnement.
- MM. F. Clin et J.N. Gony (BRGM) : Mise au point du procédé BRGM pour tri des ordures ménagères.

JEUDI 1^{er} JUIN - 14 h 30 - Thème : Minéralurgie par voie thermique

- D. Ulrich (Krupp Industrie Département IMT) : Agglomération dans un four rotatif des schlamms séchés et des poussières dans la sidérurgie.
- M. G. Bonnard (Sofremines) : Hélio - minéralurgie.
- M. R. Santt (docteur ingénieur) : Traitements thermiques des rejets miniers et métallurgiques.
- M. Leduc et M. Schmitt (MDPA) : Procédé de traitement de la sylvinite par voie thermique.
- P. Blazy, P. Cunin, R. Houot, R. Joussemet : Conditionnement thermique de minerais à uranium et phosphate.
- M. K.A. Fern (directeur technique Mindequip AG) : Action des tuyères dans un convertisseur pour cuivre et nickel. Effet des silencieux dans cette action et sur l'ambiance du convertisseur.
- G. Mondel, J.L. Lacout, J.C. Trombe : Etude d'un nouveau traitement pyrométallurgique.

VENDREDI 2 JUIN - 8 h 30 - Thème : Divers

- Mme Duchatelle : Evaluation en laboratoire de la quantité de chaleur nécessaire au traitement thermique d'un minerai phosphaté.
- MM. G. Baudot et G. Morizot (BRGM) : Grillage alcalin de phosphates français.
- M. P. Pujet (Door - Oliver) : Contribution de la fluidisation à l'enrichissement des minerais phosphatés par voie thermique.
- M. G. Petit (ingénieur conseil) : Vers l'automatisme de l'écoulement des silos contenant des produits très mal-coulants.
- MM. Lafosse et Delorme (FCB) M. Daumas (Sté du Kaolin d'Arvor) : Obtention du kaolin à haute qualité.
- M. Ahmed M. Nofal (Research Manager) : Mise en valeur de la magnétite titanifère de gisements de sable côtier du delta d'Egypte.

VENDREDI 2 JUIN - 14 h 30 - Thème : Divers (suite)

- Dr. Ing P. Kind (Unitec SA Wemco Europe) : Développement des cellules de flottation de grande capacité.
- D. Hodouin, M.A. Berube, M.D. Everell (Université Laval Québec) : Etude des paramètres des modèles mathématiques utilisés pour simuler le processus de broyage.
- M. M.J. Fresnay (Université de Liège) : Evolutions minéralogiques au cours de lixiviation en milieu ammoniacal.
- M. Skriabine (Sté Humboldt Wedag France) : Voies récentes des enrichissements gravimétriques fins en URSS.
- M. Billon : Nouvelle machine de reprise pour système d'homogénéisation des matériaux en vrac.
- M. G. Pouthier (Sofremines Sofresid) : Enrichissement à sec d'un échantillon d'un minerai de phosphate.
- Dr. F.E. Bader (Garlock SA Area Manager Middle East/Africa) : Composants hydrauliques, pièces d'usure et organes du fluide pour l'industrie métallurgique et minière.

Apports du microscope électronique à balayage dans l'étude des Chitinozoaires opaques

Florentin PARIS *

RESUME

Les difficultés d'observations des Chitinozoaires opaques ont longtemps constitué un obstacle à leur étude : le microscope optique n'en donne qu'une simple silhouette et les techniques faisant appel à un éclairage incident restent peu probantes. Le microscope électronique à balayage (M.E.B.), utilisé en routine, résout par contre la plupart des difficultés posées par l'opacité des Chitinozoaires.

Cet appareil apporte, en effet, une amélioration à la connaissance de la morphologie et de la structure des Chitinozoaires (mode de liaison, opercule, structures internes, ornementation du test...); ces deux points étant essentiels pour préciser la hiérarchie des critères de détermination.

Dans le cas de sédiments fortement compactés ou structurés (schistosité, plissements...), l'usage du microscope électronique à balayage permet également d'apprécier l'importance de la déformation des Chitinozoaires.

Enfin, dans le domaine de la stratigraphie fine, le microscope électronique à balayage confère un intérêt nouveau aux Chitinozoaires opaques en rendant leur détermination possible et contrôlable sur les clichés publiés.

Un procédé simple de préparation est décrit. Il permet, après examen au M.E.B., de conserver les échantillons entre lame et lamelle, offrant ainsi la possibilité d'observations ultérieures au microscope optique.

SAMENVATTING

Het feit dat zij moeilijk kunnen worden waargenomen heeft lange tijd een hinderpaal gevormd voor het bestuderen van de opake Chitinozoën : met de optische microscoop verkrijgt men slechts een eenvoudig silhouet en de technieken waarbij een beroep wordt gedaan op invallende verlichting blijven weinig afdoen. De raster-elektronenmicroscoop daarentegen lost, bij regelmatig gebruik, de meeste moeilijkheden op die rijzen door de opaciteit van de Chitinozoën.

Dit toestel verbetert inderdaad de kennis van de morfologie en van de structuur van de Chitinozoën (verbindingswijze, operculum, interne structuren, versiering van de schaal); die twee punten zijn essentieel voor het nader bepalen van de volgorde van belangrijkheid van de bepalingscriteria.

In het geval van sterk samengedrukte of sterk gestructureerde sedimenten (gelaagdheid, plooiingen...), kan met de raster-elektronenmicroscoop eveneens de omvang worden bepaald van de vervorming van de Chitinozoën.

Op het gebied van de fijne stratigrafie tenslotte, geeft de raster-elektronenmicroscoop nieuw belang aan de opake Chitinozoën doordat hij het bepalen en controleren ervan mogelijk maakt op de gepubliceerde clichés.

Er wordt een eenvoudig bereidingsprocédé beschreven. Hierdoor wordt het mogelijk, na onderzoek met de raster-elektronenmicroscoop, de monsters te bewaren tussen voorwerpglas en dekglasje, waardoor de mogelijkheid geboden wordt van latere waarnemingen met de optische microscoop.

* Centre Armoricaïn d'Etude Structurale des Socles (Laboratoire C.N.R.S.), Laboratoire de Paléontologie et de Stratigraphie, F-35042 Rennes Cedex.

ZUSAMMENFASSUNG

Bei der Untersuchung der Chitinozoen löst das Rastermikroskop fast alle Probleme welche bei dem einfachen Lichtmikroskop wegen der Undurchsichtigkeit dieser Fossilien entstehen. Daraus ergibt sich eine bessere Kenntnis der Morphologie und der Struktur der Chitinozoen, die wichtig für die Hierarchie der Bestimmungskriterien sind. In sehr kompakten oder stark tektonisierten Sedimenten kann man auch die Deformation der Chitinozoen bestätigen. Insofern sind bessere Bestimmungen möglich die dann Feinstratigraphie erlauben.

Eine einfache Aufbereitungsmethode wird beschrieben. Nach Untersuchung mit dem Rastermikroskop können die Proben unter Deckglas aufbewahrt werden, um später mit dem Lichtmikroskop untersucht zu werden.

SUMMARY

The difficulty of making observations on the opaque Chitinozoa has long been a hindrance to studying them; under the optical microscope they present no more than a silhouette, and the use of incident-light techniques gives little improvement. In contrast, routine use of the scanning electronic microscope (SEM) provides a solution to most of the problems resulting from the opacity of the Chitinozoa.

This apparatus makes possible a better knowledge of the morphology and structure of the Chitinozoaires (mode of linkage, operculum, internal structure, ornamentation of the test); these are the two essential points for clarifying the « hierarchy » of the determinant characteristics.

In the case of heavily compacted or markedly structured sediments (cleavage, folds) the use of the SEM also allows of establishing the degree of deformation of the Chitinozoa.

Lastly, in the field of fine stratigraphic studies, the SEM gives new interest to the opaque Chitinozoa, by making it possible to determine them, and check the identification on published illustrations.

A description is given of a preparation procedure which allows of keeping the specimen - after the SEM examination - between the slide and the cover-glass, so that it can be examined later under the optical microscope.

1. DEUX TYPES D'OPACITE

Chez les Chitinozoaires, on peut distinguer deux types d'opacité, l'une primaire, l'autre secondaire.

Dans le premier cas, l'épaisseur du test est seule responsable de l'arrêt des rayons lumineux. Ainsi dans un assemblage donné, peuvent coexister des formes opaques et des formes transparentes. Certains représentants des genres *Desmochitina*, *Rhabdochitina*, *Eisenackitina* ... ont en effet une paroi pouvant être jusqu'à cinq fois (et parfois davantage) plus épaisse que celle des spécimens d'*Angochitina*, *Ancyrochitina*, *Lagenochitina* ... qui les accompagnent. Avant même leur sédimentation et donc indépendamment de toute modification ultérieure du milieu de fossilisation, ces Chitinozoaires étaient opaques.

Le second cas est représenté par la carbonification du test, phénomène qui se manifeste secondairement, après enfouissement du microfossile. Cette

carbonification affecte l'ensemble des Chitinozoaires, que leur test soit épais ou non. Il s'agit d'une transformation de la nature chimique de la paroi du Chitinozoaire, sous l'action conjuguée de deux principaux facteurs : le temps et l'élévation de température du milieu de fossilisation. L'hydrate de carbone qui, à l'origine, constitue le test du microfossile, subit une transformation progressive aboutissant, dans un stade ultime, à une graphitisation (parois uniquement composées de carbone). Ce processus est irréversible et permet d'obtenir des indications sur la température maximale atteinte par le milieu de conservation, au cours des temps géologiques. L'opacité liée à la carbonification du test est fréquente. Elle se rencontre dans les zones qui ne sont pas restées parfaitement stables du point de vue orogénique et métamorphique après le dépôt du Chitinozoaire.

Outre la gêne qu'elle provoque dans l'observation du Chitinozoaire, la carbonification accroît la fragilité du test et des processus. Ceux-ci sont fréquemment brisés et seules subsistent leurs cicatrices. Cette carbonification peut encore s'accompagner de dé-

formations qui, dans certains cas, sont en relation avec des contraintes tectoniques.

En dépit des difficultés d'étude inhérentes à leur opacité, et malgré leur aspect a priori peu engageant, ces Chitinozoaires sont susceptibles d'apporter des éléments décisifs en stratigraphie. Les événements tectonométamorphiques responsables de leur carbonification détériorent encore plus les macrofossiles, jusqu'à les rendre inutilisables, de sorte que ces Chitinozoaires représentent bien souvent le seul recours pour dater certaines formations.

2. PROBLÈMES POSÉS PAR L'OPACITÉ DES CHITINOZOAIRES

Chez les Chitinozoaires transparents, ambrés ou brunâtres, un simple examen au microscope optique suffit généralement pour observer et interpréter la plupart des caractères spécifiques du microfossile. La vision par transparence, équivalente à une radiographie, met en évidence la silhouette, l'ornementation et les structures internes.

Dans le cas des Chitinozoaires opaques, l'observation au microscope optique ne révèle par contre qu'une ombre dont l'interprétation demeure délicate et incertaine. Très vite, la nécessité d'une technique plus appropriée à l'étude des Chitinozoaires non-transparents a été ressentie et plusieurs essais ont été tentés pour pallier à cet obstacle. Des observations à la loupe binoculaire ont été réalisées, mais les grossissements disponibles restent trop faibles pour analyser les détails de l'ornementation.

Des techniques plus élaborées ont également été utilisées telles que la microscopie en « fond noir » (Taugourdeau et Jekhowsky, 1960), l'examen en lumière incidente par fibres optiques, spott lumineux ou dispositif « Ultropack » et enfin l'observation en lumière infra-rouge mettant en évidence les structures internes (Eisenack 1968, 1972 a et b ; Jansonius, 1970 ; Umnova, 1973). Toutes ces tentatives, malgré quelques résultats encourageants, restent d'un usage limité et en définitive, seul un dispositif tel le microscope électronique à balayage, fournissant une vue tridimensionnelle des Chitinozoaires opaques, permet une étude satisfaisante de ces microfossiles.

3. L'APPORT DU MICROSCOPE ELECTRONIQUE A BALAYAGE DANS L'ETUDE DES CHITINOZOAIRES OPAQUES

Le microscope électronique à balayage permet d'opérer les mêmes observations que sur un macrofossile isolé. En effet, grâce à un porte-objet théodo-

lite, le Chitinozoaire peut être observé sous divers angles, tantôt en vue latérale, tantôt en vue orale ou aborale. Les plus fins détails sont accessibles grâce aux grossissements 10 à 15 fois supérieurs à ceux dont on dispose en microscopie optique.

Les apports du M.E.B. dans l'étude des Chitinozoaires opaques se situent dans trois domaines : la morphologie et l'appréciation de la déformation, la structure et la taxonomie. Les progrès enregistrés dans ces trois points ont une répercussion au niveau de l'intérêt stratigraphique de ces microfossiles.

3.1. Apports dans le domaine de la morphologie

Tout d'abord, l'observation au M.E.B. évite les confusions entre les Chitinozoaires et des fragments opaques de diverses natures dont la silhouette peut imiter, parfois avec une réelle ressemblance, les contours d'un Chitinozoaire. Ces « convergences » de formes sont assez fréquentes et s'expliquent par un contour relativement simple de ces microfossiles, susceptible d'être reproduit par le simple hasard de la fragmentation de particules plus grandes (morceaux de Graptolites, cuticules animales, débris végétaux, minéraux...). Bien qu'il paraisse évident, ce premier point doit être souligné car des erreurs ont déjà été commises et un contrôle au M.E.B. n'est donc pas superflu.

En ce qui concerne l'analyse des caractères classiques d'attribution générique ou spécifique, le M.E.B. permet de vérifier l'intégralité des spécimens observés (pl. I, fig. 6). Lorsqu'un élément de l'ornementation du test est détruit, une cicatrice marque son emplacement (pl. I, fig. 2, 3 a et b). Ceci est très fréquent chez les représentants des genres *Angochitina*, *Ancyrochitina* et *Gotlandochitina* du Dévonien, pour lesquels un examen superficiel au microscope optique peut conduire à une détermination erronée ou à des assimilations abusives à des formes simples comme l'espèce *Sphaerochitina sphaerocephala*. Celle-ci est en effet citée de l'Ordovicien au Dévonien supérieur bien qu'elle soit en réalité limitée au Ludlow supérieur - Pridoli inférieur (Laufeld 1974). Le même risque d'erreur existe avec des formes comme *Linochitina ? ceneratiensis* (Paris 1976) qui, lorsque la carène très fragile est éliminée et n'apparaît plus que sous la forme d'une cicatrice discrète, s'apparente alors au genre *Conochitina* (pl. I, fig. 8 et 10). Le M.E.B. est encore d'un grand intérêt pour apprécier la disposition radiaire ou alignée des processus ou des épines à la surface du test. Certains genres, fondés sur l'agencement de leur ornementation (pl. I, fig. 2 et 7) tels *Gotlandochitina* ou *Hercochitina*, ne peuvent être identifiés sur du matériel opaque que grâce au M.E.B. Des particularités qui n'étaient guère utili-

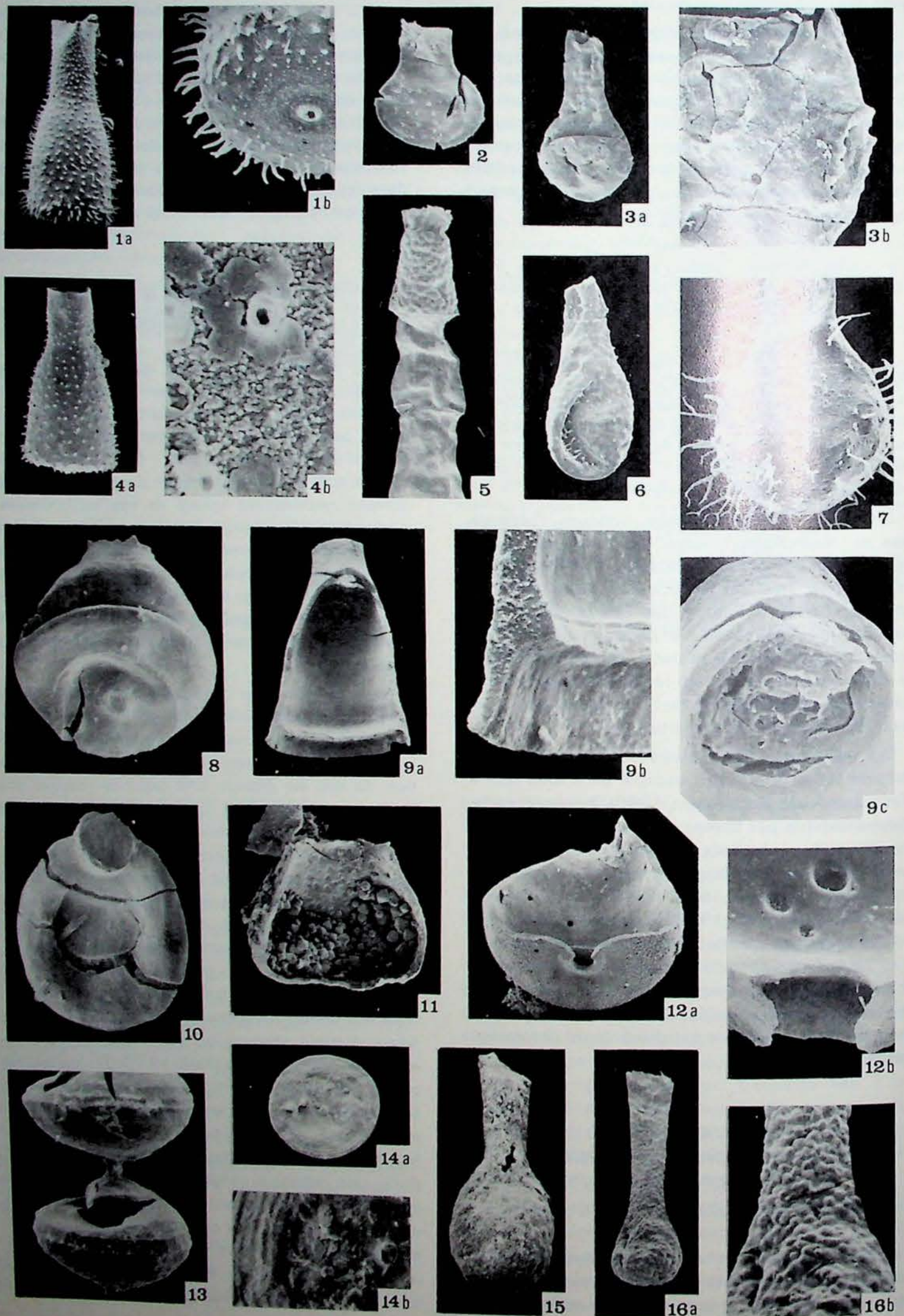


Planche I

- Fig. 1 a et b : *Conochitina wesenbergensis* subsp. *brevis* Eisenack 1965 ; Galet erratique de l'Ordovicien supérieur de la Baltique, IGR 50265 (O.35.2).
 1 a : x 200 ; vue latérale.
 1 b : x 500 ; vue aborale par rotation mettant en évidence l'ornementation du fond de la panse et le mucron.
- Fig. 2 : *Gotlandochitina* sp. ; Formation des Marettes, Emsien supérieur, Massif Armoricaïn, France, IGR 50461 (L.36.4), x 200.
 Spécimen entièrement aplati, montrant des « fentes de distension ».
 Les appendices sont tous brisés au ras de la panse et seules leurs cicatrices d'insertion, disposées en « files », sont encore visibles.
- Fig. 3 a et b : *Ancyrochitina* cf. *lezaisensis* Paris 1978 ; Formation de la Foulerie, Emsien, Massif armoricaïn, IGR 50418 (M.36.3).
 3 a : x 250 ; vue latérale d'un spécimen aplati ; la panse à l'origine cônique et à fond plat, prend un profil subsphérique.
 3 b : x 1250 ; détail du même spécimen montrant la cicatrice laissée par la rupture des processus au ras de la panse. Ces processus correspondent à une excroissance creuse de la partie superficielle du test. Il n'y a cependant pas communication avec l'intérieur de la panse. Les perforations visibles sur le cliché sont dues à des parasites.
- Fig. 4 a et b : *Conochitina wesenbergensis* subsp. *brevis* Eisenack 1965 ; Galet erratique de l'Ordovicien de la Baltique, IGR 50265 (N.36).
 4 a : x 200 ; vue latérale d'un spécimen aux épines brisées.
 4 b : x4000 ; détail de la paroi montrant le canal qui existe à l'intérieur des épines. Le test paraît altéré et la couche superficielle n'est conservée qu'autour des épines.
- Fig. 5 : *Linochitina ervensis* Paris 1977 ; coupe de Saint-Cénére, Formation de Gahard, Gedinnien inférieur, Massif armoricaïn, IGR 50180 (N.37.4), x 225.
 Chaîne de trois individus montrant la modification du profil en fonction de l'aplatissement : le Chitinozoaire du haut, rempli de pyrite framboïdale, a des flancs rectilignes tandis que le 2ème spécimen présente des flancs convexes près de la carène.
- Fig. 6 : *Angochitina* cf. *pilosa* (Collinson et Scott 1958) ; Formation des Marettes, Emsien supérieur, Massif armoricaïn, IGR 50457 (P.37.1), x 200.
 Sur ce spécimen partiellement aplati, l'ornementation épineuse n'est bien conservée que dans un repli du test.
- Fig. 7 : *Gotlandochitina* cf. *bifurcata* (Collinson et Scott 1958) ; Formation des Marettes, Emsien supérieur, Massif armoricaïn, IGR 50428 (L.36.1), x 400.
 Détail de l'ornementation de la panse montrant une disposition en « file », difficile à déceler sur des spécimens opaques.
- Fig. 8 : *Linochitina ? ceneratiensis* Paris 1976 ; partie moyenne de la Formation de l'Armorique, Siegenien, Massif armoricaïn, IGR 50583 (Q.40.2), x 200.
 Spécimen partiellement aplati, extrait de schistes. A noter la déformation du profil du Chitinozoaire devenant subovoïde par déplacement du fond de la panse. La carène, détériorée, ne se marque plus que par une légère cicatrice.
- Fig. 9 a - c : *Cyathochitina capanulaeformis* (Eisenack 1931) ; Formation de Montebert, Ordovicien moyen, Massif armoricaïn, IGR 50266 (K.40).
 9 a : x 200 ; vue latérale d'un spécimen brisé montrant l'intérieur de la panse. Le fond est absent et un dédoublement de la paroi est visible.
 9 b : x 1000 ; détail d'une section du test au niveau de la carène. Aucune structure interne de la paroi n'est visible dans le cas présent.
 9 c : x 750 ; vue de l'opercule par l'intérieur de la panse ; noter les expansions membraneuses de cet opercule, fixées à la paroi interne de la loge.

- Fig. 10 : *Linochitina ? ceneratiensis* Paris 1976 ; partie moyenne de la Formation de l'Armorique, Siegenien, Massif armoricain, IGR 50583 (M.39.1), x 200. Spécimen partiellement aplati et brisé. Le fond de la panse est replié de l'autre côté du Chitinozoaire, masquant ainsi les restes de la carène.
- Fig. 11 : *Conochitina pachygaster* Taugourdeau 1963 ; Formation des Marettes, Emsien supérieur, Massif armoricain, IGR 50435 (L.43.3), x 400. Moitié d'un Chitinozoaire, montrant le remplissage de la panse par de la pyrite et les marques de ces cristaux dans le test.
- Fig. 12 a et b : *Eisenackitina oviformis* (Eisenack 1972) ; calcaires à *Chonetes prolifera*, Podolie polonaise, IGR 51367 (U.41.2).
 12 a : x 200 ; vue aborale d'un spécimen brisé par la moitié, permettant d'observer le mucron et l'ornementation du fond de la panse.
 12 b : x 1000 ; détail d'une coupe transversale du mucron montrant qu'il n'a pas d'ouverture au centre du mucron. Les 3 perforations plus ou moins complètes du test sont généralement attribuées à des parasites.
- Fig. 13 : *Margachitina poculum* (Collinson et Schwalb 1955) ; Formation de Guérogas, Dévonien inférieur, Espagne, IGR 51287 (Q.37.3), x 300. Chaîne de 2 individus montrant la liaison opercule-pédoncule ; à noter les épaissements annulaires du test.
- Fig. 14 a et b : *Margachitina poculum* (Collinson et Schwalb 1955) ; partie moyenne de la Formation de l'Armorique, Siegenien, Massif armoricain, IGR 50502 (T.39.1).
 14 a : x 200 ; vue aborale d'un spécimen aplati, réduit à un simple disque.
 14 b : x 750 ; détail du même spécimen montrant la cicatrice du pédoncule et les épaissements annulaires.
- Fig. 15 : *Gotlandochitina ?* sp. ; Formation de la Foulérie, Emsien, Massif armoricain, IGR 50448 (Q.35.4), x 250. Vue d'ensemble d'un spécimen couvert de dépôts (produits mouillants ajoutés dans l'eau de montage) qui donnent l'impression d'une ornementation de micro-tubercules.
- Fig. 16 a et b : *Angochitina* sp. ; coupe de Saint-Cénére, Formation de Gahard, Gedinnien inférieur, Massif armoricain, IGR 50180 (R.41.1).
 16 a : x 200 ; vue latérale d'un spécimen rempli de pyrite.
 16 b : x 500 ; détail de la paroi montrant les boursoufflures du test, provoquées par la croissance des cristaux de pyrite.

sables par les méthodes classiques d'investigation prennent avec le M.E.B. une nouvelle importance dans la hiérarchie des critères de différenciation générique ou spécifique. Ainsi la micro-ornementation ou même l'épaisseur du test (pl. I, fig. 9 a-b et 12 a) mesurée à divers endroits de la loge, deviennent autant d'éléments complémentaires dans les diagnostics.

Chez les spécimens dont le volume originel est conservé, la forme et le type d'ornementation du fond de la panse (pl. I, fig. 1 a et b et 12 a et b), ainsi que la position et la structure de l'opercule (pl. I, fig. 9 c), apportent eux aussi des données intéressantes pour la taxonomie.

Grâce à une vision tridimensionnelle, il est désormais possible en utilisant le M.E.B. de tenir compte de l'aplatissement ou de la déformation de la loge. Dans certains cas, une restauration du volume initial facilite les corrections de mensurations et évite les erreurs sur les appréciations des rapports longueur totale/diamètre de la panse ... L'observation des spécimens aplatis montre combien une déformation planaire peut affecter la silhouette d'un Chitinozoaire, lui donnant par exemple à partir d'une panse originellement conoïde, un contour circulaire ou conoïde à base élargie (pl. I, fig. 3 a, 5, 8, 10 et 14 a). Certaines formes, si l'on ne tient compte que de leur silhouette, seraient à placer dans des genres différents, selon qu'elles sont plus ou moins aplaties ou qu'elles ont conservé leur volume.

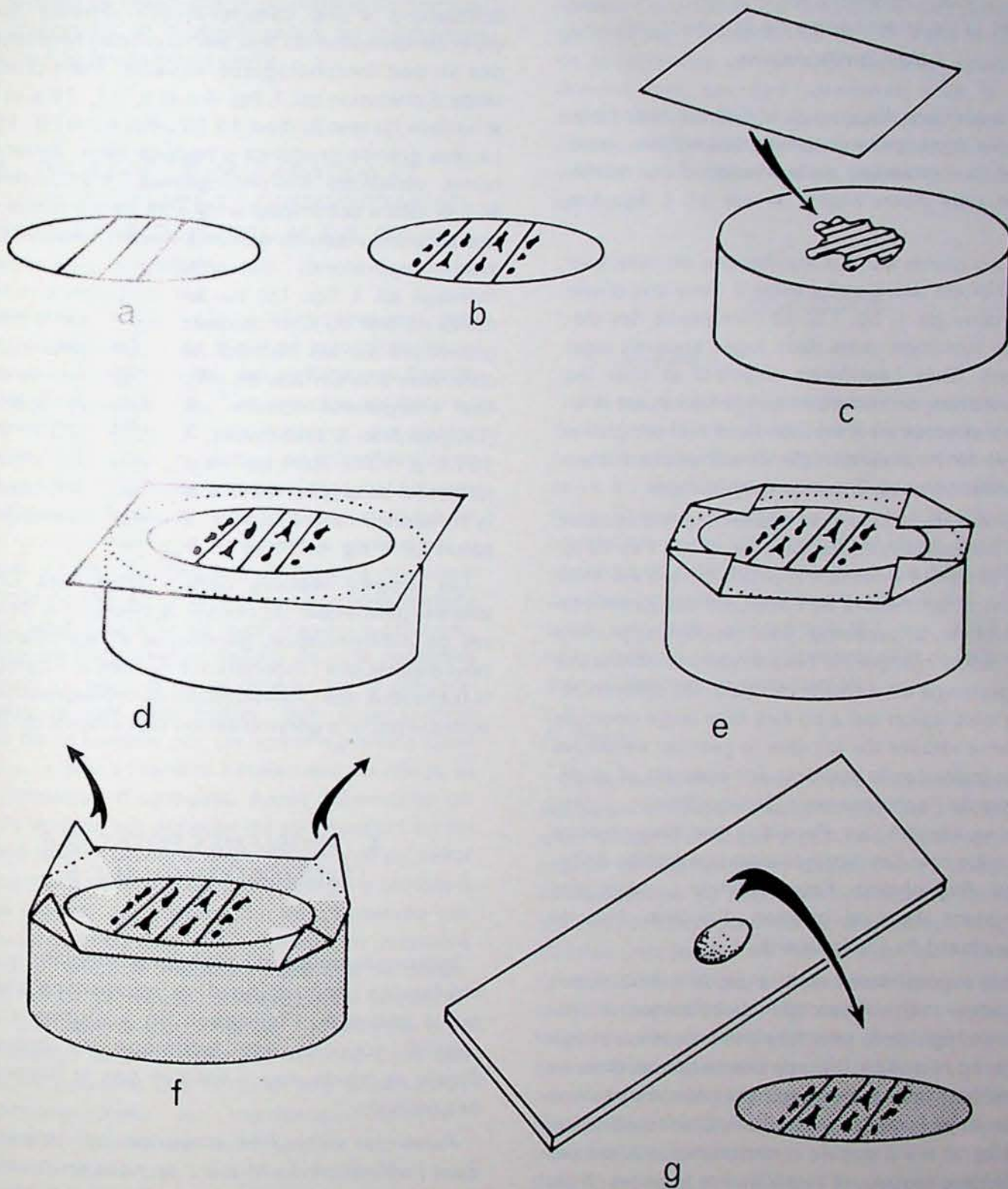


Fig. 1 : a - g : procédé de préparation permettant de conserver les échantillons entre lame et lamelle, après observation au M.E.B.

- 1 a — pose de fils de colle à la surface d'une lamelle de verre (facilite le repérage au cours du balayage).
- 1 b — montage des Chitinozoaires par micropipetage puis dessiccation.
- 1 c — collage d'un élément intermédiaire (feuille de cuivre, d'argent ou d'aluminium ...) sur le plot en laiton.
- 1 d — pose de la lamelle portant les Chitinozoaires sur l'ensemble plot-élément intermédiaire.
- 1 e — fixation de la lamelle en rabattant les quatre angles de l'élément intermédiaire.
- 1 f — après ombrage à l'or et observation au M.E.B. récupération de la lamelle en soulevant les 4 angles de l'élément intermédiaire.
- 1 g — montage sur une lame de verre.

3.2. Apports du M.E.B. dans la connaissance de la structure du Chitinozoaire

Dans ce domaine, l'apport du M.E.B. est décisif à la fois par les forts grossissements disponibles, mais aussi par la possibilité d'observation d'un même spécimen sous divers angles de vue (pl. I, fig. 1 a et b).

Parmi les points les plus significatifs, on note tout d'abord l'étude des liaisons entre 2 individus d'une même chaîne (pl. I, fig. 13). La complexité des éléments de transition entre deux loges apparaît ainsi clairement. Chez *Linochitina cingulata* et chez les formes voisines, on remarque que la liaison est double. Elle s'effectue au niveau du bord oral-périphérie du fond et du mucron-opercule. En aucun cas, il n'y a communication entre 2 panses consécutives.

L'intérieur de la loge a pu également être observé dans de bonnes conditions (pl. I, fig. 9 a, 11 et 12 a). Aucune structure interne n'a pour l'instant été mise en évidence, en dehors de l'opercule qui paraît être un équivalent du prosome. Seul, le développement plus ou moins marqué de l'expansion membraneuse qui les prolonge en direction aborale, les différencie. La nette distinction qui a pu être faite entre opercule et prosome résulte du fait que le premier se trouve chez des individus le plus souvent opaques et se détache lors de l'aplatissement (*Desmochitina* ...), tandis que le second qui s'aperçoit par transparence dans le tube oral des représentants des genres *Ancyrochitina*, *Angochitina*, *Sphaerochitina* ... reste plus fréquemment dans sa position d'origine, lors de l'aplatissement du Chitinozoaire.

Un autre point intéressant a pu être illustré par l'observation au microscope électronique à balayage : il s'agit de la structure des processus et épines (pl. I, fig. 4 a-4 b). Dans de nombreux cas (formes du Dévonien), ces appendices sont formés par une évagination de la surface externe du Chitinozoaire (pl. I, fig. 3 b). Il n'y a pas de communication entre ces excroissances creuses et l'intérieur de la panse. Il est vraisemblable que ces appendices avaient un rôle de flotteurs comme l'ont suggéré Chaiffetz (1972) et Paris (1976). Leur fragilité, en particulier au niveau de leur insertion sur la panse, semble liée à leur structure même.

3.3. Apports du M.E.B. dans la taxonomie des Chitinozoaires

Ces apports sont plutôt une conséquence directe des améliorations obtenues dans le domaine de la morphologie et de la structure. Les variations intraspécifiques de certains caractères ont pu être ana-

lysées. Chez certaines formes, il est apparu que les fluctuations d'une caractéristique donnée (la micro-ornementation du test par exemple) reflètent non pas un trait morphologique variable, mais plutôt un stade d'altération (pl. I, fig. 4 a et b, 11, 16 a et b) de la surface du test (Urban 1972 ; Paris 1976, 1977). La plus grande prudence s'impose donc devant certaines variations morphologiques. L'utilisation du M.E.B. doit s'accompagner d'un esprit critique. Chaque détail nouveau ne doit être interprété qu'après un examen approfondi : des artéfacts liés au milieu de montage (pl. I, fig. 15) ou des modifications secondaires du test du Chitinozoaire apparaissent très fréquemment sur les clichés. Ainsi, les persouffures observées à la surface de certains spécimens ont pu être interprétées comme un caractère spécifique (Taugourdeau & Jekhowsky, 1968, p. 123 ; Wood, 1974, p. 134), alors qu'il s'agit en fait d'une déformation de la paroi du Chitinozoaire provoquée par la croissance de cristaux de pyrite à l'intérieur de la panse (pl. I, fig. 5, 11 et 16 a-b).

Les progrès réalisés dans l'étude des Chitinozoaires, permettent de réviser la hiérarchie des critères de différenciation générique et spécifique. On peut espérer que l'incohérence notoire qui caractérise la taxonomie des Chitinozoaires sera progressivement éclaircie par une généralisation de l'emploi du M.E.B.

4. PROBLEMES POSES PAR L'UTILISATION DU M.E.B.

Indépendamment du problème financier que peut représenter l'acquisition d'un microscope électronique à balayage, l'utilisation en « routine » de cet appareil suppose une technique de préparation simple et rapide, qui n'entrave pas le déroulement des analyses.

Parmi les difficultés majeures qui apparaissent dans l'utilisation du M.E.B., on note en premier lieu un écart entre les diagnoses et illustrations antérieures réalisées par des moyens traditionnels et l'observation que l'on peut effectuer sur les mêmes espèces avec le M.E.B. Les critères de différenciation les plus significatifs ne paraissent plus les mêmes et les anciens taxons semblent trop sommairement décrits. Cette difficulté ne saurait être surmontée que par un fastidieux travail de redescription et refiguration des anciens taxons.

Une autre difficulté réside dans la fragilité des préparations au M.E.B. Après quelques mois ou quelques années, la pellicule d'or qui recouvre support et échantillon tend à se fendiller puis à s'enrouler en copeaux, détruisant ainsi les spécimens figurés ou des holotypes. Il convient par conséquent, après un

examen complet au M.E.B., de préserver les échantillons, tout en se réservant la possibilité de manipulations ultérieures et d'observations au microscope optique ou à la loupe binoculaire.

5. PROCÉDE DE PREPARATION ET DE CONSERVATION DES CHITINOZOAIRES APRES OBSERVATION AU M.E.B. (fig. 1)

Ce procédé s'applique aux Chitinozoaires, mais convient également pour d'autres microfossiles organiques comme les forams, les pollens, les Dinoflagellés, les Scolécidites, etc. Le principe est basé sur l'utilisation d'un élément intermédiaire, qui permet de séparer la préparation portant les microfossiles du support conducteur. Dans le cas présent, cet élément intermédiaire est formé par une fine plaque de cuivre, d'argent ou d'aluminium (« papier d'aluminium ») dont les 4 angles sont repliés de façon à maintenir une lamelle de verre sur laquelle, par micropipetage ou frottis, sont disposés les microfossiles à observer. Un artifice, en l'occurrence des fils de colle parallèles (« Limpidol »), permet de se repérer sur la préparation. Dans le cas des frottis, une imprégnation préalable de la lamelle par un agent mouillant dilué (« Typol », « Mir ») facilite l'étalement du résidu et évite la formation d'agréats. Après observation au M.E.B., la lamelle est séparée de son support en relevant les 4 angles du carré d'aluminium (ou du métal utilisé) qui reste solidaire du plot (collage préalable à la colle d'argent). La préparation est conservée par inclusion dans du baume du Canada ou un polymère (« Clearcol ») selon la méthode classique de préparation des lames micropaléontologiques. Il faut éviter d'utiliser une platine trop chaude : la pellicule d'or peut se rétracter et provoquer des fissures. Tous ces microfossiles peuvent par la suite être observés et même photographiés au microscope optique : l'ombrage à l'or donne une teinte verte à la préparation, mais n'entrave pas l'observation. En fait, en « balayant » sous faible voltage, il n'est pas toujours nécessaire d'ombrer les échantillons à l'or. Dans ce cas, les préparations sont identiques à celles que l'on réalise pour l'observation au microscope optique.

6. CONCLUSIONS

Malgré ces quelques difficultés, le M.E.B. constitue l'outil indispensable à l'étude des Chitinozoaires carbonifiés. Ceux-ci, loin de représenter de simples curiosités ou de soulever la suspicion de certains paléontologistes ou stratigraphes, deviennent de véri-

tables éléments de datation au même titre que les spores, Conodontes ou Graptolites. Les progrès engendrés par l'utilisation du M.E.B. dans le domaine de la recherche sur les Chitinozoaires opaques ne doivent donc pas être considérés sous le simple aspect de l'esthétique iconographique, mais plutôt comme une amélioration dans une discipline jusqu'à présent à la recherche d'un moyen d'investigation approprié.

DISCUSSION

S. Jardiné

J'ai encore pris plaisir à écouter l'excellent exposé de Florentin Paris. Je sais qu'il s'intéresse aux chitinozoaires à des fins stratigraphiques, donc qu'il conserve à l'esprit le caractère pratique des déterminations. Comme la pratique courante d'étude est peu compatible avec l'utilisation du MEB en routine, que pense-t-il du problème déontologique de la définition des taxons fondée exclusivement sur des observations et des photographies au MEB? Ne conviendrait-il pas de l'accompagner systématiquement d'illustrations photoniques?

F. Paris

Je remercie M. S. Jardiné pour ses aimables paroles. Je pense personnellement que, dans la définition d'un taxon, il convient d'utiliser le maximum d'éléments de différenciation disponibles. L'observation et l'illustration au MEB des holotypes et paratypes doivent par conséquent être préférées aux diagnoses établies uniquement sur un examen au microscope optique. Ceci s'applique bien entendu pour les chitinozoaires opaques. L'idéal serait effectivement de fournir les deux types de clichés. Je crains cependant que cette pratique (que j'ai jusqu'à présent utilisée) ne maintienne les erreurs passées, engendrées par des attributions spécifiques fondées sur la simple comparaison « d'ombres ». Un artifice simple consisterait à noircir une réplique du cliché au MEB pour obtenir une silhouette, mais l'apport du MEB serait alors perdu !

OUVRAGES CITES

- BABIN Cl., DEUNFF J., MELOU M., PARIS F., PELHATE A., PLUSQUELLEC Y. et RACHEBŒUF P. (1977). La coupe de Pors-ar-Vouden (Pridoli de la Presqu'île de Crozon). Massif Armoricaïn, France. Lithologie et Biostratigraphie. Palaeontographica, Abt. A. (sous presse).
- CHAUFFETZ M.S. (1972). Functional interpretation of the sacs of *Ancyrochitina fragilis* Eisenack, and the paleobiology of the Ancyrochitinids. J. Paleont., 46 (4), 499-502, 1 pl.

- COLLINSON C. & SCHWALB H. (1955). North american paleozoic Chitinozoa. Illinois State Geol. Surv., 186, 1-33, 2 pl., Urbana.
- COLLINSON C. & SCOTT A.J. (1958). Chitinozoan faunule of the Devonian Cedar Valley Formation. Illinois State Geol. Surv., 247, 1-34, 3 pl., Urbana.
- EISENACK A. (1931). Neue Mikrofossilien des baltischen silurs. I. Palaeont. Z., 13, 74-118, Berlin.
- EISENACK A. (1965). Die Mikrofauna der Ostseekalk. I. Chitinozoen, Hystrichosphären. N. Jb. Geol. Pal. Abh., 123, 115-148, pl. 9-13, Stuttgart.
- EISENACK A. (1968). Über Chitinozoen des Baltischen gebietes. Palaeontographica, Abt. A, 131 (5-6), 137-198, pl. 24-32, Stuttgart.
- EISENACK A. (1972 a). Chitinozoen und andere Mikrofossilien aus der Bohrung Leba, Pommern. Palaeontographica, Abt. A, 139 (1-3), 64-87, pl. 16-20, Stuttgart.
- EISENACK A. (1972 b). Beiträge zur Chitinozoen-Forschung. Palaeontographica, Abt. A, 140 (4-6), 117-130, pl. 32-37, Stuttgart.
- EISENACK A. (1976). Weiterer Beitrag zur Chitinozoen-Forschung. N. Jb. Geol. Paläont. Mh., H, 11, 641-652, fig. 1-33, Stuttgart.
- JANSONIUS J. (1970). Classification and Stratigraphic Application of Chitinozoa. Proc. North Amer. Paleont. Convention, G, 789-808.
- LAUFELD S. (1974). Silurian Chitinozoa from Gotland. Fossils and Strata, 5, 1-130, fig. 1-78, Oslo.
- PARIS F. (1976). Les Chitinozoaires in Les schistes et calcaires éodévoniens de Saint-Cénére (Massif Armoricaïn, France). Sédimentologie, Paléontologie, Stratigraphie. Mém. Soc. géol. minér. Bretagne, 19, 93-133, pl. 17-26, Rennes.
- PARIS F. (1977). Les Chitinozoaires des schistes et calcaires de la pointe de l'Armorique (Finistère). Mém. Soc. géol. minér. Bretagne (sous presse).
- PARIS F. (1978). Les Chitinozoaires de la coupe de la Lézais. In Une tranchée dans le Dévonien du Ménez-Bélair (synclinerium médian armoricaïn). Sédimentologie, Paléontologie, Stratigraphie. Mém. Soc. géol. minér. Bretagne (sous presse).
- TAUGOURDEAU Ph. (1963). Etude de quelques espèces critiques de Chitinozoaires de la région d'Edjelé et compléments à la faune locale. Rev. Micropal., 6 (3), 130-144, Paris.
- TAUGOURDEAU Ph. & JEKHOWSKY B. (1960). Répartition et description des Chitinozoaires siluro-dévoniens de quelques sondages de la C.R.E.P.S., de la C.F.P. et de la S.N. REPAL au Sahara. Rev. Inst. franç. Pétrole et Gaz, corps liquides, 15 (9), 1199-1260, pl. 1-12, Paris.
- UMNOVA N.I. (1973). Méthode d'identification. Usage de la lumière infra-rouge pour l'étude des Chitinozoaires. Journal de Paléontologie, 3, 119-125, 1 pl., Moscou (en russe).
- URBAN J.B. (1972). A reexamination of Chitinozoa from the Cedar Valley Formation of Iowa with observations on their morphology and distribution. Bull. An. Paleont., 69 (273), 1-43, pl. 1-8, Ithaca, New York.
- WOOD G.D. (1974). Chitinozoa of the Silica Formation (Middle Devonian, Ohio): vesicle ornamentation and Paleoecology. Mich. State Univ., Museum Publ., Paleont. series, 1 (4), 127-162, pl. 1-17, Ann Arbor.

L'avenir du charbon dans le bilan énergétique mondial

De toekomst van de steenkool in de wereld-energiebalans

Pierre LEDEN

RESUME

Bref compte rendu de la Conférence organisée à Moscou du 28 novembre au 2 décembre 1977 sous les auspices de l'IIASA. On retiendra : l'importance des ressources mondiales en charbon, le développement rapide de l'exploitation à ciel ouvert et le coût élevé des transports terrestres, qui tend à déplacer les industries consommatrices vers les lieux de production.

Dans le cas particulier de l'Europe occidentale, il importe de ne pas surestimer les possibilités d'importation de charbon à bas prix. Un effort particulier devrait être fait pour susciter un nouvel essor de l'industrie charbonnière locale et pour développer de nouvelles méthodes d'exploitation applicables aux gisements profonds.

ZUSAMMENFASSUNG

Kurzbericht über die in Moskau in der Zeit vom 28. November bis 2. Dezember 1977 abgehaltene Konferenz, die unter der Schirmherrschaft des IIASA stand. Zu unterstreichen wäre u.a. : die Bedeutung der Weltkohlenreserven, die rapide Entwicklung des Tagebaus und die hohen Kosten, die mit dem Transport auf dem Lande verbunden sind, so daß die Verbraucherindustrien dazu neigen, sich den Produktionsstätten zu nähern.

In Westeuropa, das wohl als Sonderfall anzusehen ist, dürfen die Einfuhrmöglichkeiten der billigen Kohle nicht überschätzt werden. Man soll sich ganz besonders bemühen, die örtliche Kohleindustrie neu zu beleben und neue Abbauverfahren zu entwickeln, die für tiefliegende Vorkommen Anwendung fänden.

* Directeur de l'INIEX, rue du Chéra 200 - B-4000 Liège.

SAMENVATTING

Beknopt verslag van de Conferentie gehouden te Moskou van 28 november tot 2 december 1977 onder de auspiciën van het IIASA. Hieruit onthouden wij : het belang van de steenkoolvoorraden van de wereld, de snelle ontwikkeling van de ontginning in dagbouw en de hoge kostprijs van het vervoer over land die de verplaatsing van de verbruiksindustrieën naar de productieplaatsen in de hand werkt.

In het bijzondere geval van West-Europa is het van belang de mogelijkheden van de invoer van goedkope steenkool niet te overschatten. Een bijzondere inspanning zou moeten worden gedaan om een nieuwe heropleving van de plaatselijke steenkoolnijverheid te bewerkstelligen en nieuwe ontginningsmethodes te ontwikkelen die kunnen worden toegepast op diepe afzettingen.

SUMMARY

Short report on the Moscow conference of 28 November to 2 December 1977, organized under the aegis of IIASA. Main points : the scale of world coal resources, the rapid growth of opencast mining and the high cost of surface transport which is pushing the consuming industries to move to the production areas.

In the special case of Western Europe, it is important not to overestimate the import potential of cheap coal. Special efforts must be made to revive local coal industries and to develop new working methods for deep seams.

* Directeur van het NIEB, rue du Chéra 200 - B-4000 Luik.

1. AVANT-PROPOS

Sous les auspices de l'IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis - Laxenburg, Autriche), une conférence mondiale s'est tenue à Moscou, du 28 novembre au 2 décembre 1977 sur le thème « Future Coal Supply for the World Energy Balance ».

Au cours de cette conférence qui regroupait 120 experts appartenant à 17 pays charbonniers, 52 rapports ont été présentés répartis suivant quatre thèmes principaux :

- Ressources et réserves mondiales de charbon.
- Techniques de production : par exploitation souterraine — à ciel ouvert ou par gazéification in situ.
- Problèmes de transport.
- Perspectives d'expansion de la production charbonnière dans les principaux pays producteurs.

Il serait vain de tenter de réaliser la synthèse de la masse de documents présentés au cours de cette conférence et dont les textes seront publiés par les soins de l'IIASA.

L'objet du présent rapport est de souligner quelques aspects des débats et quelques conclusions sur lesquelles nous voudrions attirer l'attention des responsables de notre politique énergétique.

2. RESSOURCES ET RESERVES MONDIALES DE CHARBON

Les ressources mondiales de combustibles solides sont actuellement estimées à 10.000 milliards de tonnes d'équivalent charbon. Les réserves techniquement et économiquement exploitables sont évaluées à 640 milliards de tonnes, soit moins de 6,5 % des ressources.

La production annuelle mondiale a atteint 2,7 milliards de tonnes et les projets de développement en cours d'élaboration dans les principaux pays charbonniers permettent de supposer que l'accroissement moyen au cours des prochaines décennies pourrait se situer à 2,7 % par an, ce qui conduirait en l'an 2020 à une production mondiale de l'ordre de 8,8 milliards de tonnes.

Quelle conclusion faut-il tirer de ces chiffres ? Le monde est-il riche ou pauvre en combustibles fossiles ? Le charbon peut-il assurer notre avenir industriel pour cent ans ou pour mille ans ?

Pour répondre à ces questions, il convient de se référer à la définition des termes « Ressources » et « Réserves » et de souligner à quel point les unes et les autres sont dépendantes du développement des techniques et de la situation économique qui prévaut

1. VOORWOORD

Onder de auspiciën van het IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis - Laxenburg, Oostenrijk) werd in Moskou van 28 november tot 2 december 1977 een conferentie gehouden over het thema « Future coal supply for the world energy balance ».

Tijdens die conferentie, die 120 experts uit 17 steenkoolproducerende landen groepeerde, werden 52 rapporten voorgesteld die beuëkking hadden op vier hoofdthema's :

- Steenkoolvoorraden en -reserves van de wereld.
- Produktietechnieken : door ondergrondse ontginning, in dagbouw of door vergaëring in situ.
- Transportproblemen.
- Vooruitzichten inzake uitbreiding van de steenkoolproduktie in de belangrijkste producerende landen.

Het zou vruchteloos zijn te trachten een synthese te geven van de documentenmassa die tijdens die conferentie werd voorgesteld en waarvan de tekst zal worden gepubliceerd door het IIASA. Het doel van dit rapport is het onderstrepen van enkele aspecten van de debatten en enkele conclusies waarop wij de aandacht zouden willen vestigen van hen die verantwoordelijk zijn voor ons energiebeleid.

2. STEENKOOLOVOORRADEN EN -RESERVES VAN DE WERELD

De wereldvoorraden aan vaste brandstoffen worden momenteel geraamd op 10.000 miljard ton steenkool equivalent. De technisch en economisch ontginbare reserves worden geschat op 640 miljard ton, d.i. minder dan 6,5 % van de voorraden.

De jaarlijkse wereldproduktie heeft 2,7 miljard ton bereikt, en de ontwikkelingsprojecten die uitgewerkt worden in de belangrijkste steenkoollanden laten toe te veronderstellen dat de gemiddelde aangroei tijdens de volgende decennia 2,7 % per jaar zou kunnen bedragen ; dit zou in het jaar 2020 leiden tot een wereldproduktie van 8,8 miljard ton.

Welk besluit moet uit die cijfers getrokken worden ?

Is de wereld rijk of arm aan fossiele brandstoffen ?

Kan de steenkool onze industriële toekomst verzekeren voor honderd jaar of voor duizend jaar ?

Om die vragen te beantwoorden moet men zich baseren op de definitie van de termen « voorraden » en « reserves » en onderstrepen in welke mate beide afhankelijk zijn van de ontwikkeling van de technieken en van de economische toestand die heerst in de verschillende producerende landen.

dans les différents pays producteurs. Sont réputées « Réserves » les quantités de charbon dûment reconnues et qui peuvent être considérées comme techniquement et économiquement exploitables par les moyens existants et dans les conditions économiques du moment.

Il résulte de cette définition que la notion de « Réserves » est extraordinairement variable dans le temps et dans l'espace.

Dans un pays abondamment pourvu, tel que les USA, où l'essentiel de la production souterraine est réalisé par « chaux et piliers », la notion de « Réserves » se limite à des couches de plus de 1,50 m d'ouverture situées à moins de 300 m de profondeur, le rendement de récupération étant évalué à 50 %.

En Europe occidentale, où la technique des longues tailles est presque généralisée, les réserves peuvent s'étendre à des couches plus minces et à des profondeurs plus grandes (1.000 à 1.200 m), mais les chiffres annoncés restent très dépendants du prix mondial de l'énergie, comme le montre la figure 1, extraite d'une récente étude du National Coal Board (1).

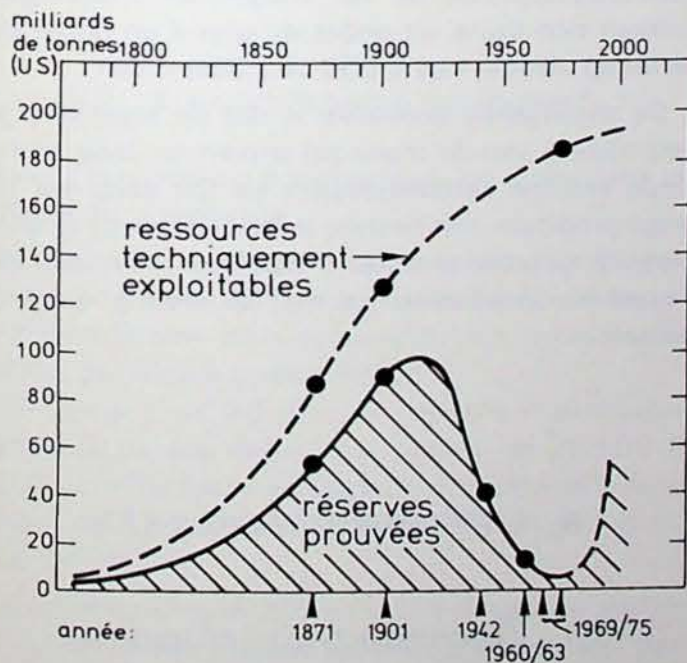


Fig. 1 — Réserves prouvées et ressources supposées techniquement exploitables dans l'ensemble des bassins houillers britanniques connus.

Bewezen reserves en technisch ontginbaar geachte voorraden in het geheel van de bekende Britse steenkolenbekkens.

Ressources techniquement exploitables = technisch ontginbare voorraden

Réserves prouvées = bewezen reserves

La notion de « Ressources » couvre les quantités de charbon connues, ou dont l'existence est présumée, et qui pourraient devenir économiquement utilisables dans le futur.

Etant moins liée à la situation économique du moment, la valeur des ressources fluctue moins dans le temps ; il faut cependant souligner qu'elle ne constitue qu'une estimation très partielle et très subjective de la quantité globale de charbon contenue dans l'écorce terrestre. En pratique, le charbon présent à des profondeurs de plus de 1.500 m intervient rare-

Met « reserves » worden aangeduid de hoeveelheden steenkool die behoorlijk werden herkend en die kunnen worden beschouwd als technisch en economisch ontginbaar met de bestaande middelen en in de economische omstandigheden van het ogenblik.

Uit die definitie volgt dat het begrip « reserves » buitengewoon variabel is in de tijd en de ruimte.

In een land dat overvloedig voorzien is, zoals de V.S., waar het grootste gedeelte van de ondergrondse ontginning gebeurt met « kamers en steunpijlers », beperkt het begrip « reserves » zich tot lagen met meer dan 1,50 m opening, gelegen op minder dan 300 m diepte, aangezien het recuperatierendement op 50 % wordt geschat.

In West-Europa, waar de techniek van de ontginning met lange pijlers bijna algemeen is, kunnen de reserves zich uitstrekken tot dunnere lagen en tot grotere diepten (1.000 tot 1.200 m), maar de aangekondigde cijfers blijven zeer afhankelijk van de wereldprijs van de energie zoals blijkt uit fig. 1, die werd genomen uit een recente studie van de National Coal Board (1).

Het begrip « voorraden » omvat de hoeveelheden steenkool die bekend zijn of waarvan het bestaan verondersteld wordt en die economisch aanwendbaar zouden kunnen worden in de toekomst.

Aangezien zij minder gebonden is aan de economische toestand van het ogenblik, schommelt de waarde van de voorraden minder in de tijd ; er moet nochtans worden benadrukt dat zij slechts een zeer gedeeltelijke en zeer subjectieve schatting vormt van de globale hoeveelheid steenkool die de aardkorst bevat. In de praktijk komt de steenkool, die voorkomt

(1) « Mining beyond 2000 A.D. » MRDE Bretby - March 1977.

(1) Mining beyond 2000 A.D., MRDE Bretby - March 1977.

ment dans l'évaluation des ressources, soit que son existence soit totalement ignorée, par manque de prospection, soit qu'on le considère comme dépourvu d'intérêt économique, dans un futur prévisible.

A titre d'exemple, les ressources de l'Europe Occidentale, qui sont actuellement estimées à quelque 400 milliards de tonnes, pourraient être réévaluées à plus de 1.000 milliards de tonnes, si le développement d'une nouvelle technique de gazéification ou de liquéfaction « in situ » permettait de considérer comme exploitable, dans un avenir prévisible, la tranche de gisements comprise entre 1.000 et 2.000 m de profondeur.

Les considérations qui précèdent montrent que l'on tend à sous-estimer les disponibilités en charbon et cette sous-estimation n'est pas toujours exempte d'arrière-pensées de la part des promoteurs d'autres sources d'énergie.

La comparaison des ressources pétrolières et des ressources en combustibles solides ne donne, en aucun cas, une idée correcte de l'abondance relative de ces deux formes de combustibles fossiles. La prospection pétrolière a été infiniment plus développée que la prospection charbonnière et les gisements exploités s'étendent, dès à présent, sous terre et sous les mers jusqu'à des profondeurs de 4.000 ou 5.000 m.

La conclusion certaine, c'est que le charbon restera à la disposition de l'humanité bien après l'achèvement de l'ère pétrolière et que le seul problème qui se pose à nous est d'apprendre à en tirer le meilleur usage, avec un minimum de contraintes pour les hommes et moyennant un minimum de pollution.

3. TECHNIQUES D'EXPLOITATION

3.1. L'exploitation souterraine

L'évolution des techniques d'exploitation charbonnière, en République Fédérale d'Allemagne, constitue une remarquable illustration des progrès accomplis par la mécanisation au cours des quinze dernières années.

La généralisation du rabot pour l'abattage des veines minces et des haveuses pour l'abattage des veines épaisses, la généralisation du soutènement marchant et l'adoption du soutènement bouclier dans les veines de grande ouverture ont fait de la longue taille une méthode d'exploitation extraordinairement efficace du triple point de vue du rendement de récupération du gisement, du contrôle des pressions de

op meer dan 1.500 m diepte, zelden voor in de ramming van de voorraden, ofwel omdat het bestaan ervan volslagen onbekend is door gebrek aan prospectie, ofwel omdat men hem beschouwt als zijnde zonder economisch belang binnen een afzienbare tijd.

Bij wijze van voorbeeld : de steenkoolvoorraden van West-Europa, die momenteel op ongeveer 400 miljard ton worden geraamd, zouden kunnen worden herschat op meer dan 1.000 miljard ton indien de ontwikkeling van een nieuwe techniek van vergassing of vloeibaarmaking « in situ » het mogelijk zou maken de schijven van de afzetting tussen 1.000 en 2.000 m diepte in een nabije toekomst als ontginbaar te beschouwen.

Uit voorgaande beschouwingen blijkt dat men tracht de beschikbare hoeveelheden steenkool te onderschatten en die onderschatting doet altijd een blijk van bijbedoelingen van de kant van de promoteurs van andere energiebronnen.

De vergelijking van de aardolievoorraden en de voorraden aan vaste brandstoffen geeft in geen enkel geval een juist beeld van de betrekkelijke overvloed van die twee vormen van vaste brandstof. De aardolieprospectie was oneindig meer ontwikkeld dan de steenkoolprospectie en de ontgonnen afzettingen strekken zich thans uit onder de grond en onder de zee tot op diepten van 4.000 of 5.000 meter.

De vaststaande conclusie is dat de steenkool ter beschikking van de mens zal blijven tot lang na het einde van het aardolietijdperk en dat voor ons het enige probleem erin bestaat te leren daarvan zo goed mogelijk gebruik te maken, met een minimum aan menselijke inspanning en met zo weinig mogelijk pollutie.

3. ONTGINNINGSTECHNIEKEN

3.1. De ondergrondse ontginning

De evolutie van de ontginningstechnieken voor steenkool in de Duitse Bondsrepubliek vormt een opmerkelijke illustratie van de vooruitgang die werd geboekt door de mechanisering in de loop van de laatste vijftien jaar.

Het veralgemeend gebruik van de schaaf voor het afbouwen van dunne lagen en van de snijmachines voor dikke lagen, de veralgemening van de gemechaniseerde ondersteuning en het aanwenden van de ondersteuning van het schildtype in de lagen met grote opening, hebben van de lange pijler een buitengewoon doeltreffende ontginningsmethode gemaakt vanuit drievoudig standpunt : dat van het

terrain, de la concentration de la production et de la productivité.

De 1961 à 1976, pour l'ensemble de la R.F.A., la production moyenne journalière par siège d'exploitation est passée de 4.000 à 9.100 tonnes, la production journalière par taille active a progressé de 370 à 1.300 tonnes et le rendement par ouvrier du fond de 2.279 à 4.152 kg par homme-poste.

Le plafonnement des rendements auquel on assiste depuis deux ou trois ans, conduit à penser que les progrès à venir seront moins spectaculaires et moins importants que les progrès déjà réalisés.

Cependant, certaines voies restent ouvertes à de nouvelles recherches et à de nouveaux progrès, et notamment :

- le développement de la télécommande et de l'automatisation ;
- l'amélioration des techniques de forage, y compris le creusement mécanisé des puits et des galeries ;
- le développement de l'abattage et du transport hydraulique, notamment dans les chantiers à fort pendage.

3.2. L'exploitation à ciel ouvert

Avec l'exploitation à ciel ouvert, on entre dans le domaine du gigantisme.

En République Fédérale d'Allemagne, l'exploitation des gisements de lignite rhénans a donné lieu à un extraordinaire développement des excavateurs continus par roue à godets (fig. 2).

En l'espace de 25 ans, la capacité d'extraction journalière de ces engins est passée de 20.000 à 240.000 m³ de roche en place, le diamètre de la roue passant de 7,5 à 21,6 m et le volume des godets de 0,6 à 6,4 m³.

Le volume de matériaux en vrac à manipuler atteint 5,3 m³/s ; leur transport est assuré en continu, par des convoyeurs à bande de 3 m de largeur se déplaçant à la vitesse de 6 m/s.

La longueur utile de ces bandes transporteuses peut être accrue à volonté, grâce à un nouveau système d'entraînement par courroies équipées de têtes motrices intercalées de place en place sous le brin porteur et dont l'effet de traction se transmet par frottement entre les deux courroies superposées.

En URSS, des matériels très variés ont été développés pour faire face à une grande diversité de conditions d'exploitation à ciel ouvert.

Ces matériels comprennent des roues à godets de capacité variant de 1.250 à 5.000 m³/h, des pelles

recuperatierendement van de afzetting, van de controle van de gesteentedruk, van de concentratie van de produktie en de produktiviteit.

Van 1961 tot 1976 is voor de gehele Duitse Bondsrepubliek de gemiddelde dagelijkse produktie per exploitatiezetel gestegen van 4.000 tot 9.100 ton, de dagelijkse produktie per actieve pijler is gestegen van 370 tot 1.300 ton en het rendement per arbeider in de ondergrond is gestegen van 2.279 tot 4.152 kg per mandienst.

Het bereiken van een grenswaarde van het rendement waarvan men sinds twee of drie jaar getuige is, doet denken dat de toekomstige vooruitgang minder spectaculair en minder belangrijk zal zijn dan de reeds gerealiseerde vooruitgang.

Nochtans blijven bepaalde richtingen open voor nieuwe onderzoeken en nieuwe vooruitgang en inzonderheid voor :

- de ontwikkeling van de afstandsbediening en de automatisering ;
- de verbetering van de boortechnieken, met inbegrip van het mechanisch delven van de schachten en de galerijen ;
- de ontwikkeling van het hydraulisch afbouwen en transporteren, inzonderheid in de sterk hellende werkplaatsen.

3.2. Ontginning in dagbouw

Met de ontginning in dagbouw komt men op het gebied van het gigantisme.

In de Duitse Bondsrepubliek heeft de ontginning van Rijnlandse bruinkoolafzettingen een buitengewone ontwikkeling veroorzaakt van de emmer-radgraafmachines (fig. 2).

Binnen een tijdspanne van 25 jaar is de dagelijkse extractiecapaciteit van die machines gestegen van 20.000 tot 240.000 m³ gesteente in situ, waarbij de diameter van het rad is gestegen van 7,5 tot 21,6 m en de inhoud van de emmers van 0,6 tot 6,4 m³.

Het volume aan te behandelen losse materialen bereikt 5,3 m³ per seconde ; er wordt op continue wijze voorzien in transport d.m.v. transportbanden van 3 m breedte die rollen met een snelheid van 6 m per seconde.

De nuttige lengte van die transportbanden kan naar believen verhoogd worden dankzij een nieuw systeem van aandrijving met banden die uitgerust zijn met aandrijfkoppen en die hier en daar ingeschakeld worden onder het dragend gedeelte ; de trekkracht van die aandrijfkoppen wordt overgebracht door wrijving tussen de twee boven elkaar geplaatste transportbanden.

In de Sovjetunie werd zeer gevarieerd materieel ontwikkeld om het hoofd te kunnen bieden aan een

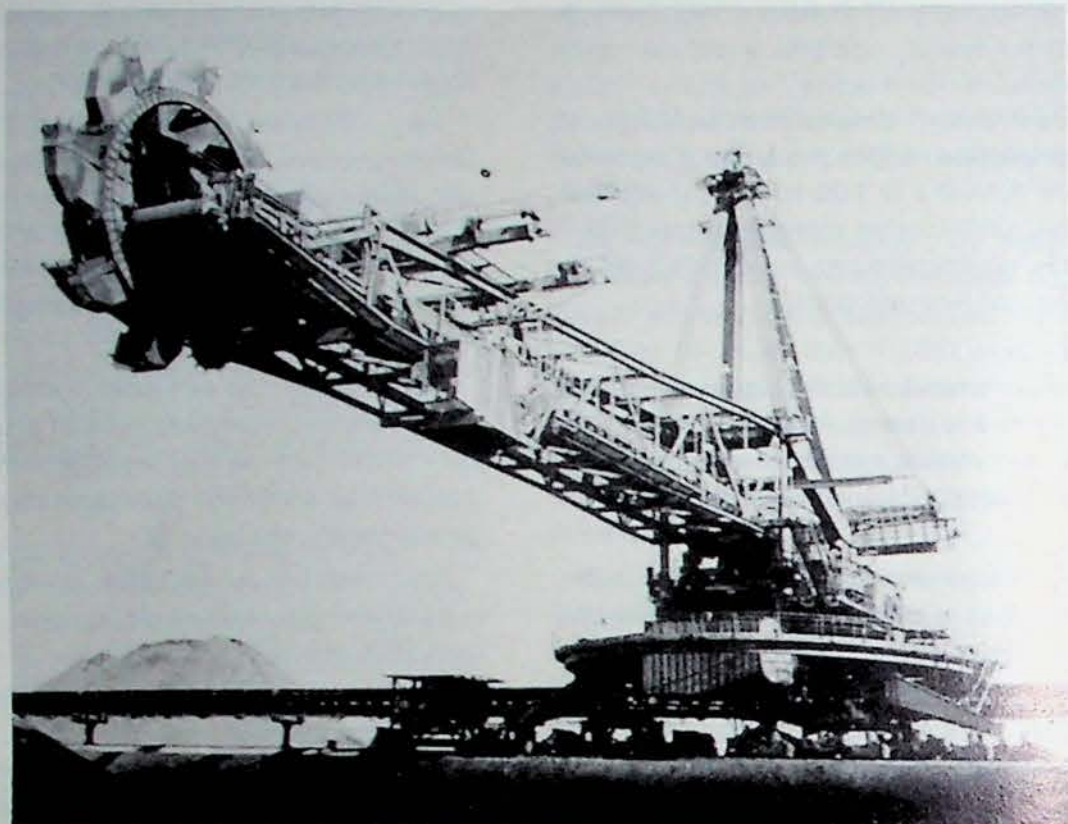


Fig. 2 — Excavateur de 240.000 m³/jour
Graafmachine van 240.000 m³/dag

mécaniques d'une capacité maximale de 10 à 20 m³, des dragues de 100 à 160 m³ et une variété de bennes basculantes d'une capacité utile de l'ordre de 100 à 200 tonnes.

La mécanisation des exploitations a pour corollaire un accroissement rapide de la productivité et une réduction des coûts de production. Pour l'ensemble de l'URSS, la productivité par homme-poste est 6,3 fois plus élevée et le prix de revient de la tonne extraite 4 fois plus faible que dans les exploitations souterraines.

La comparaison des résultats obtenus dans différents sièges d'exploitation met en évidence les avantages de la concentration ; pour l'ensemble de l'URSS, la production moyenne annuelle par siège est actuellement de 3,3 millions de tonnes, mais certaines unités ont déjà dépassé 10 millions de tonnes et, dans le bassin minier de Kansk-Achinsk, au centre de la Sibérie, on étudie la réalisation d'un nouveau siège d'exploitation dont la capacité annuelle pourrait dépasser 50 millions de tonnes.

Les résultats spectaculaires qui peuvent être atteints à ciel ouvert sont confirmés par une étude américaine qui conclut à la possibilité de produire du charbon à un prix variant entre 5 et 20 dollars par tonne, suivant les caractéristiques géologiques du gisement et l'importance relative des morts-terrains.

grote verscheidenheid in de omstandigheden van ontginning in dagbouw.

Dat materieel omvat emmerraderen met een vermogen dat varieert van 1.250 tot 5.000 m³/h, graafmachines met een maximumcapaciteit van 10 tot 20 m³, baggermachines van 100 tot 160 m³ en een verscheidenheid aan kipwagens met een nuttig vermogen van 100 tot 200 ton.

De mechanisering van de ontginningen brengt een snelle aangroei mee van de produktiviteit alsook een vermindering van de produktiekosten. Voor de gehele Sovjetunie is de produktiviteit per mandienst 6,3 maal hoger en is de kostprijs van een uitgehaalde ton viermaal kleiner dan in de ondergrondse ontginningen.

Uit de vergelijking van de resultaten verkregen in verscheidene exploitatiezetels blijken duidelijk de voordelen van de concentratie ; voor de gehele Sovjetunie bedraagt de gemiddelde jaarlijkse produktie per zetel momenteel 3,3 miljoen ton, maar sommige eenheden hebben de 10 miljoen ton reeds overschreden en in het mijnbekken van Kansk-Achinsk, in Midden-Siberië, bestudeert men het oprichten van een nieuwe exploitatiezetel waarvan de jaarcapaciteit 50 miljoen ton zou kunnen overschrijden.

De spectaculaire resultaten die kunnen worden bereikt in dagbouw, worden bevestigd door een Amerikaanse studie die besluit dat het mogelijk is steenkool te produceren tegen een prijs die schommelt tussen 5 en 20 dollar per ton, naar gelang van de geologische

L'exploitation à ciel ouvert apparaît, à l'heure actuelle, comme le secteur privilégié dans lequel s'effectuera l'essentiel des développements de production, au cours des 20 prochaines années. De 1950 à 1975, la production réalisée à ciel ouvert en URSS a progressé de 27 à 224 millions de tonnes par an, et un chiffre de l'ordre d'un milliard de tonnes paraît plausible pour l'an 2000. Aux Etats-Unis, la production à ciel ouvert dépasse déjà 300 millions de tonnes par an, et elle pourrait continuer à croître rapidement si l'évolution actuelle n'est pas entravée par les problèmes de sauvegarde de l'environnement.

3.3. La gazéification souterraine

Depuis 1933 jusqu'à l'époque actuelle, l'URSS a joué un rôle de pionnier dans le développement de la gazéification souterraine.

Parmi les nombreuses méthodes qui ont été expérimentées, deux méthodes ont prévalu qui, toutes deux, permettent d'éviter tout travail manuel souterrain.

L'une de ces méthodes est appliquée depuis 1955 sur le site de Yuzhno-Abinsk (Kuzbass) ; elle est pratiquée dans des veines à forte pente (55 à 57°), la gazéification se développant à partir d'une série de trous inclinés forés dans l'épaisseur de la veine.

L'autre méthode, appliquée à Angren (Ouzbékistan) depuis 1961, exploite une couche de lignite à faible pendage de 3 à 20 m d'épaisseur. L'accès au gisement est assuré par des sondages verticaux, la liaison en veine étant réalisée par filtration d'air et élargissement des fissures par rétrocombustion.

L'installation de Yuzhno-Abinsk produit annuellement 500 millions de m³ de gaz d'un pouvoir calorifique moyen de l'ordre de 1.000 kcal/Nm³. L'installation d'Angren produit un gaz d'un pouvoir calorifique de 800 à 900 kcal/Nm³ ; elle est prévue pour une capacité annuelle maximale de 2.300 millions de m³, mais fonctionne à capacité réduite.

La méthode d'exploitation par gazéification souterraine présente, en principe, de nombreux avantages :

- production directe d'énergie sous forme gazeuse ;
- suppression du travail manuel souterrain ;
- faible impact sur l'environnement ;
- investissements réduits et faible durée nécessaire pour le démarrage d'une exploitation.

Cependant, l'absence de développement industriel à grande échelle montre que le procédé n'a pas encore atteint des performances économiques ac-

eigenschaften van de afzetting en het relatieve belang van de dekterreinen.

De ontginning in dagbouw blijkt momenteel de bevoorrechte sector te zijn waarin zich de voornaamste produktie-ontwikkelingen zullen voordoen tijdens de komende twintig jaar. Van 1950 tot 1975 is de produktie in dagbouw in de Sovjetunie gestegen van 27 tot 224 miljoen ton per jaar, en een cijfer van een miljard ton schijnt waarschijnlijk te zijn voor het jaar 2000. In de Verenigde Staten overschrijdt de produktie in dagbouw reeds 300 miljoen ton per jaar en zij kan nog snel blijven stijgen indien de huidige evolutie niet belemmerd wordt door de problemen inzake milieubescherming.

3.3. De ondergrondse vergassing

Van 1933 tot heden heeft de Sovjetunie een pioniersrol gespeeld in de ontwikkeling van de ondergrondse vergassing.

Tussen de talrijke methodes die werden beproefd hebben twee methodes de overhand gekregen die het beide mogelijk maken alle ondergrondse handenarbeid te vermijden.

Een van die methodes wordt sinds 1955 toegepast in de winplaats van Yuzhno-Abinsk (Kuzbass) ; zij wordt toegepast in sterk hellende lagen (55 tot 57°) en de vergassing ontwikkelt zich vanaf een reeks schuine gaten die geboord zijn in de dikte van de laag.

De andere methode, toegepast in Angren (Oezbékistan) sinds 1961, ontgint een zwak hellende bruinkool laag van 3 tot 20 m dikte. In de toegang tot de afzetting wordt voorzien door verticale boringen en de verbinding in de laag gebeurt door luchtfiltratie en door verbreding van de kloven door achterwaartse verbranding.

De installatie van Yuzhno-Abinsk produceert jaarlijks 500 miljoen m³ gas met een gemiddelde stookwaarde van 1.000 kcal/Nm³. De installatie van Angren produceert een gas met een stookwaarde van 800 tot 900 kcal/Nm³, zij werd voorzien voor een maximale jaarcapaciteit van 2.300 miljoen m³ maar werkt op beperkte capaciteit.

De methode van ontginning door ondergrondse vergassing heeft in principe talrijke voordelen :

- directe produktie van energie in gasvormige toestand ;
- uitschakeling van ondergrondse handenarbeid ;
- geringe invloed op het milieu ;
- beperkte investeringen en weinig tijd nodig voor het beginnen van een ontginning.

Uit het ontbreken van industriële ontwikkeling op grote schaal blijkt nochtans dat het procédé nog geen economisch aanvaardbare resultaten heeft bereikt. Zijn voornaamste handicap vloeit voort uit het gebrek aan dichtheid van de ondergrondse gasgenerator en

ceptables. Son principal handicap résulte du manque d'étanchéité du gazogène souterrain et de son interférence avec les nappes aquifères superficielles.

Il en résulte d'importantes fuites de gaz (10 à 23 %), des pertes thermiques élevées (20 à 25 %), un faible rendement de gazéification (55 à 60 % du pouvoir calorifique du charbon effectivement consommé), des pertes par imbrûlés (20 %) et un rendement global de récupération d'énergie qui reste en deçà de 50 % du potentiel calorifique du gisement.

Les résultats obtenus aux USA, sur le site expérimental de Hanna (Wyoming), sont incomparablement plus favorables. Le pouvoir calorifique du gaz produit atteint des valeurs de l'ordre de 1.550 kcal/Nm³, avec un rendement énergétique global compris entre 65 et 75 % du potentiel calorifique du charbon effectivement consommé.

Les nouvelles phases expérimentales, actuellement programmées, devraient permettre d'étudier l'effet d'une série de variables : espacement des sondages, débit d'air injecté et influence de la progression du gazogène souterrain durant 6 à 12 mois.

Les calculs économiques basés sur ces expériences montrent que, dans les conditions américaines, la gazéification souterraine du charbon pourrait être une solution économiquement attrayante, mais une inconnue demeure concernant la possibilité d'éviter les fuites de gaz et les pénétrations d'eau dans le gazogène lorsque l'extension des zones gazéifiées provoquera d'importants mouvements d'affaissement du sol.

Les expériences de gazéification souterraine réalisées jusqu'à ce jour, tant en URSS qu'aux USA, n'ont pas dépassé la profondeur de 300 m.

Les projets à l'étude dans le cadre de l'accord signé entre les Gouvernements belge et allemand visent à appliquer la technique de gazéification souterraine par filtration pour l'exploitation des gisements situés à très grande profondeur, dans la zone des 1.000 à 1.500 m.

Cette transposition devrait permettre d'échapper à l'influence des nappes aquifères, qui occupent la zone superficielle de l'écorce terrestre, et de bénéficier d'un gazogène sec et étanche dans lequel les opérations de gazéification pourraient se développer sous haute pression en utilisant, à volonté, un mélange air-vapeur pour la production d'un gaz pauvre, un mélange oxygène-vapeur pour la production d'un gaz de synthèse ou, éventuellement, une injection d'hydrogène pour la production directe d'un SNG

van zijn interferentie met de oppervlakkige waterlagen.

Hieruit volgen belangrijke gasontsnappingen (10 tot 23 %), aanzienlijke warmteverliezen (20 tot 25 %), een laag vergassingsrendement (55 tot 60 % van de stookwaarde van de werkelijk verbruikte steenkool), verliezen door onverbrande steenkool (20 %) en een globaal energierecuperatierendement dat lager blijft dan 50 % van het warmtepotentieel van de afzetting.

De resultaten verkregen in de Verenigde Staten op de proefwinplaats van Hanna (Wyoming) zijn onvergelykbaar gunstiger. De stookwaarde van het geproduceerde gas bereikt waarden van 1.550 kcal/Nm³, met een globaal energierendement dat ligt tussen 65 en 75 % van het warmtepotentieel van de werkelijk verbruikte steenkool.

De thans geprogrammeerde nieuwe experimentele fasen zouden het moeten mogelijk maken het effect te bestuderen van een reeks variabelen : tussenruimte van de boringen — geïnjecteerd luchtdebiet en invloed van de vooruitgang van de ondergrondse gas-generator gedurende 6 tot 12 maanden.

De economische berekeningen gebaseerd op die proefnemingen tonen dat in de Amerikaanse omstandigheden de ondergrondse vergassing van steenkool een economisch aantrekkelijke oplossing zou kunnen zijn, maar er blijft een onbekende bestaan betreffende de mogelijkheid tot het voorkomen van gasontsnappingen en het binnendringen van water in de gasgenerator wanneer de uitbreiding van de vergaste zones omvangrijke bodemverzakkingen doet ontstaan.

De tot nu toe zowel in de Sovjetunie als in de Verenigde Staten uitgevoerde proefnemingen inzake ondergrondse vergassing zijn nooit dieper dan 300 m geweest.

De projecten die worden bestudeerd in het kader van de overeenkomst tussen de Belgische regering en die van de Duitse Bondsrepubliek hebben tot doel het toepassen van de techniek van ondergrondse vergassing door filtratie voor het ontginnen van afzettingen op zeer grote diepte in de zone van 1.000 tot 1.500 m.

Die verandering zou de mogelijkheid moeten bieden, te ontsnappen aan de invloed van de waterlagen die zich bevinden in de oppervlakkige zones van de aardkorst en het voordeel te genieten van een droge en dichte gasgenerator waarin de vergassingswerkzaamheden zich zouden kunnen ontwikkelen onder hoge druk en waarbij naar believen gebruik zou kunnen worden gemaakt van een mengsel van lucht en stoom voor de produktie van een arm gas, van een mengsel van zuurstof en stoom voor de produktie van een synthegas of eventueel een injectie van zuurstof voor het rechtstreeks produceren van een SNG (aardgassurrogaat) indien de druk van de onder-

(SNG : Substitut de gaz naturel), si la pression du gazogène souterrain peut être portée à un niveau suffisamment élevé.

Les avantages que l'on peut attendre de l'utilisation des hautes pressions ont été largement démontrés dans les gazogènes de surface ; ils portent sur la réduction de la consommation d'agent gazéifiant, sur l'augmentation du pouvoir calorifique du gaz et sur l'amélioration du rendement de gazéification.

Dans le cas particulier de la gazéification souterraine, la haute pression permettrait également une sensible diminution du coût des sondages, par réduction de leur diamètre, et une utilisation du gazogène souterrain pour l'alimentation d'une centrale à cycle combiné : turbine à gaz + turbine à vapeur, dans des conditions thermodynamiques particulièrement favorables.

4. PROBLEMES DE TRANSPORT

Pendant très longtemps, le charbon a été considéré comme une matière difficilement transportable, qu'il fallait utiliser sur place ou dans le voisinage immédiat de son lieu de production.

Depuis quelques décennies, la situation a évolué sous l'effet combiné de deux facteurs :

- le développement de la mécanisation et le renchérissement du coût de la main-d'œuvre, dans les pays industrialisés du monde occidental, ont entraîné une très grande disparité du coût de la production en fonction de l'ouverture des couches, de la profondeur et de la localisation des gisements ;
- la construction de navires minéraliers de très grande capacité a réduit le coût du transport maritime en rendant possibles des échanges intercontinentaux.

Il ne faudrait cependant pas en conclure que l'incidence du transport est devenue un facteur négligeable et que l'on va s'acheminer vers un prix mondial du charbon indépendant des lieux de production et de consommation.

L'aspect utopique d'une telle proposition apparaît lorsqu'on analyse la répartition des frais de transport et des frais de production d'une tonne de charbon américain exportée outremer :

— Production et préparation du charbon :	20 %
— Manutention :	6 %
— Transport terrestre (500 km) :	20 %
— Transport transocéanique (7.000 miles) :	54 %

grondse gasgenerator op een voldoende hoog peil kan worden gebracht.

De voordelen die te verwachten zijn van de gebruikmaking van hoge druk werden in ruime mate aangetoond in de oppervlakte-gasgeneratoren, zij hebben betrekking op een vermindering van het verbruik van vergassingsmiddel, op de verhoging van de stookwaarde van het gas en op de verbetering van het vergassingsrendement.

In het bijzonder geval van de ondergrondse vergassing zou de hoge druk eveneens een aanzienlijke vermindering van de kostprijs van de boringen mogelijk maken door een vermindering van hun diameter evenals een aanwending van de ondergrondse gasgenerator voor het voeden van een centrale met gecombineerde cyclus : gasturbine + stoomturbine, in uiterst gunstige thermodynamische omstandigheden.

4. TRANSPORTPROBLEMEN

Gedurende zeer lange tijd werd steenkool beschouwd als een moeilijk te vervoeren materiaal dat ter plaatse of in de onmiddellijke omgeving van de productieplaats moest worden gebruikt.

Sedert enkele decennia is de situatie veranderd onder gemeenschappelijke invloed van twee factoren :

- de ontwikkeling van de mechanisering en het duurder worden van de arbeidskrachten in de geïndustrialiseerde landen van de westerse wereld hebben een zeer sterk uiteenlopen van de produktiekosten meegebracht naar gelang van de laagopeningen, de diepte en de lokalisering van de afzettingen ;
- de bouw van ertsschepen met zeer grote capaciteit heeft de kostprijs van vervoer over zee doen dalen en intercontinentale uitwisselingen mogelijk gemaakt.

Hier moet echter niet uit afgeleid worden dat de weerslag van het vervoer een te verwaarlozen factor is geworden en dat men gaat komen tot een wereldprijs van de steenkool die onafhankelijk is van de plaats van produktie en verbruik.

De utopische aard van dergelijk idee blijkt bij het analyseren van de verdeling van de transport- en produktiekosten van een ton Amerikaanse steenkool die naar overzeese gebieden wordt geëxporteerd :

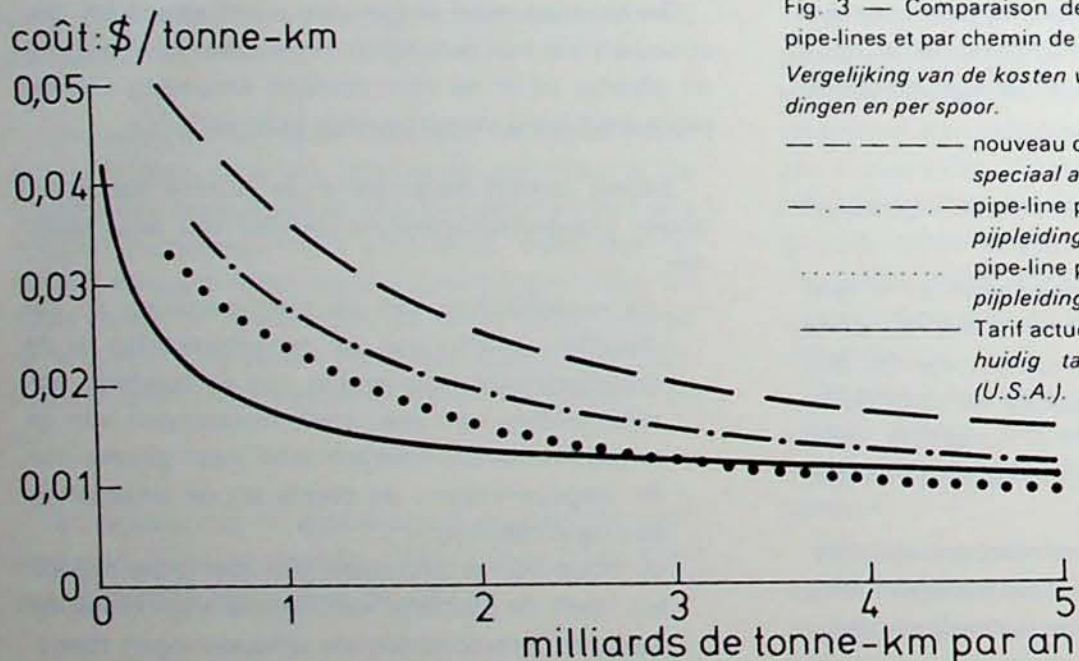
— produktie en bereiding van de steenkool :	20 %
— behandeling :	6 %
— vervoer over land (500 km) :	20 %
— vervoer over zee (7.000 mijl) :	54 %

C'est le coût du transport terrestre qui constitue actuellement l'obstacle le plus important à la mise en valeur des réserves situées à très grande distance des côtes aux USA, au Canada, en Sibérie, en Australie et en Afrique du Sud.

Dans la mesure où aucun transport fluvial n'est disponible, il n'existe que deux solutions pour le transport terrestre à longue distance : le chemin de fer, qui a récemment amélioré ses performances par l'utilisation de trains entiers spécialement adaptés au transport du charbon, et le transport hydraulique par pipe-lines.

Une installation de ce genre fonctionne en Arizona depuis 1970 : la tuyauterie a 45 cm de diamètre, sa capacité annuelle est de 4,8 millions de tonnes et sa longueur totale de 381 km.

La figure 3 donne une comparaison des prix de revient qui peuvent être escomptés lorsque l'on recourt à ces deux types de transports. On notera que tous deux requièrent d'énormes investissements et que le coût de la tonne.km est toujours très dépendant du tonnage transporté.



Le chemin de fer est préférable lorsque l'infrastructure préexiste, mais le transport en conduite devrait être plus économique en site vierge si le chemin de fer doit être installé pour l'usage exclusif de la mine.

Le transport hydraulique ne constitue cependant pas une panacée ; il pose des problèmes d'approvisionnement en eau et d'épuration des eaux usées et constitue une solution mal adaptée aux régions arides (Far West) ou très froides (Sibérie).

Au surplus, quelle que soit la solution retenue, un transport terrestre sur plus de 1.000 km entraîne généralement un coût prohibitif.

De kostprijs van het vervoer over land vormt momenteel de grootste hinderpaal voor het exploiteren van de reserves die zich bevinden op zeer grote afstand van de kusten in de Verenigde Staten, Canada, Sibirië, Australië en Zuid-Afrika.

Voor zover geen vervoer over de binnenwateren beschikbaar is bestaan slechts twee oplossingen voor het vervoer te land over lange afstand : de spoorweg die onlangs zijn prestaties heeft verbeterd door het gebruik van ganse treinstellen die speciaal werden aangepast aan het steenkolenvervoer en het hydraulisch vervoer langs pijpleidingen.

Een installatie van dit genre functioneert sinds 1970 in Arizona, de buizen hebben een diameter van 45 cm, haar jaarcapaciteit bedraagt 4,8 miljoen ton en zij heeft een totale lengte van 381 km.

Fig. 3 geeft een vergelijking van de kostprijzen waarop mag worden gerekend wanneer een beroep wordt gedaan op die twee vervoermodes. Er wordt opgemerkt dat beide enorme investeringen vereisen en dat de kostprijs van de ton/km steeds in belangrijke mate afhangt van het aantal vervoerde ton.

Fig. 3 — Comparaison des coûts de transport du charbon par pipe-lines et par chemin de fer.

Vergelijking van de kosten van transport van steenkool met pijpleidingen en per spoor.

- — — — nouveau chemin de fer construit spécialement
spécialement construite nouvelle spoorweg
- - - - - pipe-line pour charbon d'exportation
pipeleiding voor exportsteenkool
- pipe-line pour charbon de centrale
pipeleiding voor steenkool voor energiecentrales
- Tarif actuel des chemins de fer existants (U.S.A.)
huidig tarief van de bestaande spoorwegen (U.S.A.)

De spoorweg is te verkiezen wanneer de infrastructuur al aanwezig is, maar het vervoer per pijpleiding zou economischer moeten zijn in onontgonnen zones indien de spoorweg uitsluitend ten behoeve van de mijn moet worden aangelegd.

Het hydraulisch vervoer vormt nochtans geen universele oplossing ; het stelt problemen inzake watervoorziening en zuivering van het gebruikte water, het is bovendien een oplossing die slechts is aangepast aan de droge (Far-West) of zeer koude (Sibirië) gebieden.

Daarenboven brengt een vervoer te land over meer dan 1.000 km in het algemeen een prohibitieve kostprijs met zich, welke ook de gekozen oplossing zij.

Dans l'état actuel de la technique, la mise à fruit des gisements situés au centre des continents, à grande distance des régions consommatrices, impose la transformation du charbon sur place afin que son contenu énergétique puisse être transporté dans de meilleures conditions.

La mise en valeur du gisement de Kansk-Achinsk, en Sibérie centrale, devrait aller de pair avec la création d'un nouveau complexe d'industries à forte consommation d'énergie et avec la construction de deux centrales électriques géantes de 6.400 MW raccordées à toutes les régions industrielles de Sibérie par un réseau courant alternatif sous tension de 1.150 kV et qui relierait la zone européenne de l'Union Soviétique par une liaison à courant continu, sous tension de 2.200 kV.

Aux USA, la mise à fruit des grands gisements des Montagnes Rocheuses devrait aller de pair avec le développement d'installations de gazéification et de liquéfaction du charbon qui permettraient de distribuer l'énergie par pipe-lines sous forme d'un substitut de gaz naturel ou sous forme de méthanol.

Une autre variante, actuellement à l'étude, mérite d'être mentionnée : elle consisterait à convertir une partie du combustible solide en un mélange d'alcools, à prédominance de méthanol, et à utiliser ce liquide pour assurer le transport hydraulique de l'autre fraction de la production. Ce procédé « Methacoal » n'en est encore qu'au stade des projets ; il serait particulièrement bien adapté aux centres d'exploitation de lignite situés dans des régions arides, les besoins en eau de l'installation de transformation pouvant être couverts par l'humidité constitutive du combustible solide, pour autant que celle-ci atteigne au minimum 30 %.

5. PERSPECTIVES D'EXPANSION DE LA PRODUCTION CHARBONNIÈRE DANS LES PRINCIPAUX PAYS PRODUCTEURS

Le charbon peut être considéré comme l'une des sources d'énergie alternatives qui pourrait le mieux contribuer à rééquilibrer le bilan énergétique mondial au cours des 30 à 50 prochaines années, compte tenu de la réduction progressive des réserves de gaz et de pétrole.

Il convient cependant d'être conscient des obstacles qui s'opposent à une expansion rapide de la production et des problèmes auxquels il faudra faire face, si l'on envisage de recourir à une utilisation massive du charbon.

1. Dans les pays industriels du monde occidental, la consommation d'énergie sous forme de gaz et de

Bij de huidige stand van de techniek verplicht de ontginning van afzettingen gelegen in het centrum van het vasteland, op grote afstand van de verbruiksgebieden, tot het ter plaatse transformeren van de steenkool opdat zijn energie-inhoud in betere omstandigheden zou kunnen worden vervoerd.

Het exploiteren van de afzetting van Kansk-Achinsk, in Midden-Siberië zou gepaard moeten gaan met de oprichting van een nieuw complex van industrieën met hoog energieverbruik en met de bouw van twee reusachtige elektrische centrales van 6.400 MW, aangesloten op alle Siberische industriegebieden d.m.v. een wisselstroomnet met een spanning van 1.150 kV, dat het Europese gedeelte van de Sovjetunie zou voorzien d.m.v. een gelijkstroomverbinding met een spanning van 2.250 kV.

In de Verenigde Staten zou de ontginning van de grote afzettingen in het Rotsgebergte gepaard moeten gaan met de ontwikkeling van installaties voor vergassing en vloeibaarmaking van steenkool, waardoor het mogelijk zou worden de energie te distribueren langs pijpleidingen in de vorm van een aardgassurrogaat of in de vorm van methanol.

Een andere variante die momenteel bestudeerd wordt, dient te worden vermeld : zij bestaat in het omzetten van een gedeelte van de vaste brandstof in een mengsel van alcoholen waarin methanol overheerst en in het aanwenden van die vloeistof om te voorzien in het hydraulisch transport van het andere gedeelte van de produktie. Dit procédé, « Methacoal » genaamd, bevindt zich nog maar in het ontwerp stadium, het zou bijzonder goed aangepast zijn aan de ontginningsgebieden voor bruinkool die gelegen zijn in droge streken, aangezien de behoefte aan water voor de omzettingsinstallatie zou kunnen worden gedekt door de inherente vochtigheid van de vaste brandstof voor zover die tenminste 30 % bedraagt.

5. VOORUITZICHTEN INZAKE UITBREIDING VAN DE STEENKOOLOPRODUKTIE IN DE BELANGRIJKSTE PRODUCERENDE LANDEN

Steenkool kan worden beschouwd als een van de alternatieve energiebronnen die het beste zou kunnen bijdragen tot het terug in evenwicht brengen van de wereld-energiebalans tijdens de eerstkomende 30 à 50 jaar, rekening houdend met de geleidelijke vermindering van de gas- en aardoliereserves.

Men moet zich nochtans bewust zijn van de hinderpalen die een snelle uitbreiding van de produktie belemmeren en van de problemen waaraan men het hoofd zal moeten bieden indien men van plan is over te gaan tot een massaal gebruik van steenkool.

1. In de industrielanden van de Westerse wereld overheerst in ruime mate het verbruik van energie

liquide est très largement prédominante. Si un retour au charbon peut être envisagé pour l'alimentation des centrales thermiques, une telle évolution paraît infiniment peu vraisemblable en ce qui concerne les transports et les usages domestiques. Le développement d'une production massive d'hydrocarbure sur base charbon apparaît comme un objectif essentiel au cours des prochaines décennies ; cependant, la rentabilité des investissements qu'il faudrait consentir reste aléatoire et l'Afrique du Sud est, à l'heure actuelle, le seul pays producteur qui se soit lancé dans le développement industriel de la production d'hydrocarbure sur base de combustibles solides.

2. La législation contre la pollution atmosphérique par les poussières, par SO_2 et par les oxydes d'azote, constitue certainement un obstacle au développement de la consommation des combustibles solides. L'épuration des fumées par lavage dans des scrubbers reste une solution coûteuse, mais d'autres solutions sont actuellement en vue avec le développement des foyers à lit fluidisé et avec l'apparition de nouveaux types de centrales à cycle combiné dans lesquelles le charbon serait préalablement gazéifié.
3. Le développement des exploitations à ciel ouvert peut créer des dommages irréparables à l'environnement. Aucune vie ne peut subsister dans une région où la végétation a été anéantie, où les eaux ont été empoisonnées par les acides et où la couche de terre arable a été détruite par une exploitation mal programmée. La reconstitution des sols et des paysages doit devenir un impératif légal dans tous les pays charbonniers. Ce qui a été réalisé en Allemagne Fédérale, dans le cadre de l'exploitation des lignites rhénans, témoigne de la qualité des résultats qui peuvent être obtenus dans ce domaine.
4. D'autres goulots d'étranglement peuvent s'opposer à une croissance rapide de l'industrie charbonnière, et notamment le manque de main-d'œuvre et l'importance des capitaux nécessaires pour assurer la création de nouvelles mines et pour développer la mécanisation des mines existantes.

Du point de vue du développement du commerce international, les perspectives restent limitées par l'incidence considérable du coût des transports terrestres. 90 % des ressources charbonnières mondiales se situent dans trois grands pays : l'URSS, les USA et la Chine, mais l'étendue même de ces pays et les distances qui séparent les nouveaux gisements des régions côtières ne permettent pas d'envisager un accroissement substantiel de l'exportation de ces trois producteurs vers des pays tiers.

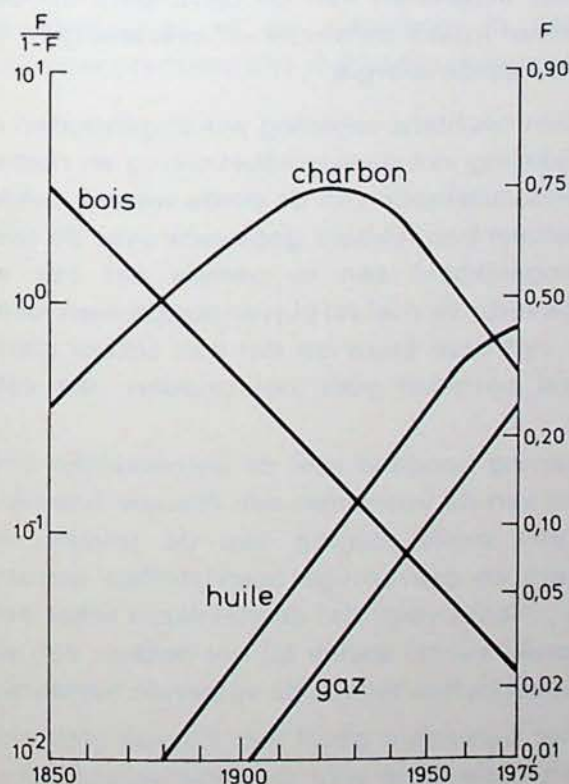
in de vorm van gas en vloeistof. Indien een terugkeer naar de steenkool in het vooruitzicht kan worden gesteld voor het voeden van de thermische centrales, dan schijnt dergelijke evolutie toch zeer weinig waarschijnlijk voor wat betreft het vervoer en het huiselijk gebruik. De ontwikkeling van een massale productie van koolwaterstoffen op basis van steenkool blijkt een essentiële doelstelling te zijn tijdens de volgende decennia, de rendabiliteit van de investeringen die moeten worden gedaan blijft evenwel afhankelijk van het toeval en momenteel is Zuid-Afrika het enige producerende land dat zich begeven heeft in de productie van koolwaterstof op basis van vaste brandstoffen.

2. De wetgeving op de luchtverontreiniging veroorzaakt door stofdeeltjes, SO_2 en stikstofoxyden vormt ongetwijfeld een hindernis voor de ontwikkeling van het verbruik van vaste brandstoffen. De zuivering van rookgas door wassing in scrubbers blijkt een dure oplossing maar momenteel zijn andere oplossingen in het vooruitzicht met de ontwikkeling van haarden met gefluïdiseerd bed en met het verschijnen van nieuwe types van centrales met gecombineerde cyclus waarin de steenkool vooraf zou worden vergast.
3. De ontwikkeling van de ontginningen in dagbouw kan onherstelbare schade aanrichten aan het milieu. Geen enkele vorm van leven kan blijven bestaan in een gebied waarin de vegetatie werd vernietigd, het water werd vergiftigd door de zuren en de bebouwbare grond werd vernield door een slecht geprogrammeerde ontginning. Het herstellen van de bodem en het landschap moet een wettelijke verplichting worden in alle steenkoolproducerende landen. Hetgeen in de Duitse Bondsrepubliek werd gerealiseerd in het kader van de bruinkoolontginning in het Rijnland getuigt van de kwaliteit van de resultaten die op dat gebied kunnen worden bereikt.
4. Nog andere knelpunten kunnen een snelle groei van de steenkolenindustrie belemmeren en inzonderheid het gebrek aan arbeidskrachten en de omvang van de kapitalen vereist voor het voorzien in de aanleg van nieuwe mijnen en voor het ontwikkelen van de mechanisering van de bestaande mijnen.

Vanuit het standpunt van de ontwikkeling van de internationale handel blijven de vooruitzichten beperkt wegens de aanzienlijke weerslag van de kosten van het vervoer over land. Van de steenkoolvoorraden van de wereld is 90 % gelegen in drie grote landen : de Sovjetunie, de Verenigde Staten en de Chinese Volksrepubliek ; maar de uitgestrektheid zelf van die landen evenals de afstand die de nieuwe afzettingen in de kuststreken scheidt, maken het niet mogelijk een aanzienlijke aangroei van de uitvoer van die drie

En fait, d'ici l'an 2000, l'expansion de l'offre de charbon, sur le marché mondial, restera vraisemblablement limitée aux productions excédentaires de producteurs de moindre importance et plus particulièrement de la Pologne, de la Corée, de l'Australie et de l'Afrique du Sud.

Un dernier point mérite d'être souligné, c'est l'inertie considérable du marché de l'énergie et le nombre d'années qui s'écoulent entre le moment d'une prise de décision et le moment où ses effets deviennent perceptibles. Cette constatation apparaît de façon évidente par l'examen de la figure 4 qui retrace l'évolution de la consommation mondiale d'énergie primaire au cours des 125 dernières années. Le développement d'une énergie nouvelle suit une courbe en S (courbe logistique), qui n'est pas sans rappeler la courbe de développement d'une nouvelle espèce animale au cours des temps géologiques ; cette courbe en S peut être transposée en une droite, si l'on adopte pour ordonnée le logarithme du rapport entre F (fraction du marché occupée par l'énergie considérée) et (1-F) (fraction du marché occupée par l'ensemble des autres énergies).



producenten naar derde landen in het vooruitzicht te stellen.

In feite zal vanaf nu tot in het jaar 2000 de uitbreiding van het steenkoolaanbod op de wereldmarkt waarschijnlijk beperkt blijven tot de overtollige productie van producenten van minder belang en meer bepaald van Polen, Korea, Australië en Zuid-Afrika.

Een laatste punt dient nog te worden benadrukt, namelijk de aanzienlijke inertie van de energiemarkt en het aantal jaren die verstrijken tussen het ogenblik waarop een beslissing wordt getroffen en het ogenblik waarop haar uitwerking merkbaar wordt. Die vaststelling blijkt duidelijk uit een onderzoek van fig. 4, die de evolutie nagaat van het wereldverbruik aan primaire energie tijdens de afgelopen 125 jaar. De ontwikkeling van een nieuwe energie volgt een S-vormige kromme (logistische curve) die ons herinnert aan de curve van de ontwikkeling van een nieuwe diersoort in de loop van de geologische tijdperken ; die S-vormige kromme kan worden omgevormd in een rechte, indien men als ordinaat aanneemt de logaritme van de verhouding tussen F (marktgedeelte ingenomen door de betreffende energie) en (1-F) (marktgedeelte ingenomen door het geheel van de andere energieën).

Fig. 4 — Pénétration des différentes énergies primaires sur le marché mondial (d'après C. Marchetti)

F = Part du marché

Doordringing van de verschillende soorten primaire energie op de wereldmarkt (volgens C. Marchetti)

F = Marktaandeel

Bois : hout

Charbon : steenkool

Huile : aardolie

Gaz : gas

On constate qu'il faut 50 ans pour qu'une énergie nouvelle arrive à conquérir 10 % du marché mondial et qu'il lui faut plus de 100 ans pour qu'elle parvienne à son apogée.

Cette inertie est la conséquence de l'importance même des industries énergétiques et de l'énormité des infrastructures et des capitaux qu'elles mobilisent.

Men stelt vast dat 50 jaar nodig is opdat een nieuwe energie 10 % van de wereldmarkt kan veroveren en dat zij meer dan 100 jaar nodig heeft om haar hoogste punt te bereiken.

Die traagheid is het gevolg van de omvang zelf van de energie-industrieën en van de reusachtige infra-structuren en kapitalen die zij mobiliseren.

Il résulte de tout ceci que la prévision à long terme constitue une tâche essentiellement politique ; la structure de nos approvisionnements en énergie durant tout le XX^e siècle dépend des décisions qui seront prises maintenant. Il importe que ces décisions soient prises en fonction de ces objectifs lointains, plutôt que d'être laissées au libre jeu du marché, qui ne peut réagir qu'en fonction du profit immédiat ou à très court terme.

6. CONCLUSIONS

Le très rapide développement de la consommation d'énergie auquel on assiste depuis le début du XIX^e siècle, avec l'apparition de la « civilisation industrielle », ne peut constituer qu'une phase transitoire dans l'histoire de l'humanité.

Les ressources de la terre en combustibles fossiles ne sont pas illimitées, les zones volcaniques à haut potentiel géothermique ne constituent qu'une faible partie de l'étendue terrestre et l'utilisation de l'énergie solaire, elle-même, sera limitée par l'étendue des surfaces nécessaires à l'établissement des capteurs et par les problèmes de conversion et de transport de l'énergie produite.

Cependant, si l'on tient compte de la progression de la population mondiale et d'une certaine industrialisation du tiers monde, toutes les données prévisionnelles actuellement disponibles permettent de penser que la consommation mondiale d'énergie continuera à croître rapidement jusqu'à la fin de ce siècle et qu'une certaine stabilisation n'interviendra pas avant le milieu du siècle prochain.

Compte tenu de l'importance relative des ressources en combustibles fossiles, on peut s'attendre à une augmentation rapide du prix des combustibles liquides et gazeux ; il en résulte que le charbon jouera certainement un rôle très important dans la couverture des besoins énergétiques mondiaux, au cours des cent prochaines années.

Dans le cas particulier de l'Europe, une option fondamentale se pose aux autorités responsables : miser sur l'importation ou sur un nouveau développement de l'exploitation de nos gisements profonds.

La première solution peut être attrayante si l'on tient compte de l'extraordinaire différence du coût de production qui existe actuellement entre l'exploitation souterraine et l'exploitation à ciel ouvert ; nous croyons cependant qu'une telle solution n'est défendable qu'à très court terme. L'essentiel des ressources mondiales de combustibles solides exploitables à ciel ouvert est situé trop loin des mers pour

Uit dit alles volgt dat het vooruitzien op lange termijn een hoofdzakelijk politieke taak vormt ; de structuur van onze energievoorzieningen gedurende de hele 21^e eeuw, hangt af van de beslissingen die nu worden genomen. Het is van belang dat die beslissingen genomen worden op grond van die verafgelegde doelstellingen, eerder dan overgelaten te worden aan de vrije bewegingen van de markt, die slechts kan reageren op grond van de onmiddellijke winst of de winst op zeer korte termijn.

6. BESLUITEN

De zeer snelle ontwikkeling van het energieverbruik die sinds het begin van de 19^e eeuw met het verschijnen van de « industriële beschaving » wordt waargenomen, kan slechts een voorbijgaande fase vormen in de geschiedenis van de mensheid.

De voorraden van de aarde aan fossiele brandstoffen zijn niet onbeperkt, de vulcanische zones met hoog geothermisch potentieel vormen slechts een gering gedeelte van de aardoppervlakte en het gebruik van de zonne-energie zelf zal worden beperkt door de omvang van de oppervlakten die nodig zijn voor het installeren van de opvangs en door de problemen inzake conversie en overbrenging van de geproduceerde energie.

Indien nochtans rekening wordt gehouden met de ontwikkeling van de wereldbevolking en met een zekere industrialisatie van de derde wereld, bieden alle momenteel beschikbare gegevens over de toekomst de mogelijkheid aan te nemen dat het wereldenergieverbruik snel zal blijven aangroeien tot aan het einde van deze eeuw en dat een zekere stabilisatie niet zal optreden vóór het midden van volgende eeuw.

Rekening houdend met de betrekkelijke omvangrijkheid van de voorraden aan fossiele brandstoffen, mag een snelle stijging van de prijzen van de vloeibare en gasvormige brandstoffen worden verwacht ; hieruit volgt dat de steenkool zeker een zeer belangrijke rol zal spelen bij het dekken van wereldenergiebehoefte tijdens de volgende honderd jaar.

In het bijzondere geval van Europa stelt zich een fundamentele optie voor de verantwoordelijke overheden : rekenen op de invoer of op een nieuwe ontwikkeling van de ontginning van onze diepe afzettingen.

De eerste oplossing kan aantrekkelijk zijn indien rekening wordt gehouden met het buitengewone verschil in produktiekosten dat bestaat tussen de ondergrondse ontginning en de ontginning in dagbouw ; wij zijn nochtans van mening dat dergelijke oplossing slechts verdedigbaar is op zeer korte termijn. Het grootste gedeelte van de wereldvoorraden

permettre d'approvisionner des centres industriels situés à l'autre bout du monde et tous les facteurs économiques jouent dans le sens du déplacement des industries fortement consommatrices vers les centres d'exploitation du charbon.

Si l'Europe veut garantir son approvisionnement à moyen terme, elle doit, avant tout, tabler sur ses propres ressources. Un effort doit être fait pour susciter un nouvel essor de son industrie charbonnière et faire en sorte que l'écoulement de sa production ne soit pas entravé par l'importation massive de charbons en provenance de pays momentanément plus favorisés.

Elle doit aussi poursuivre, avec persévérance, le développement de nouvelles méthodes d'exploitation applicables aux gisements profonds.

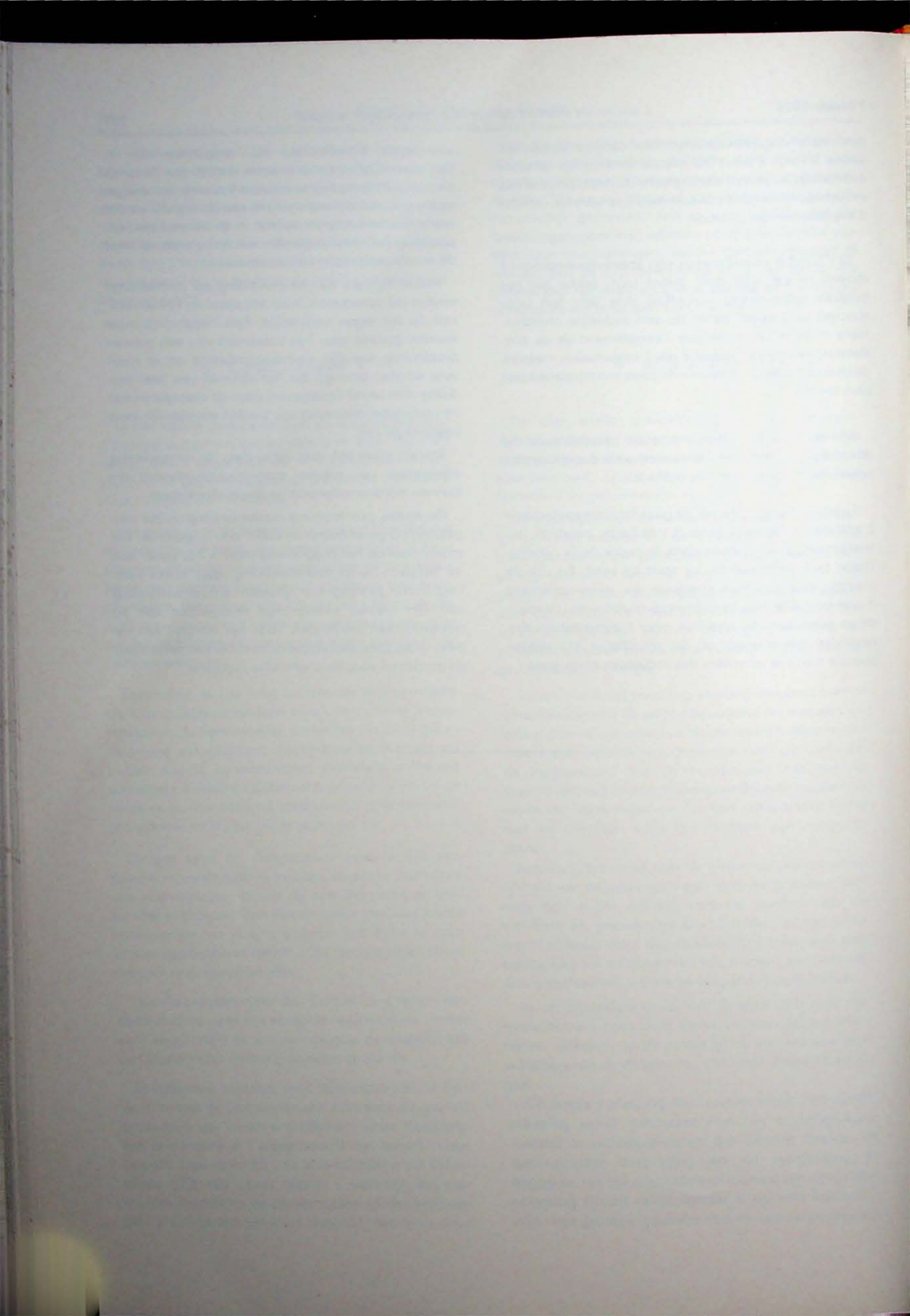
La première expérience de gazéification souterraine à grande profondeur et sous très haute pression, actuellement programmée dans le cadre de la collaboration belgo-allemande, va dans ce sens. En cas de succès, elle pourrait conduire au développement d'une nouvelle source d'énergie multiforme, capable de se substituer au charbon pour l'alimentation des centrales électriques et de remplacer le pétrole comme matière première des industries chimiques.

aan vaste brandstoffen die ontginbaar zijn in dagbouw is gelegen op te grote afstand van de zeeën om industriële centra te kunnen bevoorraden die gelegen zijn aan de andere kant van de wereld en alle economische factoren werken in de zin van een verplaatsing van de industrieën met hoog verbruik naar de winningsplaatsen van de steenkool.

Indien Europa zijn bevoorrading op middellange termijn wil verzekeren moet het eerst en vooral rekenen op zijn eigen voorraden. Een inspanning moet worden gedaan voor het bewerken van een nieuwe ontplooiing van zijn steenkoolindustrie en er moet voor worden gezorgd dat het afzetten van haar produktie niet wordt belemmerd door de massale invoer van steenkool afkomstig van landen die tijdelijk meer begunstigd zijn.

Europa moet ook met volharding de ontwikkeling voortzetten van nieuwe ontginningsmethodes die kunnen worden toegepast op diepe afzettingen.

De eerste proefneming inzake ondergrondse vergassing op grote diepte en onder zeer hoge druk, die momenteel op het programma staat in het kader van de Belgisch-Duitse samenwerking, gaat in die richting. Indien zij slaagt kan zij leiden tot de ontwikkeling van een nieuwe veelvormige energiebron die de steenkool kan vervangen voor het voeden van de elektrische centrales en die de aardolie kan vervangen als grondstof voor de chemische industrie.



Evolution des soutènements dans les tailles et les voies de chantier en Belgique *

Institut National des Industries Extractives (INIEX) **

Evolutie van de ondersteuning in de pijlers en de werkplaatsgalerijen in België *

Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven (NIEB) **

0. INTRODUCTION

L'exploitation charbonnière belge se répartit en 2 bassins : celui de Campine et celui du Sud. Cependant, ce rapport ne donne et ne traite que les résultats du bassin de Campine, qui a fourni à lui seul 79,9 % des charbons belges en 1975. Cette proportion ne fera que croître au cours des années à venir. Par ailleurs, les conditions très difficiles et très variables rendent le bassin du Sud peu apte à une évolution rationnelle.

Les renseignements statistiques fournis sont publiés annuellement dans la revue « Annales des Mines de Belgique », dirigée par l'Institut National des Industries Extractives (INIEX). Ils émanent de la Société des Charbonnages de Campine qui les transmet à l'Administration des Mines, qui se charge alors de les rassembler et de les élaborer. Nous les remercions vivement pour leur collaboration.

Le bassin de Campine prolonge vers l'ouest celui d'Aachen et celui du Limbourg néerlandais. Il s'agit uniquement de plateaux, en grands panneaux séparés par des failles radiales, à charbons à coke ou gras. L'exploitation a démarré vers 1920, car les mortsterrains ont plusieurs centaines de mètres d'épaisseur.

0. INLEIDING

De Belgische steenkoolontginning is gespreid over 2 bekkens : dat van de Kempen en dat van het Zuiden. Dit verslag geeft en behandelt echter slechts de resultaten van het Kempens bekken dat op zichzelf 79,9 % van de Belgische steenkool heeft geleverd in 1975. Die verhouding zal tijdens de komende jaren alleen nog maar groter worden. Bovendien maken de zeer moeilijke en zeer variabele omstandigheden het Zuiderbekken weinig geschikt voor een rationele evolutie.

De verstrekte statistische inlichtingen worden jaarlijks gepubliceerd in het tijdschrift « Annalen der Mijnen van België », geleid door het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven (NIEB). Zij zijn afkomstig van de N.V. Kempense Steenkolenmijnen die deze doorgeeft aan het Bestuur van het Mijnwezen dat zich belast met het verzamelen en uitwerken ervan. Wij danken hen van harte voor hun medewerking.

Het Kempens bekken vormt de westelijke verlenging van het bekken van Aken en van Nederlands-Limburg. Het gaat enkel om vlakke lagen, in grote velden gescheiden door gewelfde verschuivingen, met vette kolen of cokeskolen. De ontginning is begonnen rond 1920 omdat de dekterreinen verscheidene honderden meters dik zijn.

* Communication présentée à la « Sixth International Strata Control Conference », Banff, Alberta, Canada, septembre 1977.

** Rue du Chéra 200, B-4000 Liège (Belgique)

* Mededeling voorgedragen op de « Sixth International Strata Control Conference », Banff, Alberta, Canada, september 1977.

** Rue du Chéra 200, B-4000 Luik (België).

1. STATISTIQUES

	1951	1958	1962	1966	1970	1975
A. Production annuelle						
Millions de tonnes nettes	9,3	10,0	9,8	8,5	7,1	6,0
Coefficient net/brut (%)	66,0	58,0	59,0	59,0	66,0	59,0
B. Répartition (en %) de la production nette :						
1. Selon la nature de la couche :						
Plateures (0 à 20°)	—	95,6	98,6	99,0	100	100
Moyennement pentées (21 à 35°)	—	4,4	1,4	1,0	—	—
Fortement pentées (36 à 90°)	—	—	—	—	—	—
Total (%)	100	100	100	100	100	100
2. Selon la méthode d'exploitation :						
Longues tailles entre toit et mur	—	—	100	100	100	98,3
Tranches parallèles aux épontes	—	—	—	—	—	—
Tranches horizontales non parallèles aux épontes	—	—	—	—	—	—
Chambres et piliers en plateures	—	—	—	—	—	—
Voies minées, à soutirage, méthode oblique	—	—	—	—	—	—
Autres	—	—	—	—	—	—
Traçages isolés en couche	—	—	—	—	—	1,7
Total (%)	—	—	100	100	100	100
3. Selon le contrôle du toit :						
Remblayage complet manuel	10,8	3	—	—	—	—
Remblayage complet mécanique	—	—	—	—	—	—
Remblayage complet pneumatique	4,6	14,8	19,3	13,2	11,6	5,8
Remblayage complet hydraulique	—	—	—	—	—	—
Remblayage partiel par fausses-voies, Epis de remblais	—	—	—	—	—	—
Foudroyage complet	84,6	82,2	80,7	86,8	88,4	94,2
Avec abandon de piliers	—	—	—	—	—	—
Traçages isolés en couche	—	—	—	—	—	—
Total (%)	100	100	100	100	100	100
4. Selon l'ouverture de la couche :						
Couches inférieures à 1,5 m	68,6	60,2	58,0	62,4	65,4	52,7
Couches de 1,5 à 4 m	31,4	39,8	42,0	37,6	34,6	47,3
Couches supérieures à 4 m	—	—	—	—	—	—
Total (%)	100	100	100	100	100	100
C. Infrastructure et soutènement :						
1. Longueur de galeries utilisée (en m) par 1.000 t extraites annuellement :						
Longueur totale utilisée	51,0	60,0	66,3	66,0	75,0	79,7
Longueur jointive au front de taille	—	12,0	14,5	—	9,5	13,1
2. Longueur de galeries creusée par an (en m) par 1.000 t extraites annuellement :						
Longueur totale creusée	—	12,1	10,8	9,0	8,3	8,0
Longueur jointive au front de taille	—	9,3	8,9	—	5,8	5,8
3. Soutènement des galeries jointives aux fronts de taille :						
Soutènement en bois	—	0,3	0,2	0,3	0,3	0,15
Soutènement métallique rigide	—	—	—	—	—	—
Soutènement métallique coulissant	—	45,4	58,3	26,5	31,5	35,30
Soutènement métallique articulé et coulissant (sur piles de bois)	—	54,3	41,5	73,2	67,8	61,90
Boulonnage seul	—	—	—	—	0,4	2,60
Autres types	—	—	—	—	—	0,05
Total (%)	100	100	100	100	100	100

1. STATISTIEKEN

	1951	1958	1962	1966	1970	1975
A. Jaarlijkse produktie						
Miljoen ton netto	9,3	10,0	9,8	8,5	7,1	6,0
Coëfficiënt netto / bruto (%)	66,0	58,0	59,0	59,0	66,0	59,0
B. Spreiding (in %) van de nettoproduktie						
1. Volgens de aard van de laag :						
Vlakke lagen (0 tot 20°)	—	95,6	98,6	99,0	100	100
Middelmatig hellende lagen (21 tot 35°)	—	4,4	1,4	1,0	—	—
Sterk hellende lagen (36 tot 90°)	—	—	—	—	—	—
Totaal (%)	100	100	100	100	100	100
2. Volgens de ontginningsmethode :						
Langte tijp: tussen dak en vloer	—	—	100	100	100	98,3
Schijven evenwijdig aan het nevenge- steente	—	—	—	—	—	—
Horizontale schijven niet evenwijdig aan het nevengesteente	—	—	—	—	—	—
Kamerwinning in vlakke lagen	—	—	—	—	—	—
Geschoten galerijen, met aftapping, schuine methode	—	—	—	—	—	—
Andere methodes	—	—	—	—	—	—
Galerijen geïsoleerd in de laag	—	—	—	—	—	1,7
Totaal (%)	—	—	100	100	100	100
3. Volgens de dakcontrole :						
Volledig vullen met de hand	10,8	3	—	—	—	—
Volledig mechanisch vullen	—	—	—	—	—	—
Volledig blaasvullen	4,6	14,8	19,3	13,2	11,6	5,8
Volledig spoelvullen	—	—	—	—	—	—
Gedeeltelijk vullen d.m.v. blinde galerijen	—	—	—	—	—	—
Steendammen	—	—	—	—	—	—
Volledige breukwinning	84,6	82,2	80,7	86,8	88,4	94,2
Met achterlating van pijlers	—	—	—	—	—	—
Galerijen geïsoleerd in de laag	—	—	—	—	—	—
Totaal (%)	100	100	100	100	100	100
4. Volgens de laagopening :						
Lagen dunner dan 1,5 m	68,6	60,2	58,0	62,4	65,4	52,7
Lagen van 1,5 tot 4 m	31,4	39,8	42,0	37,6	34,6	47,3
Lagen dikker dan 4 m	—	—	—	—	—	—
Totaal (%)	100	100	100	100	100	100
C. Infrastructuur en ondersteuning						
1. Gebruikte lengte van de galerijen (in m) per 1.000 t jaarlijks gewonnen steenkool :						
Totale gebruikte lengte	51,0	60,0	66,3	66,0	75,0	79,7
Lengte aansluitend op het pijlerfront	—	12,0	14,5	—	9,5	13,1
2. Jaarlijks gedolven lengte van de galerijen (in m) per 1.000 t jaarlijks gewonnen steenkool :						
Totale gedolven lengte	—	12,1	10,8	9,0	8,3	8,0
Lengte aansluitend op het pijlerfront	—	9,3	8,9	—	5,8	5,8
3. Ondersteuning van de galerijen die aan- sluiten op de pijlerfronten :						
Houten ondersteuning	—	0,3	0,2	0,3	0,3	0,15
Stijve metalen ondersteuning	—	—	—	—	—	—
Schuivende ondersteuning	—	45,4	58,3	26,5	31,5	35,30
Gelede en schuivende ondersteuning (op houtbokken)	—	54,3	41,5	73,2	67,8	61,90
Enkel ankerondersteuning	—	—	—	—	0,4	2,60
Andere types	—	—	—	—	—	0,05
Totaal (%)	100	100	100	100	100	100

	1951	1958	1962	1966	1970	1975
4. (a) Longueur moyenne des longues tailles (en m)	—	172	173	191	206	220
(b) Profondeur moyenne d'exploitation (moyenne pondérée) (en m)	—	829	741	740	720	787
(c) Vitesse moyenne d'avancement par jour (travaillé) (en m/jour)	—	1,32	1,60	1,52	1,76	1,94
(d) Ouverture travaillée moyenne (en m)	—	1,30	1,34	1,35	1,33	1,46
(e) Puissance moyenne (en m)	—	—	—	—	—	—
5. (a) Longueur totale des longues tailles en fin d'année (en m)	—	—	17.500,00	16.617,00	10.500,00	9.779,00
(b) % de cette longueur à front dégagé	—	75,30	100,00	100,00	100,00	100,00
6. (a) Consommation de bois par tonne nette (dm ³ /t)						
Galleries	24,0	22,0	20,0	17,1	18,2	19,9
Tailles	—	—	—	—	—	—
(b) Consommation d'acier de soutènement par tonne nette (kg/t)						
Galleries	—	—	1,4	1,02	—	37
Tailles	—	—	—	—	—	08
7. (a) Nombre d'étauçons en service en fin d'année						
Bois	—	—	—	—	—	—
Rigides (métalliques)	41.000	20.000	7.000	0	—	—
A friction	99.000	164.000	140.000	135.675	80.030	25.330
Hydrauliques	0	5.800	10.200	8.282	17.754	30.976
(b) Nombre de bêtes métalliques en service en fin d'année						
Rigides	17.500	23.800	13.400	0	0	0
Articulées	28.000	131.000	143.000	131.909	95.832	56.764
Longueur moyenne des bêtes articulées en taille (m)	—	—	—	—	—	0,87
Longueur moyenne des bêtes rigides en taille (m)	—	0,9	0,9	0,9	0,9	—
Longueur de bête articulée la plus fréquente (m)	—	à 1,0	à 1,0	à 1,0	à 1,0	0,80
Longueur de bête rigide la plus fréquente (m)	—	—	—	—	—	—
8. Soutènement mécanisé :						
Nombre d'éléments en service en fin d'année (par firme)						
Westfalia	—	—	—	987	637	962
Dowty	0	0	—	330	2.020	3.514
Hemscheidt	—	—	—	60	24	173
Total	0	0	1.500	1.377	2.681	4.649
Longueur totale des fronts (m) entièrement équipés de soutènement mécanisé	—	—	—	—	—	5.539
Longueur totale de front équipé de soutènement mécanisé dans les autres tailles (m)	—	—	—	2.086	3.690	339
9. Nombre de boulons placés durant l'année						
en taille	—	—	—	—	—	—
en galerie	—	—	—	—	8.000	2.793

	1951	1958	1962	1966	1970	1975
4. (a) Gemiddelde lengte van de lange pijlers (in m)	—	172	173	191	206	220
(b) Gemiddelde ontginningsdiepte (gewogen gemiddelde) (in m)	—	829	741	740	720	787
(c) Gemiddelde vooruitgang per werkdag (in m / dag)	—	1,32	1,60	1,52	1,76	1,94
(d) Gemiddelde uitgewerkte opening (in m)	—	1,30	1,34	1,35	1,33	1,46
(e) Gemiddelde laagdikte (in m)	—	—	—	—	—	—
5. (a) Totale lengte van de lange pijlers op het einde van het jaar (in m)	—	—	17.500,00	16.617,00	10.500,00	9.779,00
(b) % van die lengte met stempelvrij front	—	75,30	100,00	100,00	100,00	100,00
6. (a) Hartverbruik per netto-ton (dm ³ /t)						
Galerijen	24,0	22,0	20,0	17,1	16,2	5,5
Pijlers	—	—	—	—	—	14,4
Totaal	—	—	—	—	—	19,9
(b) Verbruik van ondersteuningsstaal per netto-ton (kg/t)						
Galerijen	—	—	1,4	1,02	1,8	1,37
Pijlers	—	—	—	—	—	1,08
Totaal	—	—	—	—	—	2,45
7. (a) Aantal stijlen in gebruik op het einde van het jaar						
Houten	—	—	—	—	—	—
Starre (metalen)	41.000	20.000	7.000	0	—	—
Wrijvingsstijlen	99.000	164.000	140.000	135.675	80.030	25.330
Hydraulische stijlen	0	5.800	10.200	8.282	17.754	30.976
(b) Aantal metalen kappen in gebruik op het einde van het jaar						
Starre	17.500	23.800	13.400	0	0	0
Gelede	28.000	131.000	143.000	131.909	95.832	56.764
Gemiddelde lengte van de gelede kappen in de pijlers (m)	—	—	—	—	—	0,87
Gemiddelde lengte van de starre kappen in de pijlers (m)	—	—	—	—	—	—
Meest voorkomende lengte van gelede kappen (m)	—	0,9	0,9	0,9	0,9	—
Meest voorkomende lengte van starre kappen (m)	—	1,0	1,0	1,0	1,0	0,80
8. Gemechaniseerde ondersteuning :						
Aantal elementen in gebruik op het einde van het jaar (per firma)						
Westfalia	—	—	—	987	637	962
Dowty	0	0	—	330	2.020	3.514
Hemscheidt	—	—	—	60	24	173
Totaal	0	0	1.500	1.377	2.681	4.649
Totale lengte van pijlerfronten (m) die volledig met gemechaniseerde ondersteuning werden uitgerust.	—	—	—	—	—	5.539
Totale frontlengte (m) uitgerust met gemechaniseerde ondersteuning in de andere pijlers	—	—	—	2.086	3.690	339
9. Aantal tijdens het jaar geplaatste ankers						
in de pijlers	—	—	—	—	—	—
in de galerijen	—	—	—	—	8.000	2.793

2. COMMENTAIRES SUR LES RESULTATS STATISTIQUES

2.1. Production annuelle

La production du bassin de Campine a décru assez fortement vers 1966 à la suite de la fermeture du siège de Zwartberg. A cette époque, les prix des charbons à coke étaient relativement bas et l'on subissait une vive concurrence sur le marché mondial.

La production de 1970 est anormalement faible par le fait d'une grève de plus de 6 semaines.

TABLEAU I

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	
Production (10 ⁶ t/an)	7,10	7,35	7,32	6,27	6,07	5,97	Produktie (10 ⁶ t/jaar)
Production (en % de la production belge)	62,40	66,70	69,80	70,90	74,90	79,90	Produktie (in % van de Belgische produktie)
Rendement fond (t/Hp) (1)	3,17	3,04	3,08	2,92		2,61	Rendement ondergrond (t/md) (1)
Rendement fond + surface (1)	2,25	2,15	2,18	2,06		1,91	Rendement ondergrond + bovengrond (1)
Personnel fond	15.189	15.298	14.500	13.166	14.602		Personeel ondergrond

(1) Sans la surveillance.

(1) zonder het toezicht.

L'accroissement de production en 1971 et en 1972 (tableau I) a été suivie d'une réduction brusque et permanente à partir de 1973. Celle-ci est attribuable à la mise à la retraite d'un nombre important d'ouvriers, qui n'a été que très partiellement compensé.

Le rapport net/brut (en poids) oscille entre 59 et 66 %.

2.2. Répartition de la production

La seule méthode d'exploitation employée est celle de la longue taille, le gisement ne contenant que des plateaux de pentes inférieures à 15°. L'ouverture des veines est en général inférieure à 1,80 m et ne dépasse pas 3 m (moyenne en croissance : 1,46 m en 1975).

En 1975, les traçages, préparés en vue d'exploitations rabattantes et pour reconnaître le gisement, ont fourni 1,7 % de la production.

En principe, le contrôle de l'arrière-taille est assuré par foudroyage, mais un certain nombre de couches, à partir de 1,60 m d'ouverture et plus, doivent être remblayées pneumatiquement pour éviter des coups

2. BESPREKING VAN DE STATISTISCHE RESULTATEN

2.1. Jaarlijkse produktie

De produktie van het Kempens bekken is tamelijk sterk gedaald rond 1966 als gevolg van de sluiting van de zetel Zwartberg. Op dat ogenblik was de prijs van de cokeskolen tamelijk laag en men ondervond een sterke concurrentie op de wereldmarkt.

De produktie van 1970 is buitengewoon laag omwille van een staking van meer dan 6 weken.

TABLE I

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	
Production (10 ⁶ t/an)	7,10	7,35	7,32	6,27	6,07	5,97	Produktie (10 ⁶ t/jaar)
Production (en % de la production belge)	62,40	66,70	69,80	70,90	74,90	79,90	Produktie (in % van de Belgische produktie)
Rendement fond (t/Hp) (1)	3,17	3,04	3,08	2,92		2,61	Rendement ondergrond (t/md) (1)
Rendement fond + surface (1)	2,25	2,15	2,18	2,06		1,91	Rendement ondergrond + bovengrond (1)
Personnel fond	15.189	15.298	14.500	13.166	14.602		Personeel ondergrond

(1) Sans la surveillance.

(1) zonder het toezicht.

De toename van de produktie in 1971 en 1972 (tabel I) werd gevolgd door een plotse en blijvende vermindering vanaf 1973. Die vermindering is te wijten aan het pensioneren van een groot aantal arbeiders die slechts gedeeltelijk werd gecompenseerd.

De verhouding netto/bruto (in gewicht) schommelt tussen 59 en 66 %.

2.2. Spreiding van de produktie

De enige gebruikte exploitatiemethode is die van de lange pijler aangezien de afzetting enkel vlakke lagen bevat met hellingen van minder dan 15°. De opening van de lagen is over het algemeen kleiner dan 1,80 m en niet groter dan 3 m (groeïend gemiddelde : 1,46 m in 1975).

In 1975 hebben de galerijen in de laag die klaargemaakt werden voor terugwaartse ontginning en voor het verkennen van de afzetting 1,7 % van de produktie geleverd.

In principe wordt in de controle van de oudeman voorzien door breukwinning, maar een aantal lagen, vanaf 1,60 m opening en meer, moet blazend opgevuld worden om waterdoorbraken te voorkomen die

d'eau en provenance des morts-terrains très aquifères qui recouvrent le terrain houiller en Campine.

La participation du remblayage pneumatique est en régression depuis 1972 (9,1 % en 1972 ; 7 % en 1973 ; 5,8 % en 1975).

Toutes les tailles sont équipées d'un engin mécanique d'abattage, rabot ou haveuse à tambour (fig. 1). Le rabotage a assuré 92,3 % de la production en 1975, le reste (soit 7,7 %) provenant de haveuses à tambour (tableau II).

2.3. Infrastructure et soutènement

La longueur utilisée des galeries aux 1.000 tonnes extraites annuellement est montée à 79,7 m pour les diverses raisons suivantes :

1) Dans les différents sièges encore actifs, la production a été réduite et les ossatures maintenues.

afkomstig zijn van de zeer waterhoudende deklogen boven de steenkoolhoudende terreinen in de Kempen.

Het aandeel van de blaasvulling vermindert sedert 1972 (9,1 % in 1972 ; 7 % in 1973 ; 5,8 % in 1975).

Alle pijlers zijn uitgerust met een mechanisch win-toestel, schAAF of trosselsnijmachine (figuur 1). De schavende winning voorzag in 92,3 % van de produktie in 1975, de rest (d.i. 7,7 %) werd gewonnen d.m.v. trosselsnijmachines (tabel II).

2.3. Infrastructuur en ondersteuning

De gebruikte lengte van de galerijen per 1.000 ton jaarlijks gewonnen steenkool is gestegen tot 79,7 m omwille van de volgende redenen :

1) In de verschillende zetels die nog actief zijn werd de produktie verminderd en werden de mijnskeletten behouden.

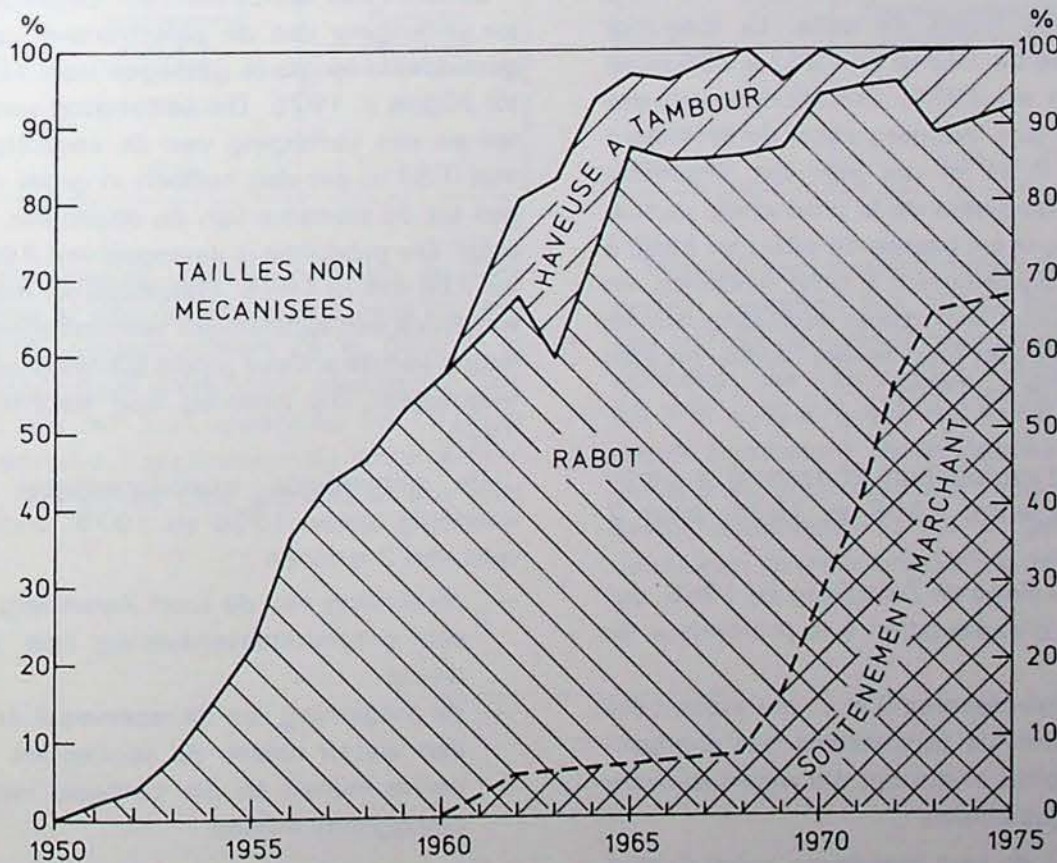


Fig. 1.

Evolution du taux de mécanisation (en % de la production) dans le bassin de Campine.

Evolutie van de mechanisatiegraad (in % van de produktie) in het Kempens bekken.

Tailles non mécanisées = niet gemechaniseerde pijlers

Haveuse à tambour = trosselsnijmachine

Rabot = schAAF

Soutènement marchant = gemechaniseerde ondersteuning.

2) L'éloignement progressif des chantiers par rapport aux puits d'accès. En moyenne, ceux-ci sont à plus de 3 km des puits.

3) Le creusement de nouveaux de liaison entre puits.

En Campine, le soutènement des voies de chantiers est essentiellement assuré par deux types principaux de cadres.

Les cadres coulissants du type Toussaint-Heintzmann sont utilisés un peu plus fréquemment (26,5 % en 1966 ; 31,5 % en 1970 ; 35,3 % en 1975), selon les possibilités. Le cadre articulé sur piles de bois reste le maître ; il demande du soin lors du placement, mais permet un excellent contrôle des terrains plastiques, soumis à de très fortes contraintes.

Le boulonnage, démarré en 1970, n'a guère progressé, car il ne peut s'opposer à la convergence inévitable après le passage d'une taille et les traçages (en vue d'exploitation rabattante) restent peu nombreux. Il est en général utilisé conjointement avec un soutènement portant.

Depuis 1962, on constate une tendance très nette à l'allongement des fronts de taille. La longueur moyenne est passée de 173 m en 1962 à 206 m en 1970 et à 220 m en 1975. Cet allongement des fronts de taille et une augmentation de la vitesse d'avancement de 0,34 m par jour ont largement contribué à l'accroissement de la production journalière par taille. Celle-ci est passée de 460 t en 1966 à 718 t en 1975. Parallèlement à cette tendance, on constate une réduction importante de la longueur totale des tailles actives en fin d'année ; celle-ci n'était plus que de 9.779 m en 1975.

La profondeur d'exploitation (moyenne) a provisoirement diminué entre 1966 et 1975, pour 2 raisons principales :

- la fermeture du siège de Zwartberg en 1966, qui avait un étage d'exploitation à la profondeur de 1.010 m ;
- l'exploitation des réserves B et C, qui avaient été maintenues entre les concessions des charbonnages de Campine et qui ont été réparties entre les charbonnages voisins.

La consommation de bois (par tonne nette) fluctue suivant l'importance des piles en voies de chantier (cadres Moll) et du garnissage nécessaire en taille, tandis que la consommation d'acier augmente par le fait de l'extension rapide du soutènement mécanisé.

Toutes les tailles sont à front dégagé, puisque équipées de rabots et de haveuses à tambour. Les étançons hydrauliques se substituent aux étançons à

2) De voortschrijdende verwijdering van de winplaatsen van hun toegangsschachten. Gemiddeld zijn die meer dan 3 km verwijderd van de schachten.

3) Het delven van verbindingssteengangen tussen de schachten.

In de Kempen wordt hoofdzakelijk in de ondersteuning van de werkplaatsgalerijen voorzien door twee hoofdramtypes.

De schuivende ramen van het Toussaint-Heintzmann-type worden wat vaker gebruikt (26,5 % in 1966 ; 31,5 % in 1970 ; 35,3 % in 1975), volgens de mogelijkheden. Het geleed raam op houtblokken blijft voorop ; het draagt zorg bij het plaatsen, maar maakt een uitstekende beheersing van het plastisch gesteente mogelijk, dat aan zeer sterke druk blootstaat.

De ankerboutondersteuning, begonnen in 1970, is nauwelijks vooruitgegaan omdat de onvermijdelijke convergentie na het volledig vrijmaken van een pijler niet kan tegenhouden en de gedreven galerijen in de laag (voor terugwaartse winning) blijven weinig talrijk. Zij wordt over het algemeen samen met een dragende ondersteuning gebruikt.

Sedert 1962 wordt een zeer uitgesproken tendens tot verlenging van de pijlerfronten vastgesteld. De gemiddelde lengte is gestegen van 173 m in 1962 tot 206 m in 1975. Die verlenging van de pijlerfronten en een verhoging van de vooruitgangssnelheid met 0,34 m per dag hebben in grote mate bijgedragen tot de toename van de dagelijkse produktie per pijler. Die produktie is gestegen van 460 ton in 1966 tot 718 ton in 1975. Gelijklopend met die tendens wordt ook een aanzienlijke vermindering van de totale lengte van de actieve pijlers op het einde van het jaar vastgesteld, die bedroeg nog slechts 9.779 m in 1975.

De gemiddelde exploitatiediepte verminderde voorlopig tussen 1966 en 1975, voornamelijk omwille van 2 redenen :

- de sluiting van de zetel Zwartberg in 1966, die een ontginningsverdieping had op 1.010 m diepte
- de ontginning van de reserves B en C die behouden waren tussen de concessies van de Kempense mijnen en die verdeeld werden over de omliggende mijnen.

Het houtverbruik (per netto-ton) schommelt volgens de omvang van de houtblokken in de werkplaatsgalerijen (Moll-ramen) en van de bekleding die nodig is in de pijlers, terwijl het staalverbruik stijgt wegens de snelle uitbreiding van de gemechaniseerde ondersteuning.

Alle pijlers hebben een stijlenvrij front aangezien zij uitgerust zijn met schaven en trommelsnijmachines. De hydraulische stijlen vervangen de wrijvingsstijlen.

friction. Cependant, tous deux cèdent le pas au soutènement marchant qui s'est étendu rapidement depuis 1969 et qui a amélioré la concentration au chantier (figure 1 et tableau II, relatif à 1975).

Nochtans moeten beide het afleggen tegen de gemechaniseerde ondersteuning die zich sedert 1969 snel heeft uitgebreid en die de concentratie van de werken heeft verbeterd (figuur 1 en tabel II, voor 1975).

TABLEAU II (en 1975)
Pourcentages de la production

	Soutènement marchant	Etançons individuels	Total
Rabots Haveuses à tambour	59,45	32,85	92,30
	7,70		7,70
Total	67,15 (1)	32,85	100,00

(1) 27 % en 1970 ; 39 % en 1971.

TABEL II (in 1975)
Percentages van de produktie

	Gemechaniseerde ondersteuning	Afzonderlijke stijlen	Totaal
Schaven Trommelsnijmachines	59,45	32,85	92,30
	7,70		7,70
Totaal	67,15 (1)	32,85	100,00

(1) 27 % in 1970 ; 39 % in 1977.

Production journalière par taille (t nette / jour)

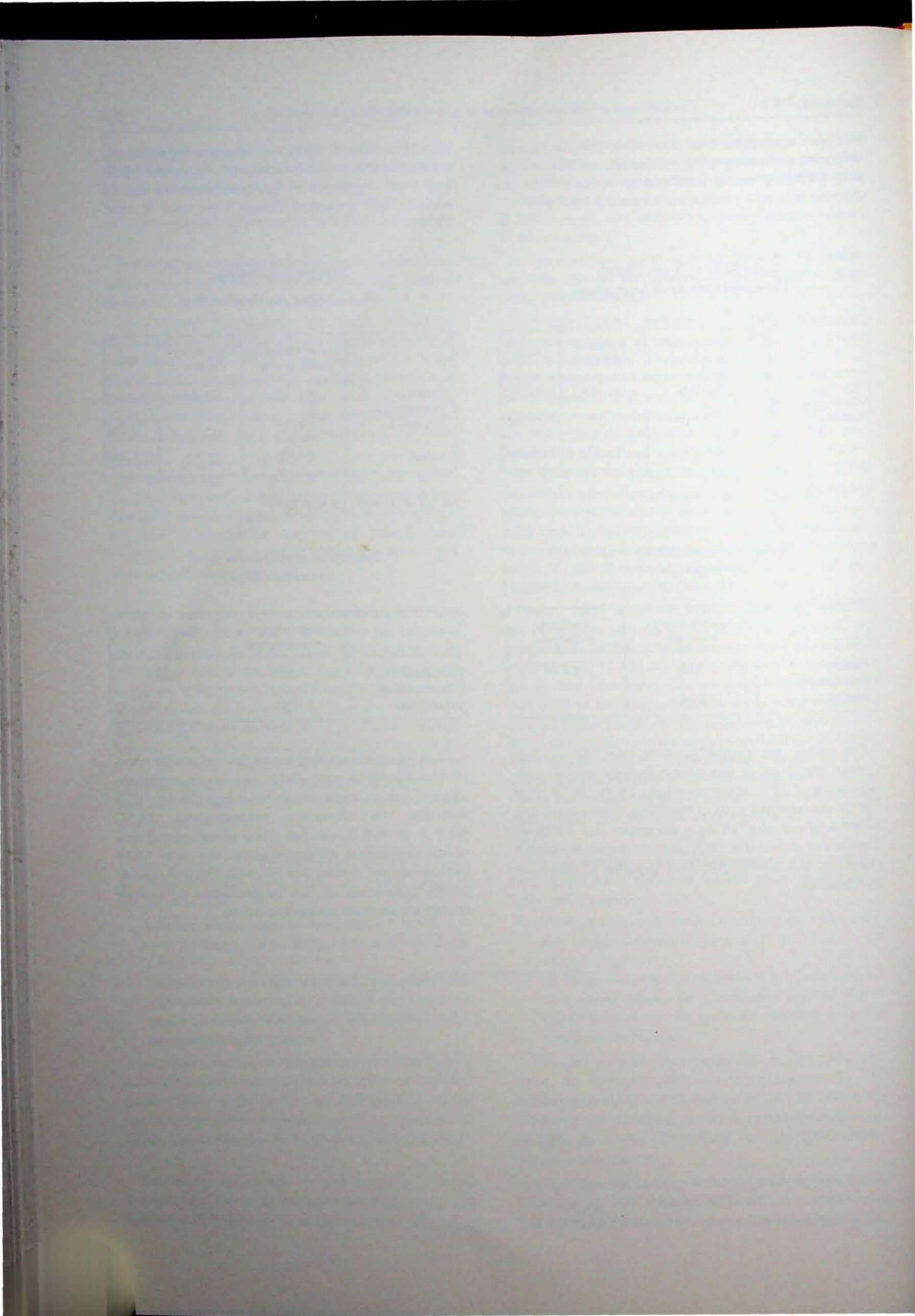
	Soutènement marchant	Etançons individuels
Rabots Haveuses à tambour	770	632
	684	

Dagelijkse produktie per pijler (netto-ton / dag)

	Gemechaniseerde ondersteuning	Afzonderlijke stijlen
Schaven Trommelsnijmachine	770	632
	684	

On utilise des cadres jumelés non liés au convoyeur, des piles et des piles-boucliers liés au convoyeur (en 1975, respectivement 24 %, 69,2 % et 6,8 % du nombre total d'éléments marchants). Les piles-boucliers ont fait leur apparition fin 1974 et permettent d'étendre l'application du soutènement marchant aux ouvertures plus grandes et aux toits plus friables.

Men gebruikt tweelingramen die niet aan de transporteur bevestigd zijn, alsook bokken en schildbokken die aan de transporteur bevestigd zijn (in 1975 vormden die elementen respectievelijk 24 %, 69,2 % en 6,8 % van het totaal aantal gemechaniseerde elementen). De schildbokken zijn einde 1974 verschenen en maken het mogelijk de gemechaniseerde ondersteuning ook te gebruiken bij grotere openingen en meer brokkelige daken.



Sélection des fiches d'INIEX

INIEX publie régulièrement des fiches de documentation classées, relatives à l'industrie charbonnière et qui sont adressées notamment aux charbonnages belges. Une sélection de ces fiches paraît dans chaque livraison des Annales des Mines de Belgique.

Cette double publication répond à deux objectifs distincts :

- a) *Constituer une documentation de fiches classées par objet*, à consulter uniquement lors d'une recherche déterminée. Il importe que les fiches proprement dites ne circulent pas ; elles risqueraient de s'égarer, de se souiller et de n'être plus disponibles en cas de besoin. Il convient de les conserver dans un meuble ad hoc et de ne pas les diffuser.
- b) *Apporter régulièrement des informations groupées par objet*, donnant des vues sur toutes les nouveautés.

C'est à cet objectif que répond la sélection publiée dans chaque livraison.

A. GEOLOGIE — GISEMENTS PROSPECTION — SONDAGES

IND. A 34

Fiche n. 66.323

B. TISSOT. La genèse du pétrole. — **La Recherche**, 1977, avril, n° 77. Volume 8, p. 326/334, 7 fig.

L'origine commune de tous les combustibles fossiles — pétrole, gaz, charbon, schistes bitumineux — est la matière organique synthétisée par les végétaux, dont une faible part est sauvegardée et incorporée dans les sédiments, elle subit toute une série de transformations qui produiront ces combustibles. Une accumulation massive de végétaux supérieurs se transforme en houille et la matière organique dispersée, d'origine marine ou terrestre, produira du pétrole ou du gaz. Le kérogène est la forme la plus abondante de matériel fossile ; il existe à l'état dispersé dans les roches et constitue la source du pétrole et du gaz ainsi que des schistes bitumineux. Son étude permet de retracer l'histoire de la genèse du gaz et des hydrocarbures, avec pour application une meilleure connaissance des gisements.

IND. A 352

Fiche n. 66.329

J. BOULADON. Les gisements de plomb-zinc-argent du Massif Central. — **Bulletin du Bureau de Recherches Géologiques et Minières**, 1977, n° 2, Section II, p. 67/90, 11 fig., 1 tabl.

Le Massif Central a fourni à lui seul plus de 600.000 t de plomb métal et près de 700.000 t de zinc métal, soit la moitié de la production française en ces métaux. Toutes les minéralisations plombo-zincifères d'importance économique actuellement connues dans le Massif Central appartiennent à 2 grands groupes : 1) les filons, tardi-hercyniens et alpins, soit à sidérite (les plus anciens), soit à barytine (les plus nombreux), soit à fluorine ; 2) les gîtes stratiformes dans les sédiments de la couverture post-cadomienne (Montagne Noire), ou de la couverture post-hercynienne (Cévennes, Quercy, Détroit poitevin, Morvan). Les minéralisations plombo-zincifères stratiformes liées au volcanisme sont encore peu connues dans le Massif Central, et n'y ont pas jusqu'ici d'intérêt économique (région de Sain Bel, Rhône). Biblio. : 21 réf. Résumé de la Revue.

IND. A 354

Fiche n. 66.331

J.M. SCHMITT et M. THIRY. Minéralisation en plomb par évolution pédogénétique d'une série arkosique du trias (Zeïda, Haute Moulouya, Maroc). — **Bulletin du Bureau de Recherches Géologiques et Minières**, 1977, n° 2, Section II, p. 113/133, 12 fig.

Les gisements de plomb de la boutonnière de Zeïda-Bou Mia au Maroc se présentent sous forme d'imprégnations en galène et cérusite dans des bancs arkosiques d'âge triasique. Les dépôts détritiques comblent les paléovallées d'un massif granitique et se sont mis en place lors d'alternance de périodes d'émergence et de périodes d'érosion-sédimentation. Au cours des périodes prolongées d'émergence s'établissent des profils d'altération pédologique sur l'arrière-pays granitique et sur les dépôts arkosiques eux-mêmes. Cette évolution pédologique transforme profondément le matériel détritique dans lequel s'individualisent des cuirassements ferrugineux et siliceux et des encroûtements calcaires. Le milieu de genèse de ces silicifications climatiques forme un piège géochimique dans lequel est fixé et concentré sélectivement le plomb en même temps que la silice. Il s'individualise ainsi une zone minéralisée qui est une véritable « cuirasse plombeuse » d'origine pédologique. Biblio. : 29 réf. Résumé de la Revue.

B. ACCES AU GISEMENT METHODES D'EXPLOITATION

IND. B 24

Fiche n. 66.398

W.P. DIAMOND, D.C. OYLER et Coll. Directionally controlled drilling to horizontally intercept selected strata, upper Freeport coalbed, Greene County, Pa. *Forage contrôlé en direction pour recouper horizontalement une couche bien déterminée, la couche supérieure Freeport, dans le Comté de Green en Pennsylvanie.* — **US Bureau of Mines. Report of Investigations. 8231**, 1977, 21 p., 9 fig., 3 tabl.

Pour un projet de dégazage d'une couche de charbon, l'US Bureau of Mines a entrepris le forage dirigé d'un trou pilote de 3'', de manière à recouper horizontalement la veine Freeport. Le projet initial prévoyait de continuer le forage horizontalement 15 m dans la couche et 2 autres forages devaient être faits dans la couche suivant des directions différentes. Cependant, l'épaisseur variable (de 0 à 4,3 pieds) de la veine Freeport n'a pas permis la continuation de l'essai. Enseignements apportés par cette technique de forage. Biblio. : 8 réf.

IND. B 31

Fiche n. 66.318

M. GRELU. Le nouveau tunnel de Saint-Cloud. — **Tunnels et Ouvrages Souterrains**, 1977, mai-juin, p. 122/130, 7 fig., 1 tabl.

Géologie du site. Enseignements apportés par la construction de l'ancien tunnel et l'examen de son état. Choix de la conception générale de l'ouvrage. Caractéristiques géométriques du nouveau tunnel. Exécution des travaux : travaux préparatoires et consolidation du tunnel existant, exécution du tunnel foré (348 m de longueur), exécution des tranchées couvertes.

IND. B 31

Fiche n. 66.319

J.F. BOUGARD et C. SCLOSSER. La jonction des lignes n° 13 et 14 du métro de Paris. — **Tunnels et Ouvrages Souterrains**, 1977, mai-juin, p. 132/145, 29 fig.

Présentation du projet : situation en plan et profil, données géologiques, hydrologie, recherches et essais préalables, description des ouvrages (tunnels limitrophes et caissons). Exécution des travaux : traversée de la Seine à l'aide de caissons (mise à l'eau, translation, immersion, raccordement), exécution des souterrains latéraux (traitement des terrains, exécution des souterrains courants).

IND. B 40

Fiche n. 66.378

X. Western Deep counters deep mining problems. *Les problèmes de l'exploitation à grande profondeur à la mine Western Deep.* — **Coal, Gold and Base Minerals**, 1977, juillet, p. 31/37, 3 fig., 2 tabl.

La mine Western Deep a ses exploitations à 3476 m de profondeur et a rencontré 3 problèmes dus à la profondeur : pression, chaleur et transport. Difficultés rencontrées lors du raval du puits : forage de courte longueur car les pressions de terrains refermaient les trous s'ils étaient trop longs et on ne pouvait plus les charger ; soutènement directement après l'excavation avec du béton projeté. Le problème le plus important est celui de la réfrigération de l'air. La puissance installée pour la réfrigération est actuellement de 75.250 kW, mais sera ultérieurement portée à 99.750 kW. La température des roches est de 54,5°C. Le refroidissement des chantiers est assuré par de l'eau froide provenant des installations de réfrigération et circulant dans un réseau de tuyauterie calorifugée (120 km de longueur). Tout l'air d'entrée des chantiers est refroidi à 26°C (température humide). Des unités mobiles complémentaires de puissance unitaire de 270 kW sont nécessaires. Quelques renseignements sur les investissements prévus en 1977.

IND. B 31

Fiche n. 66.404 I

J.F. BOUGARD, P. FRANÇOIS et Coll. Le prédécoupage mécanique. — **Tunnels et Ouvrages Souterrains**, 1977, juillet-août, n° 22, p. 174/180, 5 fig.

Ce procédé nouveau pour le creusement des tunnels, mis au point sur les chantiers de la RATP, consiste à créer dans le terrain, préalablement à toute opération de creusement, une saignée de havage d'épaisseur déterminée et dont le tracé suit le profil théorique d'extrados de l'ouvrage. Cette saignée autorise l'exécution ultérieure de l'excavation, dans les meilleures conditions sur le plan de l'efficacité, de la sécurité, des performances et des coûts. L'avantage de ce prédécoupage mécanique est qu'en terrain dur, et plus particulièrement en site urbain, il permet une utilisation de l'explosif à grande échelle et qu'en terrain meuble, il permet la création d'une protection préalable dans le terrain, avant creusement, qui prévient toute décompression des terrains supérieurs. Le prédécoupage mécanique : problèmes posés par l'utilisation de l'explosif en site urbain ; origine, essais, avantages du prédécoupage mécanique dans le cas du creusement d'un tunnel avec utilisation d'explosifs (moindre quantité d'explosif ; conservation au terrain encaissant de toutes ses qualités ; suppression des hors-profils ; diminution possible du soutènement provisoire, de l'épaisseur du revêtement définitif et des injections de blocage ; augmentation de la sécurité du personnel ; simplicité des opérations de perforation).

IND. B 4110

Fiche n. 66.261

A.V. CALLIS. Efficiency and productivity at the coal face. *Efficacité et productivité dans une taille au charbon.* — **The Mining Engineer**, 1977, juin, p. 503/516, 7 fig., 4 tabl.

En 1975 en Grande-Bretagne, la production a été de 117 Mio.t, soit 55 % de la production de 1952. Le nombre de tailles mécanisées s'est stabilisé à 750 environ avec un personnel de 250.000 personnes. Le nombre d'ouvriers-poste en taille a été de 14,8 millions en 1975, soit 23 % de celui de 1952. Le plan du charbon 1974 prévoit une augmentation annuelle du rendement de 100 kg/an, soit 4 % par an, ce qui correspond à une augmentation annuelle de 50 t/jour et par taille. En 1986, la production moyenne serait de 1100 t/jour et par taille au lieu de 600 t actuellement. Énumération des 3 principes pour augmenter la productivité en taille : mécanisation de toutes les opérations, chaque pièce d'un équipement doit être plus fiable, simplification des méthodes de travail. Discussion de l'application de ces principes et des méthodes de travail actuelles en vue de les améliorer. Biblio. : 11 réf.

IND. B 4211

Fiche n. 66.386

X. Mécanisation de l'abattage dans les veines minces de dressants avec machine Dressmatic II. — **Charbonnages de France. Publications Techniques. Note Technique**, 1977, n° 3, 12 p., 9 fig., 4 tabl.

Aperçu général sur la mécanisation de l'abattage dans les chantiers de dressants du Bassin de Lorraine. Mise au point d'une nouvelle méthode de mécanisation de l'abattage pour des couches en dressant, dont l'ouverture peut descendre jusque 2,10 m, alors qu'on était limité aux ouvertures supérieures à 2,90 m pour des pendages de 60° et supérieures à 2,60 m pour des pendages verticaux. Principaux organes de la machine Dressmatic II ; description des sous-ensembles principaux (centrale hydraulique, ensemble de halage, tête de havage, patins d'appuis sur le mur) ; possibilités géométriques de la machine ; description du pont monopoutre. Les essais ont été réalisés en Veine Cécile de 2,5 m à 3 m d'ouverture et de 63° de pendage. Problèmes rencontrés et solutions apportées. Organisation des travaux dans le chantier et analyse du cycle de travail. Résultats obtenus : rendement taille 11,16 et 10,86 t/HP, soit un gain de 36 % par rapport au même chantier exploité par méthode conventionnelle.

C. ABATTAGE ET CHARGEMENT

IND. C 2212

Fiche n. 66.339

G. LAGERSTRÖM. Drill power : pneumatic or hydraulic ? *Perforatrices hydrauliques ou pneumatiques ?* — **Mining Equipment International**, 1977, juillet-août, p. 39/43, 2 fig.

Les perforatrices hydrauliques coûtent plus cher que celles actionnées pneumatiquement, mais leur plus grande productivité et les facteurs de meilleur contrôle de l'environnement en font le choix le plus économique dans certains cas. Au début d'un nouveau projet, lorsqu'aucun matériel présent n'affecte l'investissement, il serait bon de considérer l'achat de perforatrices hydrauliques.

IND. C 233

Fiche n. 66.416

C. MICHOT et J. BIGOURD. Aptitude à la détonation des bouillies explosives. — **Explosifs**, 1977, avril-septembre, n° 2 et 3, p. 58/64, 3 fig., 2 tabl.

L'aptitude à la détonation d'une bouillie explosive est caractérisée par le diamètre critique de détonation et par la sensibilité à l'amorce. Une méthode rapide,

faisant appel à des charges coniques, permet de déterminer le diamètre critique de détonation. L'influence de la densité de la bouillie sur son aptitude à la détonation a été examinée. Les variations de densité ont été obtenues, soit par incorporation de bulles de gaz dans la bouillie avant le tir, soit par compression de la bouillie au moment du tir. Les résultats sont différents suivant que la bouillie comporte un constituant explosif ou non.

IND. C 243 Fiche n. 66.417

E. EITZ et R. ZIMMERMAN. Méthode utilisée en RFA pour déterminer les composants toxiques des fumées résultant de la détonation d'explosifs. — **Explosifs**, 1977, avril-septembre, n° 2 et 3, p. 65/71, 2 tb.

Les fumées sont produites en faisant sauter environ 7 kg d'explosifs — répartis entre 7 à 10 trous de mine de 38 à 40 mm de diamètre et de 1,30 m à 2 m de longueur, les charges sont garnies d'une boue pâteuse et détonées à l'aide d'une amorce instantanée — dans une chambre fermée de la mine expérimentale de Tremonia. Sous l'effet de l'explosion, le volume de la chambre passe de 30 m³ à 100 m³ environ. Dans les premières 8 ± 1 min qui suivent l'explosion, on fait prélever 9 doubles échantillons de fumées pour l'analyse des gaz nitreux et pour l'analyse de l'oxyde de carbone et de l'anhydride carbonique. Deux tableaux indiquent les composants CO et NOx de gaz d'explosion obtenus avec divers explosifs et dans diverses conditions de confinement.

IND. C 243 Fiche n. 66.418

F. VOLK. Recherche sur les fumées produites par la détonation de divers explosifs. — **Explosifs**, 1977, août-septembre, n° 2 et 3, p. 72/80, 14 fig.

On a fait exploser, dans une chambre d'explosion, diverses quantités de nitropenta, d'hexogène, de tétyl, de nitrate de polyvinyle et d'ammonite 1, sous atmosphère d'argon et sous atmosphère d'air. Les fumées produites ont été analysées par chromatographie en phase gazeuse. La teneur en oxydes d'azotes a été déterminée à l'aide d'un analyseur de NOx à chimiluminescence. Il est apparu que même une faible quantité d'air, (4 % en volume) présent dans l'atmosphère de gaz inerte, augmente sensiblement la teneur en NO des gaz engendrés par la détonation. On a observé une formation encore plus intense de NO lors de la décomposition de matières explosives par explosion dans l'air. Les résultats expérimentaux ont été examinés et comparés aux résultats obtenus en appliquant un programme de calcul thermodynamique. Biblio. : 5 réf.

IND. C 5 Fiche n. 66.342

P.G. WEEKS et T.L. CARR. Hydraulic mining. *Abattage hydraulique.* — **Colliery Guardian. Annual Review of the Coal Industry**, 1977, août, p. 485/494, 6 fig., 3 tabl.

Bref rappel historique de l'abattage hydraulique du charbon qui, dans le cas de conditions géologiques difficiles, donne de meilleurs résultats que les méthodes traditionnelles. Les divers systèmes d'abattage hydraulique. Conditions nécessaires pour utiliser l'abattage hydraulique. Avantages et limites d'application. Exemples d'application en URSS, RFA, Chine et Canada. Projet d'exploitation d'un panneau. Transport par tuyauteries du charbon au fond et au jour.

D. PRESSIONS ET MOUVEMENTS DE TERRAIN — SOUTÈNEMENT

IND. D 20 Fiche n. 66.346

W. KAMMER. Die Ausbauplanung durch Vorausberechnung der Endkonvergenz in Abbaustrecken. *La planification du soutènement par le calcul préalable de la convergence finale dans les voies de taille.* — **Glückauf**, 1977, 4 août, p. 746/748, 5 fig.

Tableau définissant les différentes classes des voies de taille suivant leurs positions par rapport à la taille. Nomogramme permettant le calcul préalable de la convergence dans les voies de taille, en avant de celle-ci et avec une exploitation d'un seul côté de la taille. Comparaison des convergences calculées et des convergences finales mesurées. Influence de la ligne d'arrêt d'une exploitation. Choix du soutènement des voies accompagnant la taille.

IND. D 21 Fiche n. 66.405 I

E.J. CORDING et W.H. HANSMIRE. Les déplacements autour des tunnels en terrain tendre. — **Tunnels et Ouvrages Souterrains**, 1977, juillet-août, n° 22, p. 181/192, 6 fig., 3 tabl.

Les auteurs décrivent les observations de mouvements de terrain qu'ils ont faites dans des tunnels pour le métro de Washington. Détermination de la perte de sol qui peut se développer au front du tunnel, au-dessus du bouclier, pendant la mise en place du revêtement, au cours de déformations ultérieures du revêtement et avec le temps. Influence des propriétés du sol sur la perte de terrain ; description de quelques facteurs qui affectent la perte de terrain pour 4 états de sol. Origine de perte de sol : perte de sol vers le front, perte de terrain au-dessus du bouclier, pendant et à la suite de la mise en place du revêtement.

IND. D 220

Fiche n. 66.345

G. EVERLING. Planungsgrundlagen für einen Schutzabbau. *Principes de planification pour une exploitation garantie.* — **Glückauf**, 1977, 4 août, p. 744/746, 3 fig.

Le dépouillement de nombreuses séries de calcul de pression de terrains a permis de déduire quelques règles de base pour une planification du découpage. Ces règles permettent d'éviter des effets perturbateurs des pressions de terrains dues à la ligne d'arrêt de vieilles exploitations qui peuvent se présenter dans le toit ou le mur de la couche à exploiter. Pour cela, il faut d'abord définir en premier lieu 3 notions : la pression de terrain, l'accroissement de pression et l'exploitation garantie. Graphiques montrant l'évolution des pressions de terrains dans une voie de taille et les courbes d'égale pression d'une voie parallèle et sous la ligne d'arrêt d'un chantier exploité et ce, pour différentes positions de la voie par rapport à la taille. Biblio. : 2 réf.

IND. D 34

Fiche n. 66.336

X. La nouvelle NBN 15 vient de paraître. Texte français et néerlandais — **IBN Revue**, 1977, juillet-août, n° 4, p. 5/6.

Au cours des travaux de la 6ème révision de la norme NBN 15 — ouvrages en béton — des modifications ont été apportées à cette norme et les plus importantes sont : la préséance est donnée au calcul aux états-limites par rapport au calcul suivant les hypothèses de l'élasticité ; la qualité du béton n'est plus définie par sa résistance moyenne, mais par sa résistance caractéristique ; les prescriptions relatives au béton précontraint ne font plus l'objet d'un chapitre spécial ; une attention particulière a été réservée au béton léger de structure ; les prescriptions relatives aux matériaux constitutifs du béton ne figurent plus dans cette édition ; actions sur les constructions en béton tenant compte des normes de la série NBN B03 ; durabilité des ouvrages et résistance au feu ; la norme a été divisée en 4 normes séparées NBN B 15-101 à NBN B 15-104.

IND. D 40

Fiche n. 66.344

U. GROTOWSKY. Gebirgsbeherrschung in Strecke und Streb. *Contrôle des terrains en voie et en taille.* — **Glückauf**, 1977, 4 août, p. 743, 1 fig.

Présentation de la Journée d'Information de la sous-commission « Soutènement et Mécanique des Roches » du Steinkohlenbergbauverein qui a eu lieu à Essen le 12 mai 1977. Considérations sur les pressions de terrains suite à l'approfondissement des tra-

voux d'exploitation et les conséquences sur la section des voies ainsi que les problèmes de climatisation. En conclusion, planification rigoureuse pour le découpage du gisement et pour le soutènement ; surveillance du soutènement, de sa déformation et des mouvements de terrains.

IND. D 430

Fiche n. 66.352

H. HERWIG. Sind Ausbrüche und Hangendstufen durch erhöhten Ausbaustützdruck vermeidbar ? *Les éboulements et les redents de toit sont-ils évitables si on augmente la force portante du soutènement ?* — **Glückauf**, 1977, 4 août, p. 760/762, 3 fig., 1 tabl.

Les résultats des recherches peuvent être résumés comme suit : 1) On doit établir une différence entre affaissement et éboulements de moins et de plus de 50 cm de hauteur. 2) Les éboulements de moins de 50 cm de hauteur peuvent être diminués en réglant la distance entre extrémité de bèles et front de taille et non par augmentation de la résistance du soutènement. 3) Les éboulements de plus de 50 cm peuvent être réduits en portant la résistance du soutènement à 250 kN/m², indépendamment de l'ouverture de la couche, à condition que la distance entre l'extrémité des bèles et le front de taille reste petite. Une plus grande distance ne peut être compensée par une augmentation de la résistance du soutènement. 4) L'affaissement du toit se produit rarement et même pour des toits raides avec de faibles pressions de terrain et des soutènements à force portante insuffisante. La force portante du soutènement doit s'élever à 400 kN/m² pour empêcher l'affaissement dans la plupart des tailles. Traduction du résumé de la Revue.

IND. D 60

Fiche n. 66.317

J. FAUCHART, J. HUEBER et Coll. Un revêtement souterrain de conception nouvelle. Le voussoir mixte : béton - fonte ductile. — **Tunnels et Ouvrages Souterrains**, 1977, mai-juin, p. 109/120, 15 fig.

Justification de l'association fonte — béton dans ce nouveau type de voussoir qui a 45 cm d'épaisseur, 1,40 m de largeur et 3,80 m de longueur développée ; le poids est de 6 t. Description et fabrication du voussoir mixte qui se compose d'un squelette en fonte appelé « grille » et de béton. La section des barres est de l'ordre de 30 cm² (pour en limiter leur nombre) et elles sont situées à mi-épaisseur des voussoirs ; il est possible de les disposer en quinconce, ce qui augmente la résistance à la flexion du voussoir. Fonctions du béton. Essais réalisés à l'occasion de la mise au point du voussoir mixte. Méthode de calcul. Domaines d'utilisation du voussoir mixte préfabriqué.

IND. D 60

Fiche n. 66.347

G. QUENTIN. Die Teilmechanisierung der Ausbauarbeit mit einer Bühne im Streckenvortrieb. *La mécanisation partielle du travail de pose du soutènement au moyen d'une plate-forme, dans le creusement des voies.* — **Glückauf**, 1977, 4 août, p. 748/751, 4 fig.

Description d'une plate-forme à multiples usages dénommée ATHB, construite par la firme Becorit-Becker-Prünste, permettant la pose mécanisée du soutènement des galeries et pouvant également servir pour le transport, le levage et le forage. Organisation du travail dans le creusement conventionnel à l'explosif. Pour que cette plate-forme puisse être utilisée, il faut que la section de la galerie soit d'au moins 15 m², le rayon de courbure de 35 m et la pente de la voie ne peut dépasser 16 grades (14,4°). Renseignements pratiques d'utilisation concernant la suspension de la plate-forme, l'installation pour le forage et le remplissage derrière les cadres. 1 réf.

IND. D 62

Fiche n. 66.349

W. GÖTZE. Grundlagen für den Ankerausbau in bogenförmigen Streckenquerschnitten. *Principes pour le soutènement par boulons d'ancrage dans des voies semi-circulaires.* — **Glückauf**, 1977, 4 août, p. 753/755, 4 fig.

Le soutènement composé — boulons d'ancrage et garnissage avec grillage — a pour but de réaliser un anneau de support rapide et à haute résistance avec l'enveloppe de terrains autour des cadres, elle est formée avec l'aide des boulons d'ancrage. Champ d'application. Surveillance de ce type de soutènement. Calculs de sécurité. Optimisation des coûts.

IND. D 66

Fiche n. 66.348

D. SCHROER. Arten der Hinterfüllung von Streckenausbaue und ihre Wirkungen. *Modes de remplissage derrière le soutènement des galeries et leurs effets.* — **Glückauf**, 1977, 4 août, p. 751/753, 3 fig., 1 tabl.

A partir de renseignements provenant de mesures effectuées dans 18 voies, l'auteur donne les conclusions concernant l'efficacité du remplissage derrière les cadres en se basant sur la distance entre les cadres et le terrain. Dans ces 18 voies, 11 — section de 11 à 17 m² — ont été creusées à l'explosif et 7 — section de 16 à 21 m² — à l'aide de machines de creusement à attaque partielle. Présentation des résultats ; un graphique donne la diminution de la distance entre les cadres et le terrain en fonction de la distance de la voie derrière la taille dans le cas d'un remplissage

manuel. Remplissage mécanique derrière les cadres : les particularités de l'isomousse ; un graphique donne la diminution de la distance entre cadre et terrain en fonction de la longueur de la voie en arrière de la taille. Comparaison de la convergence finale et de la déformation des cadres suivant le mode de remplissage.

E. TRANSPORTS SOUTERRAINS

IND. E 0

Fiche n. 66.341

A.F. DEAKIN et R.J. BARBER. Flexible haulage. *Transport « souple ».* — **Colliery Guardian. Annual Review of the Coal Industry**, 1977, août, p. 475/483, 12 fig.

Evolution, depuis 1970, de la longueur du parcours entre taille et puits dans les mines britanniques et prévisions jusqu'en 1983. Moyens pour réduire la durée de parcours. Examen du transport à la mine Lea Hall pour prouver que l'emploi de locomotives électriques à accumulateurs, où il existe plusieurs quartiers d'exploitation suite aux conditions géologiques, permet de réaliser le transport du charbon, du matériel et des hommes d'une manière souple et plus rapide. Examen du transport par convoyeurs à bande, par locomotives électriques à accumulateurs, par camions avec pneumatiques et exemples d'application. Intérêt des systèmes de transport souple.

IND. E 26

Fiche n. 66.387

X. Utilisation d'un chargeur transporteur Wagner ST-2-B à commande à distance dans une exploitation par chambres avec soutirage sur le siège de Cagnac aux Houillères d'Aquitaine. — **Publications des Charbonnages de France. Note Technique.** — 4-76, 1977, n° 3, 11 p., 7 fig.

Le chargement du soutirage est réalisé par des camions Wagner ST-2-B et la pénétration de l'engin dans le tas de charbon est limitée car, en aucun cas, le conducteur ne doit se trouver dans une zone non soutenue, ce qui entraîne un abandon de charbon abattu. En télécommandant le camion, il peut pénétrer plus profondément dans le tas, ce qui augmente le taux de récupération. Principe de conception de la télécommande réalisée par fil, tout en permettant une adaptation ultérieure pour une commande par radio. Fonctions assurées et sécurités prévues. Réalisation pratique et schéma de la télécommande. Réalisation d'une télécommande radio. Aspect ergonomique. L'analyse des résultats montre que l'amélioration du rendement du quartier, due au seul usage de la commande à distance des chargeurs-transporteurs, peut être estimée à 16%.

F. AERAGE — ECLAIRAGE HYGIENE DU FOND

IND. F 21

Fiche n. 66.400

J. CERVIK, A. SAINATO et Coll. Water infusion of coalbeds for methane and dust control. *Injection d'eau dans les couches de charbon pour le contrôle du grisou et des poussières.* — **US Bureau of Mines. Report of Investigations 8241**, 1977, 27 p., 26 fig., 4 tabl.

Des études ont montré que l'eau injectée dans les couches de charbon chemine dans le réseau de fissures et remplace le grisou s'y trouvant et empêche sa migration vers la taille. Le grisou s'éloigne de la zone injectée et entre dans les voies de retour d'air. Une diminution progressive du dégagement grisouteux est observée à partir du démarrage de l'injection jusqu'à ce que la zone injectée soit exploitée. Les pressions d'injection varient de 21 à 140 kg/cm² et dépendent de la perméabilité de la couche. Les émissions de grisou de la taille, dans la couche supérieure Kittaning et dans celle de Pittsburgh, ont été réduites de 89 et 38 % ; cette réduction dépend de l'orientation des clivages par rapport au front de taille. On a constaté également des réductions importantes des poussières respirables. Biblio. : 17 réf.

IND. F 21

Fiche n. 66.411

C.H. ELDER et M.C. IRANI. Geology and gas content of coalbeds in vicinity of Bureau of Mines, Bruceton, Pennsylvania. *Géologie et teneur en gaz des couches de charbon dans le voisinage du Bureau of Mines à Bruceton, Pennsylvanie.* — **U.S. Bureau of Mines. Report of Investigations 8247**, 1977, 22 p., 14 fig., 4 tabl.

L'objectif de cette étude sur le dégazage des couches de charbon était de réunir des informations sur les propriétés physiques des couches de charbon en relation avec la concentration en gaz et d'appliquer et d'évaluer une technique de stimulation hydraulique pour augmenter le captage du grisou. Un autre but a été de réunir des informations géologiques et d'établir une corrélation entre les couches de charbon de la région de Bruceton. Deux sondages de dégazage ont été forés à des profondeurs de 360 et 380 m dans une propriété de l'US Bureau of Mines et ont recoupé 5 couches de charbon. La stimulation hydraulique avec de l'eau contenant un gel et du sable n'a pas donné les résultats escomptés, car les résidus du gel freinaient le dégagement de gaz. Renseignements sur les concentrations en gaz des couches. Biblio. : 8 réf.

H. ENERGIE

IND. H 0

Fiche n. 66.099

BROOKHAVEN NATIONAL LABORATORY AND KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH. An initial multi-national study of future energy systems and impacts of some evolving technologies. *Une première étude multinationale des futurs systèmes énergétiques et des impacts de certaines technologies en développement.* — **National Technical Information Service. U.S. Department of Commerce**, 1977, avril, 60 p. 3 fig., 28 tabl. Prix : \$ 4,50.

Des participants des 13 pays de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) et la Commission des Communautés Européennes ont réalisé des analyses des systèmes énergétiques. Une description quantitative du système énergétique 1974 a été préparée pour chaque nation participante. En 1974, la consommation énergétique du « Groupe des 13 nations » s'élevait à la moitié de la consommation énergétique mondiale. Ce « Groupe des 13 » importait plus de 30 % de ses besoins en énergie primaire, le pétrole et le gaz naturel intervenant pour les 3/4. Des projections ont été faites pour les années 1985 et 2000 de façon à étudier l'impact des nouvelles technologies et des mesures conservatoires.

IND. H 0

Fiche n. 66.355

X. Nouvelles perspectives de l'énergie. Textes français et anglais. — **Revue de l'Energie**, 1977, août-septembre, n° 296, 201 p. Nombreuses figures. Nombreux tableaux.

Numéro spécial consacré aux nouvelles perspectives de l'énergie. Sommaire : I. *Les politiques de l'énergie.* Une politique européenne de l'énergie : mirage lointain ou réalité de demain (H. Simonet). La politique de l'énergie aux Etats-Unis (P.H. Frankel). Options pour une stratégie à long terme de l'énergie au Japon (M. Sakisaka). Quelques aspects de la politique énergétique soviétique (M. Grenon). Prévisions pour une politique des énergies de remplacement en Inde (K.S. Parikh). Quelques aspects de la politique de l'énergie en Algérie (A. Kéramane). Recherche d'une politique mondiale raisonnable de l'énergie. Quelques considérations et options (A.A. Attiga). II. *Etudes spécifiques.* Les risques de disette d'énergie à l'échelle mondiale (P. Ailleret). Les pétroles non conventionnels : introduction (P. Desprairies). Les schistes bitumineux (T.F. Bradshaw). Le projet Syncrude et l'avenir du développement de l'huile lourde (W.N. Sande). Mieux exploiter les réserves pétrolières, la récupération assistée (L. Sajus). Le pétrole de mer profonde : mythe ? Réalité d'aujourd'hui ? Nécessité

de demain ? (G. Rutman). La gazéification du charbon (P. Gaussens). Quelques aperçus sur les applications présentes et les espoirs de développement des pompes à chaleur en France (A. Robin). Les ressources énergétiques offertes par la photo-synthèse naturelle (E. Zedet).

IND. H 0

Fiche n. 66.396

Ch. HEINE. Des économies dans la conversion et l'utilisation des ressources énergétiques. — 1977, 25 mai, 32 p., 3 fig., 1 tabl.

Cette note a pour objet d'analyser succinctement le bilan énergétique de notre pays, de mettre en évidence les économies possibles et d'inciter à de nouveaux investissements rentables en vue de réduire la consommation d'énergie primaire. Besoins énergétiques mondiaux ; durées probables des disponibilités de gaz naturel et de pétrole (30 à 60 ans en supposant un accroissement normal de la consommation), de l'uranium (50 à 100 ans) et du charbon (200 à 400 ans). Répartition de l'énergie primaire, consommée en Belgique, par secteur d'utilisation et analyse des besoins domestiques et tertiaires. Economies d'énergie dans les secteurs domestique et tertiaire. Production d'électricité : unités classiques thermiques, turbines à gaz et moteurs Diesel, unités nucléaires, développement des interconnexions. Application de l'énergie totale avec production mixte de l'électricité et de la chaleur. Récupération de chaleur à basse température. Bilan énergétique des processus industriels. Consommations spécifiques d'énergie pour des producteurs de métaux ou des principaux produits de la chimie. Actions spécifiques dans le cadre des économies d'énergie en pétrochimie et chimie, sidérurgie, métaux non ferreux, ciment, tuiles et briques, verre, papiers, textile et électromécanique. Economies possibles dans les transports. Autres sources de combustibles et nouvelles techniques pour une utilisation plus économique du charbon. Energies futures non traditionnelles. Action des pouvoirs publics. Programmes de recherches et développement. Conclusions. Biblio. : 22 réf.

IND. H 30

Fiche n. 66.309

P. PFLIMLIN. Le gaz à Strasbourg et en Alsace. — *Annales des Mines (France)*, 1977, août, p. 35/38.

Le maire de Strasbourg rappelle que le gaz est distribué dans la région de Strasbourg par une société d'économie mixte : Gaz de Strasbourg, dont la ville est actionnaire majoritaire. Il évoque les quelques tensions inévitables, mais toujours surmontées, entre

les préoccupations des actionnaires privés et celles de la ville agissant en tant que représentant des habitants, en tant que puissance concédante et en tant qu'actionnaire. D'autres difficultés résultent de la diminution de la différence entre le prix auquel Gaz de Strasbourg achète le gaz et le prix auquel il est autorisé à le vendre. La conversion au gaz naturel ouvre un nouveau chapitre, car elle permet un développement des usages du gaz, pour le chauffage en particulier, ce qui est favorable au point de vue de l'environnement urbain. En terminant, l'auteur déplore l'absence d'une véritable politique énergétique au plan européen. Résumé de la Revue.

IND. H 30

Fiche n. 66.310

O. AMILAKVARI. Le gaz et l'Etat — *Annales des Mines (France)*, 1977, août, p. 274.

La nécessité d'établir un réseau de canalisation pour transporter et distribuer le gaz conduit les pouvoirs publics à intervenir, plus ou moins activement suivant les pays, dans les activités de l'industrie gazière : au plan national, attribution de concessions de transport et de distribution, fixation des prix, choix de zones à alimenter en gaz naturel, etc... ; au plan international, bien que les contrats commerciaux soient passés entre entreprises, les Etats ne peuvent se désintéresser d'accords qui lient durablement et rigidement fournisseur et client pour 15 à 20 ans. Résumé de la Revue.

IND. H 30

Fiche n. 66.311

G. ROBERT, Y. DELAVESNE et Coll. Le gaz et l'industrie. — *Annales des Mines (France)*, 1977, août, p. 45/52, 2 tabl.

Le gaz naturel joue un rôle important dans la satisfaction des besoins de l'industrie en énergie ; symétriquement, l'existence d'un marché industriel développé est nécessaire pour un bon équilibre de l'économie gazière. Après un rappel des avantages du gaz, des points de vue technique, économique et écologique, l'article évoque les limites que les critères de régularité et de localisation peuvent mettre à sa diffusion. La complémentarité des marchés industriel et domestique est ensuite étudiée sous ses différents aspects : les consommations industrielles apportent un effet de taille et de régulation qui joue dans le sens d'un abaissement des coûts de transport ; la possibilité d'équipements mixtes fuel/gaz dans certains usages industriels massifs permet de conclure des contrats de fourniture interruptible qui constituent l'un des éléments de la sécurité et de la gestion rationnelle des réseaux. Au total, les soucis de productivité industrielle, de protection de l'environnement et

de diversification des sources d'approvisionnements sont autant de motifs en faveur d'un large emploi du gaz dans l'industrie, conforme aux objectifs du VIIe Plan. Résumé de la Revue.

IND. H 30 Fiche n. 66.313

R. FORT. Le gaz et la technique. — **Annales des Mines (France)**, 1977, août, p. 59/66, 6 fig.

L'article brosse un tableau rapide de la technique gazière moderne qui se caractérise par sa discrétion. Les canalisations ont notamment évolué en nature du matériau constitutif, en processus de fabrication et de jonction et en performances. L'évolution des compresseurs est brièvement rappelée, ainsi que le rôle des réservoirs souterrains. L'intérêt de la liquéfaction pour le transport et le stockage du gaz a suscité la mise en œuvre de nouvelles techniques tout le long de la chaîne. La production du gaz a pratiquement disparu, mais, sur le plan de la recherche et du développement, de nouvelles techniques sont en cours d'étude. L'industrie gazière utilise largement les techniques qui ne lui sont pas spécifiques et notamment l'informatique. Résumé de la Revue.

IND. H 30 Fiche n. 66.337

FEDERATION DE L'INDUSTRIE DU GAZ « FI-GAZ ». Bulletin d'information. Textes français et néerlandais. — 1977, juillet-août, n° 7-8, 26 p., 11 tabl.

A. *Informations diverses.* Belgique : statistiques de l'électricité (consommation, production, production par types de combustibles classiques, consommation de combustibles). USA : importation de gaz naturel. France : exploitation de gaz naturel en Alsace. Grande-Bretagne : conversion au gaz naturel. Grande-Bretagne et USA : gazéification de la houille. Iran : gaz naturel. Monde : réserves de gaz naturel. Norvège et RFA : gazoducs Ekofisk Emden. Pays-Bas : perspectives d'importation de gaz naturel du Nigéria. RFA : programme inaugural d'importation de gaz algérien ; signature par la Ruhrgas AG et par Salzgitter Ferngas GmbH d'un contrat de fourniture de gaz naturel liquéfié expirant en 2004. Suède : offres de fourniture de gaz naturel par l'URSS. B. *Informations statistiques.* Transport et distribution du gaz par canalisation (avril et mai 1977 et comparaison avec 1976) : production des usines à gaz et gaz naturel hollandais. Ventes d'appareils à gaz en Belgique. C. *Informations climatologiques.*

IND. H 32 Fiche n. 66.312

J. ANDRIOT. La distribution du gaz. — **Annales des Mines (France)**, 1977, août, p. 53/58, 6 fig.

Le gaz est acheminé jusque chez le client par des réseaux de répartition à 16 (et parfois 25) bars et des réseaux de distribution en basse ou moyenne pression (jusqu'à 4 bars). La sécurité est une préoccupation essentielle et permanente mettant en œuvre des matériels et matériaux adaptés et fiables. Pour détecter plus facilement les fuites, on odorise le gaz et des appareils très sensibles ont été mis au point. Les relations avec la clientèle constituent une autre préoccupation constante. Elles sont facilitées par la qualité de l'accueil dans les bureaux et par la rapidité de réponse et d'intervention que permet en particulier la télégestion qui fonctionne à Paris, Lyon, Marseille et Toulouse. Résumé de la Revue.

IND. H 9 Fiche n. 66.316

C. RUHLA. Perspectives de la géothermie en France. — **Sciences et Techniques**, 1977, juin, p. 22/28, 9 fig., 1 tabl.

Le gisement géothermique français constitue une réserve d'énergie calorifique pouvant convenir au chauffage domestique. Par une théorie élémentaire, on peut montrer que cette ressource est utilisable, mais épuisable dans un délai de l'ordre du siècle. On passe ensuite en revue des exemples d'utilisation pour le chauffage des groupes d'immeubles, depuis l'installation simple (Melun) jusqu'à l'installation très sophistiquée avec pompe à chaleur (Creil). Dans la dernière partie, on analyse les possibilités et les limites de la ressource géothermique sur la base des données du Bureau de Recherches Géologiques et Minières. Biblio. : 4 réf.

IND. H 9 Fiche n. 66.324

J. BRISBOIS et J. MALHERBE. Les réacteurs nucléaires à haute température. — **La Recherche**, 1977, juillet-août, n° 80, Volume 8., p. 631/641, 9 fig., 2 tabl.

Les réacteurs à haute température, les HTR, sont capables de fournir de la chaleur à des températures très élevées. De la famille des réacteurs à neutrons thermiques, comme le sont les réacteurs à eau légère actuellement en service ou en construction, ils possèdent une grande souplesse vis-à-vis du cycle combustible ; le cycle au thorium, en particulier, leur permet d'assurer une utilisation optimale du combustible. L'industrialisation des HTR est encore soumise à de nombreux aléas. Cependant, leur utilisation non pas en tant que réacteurs électrogènes,

mais plutôt en tant que réacteurs calogènes, en ferait des auxiliaires privilégiés de l'industrie chimique de demain. Ils pourraient notamment permettre la production massive d'hydrogène ou de combustible de synthèse et transformer ainsi toutes nos habitudes de consommation d'énergie.

IND. H 9

Fiche n. 66.328

L. MANGOU. L'uranium et l'énergie nucléaire. — **Association Amicale des Anciens Elèves de l'Ecole Nationale des Techniques Industrielles et des Mines de Douai**, 1977, mars-avril, n° 74, p. 995/1006, 13 fig., 2 tabl.

Unités employées. Définition du minerai d'uranium. Energie nucléaire : fission et réaction en chaîne. Minerais d'uranium : produits primaires, produits secondaires, produits réfractaires. Teneurs des minerais d'uranium. Gisements d'uranium : sédimentaires, filoniens, à minéralisation diffuse. Exploration des minerais d'uranium. Exploitation des gisements d'uranium. Protection des mineurs contre les radiations. Traitement des minerais. Investissements de développement et coûts d'exploitation miniers. Marché de l'U₃O₈. Réserves d'uranium dans le monde. Raffinage et conversion des concentrés. Enrichissement. Combustible. Centrale nucléaire. Retraitement des combustibles. Prix de revient du kWh d'origine nucléaire.

IND. H 9

Fiche n. 66.395

A. JAUMOTTE. L'énergie solaire et son utilisation. — **Electricité**, 1976, décembre, n° 163, p. 3/19, 21 fig.

Bilan thermique de la terre. Utilisation de l'énergie solaire à basse température : l'habitat solaire (capteur solaire et stockage thermique pour le chauffage de l'eau sanitaire), la serre solaire (capteur sans stockage), l'irrigation solaire. Utilisation par photosynthèse (production de « gaz de fumier »). Utilisation de l'énergie solaire avec concentration optique : concentration, orientation et poursuite (héliostat), projets de centrales solaires. Captage par cellules photovoltaïques. Centrales spatiales solaires : le satellite générateur SSPS (Satellite Solar Power Station). Recherches en cours ou à entreprendre : pour la technologie des collecteurs plans, pour la concentration optique, pour le stockage de la chaleur, pour les cellules solaires. Conclusions. Biblio. : 7 réf.

IND. H 9

Fiche n. 66.402

J. PERCEBOIS. L'énergie solaire. Perspectives économiques. — **Centre National de la Recherche**

Scientifique, Editions du Centre National de la Recherche Scientifique. 75700 Paris, 15, Quai Anatole France. 1975, 205 p. Nombr. fig. et tabl.

Les chances d'émergence de l'énergie solaire sont fortement dépendantes de la stratégie adoptée en matière énergétique par l'Etat sous la pression d'un certain nombre de considérations sociales et politiques. L'objet du 1^{er} chapitre, relativement technique, est de décrire les diverses applications qu'il est possible de réaliser avec l'énergie solaire et d'en évaluer, dans la mesure du possible, le prix de revient. Ce chapitre est divisé en 3 sections : 1. Les caractéristiques de l'énergie solaire qui est une énergie abondante mais dispersée : on y traite du captage, de la conversion et du stockage. 2. Les applications « décentralisées » ne nécessitant pas de conversion comme le chauffage de l'eau, les fours solaires... et les applications « décentralisées » nécessitant une conversion comme les pompes solaires et les panneaux solaires des satellites. 3. Les applications « centralisées », dont notamment la production d'électricité et de combustibles synthétiques (photosynthèse). Dans le 2^{ème} chapitre, on s'interroge sur les chances d'émergence d'une telle technologie face à la « crise des choix » (choix : des sources d'énergie à développer, des vecteurs d'énergie, de la sauvegarde ou non de l'environnement), à la stratégie des compagnies pétrolières et à celle des états. Les principales conclusions de cette étude sont : 1. La technologie solaire est économiquement rentable et socialement désirable. 2. La diffusion de cette technologie suppose un certain nombre de modifications dans le processus socio-politique. 3. Des efforts de recherche et de développement doivent être entrepris dès maintenant. 4. L'énergie solaire présente un intérêt particulier pour les pays en voie de développement. Biblio. : Nombr. réf.

I. PREPARATION ET AGGLOMERATION DES COMBUSTIBLES

IND. I 343

Fiche n. 66.372

G.D. SEALY et W.F. HOWELL. Magnetic recovery of medium from heavy media circuits. *Récupération magnétique des particules denses dans les circuits à milieu dense.* — **World Coal**, 1977, juin, p. 35/37, 4 fig.

Le tambour-séparateur est une pièce vitale dans une installation de lavage à milieu dense, car il sert à récupérer la magnétite ou le ferro-silicium de l'eau de traitement. Une récupération insuffisante de ces produits augmente les coûts du traitement du charbon. Il

existe 3 types de séparation avec tambour-séparateur : 1) le tambour tourne dans le sens de l'écoulement et récupère un concentré magnétique propre ; 2) le séparateur à contre-courant où le tambour tourne dans le sens inverse de l'écoulement ; 3) le type est une combinaison des 2 premiers et en réunit les avantages. Discussion des 3 facteurs influençant la récupération : volume d'eau, concentration totale en particule, proportion des particules de magnétite.

Y. CONSTITUTION, PROPRIETES ET ANALYSE DES COMBUSTIBLES SOLIDES FOSSILES

IND. Y 20

Fiche n. 66.358

J. GIBSON. The constitution of coal and its relevance to coal conversion processes. *La constitution du charbon et son application aux procédés de conversion du charbon.* — **The Robens Coal Science Lecture. British Coal Utilisation Research Association Ltd.**, London, 1977, 3 octobre, 47 p., 50 fig., 10 tabl.

Formation du charbon. Structure du charbon ; étude microscopique pour déterminer la concentration en macéraux ; le pouvoir de réflexion de la vitrinite qui varie avec le rang du charbon et montre l'influence de la pression durant la houillification ; analyse par rayons X pour la détermination de la structure moléculaire du charbon ; la concentration en macéraux et le pouvoir de réflexion peuvent être utilisés pour prévoir les caractéristiques du coke. Parallèles entre carbonisation et houillification. Aspects thermiques et rhéologiques de la carbonisation. Aspects structurels de la carbonisation, de la houillification et de la graphitisation. Considérations sur la liquéfaction du charbon où, en principe, il y a 2 approches : la dégradation (modification de la structure complexe du charbon en une structure plus simple comparable au pétrole brut) et la synthèse (rupture complète de la structure du charbon). Les procédés de pyrolyse et d'hydrogénation. Importance de la porosité et du rang du charbon dans la gazéification. Conclusion : importance de la connaissance de la constitution du charbon et des recherches à effectuer pour améliorer celle-ci pour les procédés de conversion du charbon.

IND. Y 45

Fiche n. 66.381

W.H.D. SAVAGE, E.F.E. MÜLLER et Coll. Ash analysis of South African coals. *Analyse des cendres des charbons sud-africains.* — **Coal, Gold and Base Minerals**, 1977, juillet, p. 113/129, 3 tabl.

Travaux du Fuel Research Institute de Pretoria. Les cendres des charbons sud-africains sont constituées principalement de silice et d'alumine. Elles sont combinées dans des minéraux argileux où la kaolinite est dominante ; la silice est parfois présente sous forme de quartz. Comme minéraux secondaires, on trouve des oxydes ferriques provenant de la pyrite et de la chaux qui, avec la magnésie, se présentent sous forme de carbonates. La concentration en minéraux secondaires varie largement, mais n'influence guère le rapport silice/alumine qui est une caractéristique d'une couche ou d'un gisement. D'autres composants mineurs sont présents sous forme d'apatite ou de phosphate ; on trouve également du titane et des sulfates. Tableaux donnant les moyennes d'analyse des divers constituants des cendres pour différentes couches. Un autre tableau donne les résultats d'analyse des cendres pour différents charbons commerciaux.

J. AUTRES DEPENDANCES DE SURFACE

IND. J 213

Fiche n. 66.327

X. A la recherche du charbon perdu. — **Présence**, Publication du Groupe des Charbonnages de France, 1977, juillet, n° 6, p. 9/10, 2 fig.

Les terrils constitués au cours de plusieurs siècles d'exploitation minière sont une richesse. Pour les Houillères du Nord - Pas-de-Calais, ils représentent même un véritable gisement nouveau. Les 280 terrils de ce bassin occupent au total 2200 hectares. Ils représentent un volume de 450 millions de m³ et un poids de 900 millions de t. Utilisation des produits du terril comme matériaux de construction, comme source de calories.

IND. J 70

Fiche n. 66.322

J.C. CUBAUD, A. AHMADI-HACHEMI et Coll. Procédés de destruction des ouvrages en béton armé. — **Matériaux et Constructions**, 1977, mai-juin, n° 57, p. 127/138, 11 fig., 3 tabl.

Les auteurs décrivent les différents procédés (mécaniques, par explosion, thermiques, électrochimiques) de destruction des ouvrages en béton armé. Ces procédés sont de différents types et mettent en œuvre des techniques assez variées. Pour les procédés mécaniques, on réalise des chocs répétés par emploi de marteaux-piqueurs, de marteaux-foreurs, de boulets ou d'éclateurs, ou on réalise la destruction à l'aide d'outils diamantés et de scies (scies à disques, forets, scies spéciales). Les procédés par explosifs font appel à des charges que l'on place dans des cavités sem-

blables à des trous de mine et ménagées dans les ouvrages. Les charges peuvent également être appliquées contre la surface du béton. Il existe également de nouveaux procédés, tel le procédé « Cardox » utilisant le gaz carbonique. Dans les procédés thermiques, on utilise des lances thermiques, telle la lance à oxygène, ou on fait appel à des méthodes électriques consistant à chauffer l'armature par passage d'un courant à basse tension mais de forte intensité, au jet de plasma, à l'action conjuguée de micro-ondes et de jets d'eau, ou à l'utilisation de hautes fréquences. Un procédé électrochimique, mis au point par les auteurs, consiste à réaliser la corrosion accélérée du béton armé : il conduit à une croissance rapide des produits de corrosion des armatures, ce qui provoque une fissuration, puis à un éclatement à court terme du béton. Biblio. : 52 réf. Résumé de la Revue.

K. CARBONISATION

IND. K 333

Fiche n. 66.276

W.J. SANDER. Coal without a ready market could be utilised. *Un charbon sans marché immédiat peut être utilisé.* — **Coal, Gold and Base Minerals**, 1977, mai, p. 113/123, 12 tabl., 1977, juin, p. 115/121, 13 tabl.

Dans la perspective d'un manque mondial de pétrole naturel associé à des problèmes politiques et d'augmentation des prix du pétrole, aussi bien que l'intérêt de la conversion du charbon en combustibles liquides ou gazeux, il a été décidé d'entreprendre, en Afrique du Sud, une recherche sur la carbonisation du charbon à basse température (450° à 700°C) en lit fluidisé. Cette recherche avait comme objectifs : 1. La production de « pétrole brut ». 2. Le goudron produit pourrait être gazéifié en gaz synthétique et/ou hydrogène ; le goudron pourrait produire un combustible solide défumé. 3. Utilisation du charbon sans marché immédiat comme les mixtes du lavoir. Equipement pour l'étude de la carbonisation en lit fluidisé à basse température. Description du processus de traitement. Charbons utilisés. Résultats obtenus. Les conclusions les plus importantes de cette étude expérimentale furent que la température de carbonisation a été le facteur qui influence le plus les résultats ainsi que la granulométrie du charbon utilisé.

L. GAZEIFICATION

IND. L 0

Fiche n. 66.357

P. GAUSSENS. La gazéification du charbon. — **Revue de l'Energie**, 1977, août-septembre, n° 296, p. 162/175, 5 fig.

D'après un rapport de la Commission des Communautés Européennes, le tiers des besoins en énergie de la Communauté, en l'an 2000, serait à couvrir par des produits gazeux et il ne serait pas possible d'atteindre cette proportion avec le seul gaz naturel qu'il soit d'origine communautaire ou importé. Pour résoudre ces problèmes, une des solutions possibles consiste à transformer des combustibles solides en gaz riches, substituables au gaz naturel ou G.N.S., produits directement aux pressions maximales des réseaux de transport. Production de G.N.S. à partir de charbon : première génération et projets industriels américains (procédé Lurgi) ; dans la 2^{ème} génération, les principaux problèmes à résoudre et les procédés dont l'étude est la plus avancée pour la production de G.N.S. à partir de charbon : schéma des principaux procédés de gazéification de charbons en étude avancée aux USA ; dans la 3^{ème} génération, emploi de la chaleur nucléaire. En particulier de la gazéification souterraine où le procédé à faible profondeur (200 à 300 m) est largement éprouvé, mais présente certains inconvénients (fuite de gaz et pollution hydrologique) ; par contre, la gazéification à grande profondeur pourrait éviter ces inconvénients et des projets sont à l'étude aux USA, en Belgique et en RFA.

Q. ETUDES D'ENSEMBLE

IND. Q 1100

Fiche n. 66.340

R.A. CAUNT et S.D. FENNELLY. The 4,000 tons per day face. *La taille à 4.000 t/jour.* — **Colliery Guardian. Annual Review of the Coal Industry**, 1977, août, p. 463/471, 10 tabl.

Le NCB examine les possibilités de projets de taille capables de produire 4.000 t/jour. Pour savoir comment atteindre cet objectif, les auteurs ont étudié les différents paramètres — ouverture de la veine, longueur de la taille, caractéristiques des engins d'abatage et de déblocage — des tailles qui ont une production de 4000 t/jour. De cette enquête, ils ont conclu que le nombre de tailles, en Grande-Bretagne, pouvant produire par jour 4.000 t et plus pourrait être plus élevé qu'il ne l'est actuellement.

IND. Q 1100

Fiche n. 66.379

X. Coal — a case for optimum utilisation. *Le charbon — un cas pour une utilisation optimale.* — **Coal, Gold and Base Minerals**, 1977, juillet, p. 65, 67 et 73, 1 fig.

En Afrique du Sud, pour diverses raisons dont la principale est la structure des prix de vente, on a abandonné et on abandonne encore, dans les ex-

exploitations souterraines, 80 % du charbon qui est exploité par la méthode chambres et piliers. La structure actuelle des prix du charbon encourage les exploitants à utiliser cette méthode qui dilapide le gisement et à n'exploiter que les couches puissantes. Pour améliorer cette situation et augmenter le taux de récupération du charbon (25 % actuellement), le gouvernement doit modifier sa politique concernant les prix de cette énergie et introduire un système de taxation semblable à celui qui existe pour les exploitations souterraines de l'or.

IND. Q 1107 Fiche n. 66.392

M. GRENOU. *First IIASA Conference on Energy Resources. Première Conférence de l'IIASA sur les Ressources Énergétiques.* — Publié par l'**International Institute for Applied Systems Analysis**, 2361 Laxenburg. Autriche, 1975, mai 675 p. Nomb. fig. et tabl. Prix : 9 \$.

L'humanité doit se préparer à modifier sa structure énergétique. Les ressources conventionnelles — charbon, hydrocarbures et uranium — sont limitées ; heureusement, il existe d'autres énergies — solaire, fusion thermonucléaire... — pour le futur. Il faut préparer soigneusement la période de transition entre ces énergies nouvelles et les énergies traditionnelles ; pour cela, il faut d'abord répondre à la question : combien de temps pourrons-nous encore utiliser nos anciennes énergies ? Cette première Conférence de l'IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis), qui s'est tenue à Laxenburg (Autriche) les 20 et 21 mai 1975, ne pouvant aborder le très vaste sujet des ressources énergétiques, s'est limitée à un certain nombre de problèmes généraux (notamment le problème fondamental de classification et de terminologie des ressources) et aux ressources conventionnelles. Les grands chapitres de cette étude sont : activités générales et classification des ressources — méthodes pour l'évaluation des ressources de pétrole, charbon et uranium. Biblio. : nombr. réf.

IND. Q 1101 Fiche n. 66.393

P. HATRY. La prospection pétrolière dans le monde. — **Electricité**, 1974, novembre, n° 159, p. 3/13, 3 fig., 2 tabl.

Après avoir exposé, dans l'introduction, les doutes que l'on peut avoir à l'égard des chiffres trop précis en matière de réserve et après avoir défini les termes, réserves prouvées, en place, probables, possibles et ultimes, l'auteur cherche à évaluer les ressources

pétrolières. Examen des réserves : classiques, des sables pétrolifères, des schistes bitumineux. Situation de l'Europe Occidentale dans le domaine de la production pétrolière. L'exploration de la Mer du Nord et la superficie attribuée aux différents pays : Royaume-Uni, Norvège, Pays-Bas, Danemark, RFA, Belgique, France. Conclusion.

IND. Q 1132 Fiche n. 66.406

X. Three new pits to be constructed to mine Vale of Belvoir coal. *Trois nouveaux sièges devront être construits pour exploiter le charbon du Val de Belvoir.* — **The Mining Engineer**, 1977, août-septembre, p. 637/639, 1 fig.

Les experts du NCB et ceux de l'extérieur ont présenté les recommandations finales sur les possibilités d'exploitation du bassin charbonnier du Val de Belvoir. Les 3 principales recommandations sont : 3 sièges d'exploitation, emplacement des puits et développement jusqu'à pleine production (7 Mio.t par an) s'étendant sur une période de 12 ans. Le gisement du Val de Belvoir, situé dans les Comtés du Leicestershire, de Nottinghamshire et de Lincolnshire, renferme 510 Mio.t de charbon récupérable à des profondeurs comprises entre 390 et 830 m ; 6 veines sont exploitables, dont 2 renferment plus de la moitié (290 Mio.t) de réserves. Biblio. : 1 réf.

IND. Q 1153 Fiche n. 66.374

X. The USSR coal industry. *L'industrie du charbon en URSS.* — **World Coal**, 1977, juillet, p. 23/68. Nomb. fig.

Numéro consacré à l'industrie du charbon en URSS. Les différents articles sont : Progrès sur le front de la technologie d'exploitation (L. Grafov). Le développement de l'industrie charbonnière en URSS : maintenant et demain. Chaleur et cordialité abondent en Sibérie (K. Whitworth). Rééquipement et nouveaux développements dans le bassin de Kuznetsk (V.S. Evseev, V.M. Stankus et Yu. N. Kulakov). Equipement employé dans le bassin du Donetz (S.A. Saratikjants, A.I. Bashkov). Progrès réalisés dans la préparation du charbon en URSS (I.S. Blagov). Exploitation continue aux mines à ciel ouvert dans le bassin de Kansk-Achinsk (A.M. Sharkov et V.P. Aksyonov). L'abattage hydraulique (A.E. Gontov). Le travail dans le gel permanent de Penchora (Y.N. Bessonov, M.I. Bogdanov). La recherche dans l'industrie du charbon (A.V. Dokukin). Ces 10 articles couvrent entièrement l'exploitation du charbon en URSS. Biblio. : nombr. rf.

IND. Q 1153 Fiche n. 66.432

H. FRISCH. Der Kohlenbergbau der UdSSR im Jahre 1976. *L'exploitation houillère en URSS en 1976.* — **Glückauf**, 1977, 1^{er} septembre, p. 865/866, 6 tabl.

En 1976, la production houillère en URSS a été de 704,7 Mio.t de charbon et de lignite, soit 1,5 % de plus que l'année précédente. Différents tableaux donnent des renseignements sur la production par bassin, la décomposition de la production entre mines souterraines et à ciel ouvert par qualité de charbon, sur le nombre de tailles total et par bassin, sur la production et le rendement des tailles, sur les longueurs de voies creusées — longueur totale et par bassin et sur le pourcentage creusé mécaniquement.

IND. Q 117 Fiche n. 66.371

G.E. EDWARDS. A visit to China's coal industry. *Une visite à l'industrie du charbon en Chine.* — **World Coal**, 1977, juin, p. 31/34, 4 fig.

Données recueillies au cours d'une visite de 4 charbonnages chinois, 2 dans la province de Shansi et 2 dans celle de Liaoning. Généralités sur l'industrie charbonnière en Chine. Un charbonnage visité produit 1,710⁶ t/an avec 4.000 travailleurs au fond ; le charbon est utilisé pour la production d'électricité et il a une teneur moyenne en cendres de 10 %, 30 à 34 % de M.V. et un pouvoir calorifique de 7 à 8000 cal/g. Les mineurs travaillent 6 jours/semaine et le charbonnage fonctionne 7 jours/semaine, 357 jours de travail par an. L'abattage est réalisé par abat-teuse-chargeuse à 2 tambours, le soutènement est marchant et de fabrication chinoise. Un autre charbonnage visité pratique l'abattage et le transport hydrauliques. Généralités sur la préparation du charbon : schéma de 2 lavoirs. Quelques renseignements sur la formation des ingénieurs et leur sélection. Impressions générales.

IND. Q 123 Fiche n. 66.356

T.F. BRADSHAW. Les schistes bitumineux : leur heure a sonné. — **Revue de l'Énergie**, 1977, août-septembre, n° 296, p. 106/115, Textes français et anglais.

La complexité et la gravité de la crise de l'énergie exigent que les USA commencent immédiatement le développement de toutes les sources d'énergie. Les schistes bitumineux pourraient apporter un complément important aux approvisionnements nationaux pendant plusieurs décennies, car les réserves situées dans la formation de Green River sont abondantes et

pourraient fournir 130 milliards de barils d'huile. Technique de l'exploitation des schistes bitumineux. Préoccupations touchant à l'environnement. Impact socio-économique. Augmentation des coûts de développement. Restrictions au développement dues au carcan de la législation. Programme d'action gouvernementale qui devrait être construit.

IND. Q 124 Fiche n. 66.315

C.E. BONNET. Les gaz de pétrole liquéfiés : gaz ou pétrole ? — **Annales des Mines (France)**, 1977, août, p. 71/76, 2 fig., 4 tabl.

Les caractéristiques physiques des GPL en font un produit intermédiaire entre le pétrole et le gaz naturel. La grande variété de leurs utilisations leur permet de remplacer, soit l'un, soit l'autre. Actuellement, il n'existe pas de marché spécifique, seul le développement des disponibilités permet à la demande théorique de devenir une demande effective réelle. La constitution nécessaire de chaînes internationales rigides, production-transport-réception, basées sur des contrats à long terme rapprochera la structure de l'industrie des GPL de celle du gaz naturel liquéfié. Résumé de la Revue.

IND. Q 2 Fiche n. 66.366

G.J.S. GOVETT et M.H. GOVETT. The inequality of the distribution of world minerals supplies. *L'inégalité de la répartition des fournitures minérales dans le monde.* — **CIM Bulletin**, 1977, août, p. 59/71, 10 fig., 3 tabl.

La production minérale mondiale est dominée par 6 pays — USA, URSS, Canada, Afrique du Sud, Australie et Chine — qui détiennent aussi la plus grande partie des réserves mondiales de minéraux. Pour les pays développés et les pays à planification centralisée, il y a une forte corrélation entre la production minérale et la superficie du pays. Il n'existe aucune corrélation pour les pays moins développés. Contrairement à la croyance politique populaire, ce sont les pays développés qui fournissent la plus grande part des minéraux aux pays industrialisés. De plus, les exportations de minerais et minéraux représentent une part relativement faible du commerce mondial. Toutes les données réfutent l'opinion admise que les pays développés doivent leurs richesses aux minéraux bon marché importés des pays moins développés. Il est démontré qu'une expansion du commerce mondial des minéraux, basée sur une prospection accrue et de nouvelles formes de financement — plutôt que sur l'installation de cartels fixant les prix et imposant des restrictions commerciales — est de loin la meilleure solution au problème de redressement des griefs avancés par les pays pauvres. Biblio. : 35 réf.

IND. Q 30

Fiche n. 66.338

X. Le marché électrique mondial. — **Belgian Business**, 1977, septembre, n° 108, p. 57/63, 5 fig.

Une analyse des structures du marché électrique mondial, de l'évolution sectorielle (production d'électricité, appareillage électro-médical et électro-ménager, techniques de communication et divers) et de son accroissement potentiel, indique que les taux élevés d'évolution du passé ne peuvent être projetés dans l'avenir. Cependant, il est déplacé de prédire une baisse importante de ce marché. Tous les facteurs existants et toutes les tendances connues indiquent que le marché électrique mondial persistera à croître au cours de la prochaine décennie et même au cours des années qui succéderont.

IND. Q 30

Fiche n. 66.409

C.D. ANDRUS. International coal trade. *Commerce international du charbon*. — **United States Department of Interior. Bureau of Mines**, Washington D.C. 1977, juillet, Vol. 46, n° 7, 49 p. Nomb. tabl.

En ce qui concerne les combustibles solides, l'auteur donne différentes informations sur les productions, rendements, exportations, importations, consommations, stocks... pour les pays suivants : USA, Argentine, Australie, Autriche, Belgique-Luxembourg, Canada, Chine, Communauté Européenne, RFA, Inde, Indonésie, Japon, Afrique du Sud, Suisse, Royaume-Uni, Zambie.

IND. Q 32

Fiche n. 66.354

D. ERZA. Gemeinschaftskohle 1976. *Le charbon communautaire en 1976*. — **Glückauf**, 1977, 4 août, p. 771/777, 6 tabl.

La situation économique générale dans la Communauté en 1976. Le marché de l'énergie dans la Communauté en 1976 et le marché du charbon. Evolution des prix du charbon à partir de 1973. Evolution dans les pays de la Communauté de l'exploitation du charbon. Données importantes de l'exploitation du charbon dans la Communauté en 1976 : capacité de

production, coûts et bénéfices, investissements. Recherches en matière charbonnière : gazéification, liquéfaction, pyrolyse du charbon.

R. RECHERCHES — DOCUMENTATION

IND. R 6

Fiche n. 66.335

F. AGLAVE. L'intérêt des normes belges enregistrées. Textes français et néerlandais. — **IBN Revue**, 1977, juillet-août, n° 4, p. 1/4.

Cet article répond à des questions qui ont été souvent posées au sujet de l'intérêt des normes belges enregistrées. Normes enregistrées et normes homologuées. Valeur des normes internationales de l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) et de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI) reprises comme normes belges enregistrées. Normes européennes du Comité Européen de Normalisation (CEN) acceptées par l'IBN : conséquences et délais de publication.

S. SUJETS DIVERS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES

IND. S 453

Fiche n. 66.320

J. DESPOIS et F. NOUGAREDE. Stockages souterrains de chaleur. — **Revue Générale de Thermique**, 1977, avril, p. 359/366, 6 fig.

Les auteurs montrent que l'évolution du marché du chauffage tend à créer la nécessité de stocker la chaleur. L'incidence du prix de revient du stockage sur celui de la thermie conduit à l'utilisation de couches poreuses et perméables pour le stockage de la chaleur dans les nappes aquifères. Ils présentent la détermination théorique de la quantité de chaleur stockée et la difficulté d'établir un modèle mathématique complet du stockage. Ils indiquent la possibilité d'un calcul approché et insistent sur quelques problèmes pratiques importants : mise en route du stockage, isolement des circuits de stockage et de distribution, régulation du circuit de stockage. Ils montrent enfin les difficultés qui se présentent pour étudier un stockage avec installations souterraines. Biblio. : 10 réf.

Bibliographie

R. NUYTS. *Les établissements classés comme dangereux, insalubres ou incommodes et autres réglementations relatives à la maîtrise de l'environnement industriel*. - Régimes d'autorisation. Surveillance. Jurisprudence. - 1977, 2 tomes. Ed. Vanden Broele, Brugge. Prix : 2.950 F.

Cet ouvrage répond manifestement à un besoin.

La réglementation concernant les établissements classés est complexe et soulève de nombreux problèmes techniques, administratifs et juridiques, quoi qu'elle remonte à plus d'un siècle et qu'elle soit fondée sur une tradition solide.

On ne peut toutefois nier un certain vieillissement de cette réglementation. L'administration en est consciente et en a entrepris une révision fondamentale.

Le rôle de cette police dans la politique générale de l'Etat ne cesse de croître. Cela ne doit pas étonner si on se rend compte qu'elle se fixe des objectifs, dans le cadre des dangers inhérents aux activités industrielles, de la lutte contre le bruit, de la lutte contre la pollution atmosphérique, etc. qui retiennent de plus

en plus l'attention de l'opinion publique. Combattre ces fléaux fait partie intégrante de la construction d'une société qui ambitionne le mieux-être de chacun.

Il en va de même pour les autres réglementations relatives à la maîtrise de l'environnement industriel traitées dans l'ouvrage.

L'ouvrage présente, pour le milieu industriel et pour les autorités impliquées, une contribution intéressante pour l'amélioration de l'environnement, en donnant un aperçu clair des lois et règlements qui régissent la problématique de l'environnement industriel.

L'ouvrage est riche d'informations très utiles qu'apprécieront les industriels, les voisins d'établissements classés, les employés des administrations communales et provinciales, les fonctionnaires, les avocats, les architectes et les étudiants.

L'édition en feuillets mobiles permet de façon aisée l'adaptation régulière du texte. Son volumineux index en fait un ouvrage de référence très pratique.

Communiqué

CIREC 1979

Le Cinquième Congrès International des Réseaux Electriques de Distribution (CIREC) se tiendra à Liège du 14 au 18 mai 1979, au Palais des Congrès.

Les Congrès ont lieu tous les deux ans, alternativement à Liège et à Londres, et sont actuellement très appréciés ; à Londres, le dernier en date a réuni 900 participants en provenance de 38 pays.

Chaque Congrès est placé sous l'autorité du Comité de Direction Scientifique qui rassemble des représentants de 12 nations de l'Europe Occidentale. Le CIREC 1979 comportera quatre journées réservées aux séances de discussion ; le cinquième jour, il sera possible de participer à des visites techniques.

Le Comité de Direction a sélectionné les sujets préférentiels suivants :

1. Conception et planification des réseaux publics de distribution.
2. Conception et structure des réseaux industriels.
3. Perturbations et protection des réseaux.
4. Câbles souterrains et lignes aériennes.
5. Equipement des sous-stations.
6. Exploitation et commande des réseaux publics de distribution.

Pour tous renseignements complémentaires, prière de s'adresser à l'A.I.M., rue Saint-Gilles, 31 - B-4000 Liège (Belgique). Tél. (041) 32 29 46.