

Palynologie du Carbonifère du Nord Niger et de la plate-forme saharienne—implications stratigraphiques et paléogéographiques *

Robert Coquel ^a, Jacques Lang ^b, Moussa Yahaya ^c

^a Université des Sciences et Technologies de Lille, U.F.R. des Sciences de la Terre, Laboratoire de Paléobotanique et URA CNRS, 1365-59655 Villeneuve d'Ascq cedex, France

^b Université de Bourgogne, Centre des Sciences de la Terre et URA CNRS 157-6, Boulevard Gabriel, 21000 Dijon, France

^c Université de Niamey, Département de Géologie, BP 10662, Niamey, Niger

Reçu le 30 Mai; révisé et accepté le 22 Février

Résumé

L'étude palynologique des formations de Talak, Guézouman, Tchinezogue et du Tarat inférieur et moyen du Bassin de Tim Mersoï (Niger septentrional) a mis en évidence une microflore riche et variée, montrant d'étroites analogies avec celles du Viséen–Namurien décrites plus au Nord sur la plate-forme saharienne.

L'âge des différentes formations a été précisé. La Formation de Talak, diachrone à l'échelle du bassin, appartient au Viséen. Dans le Sud du bassin (sondage G52), il est possible qu'un Namurien très basal soit présent à son sommet. Dans le secteur d'Arlit (Akouta, sondage G122), la Formation de Guézouman a été datée Viséen terminal–Namurien basal. La Formation de Tchinezogue, dans laquelle *Aratrisporites saharaensis* Loboziak, Clayton et Owens et les grains de pollen monosaccates sont absents, appartient au Namurien inférieur. L'âge de l'unité inférieure et moyenne de la Formation de Tarat n'a pas pu être établi avec précision. Néanmoins ces deux unités dans lesquelles les *Lycospora* sont très rares se situent dans le Namurien (Namurien inférieur exclu). L'importante lacune qui les sépare de l'unité supérieure permienne est ici confirmée.

La microflore viséenne du Bassin de Tim Mersoï, comme celle de toute la plate-forme saharienne se distingue nettement de la microflore laurasienne, mais également de la microflore gondwanienne (Australie). Au Viséen–Namurien, la marge nord-africaine constitue une province microfloristique bien individualisée.

Abstract

Palynological study of the Talak, Guézouman, Tchinezogue and the lower and middle Tarat Formations (northern Niger) produced rich and varied microfloras showing a close resemblance to those from the Visean–Namurian described from further north on the Saharan Platform.

The ages of the various formations have been determined. The diachron Talak Formation is of Visean age. In the south of the basin (borehole G52), the lowermost Namurian possibly is present at the top of the Talak Formation. In the Arlit area (Akouta, borehole G122), the age of the Guézouman Formation is latest Visean–Early Namurian. The Tchinezogue Formation, which lacks *Aratrisporites saharaensis* Loboziak, Clayton and Owens and monosaccate pollen grains, belongs to the Early Namurian. It is not possible to date precisely the lower and middle unit of the Tarat Formation. These two units, in which *Lycospora* is very rare, can be dated as Namurian (Lower Namurian excluded). The important gap separating the lower–middle unit from the Upper Permian unit is confirmed.

The Visean microflora of the Tim Mersoï Basin, as well as that of the Saharan Platform, is clearly distinguished from the Laurasia microflora and also from that of Gondwana (Australia). During the Visean–Namurian, the North African margin constituted a well-defined microfloristic province.

* Carboniferous palynology of northern Niger and the Saharan platform— stratigraphic and palaeogeographic implications.

1. Introduction

L'étude palynologique du Carbonifère du Niger septentrional (région d'Arlit) réalisée à partir d'échantillons de carottes de sondages (G52, G122 de la PNC), de la mine d'Akouta (COMINAK) et des mines de la SOMAIR à Arlit (Fig. 1), a révélé la présence d'une microflore riche et bien conservée. Elle comprend des Acritarches, des Tasmanacées et des spores. Quelques colonies de Botryococcacées ont également été reconnues. Des éléments remaniés du Dévonien (spores, phytoplancton et Chitinozoaires) ont été observés dans de nombreuses préparations (Planche I, 14, 19–21). Les quelques échantillons de terrain traités se sont avérés azoïques par suite d'une forte oxydation de la matière organique.

La microflore des différentes formations carbonifères montre d'étroites analogies avec celles décrites plus au Nord dans les différents bassins de la plate-forme saharienne depuis le Grand Erg occidental (Sahara algérien) jusqu'en Cyrénaïque (Libye). Parmi ces travaux, ceux de Attar et al. (1980) et de Massa et al. (1980) réalisés dans un cadre biostratigraphique précis, nous serviront de référence pour dater le Carbonifère du Bassin de Tim Mersoï. L'un des principaux résultats de ces études concernait l'arrivée tardive (fin Viséen) de *Lycospora pusilla* (Ibrahim) Schopf, Wilson et Bentall sur la plate-forme saharienne. L'étude de la microflore viséenne (Coquel et Massa, 1993) du sondage A1-37 (Cyrénaïque), bien daté par microfaune (Vachard et al., 1993), a confirmé les résultats précédemment acquis. Contrairement aux affirmations de Streel et Loboziak (1994) valables pour l'Europe occidentale, l'apparition des lycospores dans le Viséen supérieur de la plate-forme saharienne est un résultat bien établi que nous utiliserons pour dater le Carbonifère du Bassin de Tim Mersoï.

2. Cadre géologique

Le Bassin de Tim Mersoï représente une ramification vers le Nord de la synclise des Iullemeden. Il est limité à l'Ouest par la dorsale

d'In Guezzam et à l'Est par le massif de l'Aïr. Il se prolonge en Algérie où il est connu sous le nom de Bassin de Tin Serririne (Fig. 1).

Par suite de son intérêt économique (uranium dans le secteur d'Arlit–Akouta, charbon d'Anou Ararène), le Carbonifère qui affleure largement dans le Nord du bassin a fait l'objet de nombreuses recherches. Valsardieu (1971) reprenant les différentes études réalisées par différents organismes dont des sociétés pétrolières (en particulier Petropar) et le Commissariat à l'Energie Atomique, a présenté une synthèse géologique du Bassin de Tim Mersoï, synthèse qui constitue une étape fondamentale dans la connaissance de ce bassin.

La lithostratigraphie du Carbonifère ne fait pas l'objet de désaccords importants; par contre, l'âge attribué à certaines formations est encore sujet à discussions. Cinq formations ont été définies (Fig. 2).

2.1 Formation de Farazekat (100 m environ)

Il s'agit d'une formation grés-conglomératique au sein de laquelle des dépôts fluvio-glaciaires ont été mis en évidence (Valsardieu et Dars, 1971; Lang et al., 1991). La faune rare et peu diversifiée (lingules et moules de Lamellibranches) ne présente guère d'intérêt biostratigraphique. La flore localisée dans les niveaux supérieurs est abondante et diversifiée (de Rouvre, 1985). Elle correspond aux flores classiques à *Rhacopteris* spp. et *Triphyllopteris* spp. du Carbonifère inférieur. La Formation de Farazekat est rapportée au Tournaisien–Viséen inférieur.

Remarque: dans les sondages G52 et G122 ici étudiés, la Formation de Farazekat est absente. La formation sus-jacente de Talak repose sur le socle granitique par l'intermédiaire d'un mince niveau conglomératique à microconglomératique.

2.2 Formation de Talak (100–170 m)

C'est une formation transgressive essentiellement argileuse dans laquelle quelques intercalations de grès fins sont présentes. Dans sa partie supérieure, une faune variée comprenant des Brachiopodes (Productidés, Spiriféridés) (Legrand-Blain, 1985), des Bryozoaires, des

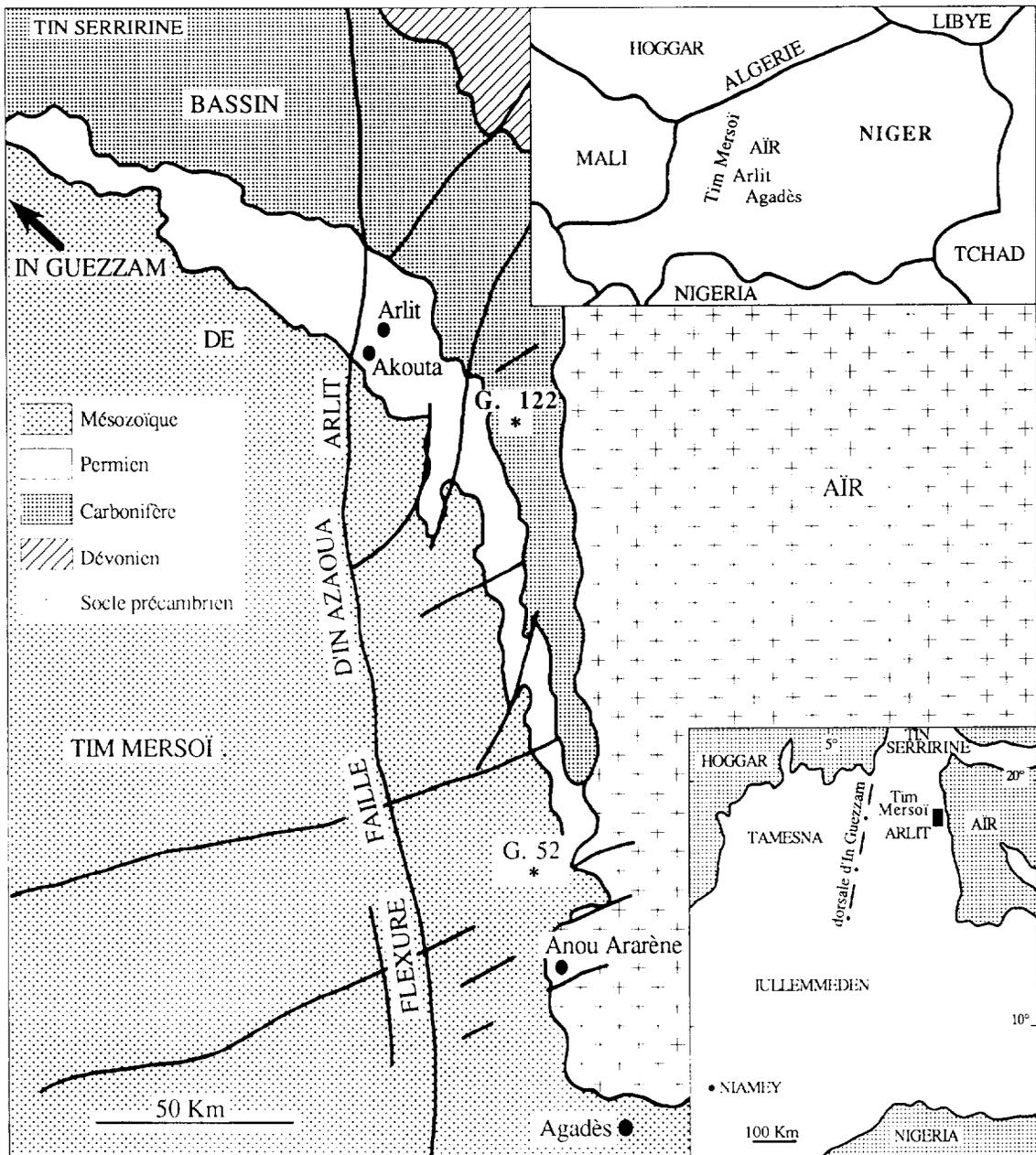


Fig. 1. Esquisse géologique de la bordure occidentale de l'Aïr. Position géographique de la mine Akouta et des sondages G122 et G52.
 Fig. 1. Geological outline of the Air western border. Geographical position of the mine Akouta and boreholes G122 and G52.

Mollusques, des Conulaires et également des Ostracodes (Crasquin-Soleau et al., 1987) est connue. La datation de la Formation de Talak n'a guère fait l'objet de discussions: elle est rapportée

au Viséen. La présence de *Syringothyris jourdyi* Douvillé (dét. Legrand-Blain) dans les horizons supérieurs indique que le sommet de la formation appartient au Viséen supérieur (Fig. 2).

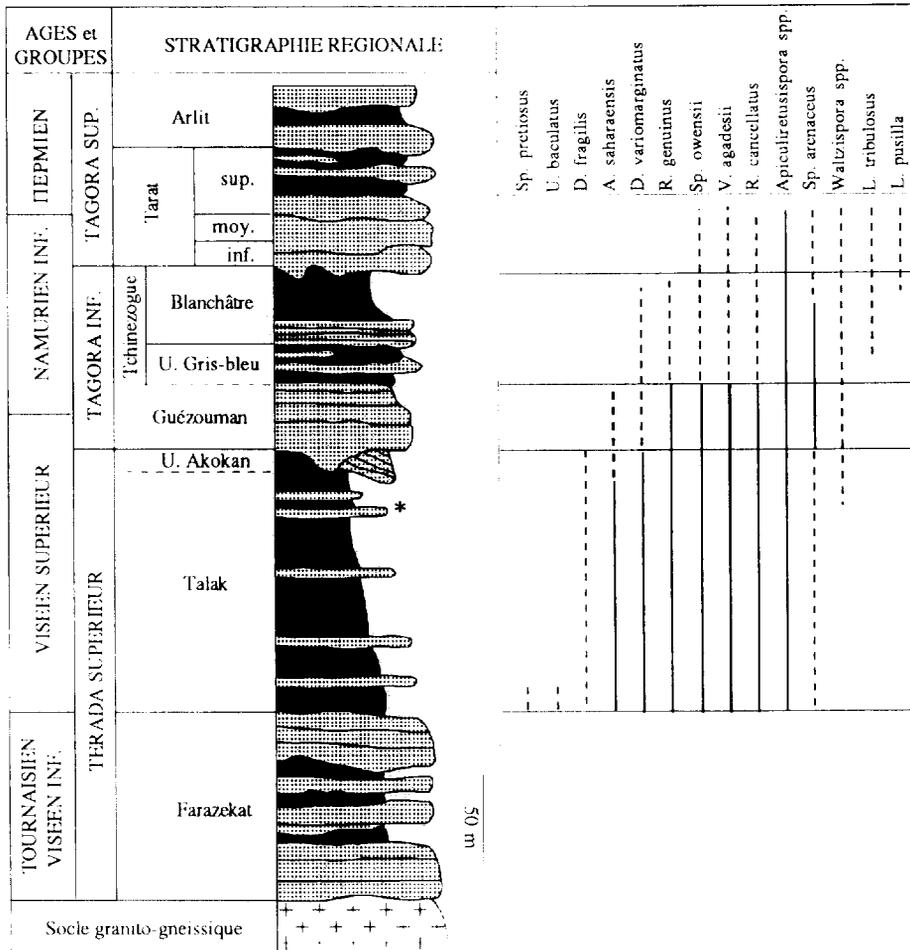


Fig. 2. Colonne stratigraphique du Bassin de Tim Mersoï dans la région d'Arlit. Répartition verticale de quelques taxons d'intérêt biostratigraphique établie d'après l'étude des échantillons prélevés dans le sondage G122 (F. Talak et F. Tchinezogue) à la mine Akouta (U. Akokan et F. Guézouman) et dans les mines de la SOMAIR à Arlit (F. Tarat). Le niveau à *Syringothyris jourdyi* est indiqué par une étoile.

Fig. 2. Stratigraphical column of the Tim Mersoï Basin in the Arlit area. Distribution of selected taxa of biostratigraphical interest established from samples collected in borehole G122 (Talak F. and Tchinezogue F.) in the mine Akouta (Akokan U. and Guézouman F.) and in the SOMAIR mine at Arlit (Tarat F.). The *Syringothyris jourdyi* horizon is marked by a star.

Unité d'Akokan (30 m environ)

Cette unité définie au sommet de la Formation de Talak est concordante avec les argilites sous-jacentes. Elle se compose de grès fins plus ou moins argileux. Les fossiles, très rares (Lamelibranches et Brachiopodes) sont à l'état de moulage. Cette unité est rapportée au Viséen terminal ou encore au Namurien basal.

Les formations de Farazekat et de Talak appartiennent à la partie supérieure du Groupe de Téraada.

Remarque: dans les sondages G52 et G122 ici étudiés, le sommet de la Formation de Talak demeure argileux et l'Unité d'Akokan n'a pas pu être distinguée.

2.3. Formation de Guézouman (60–100 m)

La formation uranifère de Guézouman repose sur les argilites du Talak ou les grès d'Akokan qu'elle ravine. Elle est gréseuse avec localement à

la base un niveau conglomératique (conglomérat de Téléflak). Elle correspond à un ensemble fluvio-deltaïque montrant dans sa partie supérieure une tendance à l'émergence (mud-cracks, traces de rubéfaction). La faune est pratiquement absente, tout au moins dans la région d'Arlit; seules quelques coquilles roulées de Brachiopodes provenant des argilites sous-jacentes du Talak ont été récoltées. La flore, relativement abondante et variée (*Lepidodendropsis*, *Asterocalamites*, *Rhacopteris*, *Triphylopteris*, ...), s'apparente à celle des formations carbonifères sous-jacentes (de Rouvre, 1985, 1988). La Formation de Guézouman dans laquelle les éléments précis de datation sont rares est rapportée au Viséen supérieur ou encore au Namurien inférieur selon les auteurs.

2.4. Formation du Blanchâtre (50 m environ)

A sa base, elle est constituée par des alternances gréso-argileuses, tandis que dans sa partie supérieure les argilites prédominent. Par suite d'une certaine identité de faciès, la limite entre les formations du Guézouman et du Blanchâtre est parfois difficile à placer. La limite supérieure est quant à elle bien marquée par une surface d'érosion. La Formation du Blanchâtre, à caractères fluvio-deltaïques, est peu fossilifère et sa datation demeurerait peu précise. Elle était généralement rapportée au Namurien.

Les formations de Guézouman et du Blanchâtre appartiennent à la partie inférieure du Groupe de Tagora.

Remarque: en ce qui concerne les sondages G52 et G122 ici étudiés, les géologues de la PNC ont employé une lithostratigraphie légèrement différente. Ils ont considéré la Formation de Guézouman (il s'agit du Guézouman gréseux) et la Formation de Tchinzogue qui correspond à l'Unité Gris-Bleu (=sommet du Guézouman) et à la Formation du Blanchâtre.

2.5. Formation du Tarat (50 m environ)

Dans cette formation uranifère essentiellement gréseuse du Tagora supérieur, une discontinuité majeure a été mise en évidence (El Hamet, 1983). Elle sépare les dépôts fluvio-deltaïques (Tarat infé-

rieur et moyen) du Namurien–Westphalien (?) des dépôts fluviatiles (Tarat supérieur) du Permien. Si l'âge permien du sommet de la formation est bien établi (Broutin et al., 1990), il n'en va pas de même pour le Tarat inférieur et moyen où les éléments de datation sont très rares; seuls quelques axes de Lycophytes ont été récoltés (*Lepidodendropsis rhombiformis* de Rouvre, *Lepidodendropsis* s.l.–de Rouvre, 1985). L'étude palynologique réalisée par Doubinger (El Hamet, 1983) n'avait pas permis une datation précise. Un âge viséen–namurien avait été suggéré pour le Tarat inférieur et moyen. Suite aux études palynologiques réalisées par Chateaneuf, Sempere et Beaudoin (1984) ont rapporté l'ensemble des formations de Talak, de Guézouman et du Tarat au Viséen supérieur (Sempere et Beaudoin, 1984, fig. 2).

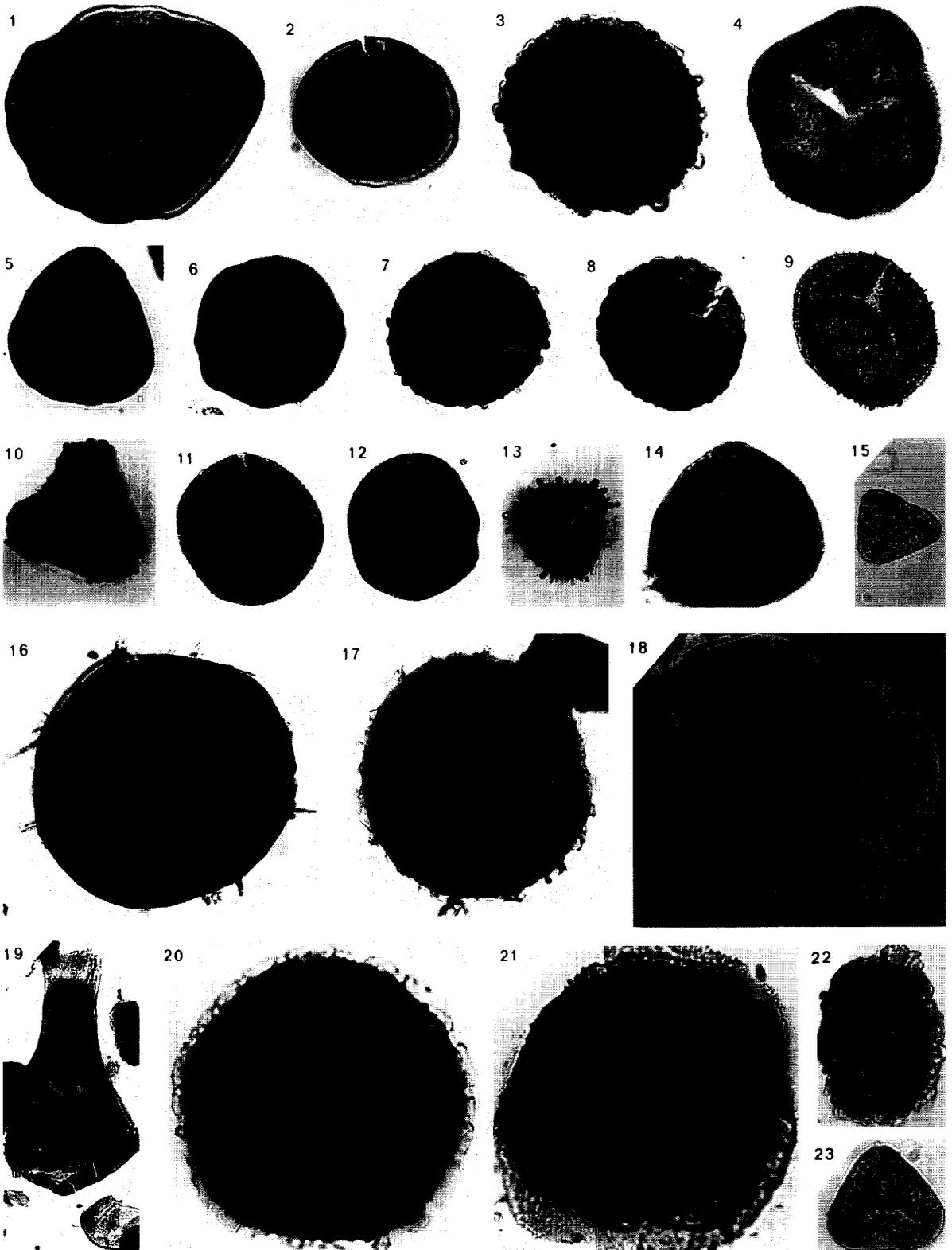
3. Palynologie

Les études palynologiques du Carbonifère du Bassin de Tim Mersoï ont jusqu'ici été peu nombreuses et ponctuelles. Nous ne pouvons guère citer que les travaux sur le Bassin houiller d'Agadès (Alpern, 1978; Lachkar, 1978; Loboziak et Alpern, 1978) et des études entreprises lors de la réalisation de thèses (Valsardieu, 1971; El Hamet, 1983; Yahaya, 1992). Dans le cadre de cette dernière, un échantillonnage plus complet des formations carbonifères a été effectué.

Le matériel analysé, des argilites riches en matière organique, a livré une microflore essentiellement composée de miospores. Les quelques mégaspores observées appartenaient toutes au groupe des Lagéniculées (Planche I, 18).

Nous avons examiné la Formation de Talak (sondages G52, G122 et mine Akouta, 38 échantillons), la base de la Formation de Guézouman (mine Akouta, 25 échantillons), la Formation de Tchinzogue (sondages G52 et G122, 8 échantillons), la partie inférieure et moyenne de la Formation de Tarat (15 échantillons). Seule la formation basale (Farazekat) du Carbonifère n'a pas pu être étudiée.

PLANCHE I



3.1. Formation de Talak

Dans la Formation de Talak trois associations palynologiques sont présentes. Elles ont été respectivement mises en évidence dans le sondage G122, dans les échantillons prélevés à la mine d'Akouta et dans le sondage G52.

Dans la majorité des niveaux, les *Densosporites* et *Punctatisporites* constituent les deux taxons les plus communs (20–30%); ensuite, en ce qui concerne le sondage G122, ce sont les *Aratrisporites saharaensis* Loboziak, Clayton et Owens (10–20%).

Beaucoup plus rares (1–3%), mais présentes dans la plupart des niveaux: *Retusotriletes incohatius* Sullivan, *Anapiculatisporites tersus* Playford, *Calamospora liquida* Kosanke, *Diatomozonotriletes fragilis* Clayton, *Pustulatisporites gibberosus* (Hacquebard) Playford, *Reticulatisporites cancellatus* (Waltz) Playford, *Radiizonates genuinus* (Juschko) Loboziak et Alpern, *Cristatisporites bellus* Bharadwaj et Venkatachala, *Knoxisporites pristinus* Sullivan, *Spelaeotriletes arenaceus* Neves et Owens, *S. owensii* Loboziak et Alpern,

Vallatisporites communis Sullivan, *V. ciliaris* (Luber) Sullivan, *V. agadesii* Loboziak et Alpern, *Grandispora echinata* Hacquebard, *Rugospora minuta* Neves et Ioannides, *Auroraspora* sp. cf. *Perotrilites perinatus* Hughes et Playford, *Auroraspora macra* Sullivan, *Cingulizonates capistratus* (Hoffmeister, Staplin et Malloy) Staplin et Jansonius.

Au sein de cette microflore, les variations sont essentiellement quantitatives. Cependant les niveaux inférieurs (G122; 255.50–251.50 m) contiennent quelques très rares *Spelaeotriletes pretiosus* (Playford) Coquel et Moreau-Benoit et *Umbonatisporites baculatus* Coquel et Moreau-Benoit qui n'ont plus été observées par la suite.

Vers le sommet de la Formation de Talak (Unité d'Akokan), échantillonné à la mine Akouta, des changements dans la composition microfloristique sont observés: les *Apiculiretusispora* spp. deviennent plus nombreux alors que les *Aratrisporites saharaensis* voient leurs pourcentages diminuer fortement pour ne plus représenter que 2–4% de l'ensemble de la population palynologique.

Le sondage G52 a montré quant à lui une

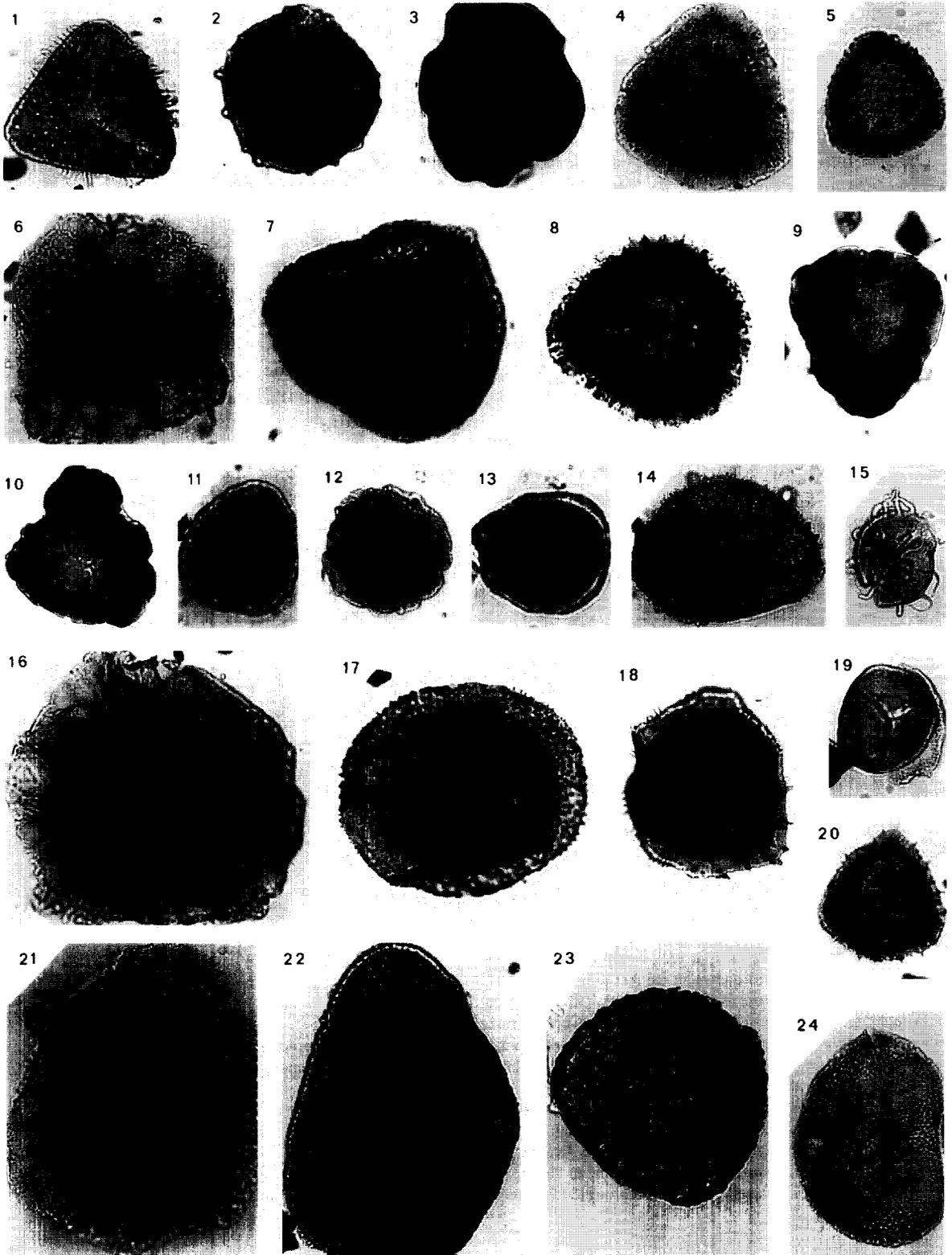
PLANCHE I

Grossissement $\times 500$ (sauf indication contraire).

1. *Calamospora liquida* Kosanke. Guézouman, mine Akouta.
2. *Punctatisporites glaber* (Naumova) Playford. Tchinezogue, G52 à 333.50–334 m.
3. *Verrucosporites nitidus* (Naumova) Playford. Tchinezogue, G52 à 333.50–334 m.
4. *Apiculiretusispora semisenta* (Playford) Massa, Coquel, Loboziak et Taugourdeau-Lantz. Tchinezogue, G52 à 333.50–334 m.
5. *Leiotriletes convexus* (Kosanke) Potonié et Kremp. Talak, G122 à 255.50–255.70 m.
6. *Convolutispora stigmioidea* Bharadwaj et Venkatachala. Akokan, mine Akouta.
7. *Verrucosporites nitidus* (Naumova) Playford. Guézouman, mine Akouta.
8. *Verrucosporites* cf. *eximius* Playford. Akokan, mine Akouta.
9. *Apiculatisporis variocorneus* Sullivan. Akokan, mine Akouta.
10. *Lophotriletes tribulosus* Sullivan. Tchinezogue, G122 à 120–120.30 m.
11. *Planisporites asperatus* Bharadwaj et Venkatachala. Guézouman, mine Akouta.
12. *Apiculiretusispora* sp. Guézouman, mine Akouta.
13. *Neoraistrickia* sp. Talak. G122 à 195.50–195.70 m.
14. *Emphanisporites* sp. Guézouman, mine Akouta.
15. *Anapiculatisporites concinnus* Playford. Talak, G122 à 195.50–195.70 m.
16. *Reticulatisporites cancellatus* (Waltz) Playford. Akokan, mine Akouta.
17. *Reticulatisporites cancellatus* (Waltz) Playford. Guézouman, mine Akouta. Forme à ornementation dégradée.
18. *Sublagenicula* sp. $\times 75$. Talak, G52 à 396.10–396.30 m. Forme à ornementation totalement dégradée.
19. Chitinozoaire. $\times 250$. Guézouman, mine Akouta.
20. *Tapajonites mosesii* (Sommer) Sommer et Van Bock. Talak, G122 à 195.50–195.70 m.
21. *Grandispora inculta* Allen. Guézouman, mine Akouta.
22. Colonie de Botryococcacées. Guézouman, mine Akouta.
23. *Anapiculatisporites spinosus* (Kosanke) Potonié et Kremp. Guézouman, mine Akouta.

Les formes figurées sont conservées au Laboratoire de Paléobotanique, U.F.R. des Sciences de la Terre, U.S.T.L.

PLANCHE II



microflore relativement pauvre et peu diversifiée. L'étude palynologique des niveaux charbonneux (401.10–401.30 m, 400.10–400.30 m, et 395.10–395.30 m) s'est avérée décevante: les préparations très pauvres en spores ont montré des palynofaciès à trachéides scalariformes et à punctuations aréolées. Par contre, les niveaux d'argilite ont fourni des résultats corrects. Par rapport aux deux associations précédentes, le fait marquant est la rareté de *Aratrisporites saharaensis* (pourcentage n'excédant pas 1%).

Age

La forte représentativité de *Aratrisporites saharaensis* dans le sondage G122, caractérise l'association qui est typiquement viséenne. Au sommet de la formation, dans l'Unité d'Akokan, nous sommes entrés dans la phase de régression de cette spore pseudosaccate qui, dans tout le Sahara, commence au Viséen terminal (sommet des grès d'Ahrhad dans le Grand Erg occidental–Lanzoni et Magloire, 1969; extrême sommet d'Issendjel à Illizi–Attar et al., 1980, base de l'Unité à *Collenia*

à Rhadamès–Massa et al., 1980). Ce travail confirme les résultats antérieurement acquis par Valsardieu (1971) qui rapportait la Formation de Talak au Viséen supérieur. Il est également en accord avec l'âge attribué par les Brachiopodes (en particulier *Syringothyris jourdyi*).

Il nous est néanmoins possible de préciser ce résultat. Dans le sondage G52 réalisé dans le Sud du bassin, la Formation de Talak, d'épaisseur réduite (30 m environ) renferme très peu d'*Aratrisporites saharaensis* ce qui nous conduit à proposer un âge viséen très élevé, voire namurien basal. Par rapport au sondage G122, la Formation de Talak y est un peu plus récente (Fig. 3).

Ces résultats, en accord avec les idées actuelles concernant la transgression du Carbonifère inférieur sur la plate-forme nord-africaine (Conrad et al., 1986), montrent que l'arrivée de la mer dans le bassin de Tim Mersoï est nettement plus tardive que dans les bassins nord-sahariens (Timimoun, Reggane, Illizi, Rhadamès) où elle s'effectue au cours du Tournaisien. La faible distance séparant les sondages G122 et G52 (100 km) n'est pas

PLANCHE II

Grossissement $\times 500$.

1. *Diatomozonotriletes fragilis* Clayton. Talak. G122 à 207.40–207.70 m.
2. *Corbulispora subalveolaris* (Luber) Sullivan. Guézouman, mine Akouta.
3. *Knoxisporites pristinus* Sullivan. Talak. G122 à 207.40–207.70 m.
4. *Vallatisporites communis* Sullivan. Akokan, mine Akouta.
5. *Densosporites* cf. *spinosus* Dybova et Jachowicz. Talak. G122 à 195.50–195.70 m.
6. *Radiizonates genuinus* (Juschko) Loboziak et Alpern. Talak. G122 à 195.50–195.70 m.
7. *Spelaeotriletes owensii* Loboziak et Alpern. Talak. G122 à 195.50–195.70 m.
8. *Densosporites* cf. *regalis* (Bharadwaj et Venkatachala) Smith et Butterworth. Talak. G122 à 195.50–195.70 m.
9. *Densosporites variomarginatus* Playford. Talak. G52 à 388.90–389.10 m.
10. *Densosporites variomarginatus* Playford. Talak. G122 à 255.50–255.70 m.
11. *Rugospora minuta* Neves et Ioannides. Guézouman, mine Akouta.
12. *Rugospora minuta* Neves et Ioannides. Guézouman, mine Akouta.
13. *Auroraspora macra* Sullivan. Guézouman, mine Akouta.
14. *Aratrisporites saharaensis* Loboziak, Clayton et Owens. Guézouman, mine Akouta.
15. *Solisphaeridium* sp. Tchinezogue. G52 à 333.50–334 m.
16. *Kraeuselisporites ornatus* (Neves) Owens, Mishell et Marshall. Talak. G122 à 195.50–195.70 m.
17. *Grandispora echinata* Hacquebard. Talak. G122 à 195.50–195.70 m.
18. *Spinozonotriletes* cf. *uncatus* Hacquebard. Tchinezogue. G52 à 333.50–334 m.
19. ?*Auroraspora macra* Sullivan. Guézouman, mine Akouta.
20. *Vallatisporites communis* Sullivan. Guézouman, mine Akouta.
21. *Radiizonates genuinus* (Juschko) Loboziak et Alpern. Akokan, mine Akouta.
22. *Spelaeotriletes arenaceus* Neves et Owens. Akokan, mine Akouta.
23. *Vallatisporites agadesii* Loboziak et Alpern. Talak. G122 à 207.40–207.70 m.
24. *Aratrisporites saharaensis* Loboziak, Clayton et Owens. Talak. G122 à 255.50–255.70 m.

Les formes figurées sont conservées au Laboratoire de Paléobotanique, U.F.R. des Sciences de la Terre, U.S.T.L.

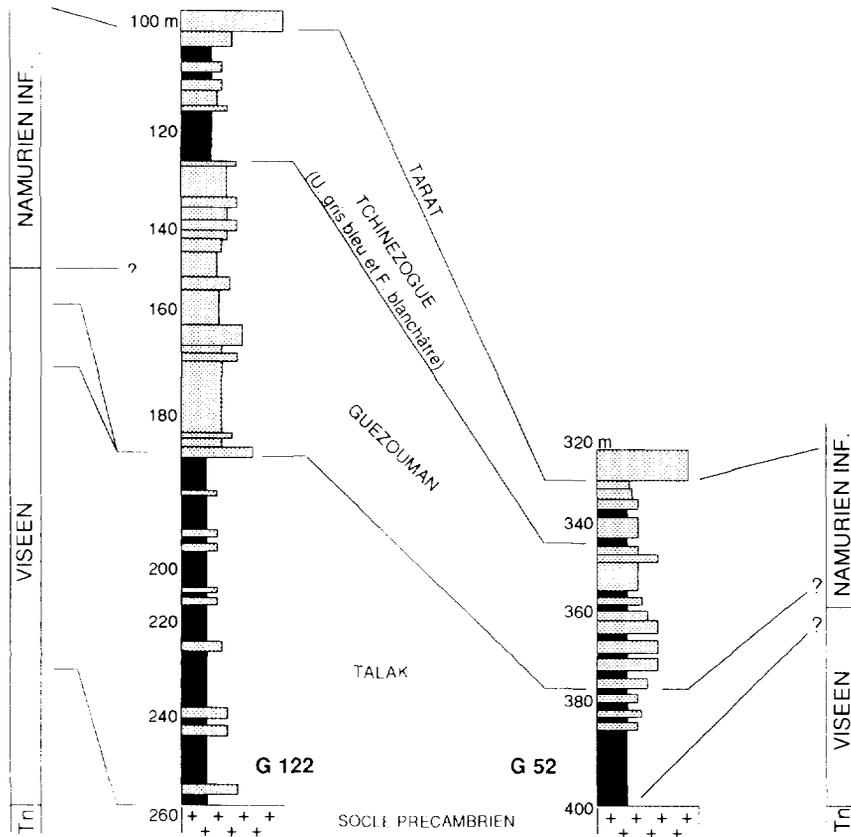


Fig. 3. Sondages G122 et G52: datations et corrélations. Tn = Tournaisien.

Fig. 3. Boreholes G122 and G52: ages and correlations. Tn = Tournaisian.

significative pour tirer des conclusions sur la vitesse de cette invasion marine à l'échelle du bassin de Tim Mersoï. L'hypothèse que nous formulons, est celle d'oscillations de la ligne de rivage s'effectuant dans le cadre d'une incursion marine exceptionnelle vers le Sud, probablement dans le prolongement de la grande transgression du Carbonifère inférieur qui a affecté toute la plate-forme saharienne.

3.2. Formation de Guézouman

En sondage les faciès argilo-silteux sont rarement récupérés; l'essentiel des prélèvements a été fait à la base de la formation (Guézouman gréseux) dans la mine d'Akouta. L'échantillonnage n'a pas été effectué suivant des profils précis, mais de

manière ponctuelle au gré des niveaux argilo-silteux épargnés par les fronts de taille.

Trois genres dominant nettement: *Punctatisporites*, *Apiculiretusispora* et *Calamospora*. Ils constituent bien souvent plus de la moitié des spores présentes.

Parmi les autres taxons identifiés citons: *Apiculatisporis variocorneus* Sullivan, *Pustulatisporites gibberosus*, *Waltzisporea prisca* Kosanke, *Verrucosporites depressus* Winslow, *V. variotuberculatus* Sullivan, *V. nitidus* (Naumova) Playford, *Acanthotriletes socraticus* Neves et Ioannides, *Anapiculatisporites tersus* Playford, *Reticulatisporites cancellatus*, *Rotaspora knoxii* Butterworth et Williams, *Kraeuselisporites ornatus* (Neves) Owens, Mishell et Marshall *Spelaeotriletes arenaceus*, *S. triangulus*, *Vallatisporites communis*, *V. ciliaris*, *V.*

agadesii, *Cingulizonates bialatus* (Waltz) Smith et Butterworth, *C. capistratus*, *Densosporites variomarginatus* Playford, *Radiizonates genuinus*, *Aratrisporites saharaensis*, *Auroraspora solisorta* Hoffmeister, Staplin et Malloy, *Rugospora minuta*.

Aucune *Lycospora pusilla*, ni aucun grain de pollen n'ont été identifiés.

Par rapport à l'association précédemment définie dans le sondage G122, nous constatons une nette différence quantitative: les *Densosporites* sont peu nombreuses (moins de 3%), ainsi que les *Aratrisporites saharaensis* qui dépassent rarement les 1%. *Diatomozonotriletes fragilis* observée à maintes reprises dans la formation sous-jacente n'a plus ici été identifiée. Par contre, *Spelaeotriletes arenaceus* et les *Waltzisporea* sont plus communs.

Age

La faible représentativité de *Aratrisporites saharaensis* et la présence de *Spelaeotriletes owensii* et de *Vallatisporites agadesii* permettent d'avancer un âge Viséen terminal–Namurien basal pour la Formation de Guézouman. Aucune lycospore n'a été reconnue. Ce taxon apparaît au nord de la plate-forme saharienne au Viséen terminal (sommet d'Issendjel à Illizi–Attar et al., 1980; base de l'Unité à *Collenia* à Rhadamès–Massa et al., 1980). Nous n'avons également observé aucun grain de pollen (*Schopfipollenites*, *Florinites*–*Potonieisporites*). Dans le bassin de Rhadamès (Coquel et al., 1988), ils débutent dans le voisinage immédiat de la limite Viséen–Namurien (sommet Unité à *Collenia*–base d'Assedjefar). L'utilisation du critère absence est toujours délicate en paléontologie, mais il nous semble que si le Namurien est atteint dans la Formation de Guézouman, il ne peut s'agir que d'un Namurien très basal. L'étude de la formation sus-jacente de Tchinezogue nous permettra de préciser ce dernier point. La datation proposée ne présente pas de désaccords importants avec celle obtenue à partir des Conodontes (Claret et Tempere, 1968) et des spores (Valsardieu, 1971) qui avaient permis d'attribuer à la Formation de Guézouman un âge Viséen supérieur.

3.3. Formation de Tchinezogue

A l'instar de la formation sous-jacente trois genres dominant nettement: *Punctatisporites*,

Calamospora et *Apiculiretusispora*. Dans certains niveaux ils constituent jusqu'à 80–90% de la microflore.

Parmi les autres taxons identifiés citons: *Apiculatisporis aculeatus* (Ibrahim) Potonié et Kremp, *A. variocorneus*, *Tricidarisporites serratus* (Playford) Sullivan et Marshall, *T. dumosus* (Staplin) Sullivan et Marshall, *V. gobbettii* Playford, *Densosporites spinifer* Hoffmeister, Staplin et Malloy, *Cingulizonates capistratus*, *Lophotriletes tribulosus* Sullivan, *Reticulatisporites cancellatus*, *Spelaeotriletes arenaceus*, *S. triangulus*, *S. owensii*, *Vallatisporites agadesii*, *Kraeuselisporites echinatus* Owens, Mishell et Marshall.

Densosporites variomarginatus, *Radiizonates genuinus* et *Vallatisporites ciliaris* sont pratiquement absentes.

Aucune *Aratrisporites saharaensis*, ni aucun pollen n'ont été observés. La présence de *Lycospora pusilla* n'est pas certaine; les très rares formes pouvant être attribuées à cette espèce étaient toutes altérées.

Age

La microflore de la Formation de Tchinezogue, bien distincte de celle de la formation sous-jacente, montre certaines similitudes avec ce que nous avons observé dans les formations d'Assedjefar (bassin de Rhadamès – Massa et al., 1980) et d'Assékaïf (bassin d'Illizi–Attar et al., 1980). Cependant des différences importantes liées à l'absence de taxons d'intérêt stratigraphique ont été notées (absence des pollens, ? absence des lycospores).

Dans les bassins d'Illizi (Attar et al., 1980) et de Rhadamès (Massa et al., 1980), avec la régression et l'extinction de *Aratrisporites saharaensis* nous assistons à la mise en place d'une nouvelle microflore avec, en particulier, l'arrivée des lycospores et des grains de pollen praecolpates et monosaccates. Dans la région d'Arilit, nous observons bien la régression et l'extinction rapide de *Aratrisporites saharaensis*, mais nous ne pouvons parler de renouveau dans la composition de la microflore. L'absence (ou la très grande rareté) de *Lycospora pusilla*, spores produites par des Lépidodendracées (famille essentiellement laurassienne), s'explique aisément par suite d'un classe-

ment des formes lié au transport. Il en serait de même pour le praecolpate *Schopfipollenites ellipsoides* produit par les Aléthoptéridacées et certaines Neuroptéridacées, familles essentiellement laurasiennes. Déjà dans les bassins d'Illizi et de Rhadamès qui occupent une position géographique intermédiaire, la représentativité des *Lycospora* et des *Schopfipollenites* est nettement moindre que dans des niveaux équivalents d'Europe occidentale. Signalons que les Lépidodendracées, Aléthoptéridacées et Neuroptéridacées ne sont pas mentionnées dans les études floristiques de de Rouvre (1985) sur l'Aïr.

L'absence de *Aratrisporites saharaensis* indique que nous sommes dans le Namurien, cette espèce disparaissant dans les bassins d'Illizi et de Rhadamès dans le Namurien basal (Zone E des Goniates). La persistance de *Vallatisporites agadesii* et de *Spelaeotriletes owensii* indique que nous restons dans un Namurien inférieur. Ces résultats nous permettent de préciser la position de la limite Viséen–Namurien. Dans le secteur d'Arlit elle se place dans le Guézouman gréseux.

Rapportée avec une certaine réserve au Viséen moyen à supérieur (Yahaya et al., 1986), la Formation de Tchinezogue est en fait légèrement plus récente. En l'état actuel de la question, proposer un âge namurien inférieur (extrême base exclue) paraît être la position la plus vraisemblable.

3.4. Formation de Tarat (inférieur et moyen)

Par rapport à la formation sous-jacente, les différences sont mineures. Elles consistent principalement en la très grande rareté (ou l'absence) de taxons dont le déclin avait été noté dès la base de la Formation de Tchinezogue. Il s'agit en particulier de *Densosporites variomarginatus* et de *Radiizonates genuinus* qui n'ont pas été observées. Quant à *Spelaeotriletes arenaceus*, *Spelaeotriletes owensii* et *Vallatisporites agadesii*, leur répartition est très irrégulière et elles sont absentes dans plusieurs niveaux. Par contre, bien que rare, *Reticulatisporites cancellatus* a été identifiée dans tous les niveaux.

Quelques lycosporites sont présentes, mais elles demeurent particulièrement rares (très nettement inférieur à 1%).

En ce qui concerne les grains de pollen monosaccates et les spores monolètes, nous confirmons les observations de Doubinger (El Hamet, 1983): ils sont absents dans le Tarat inférieur et moyen.

Age

La datation du Tarat inférieur et moyen n'a jamais été, faute d'arguments paléontologiques, établie avec précision. Les espoirs fondés sur la palynologie ont pour l'instant été quelque peu déçus. La raison principale réside en l'absence de références fiables au nord Sahara; avec le développement des faciès calcaires au cours du Namurien (Illizi–Rhadamès), nous constatons en effet un appauvrissement de la microflore et son utilisation à des fins biostratigraphiques demeure actuellement aléatoire dans l'intervalle Namurien B–Namurien C. De fait, la microflore riche et diversifiée du Tarat inférieur et moyen dans le bassin de Tim Mersoï ne peut être datée avec précision. Cependant, elle appartient indiscutablement au Namurien (base du Namurien exclue); aucun taxon n'indique la présence éventuelle de Westphalien.

4. Comparaisons

La microflore du Viséen supérieur–Namurien inférieur de la région d'Arlit présente d'étroites analogies avec celles des différents bassins sahariens, analogies qui nous ont permis de dater les différentes formations carbonifères. Cette microflore de la plate-forme saharienne appartient à une province microfloristique bien individualisée dès le Carbonifère inférieur, ce que montraient déjà les travaux réalisés dans le Grand Erg occidental par Lanzoni et Magloire (1969). Les influences euraméricaines y sont au cours du Viséen très faibles; des taxons caractéristiques (*Tripartites*, *Triquitrites*, *Schulzospora*, *Lycospora*, ...) de la Laurasia sont absents (ou particulièrement rares). En ce qui concerne les influences gondwaniennes, elles demeurent actuellement très délicates à mettre en évidence.

Dans le cadre de ce travail, seule une comparaison avec les microflores du bassin houiller nigérien

d'Anou Ararène (Loboziak et Alpern, 1978), d'Australie (Kemp et al., 1977; Playford, 1990) et du Brésil (Daemon, 1974; Loboziak et al., 1991) sera ici envisagée.

4.1. Bassin houiller d'Anou Ararène (Agadès)

Situé à l'extrême sud du bassin de Tim Mersoï (Fig. 1), il est considéré comme appartenant aux faciès latéraux de la Formation de Talak. Il a été rapporté par Loboziak et Alpern (1978, p. 61) à "la partie tout à fait supérieure du Viséen". Ces auteurs signalent la diversité et l'abondance des spores cingulées et des spores apiculées. *Lycospora pusilla* est particulièrement rare, pour ne pas dire absente. Sur une trentaine d'analyses effectuées, 2–3 lycosporites ont été identifiées. *Aratrisporites saharaensis* (= *Grandispora balteata* Playford in Loboziak et Alpern, 1978) est absente ainsi que les grains de pollen. Cette microflore est très proche de celle de la Formation de Tchinezogue. Par rapport à celle décrite dans le sondage G52, situé à une vingtaine de km plus au Nord, les différences sont également très faibles: signalons l'absence des lycosporites dans G52 et la présence dans ce même sondage de quelques *Aratrisporites saharaensis*.

La datation proposée en 1978 a été principalement établie à partir de l'étude de Lanzoni et Magloire (1969) sur le Grand Erg occidental (Sahara algérien). A la lumière des publications ultérieures concernant les bassins d'Illizi (Attar et al., 1980), de Rhadamès (Massa et al., 1980) et de Tim Mersoï (présente étude), il s'avère que l'âge proposé doit être revu. Par suite de l'absence de *Aratrisporites saharaensis* et la présence de *Vallatisporites agadesii* et de *Spelaeotriletes owensii*, le houiller d'Anou Ararène se situe dans le Namurien inférieur (extrême base exclue) et non dans le Viséen terminal.

4.2. Australie

Au cours du Viséen aucun point précis de convergence n'existe entre les microflores de la plate-forme saharienne et celles de l'Australie. Les principaux taxons guides de la plate-forme saharienne: *Aratrisporites saharaensis*, *Spelaeotriletes owensii* et *Vallatisporites agadesii*, ne sont pas signalés en

Australie. *Anabaculites ybertii* (Marques-Toigo) sensu Kemp et al. (1977) qui pourrait correspondre à *Spelaeotriletes triangulus* n'est signalée en Australie qu'à partir du Namurien alors que les premiers représentants de *triangulus* sont décelés dans le Tournaisien d'Illizi–Rhadamès.

L'absence, sur le continent australien, des taxons guides de la plate-forme saharienne, s'interprète mal en fonction des reconstitutions proposées par Scotese et McKerrow (1990), qui placent plate-forme saharienne et Australie aux mêmes paléolatitudes. Une position plus méridionale de ce continent, où *Lycospora pusilla* semble absente, serait plus en accord avec les résultats palynologiques. Bien que déjà ancienne, la reconstitution proposée par Morel et Irving (1978) nous paraît, en ce qui concerne le Gondwana (Fig. 4), plus conforme aux résultats palynologiques que celle de Scotese et McKerrow.

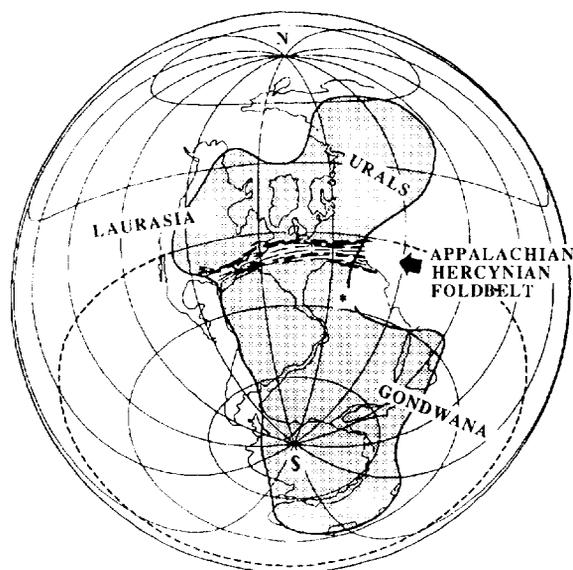


Fig. 4. Position respective de la Laurasia et du Gondwana fin Viséen–base Namurien (d'après Morel et Irving, 1978). Le secteur étudié est indiqué par une étoile. Notez les positions paléolatitudinales de l'Afrique du Nord et de l'Australie.

Fig. 4. Respective positions of Laurasia and Gondwana in the uppermost Visean–lowermost Namurian (after Morel and Irving, 1978). The working area is marked by a star. Note the different palaeolatitudinal positions of northern Africa and Australia in this reconstruction.

4.3. Brésil

En ce qui concerne le Brésil, les données sporologiques sur le Carbonifère inférieur sont encore très ponctuelles. Le travail de Daemon (1974) sur les bassins de l'Amazonie et de Parnaíba s'interprète relativement aisément à partir des résultats de Lanzoni et Magloire (1969) sur le Grand Erg occidental: *Waltzispora lanzonii* Daemon (= *Waltzispora* sp., No. 2890–Lanzoni et Magloire, 1969), spore très typique, est présente dans le Tournaisien des deux régions. Au cours de travaux plus récents sur le bassin de l'Amazonie (Loboziak et al., 1991) cette spore n'a pas été identifiée et les auteurs mettent l'accent sur une microflore qu'ils considèrent de type euraméricain. Cette interprétation nous paraît insuffisamment argumentée. La datation proposée par Loboziak et al. repose principalement sur l'apparition des lycospores dans la Formation du Faro. L'application des échelles de références établies en Europe occidentale (Clayton et al., 1977) conduit les auteurs à placer la limite Tournaisien–Viséen dans le voisinage immédiat de la zone d'apparition des lycospores. Cette datation soulève un important problème palynologique, mais également paléobotanique, lié à la présence dès le Tournaisien supérieur du grain de pollen praecolpate *Schopfipollenites ellipsoïdes*. Ce grain de pollen n'est décelé, tant en Europe occidentale que sur la plate-forme saharienne (Illizi–Rhadamès), qu'à partir du Viséen terminal–Namurien basal. L'hypothèse qui consiste à considérer une apparition synchrone (à l'échelle des temps géologiques) de ce grain de pollen en Europe, au Sahara et en Amazonie, n'a pas été envisagée. Elle conduit à placer au Viséen terminal–Namurien basal l'arrivée des lycospores dont *Lycospora pusilla* dans le bassin de l'Amazonie. Dans cette région trop éloignée de nos secteurs de référence, l'utilisation des échelles européennes demande une certaine prudence. Un contrôle des datations s'avère, dans un premier temps, indispensable.

5. Conclusion

Les microflores des formations de Talak, Guézouman et de Tchinezogue, très proches de

celles décrites dans les bassins sahariens, ont pu être datées avec une bonne précision. La Formation de Talak appartient au Viséen supérieur (secteur Arlit); la Formation de Guézouman a été datée Viséen terminal–Namurien basal, quant à la Formation de Tchinezogue elle se place dans le Namurien inférieur (extrême base du Namurien exclue). Quelques incertitudes subsistent quant à l'âge de la partie inférieure et moyenne de la Formation de Tarat et par conséquent de l'importance de la lacune séparant ces deux unités de l'unité supérieure du Tarat. Cette lacune correspond au minimum au Westphalien et au Stéphanien.

Il apparaît que la transgression viséenne à l'origine du dépôt des argilites de Talak n'a pas le même âge dans tout le bassin de Tim Mersoï. Un peu au sud d'Arlit (sondage G122), les premiers faciès marins sont datés du Viséen supérieur, plus au sud (sondage G52, à 120–130 km au Sud d'Arlit), ils sont légèrement plus récents (Viséen terminal à? Namurien basal). Une vingtaine de kilomètres encore plus au sud, dans la région d'Anou Ararène, les formations marines sont très mal représentées, voire absentes. La série houillère y est d'âge namurien inférieur (extrême base exclue).

Au cours du Viséen la marge nord de la plate-forme africaine constitue une entité microfloristique marquée, bien distincte de celle de la Laurasia et de la Gondwanie (Australie). Au cours du Carbonifère supérieur et Permien, suite à la formation de la Pangée qui facilitera les échanges floristiques N–S et S–N, les microflores d'Afrique du Nord montreront un caractère "mixte". Certains taxons gondwaniens et laurasiens se retrouveront dans les mêmes séries géologiques (Broutin et al., 1990).

Remerciements

Cette étude est présentée dans le cadre du Projet No. 210 sur les sédiments continentaux d'Afrique, ainsi que dans celui de l'accord inter-universitaire Dijon–Niamey. Nous exprimons notre reconnaissance aux sociétés minières COMINAK et SOMAIR qui ont favorisé nos recherches. Nous remercions

également Mademoiselle Doubinger qui nous a très aimablement fourni les préparations palynologiques réalisées à l'Institut de Géologie de l'Université Louis Pasteur (Strasbourg, France).

Références

- Alpern, B., 1978. Le Bassin Houiller Viséen d'Agadès (Niger). I: Géologie, Pétrographie et Physicochimie. *Palinologia*, 1: 35–41.
- Attar, A., Fournier, J., Candilier, A.M. et Coquel, R., 1980. Etude palynologique du Dévonien terminal et du Carbonifère inférieur du bassin d'Illizi (Fort-Polignac), Algérie. *Rev. Inst. Fr. Pét.*, 35(4): 585–619.
- Broutin, J., Doubinger, J., El Hamet, M.O. et Lang, J., 1990. Palynologie comparée du Permien nigérien (Afrique occidentale) et Périthésien. Implications stratigraphiques et phyto-géographiques. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 66: 243–261.
- Claret, J. et Tempere, C., 1968. Le Paléozoïque du Bassin du Tamesna (Sud de l'Ahaggar). *Dtsch. Geol. Ges.*, 117: 460–468.
- Clayton, G. et Loboziak, S., 1985. Early Carboniferous (Early Viséan-Serpukhovian) Palynomorphs. *J. Micro-palaeontol.*, 4(1): 83–91.
- Clayton, G., Coquel, R., Doubinger, J., Gueinn, K.J., Loboziak, S., Owens, B. et Streel, M., 1977. Carboniferous miospores of western Europe: illustration and zonation. *Meded. Rijks Geol. Dienst*, 29: 1–71.
- Conrad, J., Massa, D. et Weyant, M., 1986. Late Devonian regression and Early Carboniferous transgression on the Northern African Platform. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 109: 113–122.
- Coquel, R. et Massa, D., 1993. A propos d'événements palynologiques du Carbonifère inférieur (= Mississippien) d'Afrique du Nord. *Ann. Soc. Géol. Nord* 2, 2: 148–152.
- Crasquin-Soleau, S., Lang, J. et Yahaya, M., 1987. Les Ostracodes viséens de la Formation du Talak (Niger). *Ann. Soc. Géol. Nord*, 107: 21–28.
- Daemon, R., 1974. Palinomorfofos-Guias do Devoniano Superior e Carbonifero inferior das Bacias do Amazonas e Parnaíba. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, 46(3-4): 549–587.
- De Rouvre, I., 1985. Contribution à l'étude de la flore paléozoïque de la bordure occidentale de l'Air (République du Niger). Thèse Doctorat. Univ. Paris VI, Paris.
- De Rouvre, I., 1988. Sur l'âge des flores paléozoïques nouvellement découvertes sur la bordure ouest de l'Air (Niger). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 306: 1057–1061.
- Dijkstra, S.J., 1971. The megaspores of boring Tchad. *Meded. Rijks Geol. Dienst.*, 22: 25–53.
- El Hamet, M.O., 1983. Analyse géologique et pétrographique de la Formation de Tarat dans les carrières Somaïr (Paléozoïque supérieur). Essai d'interprétation paléoclimatique à la lumière de l'épisode glaciaire Dévono-Carbonifère. Thèse Doctorat. Univ. Bourgogne, Dijon.
- Kemp, E.M., Balme, B.E., Helby, R.J., Kyle, R.A., Playford, G. et Price, P.L., 1977. Carboniferous and Permian palynostratigraphy in Australia and Antarctica: a review. *BMR J. Aust. Geol. Geophys.*, 2: 177–208.
- Lachkar, G., 1978. Le Bassin Houiller Viséen d'Agadès (Niger). II: Palynologie: Mégaspores. *Palinologia*, 1: 43–53.
- Lang, J., Yahaya, M., El Hamet, M.O., Besombes, J.C. et Cazoulat, M., 1991. Dépôts glaciaires du Carbonifère inférieur à l'Ouest de l'Air (Niger). *Geol. Rundsch.*, 80: 611–622.
- Lanzoni, E. et Magloire, L., 1969. Associations palynologiques et leurs applications stratigraphiques dans le Dévonien supérieur et le Carbonifère inférieur du Grand Erg occidental (Sahara algérien). *Rev. Inst. Fr. Pét.*, 24(4): 441–469.
- Legrand-Blain, M., 1985. Iullemeden Basin. In: *The Carboniferous of the World: North Africa*. *Int. Union Geol. Sci.*, 20: 323–325.
- Loboziak, S. et Alpern, B., 1978. Le Bassin Houiller Viséen d'Agadès (Niger). III: Les Microspores. *Palinologia*, 1: 55–67.
- Loboziak, S. et Clayton, G., 1988. The Carboniferous palynostratigraphy of northeast Libya. In: A. El-Arnauti, B. Owens and B. Thusu (Editors), *Subsurface Palynostratigraphy of Northeast Libya*. Garyounis Univ. Publ., Benghazi, pp. 129–149.
- Loboziak, S., Streel, M., Caputo, M.V. et Melo, J.H.G., 1991. Evidence of west european defined miospores Zones in the Uppermost Devonian and Lower Carboniferous of the Amazonas basin (Brazil). *Géobios*, 24(1): 5–11.
- Massa, D., Coquel, R., Loboziak, S. et Taugourdeau-Lantz, J., 1980. Essai de synthèse stratigraphique et palynologique du Carbonifère en Libye occidentale. *Ann. Soc. Géol. Nord*, 99: 429–442.
- Morel, P. et Irving, E., 1978. Tentative paleocontinental maps for the early Phanerozoic and Proterozoic. *J. Geol.*, 85(5): 535–561.
- Playford, G., 1990. Australian Lower Carboniferous miospores relevant to extra-gondwanic correlations: an evaluation. *Cour. Forschungsinst. Senckenberg*, 130: 85–125.
- Scotese, C.R. et McKerrow, W.S., 1990. Revised World Maps and Introduction. *Geol. Soc. London*, 12: 1–21.
- Sempere, T. et Beaudoin, B., 1984. Discontinuités et séquences dans la formation de Tarat (Viséen sup.) et l'unité d'Arlit (Namuro-Westphalien) à Arlit (Niger). Evolution sédimentaire, climatique et tectonique de la région au Carbonifère. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 26(6): 995–1014.
- Streel, M. et Loboziak, S., 1994. Observations on the establishment of a Devonian and Lower Carboniferous high-resolution miospore biostratigraphy. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 83: 261–273.
- Vachard, D., Massa, D. et Strank, S., 1993. Le Carbonifère du sondage A1-37 (Cyrénaïque, Libye). analyse biostratigraphique, conséquences paléogéographiques. *Rev. Micropaléontol.*, 36(2): 165–186.
- Valsardieu, C., 1971. Etude géologique et paléogéographique du bassin de Tim Mersoï. Région d'Agadès (République du Niger). Thèse Doctorat. Univ. Nice, Nice, 518 pp.

- Valsardieu, C. et Dars, R., 1971. Présence de moraines sur la bordure occidentale de l'Air à la limite entre le Dévonien et le Carbonifère. Région d'Agadès (République du Niger). *Bull. Serv. Carte Géol. Alsace-Lorraine*, 24(4): 269–276.
- Yahaya, M., 1992. Dynamique sédimentaire du Guézouman et des formations viséennes sous-jacentes en liaison avec la tectonique, le volcanisme et le climat. Thèse Doctorat. Univ. Bourgogne, Dijon. 355 pp.
- Yahaya, M., Lang, J., Cazoulat, M., Crasquin, S., Doubinger, J., Forbes, P., James, P., Pagel, M., Pascal, A. et De Rouvre, I., 1986. La formation viséenne du Guézouman (Arlit-Niger). Dynamique sédimentaire en milieu fluvio-deltaïque: piégeage de l'uranium. Workshop Proj. 210, PIGC, 1 p.