



HAL
open science

Paléoclimats holocènes du Sahara septentrional. Dépôts lacustres et terrasses alluviales en bordure du Grand Erg Oriental à l'extrême-Sud de la Tunisie

Nicole Petit-Maire, Pierre F. Burolet, Jean-Louis Ballais, Michel Fontugne,
Jean-Claude Rosso, Ali Lazaar

► To cite this version:

Nicole Petit-Maire, Pierre F. Burolet, Jean-Louis Ballais, Michel Fontugne, Jean-Claude Rosso, et al.. Paléoclimats holocènes du Sahara septentrional. Dépôts lacustres et terrasses alluviales en bordure du Grand Erg Oriental à l'extrême-Sud de la Tunisie. Comptes Rendus de l'Academie des Sciences. Série IV, Physique, Astronomie, 1991, t. 312 (série II), pp.1661-1666. hal-01562566

HAL Id: hal-01562566

<https://amu.hal.science/hal-01562566v1>

Submitted on 15 Jul 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Paléoclimats holocènes du Sahara septentrional. Dépôts lacustres et terrasses alluviales en bordure du Grand Erg Oriental à l'extrême-Sud de la Tunisie

Nicole PETIT-MAIRE, Pierre F. BUROLLET, Jean-Louis BALLAIS, Michel FONTUGNE,
Jean-Claude ROSSO et Ali LAZAAR

Résumé – Des paléolacs à *Cerastoderma glaucum* et des terrasses alluviales observés à la bordure est du Grand Erg Oriental, sont datés entre *c.* 8 300 et 5 500 ans B.P. Cette découverte apporte un nouvel exemple de la présence de cardiums dans les eaux continentales sahariennes et confirme l'extension de la phase humide holocène sur tout le Sud du Maghreb.

Holocene palaeoclimates in Northern Sahara: lacustrine deposits and alluvial terraces along the Grand Erg Oriental, South-Tunisia

Abstract – Palaeolakes with *Cerastoderma glaucum* and alluvial terraces at the eastern margin of the Grand Erg Oriental are radiocarbon dated between 8,300 and 5,500 years B.P. These new data bring another evidence for the presence of cardiums in the continental waters of the Sahara and confirm the extension of the Holocene humid phase over the southern Maghreb.

Abridged English Version – Palaeoclimatic studies had not yet been carried out in the presently hyperarid area of southernmost Tunisia, at the margin of the Grand Erg Oriental. This region being close to the Holocene paludal and lacustrine deposits observed in Libya, near Ghadames [1], one could expect that the Southern Dahar, about 150 km to the North, had also received, during the last humid phase, precipitation important enough to induce the presence of swamps or lakelets, in particular along the edges of the dune fields.

Thanks to SODEPS oil Company, the authors explored the region of Mahrerouga and El Borma (Fig. 1) in 1989 and 1990.

In that part of the neo-Cretaceous monocline, the altitude progressively decreases, from the NE to the SW, from some 600 m to some 250 m at the Erg border. A semi-extinct hydrographic system is deeply cut in the plateau; it was possibly active during the last Pleistocene interglacial when a 2,000 km² lake existed at 27°30'N in the Fezzan ([3] to [5]) and another lake in the Tunisian chotts [6]. Reddish sands have filled the topographical depressions during the last glacial phase which enhanced Saharan aridity.

This recent field research brought evidence for palaeosols, for fossiliferous palaeolakes in the alluvial depressions at the NE border of the Grand Erg and for extensive fluvial terraces above the present level of the main wadis. At present, the mean annual rainfall in the area is only 52.3 mm [7] and no surface water exists except for the rare abrupt wadi flows characteristic of arid climates.

Patches of red palaeosols with *Helicella* sp. exist on small terraces along the eastern flank of the first dunes, in association with prehistoric artefacts, most of them chert blades. The fauna of a similar formation, at Graret Abdallah (Fig. 1), is dated 5,640 ± 100 B.P.

In the area of Mahrerouga and El Borma, a palaeolake with *Cerastoderma glaucum* existed at 250 m altitude, at the mouth of a major wadi, W. El Kheneg. It is dated 8,230 ± 70 B.P. The presence of *C. glaucum* indicates oligohaline water (>3‰; [8]) but

Note présentée par Georges MILLOT.

its association in the lake deposits with scarcer freshwater shells shows that the lake was fed by wadi flows and not merely by localized rainfall.

Along Wadi Jenain, terraces and fluvio-lacustrine deposits imply important run-off in the recent past. A terrace at about 6-7 m above the wadi course (site 5) contains freshwater molluscs: *Lymnaea natalensis*, *Biomphalaria pfeifferi*, *Bulinus cf. umbilicatus* and *Hydrobia aponensis duveyrieri*. They are dated $7,890 \pm 90$ B.P. and suggest "warm" waters of afrotropical type. These data confirm the feeding of the cardium lake, downstream along the Erg, by the hydrographic system running from the NE.

At site 8 (Fig. 1), a 6 m high section was observed above Wadi Jenain. A level at +2.60 m contains plentiful *B. pfeifferi*, *Lymnaea trunculata* and *Succinea cf. pfeifferi*. The latter species were also collected in the Tibesti, at 2,400 m altitude. They can survive temporary desiccation and indicate relatively cool conditions. The level is dated $6,580 \pm 350$ B.P. This age, 1,500 years younger than those for the cardium lake and the highest terrace, fits the onset of the climatic deterioration after the Holocene optimum, as registered in other areas of Sahara ([13], [14]).

Other fluvio-lacustrine fossiliferous deposits along the upper courses of Wadi Abdallah and Wadi Makhrouga are dated $6,970 \pm 70$ B.P. and $8,010 \pm 160$ B.P., implying important run-off. The lower formation contains, together with the species listed *supra*, *Ammicola* sp. and *Ancylus fluviatilis* indicating well oxygenated running waters.

These new data show that *C. glaucum*, known in the Saharan lakes of the late Pleistocene interglacial, away from any marine intrusion ([3] to [5]), colonized again the continental waters of the Sahara after the last Pleistocene arid period, related with the global cold phase. They fit the classical schemes of the recent climatic changes in northern Sahara ([1], [18], [19]), in the Sahara in general and in global processes [20]. The present arid spell integrates with the new climatic deterioration which started some 6,000 years ago, related with the astronomical forcing towards a new cold phase [17].

Les recherches récentes sur l'évolution paléoclimatique du Sahara n'avaient pas, à ce jour, touché l'extrême-Sud de la Tunisie. Cette région est proche des dépôts lacustres holocènes de la région de Ghadamès [1], à l'Est du Grand Erg Oriental, et il était logique de supposer que le Sud du Dahar ait été également exposé à des précipitations assez importantes pour y créer des lacs ou des marais, en particulier à la bordure des massifs dunaires. En marge d'activités pétrolières et grâce à la Société SODEPS, les auteurs ont pu, au cours de deux missions de terrain (novembre 1989, mai 1990), recueillir des données inédites sur l'évolution récente des environnements autour de Makhrouga et d'El Borma, par 31°N (fig. 1).

1. CADRE GÉOLOGIQUE. — Dans la partie méridionale du vaste monoclinale néo-crétacé du Dahar, près des postes de Bordj-Bourguiba, Lorzot et Jenain, le relief s'abaisse progressivement vers l'Ouest, à partir de la corniche cénomaniennne du Gattar, à l'Est. Des auréoles concentriques irrégulières du Turonien, du Sénonien inférieur, du Campanien et du Maestrichtien regroupent dans la formation Berda des calcaires bioclastiques ou micritiques associés à quelques marnes gypseuses.

A l'Ouest, le Crétacé s'ennoie sous les dunes du Grand Erg Oriental dont émergent des collines calcaires, en particulier celles d'El Borma, au SW. Le réseau hydrographique, très ramifié, s'écoule de l'ENE vers l'WSW et disparaît sous l'erg. Parfois, en bordure

des dunes, des terrasses bordent de petites plaines alluviales, entaillées par les lits actuels des oueds.

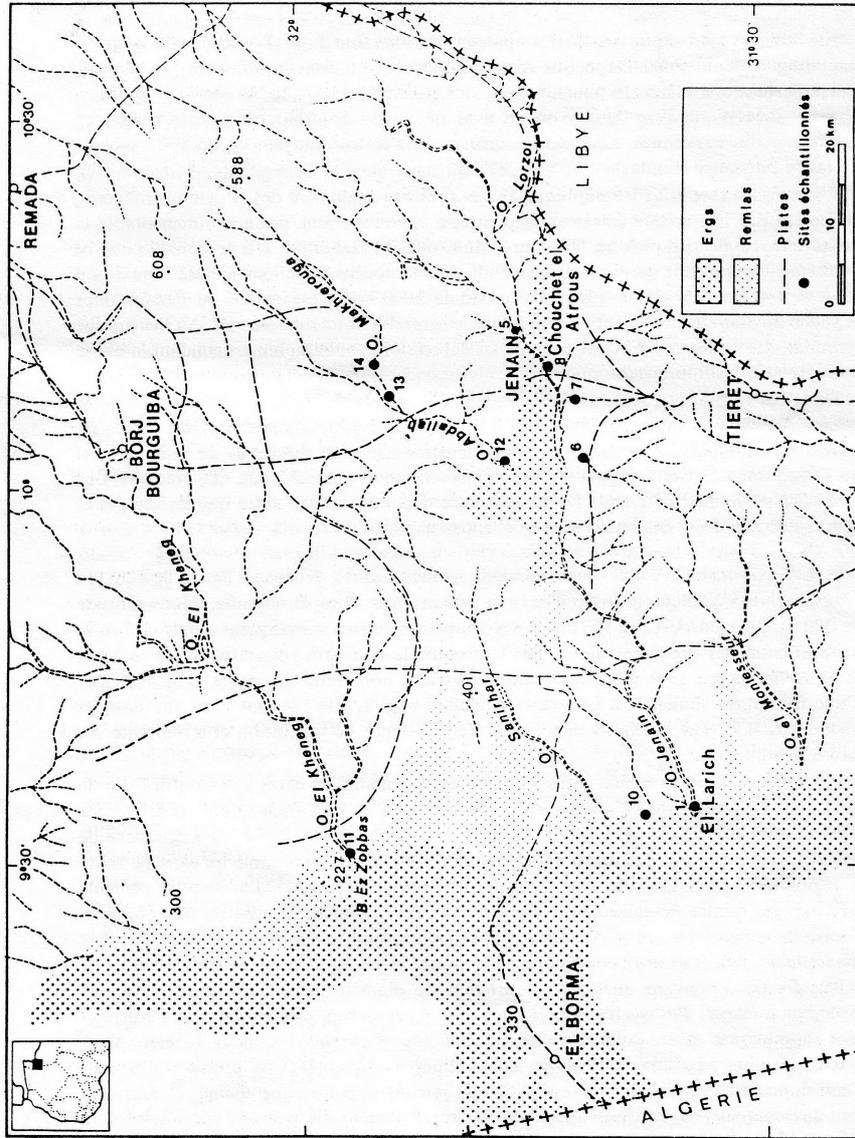
Au Sud, au pied de la cuesta (Campanien) de direction E-W, l'oued Jenain a creusé une longue dépression. De petits ergs, surimposés (et donc postérieurs) au modelé fluvial, Jenain à l'Ouest, Chouchet-el-Atrous et Lorzot à l'Est, la bordent. Par endroits, comme au NW de l'erg Jenain ou en aval de l'oued Sanirhar, de petites dunes, en particulier des barkhanes, s'étendent largement et s'étalent souvent en un voile sabclux de faible puissance (ramlas).

L'important réseau hydrographique ancien présente à son aval des alluvions grossières, cimentées par une croûte calcaire qui peut être contemporaine des encroûtements de la haute terrasse décrite plus au Nord près du Golfe de Gabès [2]. Il est probable que ce creusement important correspond au début du Pléistocène supérieur (phase humide du stade isotopique 5e), pendant laquelle un lac de 2 000 km² s'est installé au Fezzan, dans la vallée du Shati ([3] to [5]) et un autre dans les grands chotts tunisiens [6]. Au Pléistocène terminal, des sables rubéfiés ont colmaté les dépressions topographiques pendant la phase aride du stade isotopique 2.

Dans ces formations récentes, on a reconnu d'une part des dépôts lacustres dans les petites dépressions alluviales au flanc NE du Grand Erg, d'autre part les traces de terrasses et d'importants épandages fluvio-lacustres successifs au-dessus du niveau actuel de l'oued Jenain. Cette région ne reçoit actuellement que 52,3 mm de précipitations annuelles moyennes à Remada [7] et l'existence d'eau de surface autre que les rapides et brutaux écoulements des oueds est actuellement exclue.

2. LES PALÉOLACS. — Les oueds Jenain, Sanirhar et El Kheneg (*fig. 1*) coulent en direction NE-SW d'une altitude d'environ 600 m, vers Bordj-Bourguiba, à une altitude de 300 m, au pied de l'Erg Oriental. Sur les petites terrasses marquant vers 6 à 7 m le flanc oriental des premières dunes, des lambeaux de paléosols rougeâtres peu évolués à rares *Helicella sp.*, sont associés à une industrie à nombreuses lamelles. Les Helicidés d'une formation similaire, à la Graret Abdallah (*fig. 1*, site 12), ont livré une date de 5 640 ± 100 B.P. (Gif 8477); ils témoignent de l'existence de végétation et d'humidité, au moins saisonnières.

Par ailleurs, de nombreux petits (<0,5 cm) fragments de cardiums, soufflés par le vent, se retrouvent dans ce niveau, en particulier près de El Larich (*fig. 1*, site 1). Leur dépôt d'origine a été localisé autour du puits de Ez Zobbas (alt. 227 m), au débouché de l'oued El Kheneg, l'un des plus importants de la région, qui rassemble les eaux de toute la région NW du Dahar, à l'Ouest de Bordj Bourguiba (*fig. 1*). Là, sous la pellicule sableuse des ramlas actuelles, dans un sédiment sablo-argileux rougeâtre, de nombreux *Cerastoderma glaucum*, en général des adultes jeunes, sont morts *in situ*, la plupart ayant encore leurs deux valves en connection. Ils sont de forme plus ou moins transverse et de tailles diverses, pouvant aller jusqu'à 31 mm de diamètre antéro-postérieur. Ils sont associés à quelques *Bulinus truncatus* (Audouin), *Hydrobia sp.*, *Mercuria sp.* (« *Peringia* » auct.) aquatiques et au Pulmoné terrestre *Helicella cf. lemoinei* Deb. *in* Koblet. Alors que les cardiums indiquent des eaux oligohalines (>3‰; [18]), la présence d'espèces d'eau douce est probablement exogène. Nous verrons plus loin que *Bulinus* et *Mercuria* sont présents sur les terrasses alluviales en amont du lac. Ils peuvent aussi être liés à d'éventuels aiouns (sources d'eau douce), à l'émergence de la nappe phréatique de l'erg, au pied des dunes. Quant à *Helicella*, il provient probablement de paléosols.



Localisation des sites observés.
Location of the observed sites

L'âge radiocarbone des coquilles de *C. glaucum* de ce paléolac est $8\,230 \pm 70$ B.P. (Gif 8478). Il se place correctement dans la chronologie paléoclimatique de Libye occidentale où la date obtenue pour le paléolac holocène le plus proche [1], situé dans une dépression interdunaire à l'extrémité du Grand Erg Oriental, près de Ghadamès, $9\,350 \pm 110$ B.P. (Gif 4648), est cependant plus précoce que celle des cardiums au flanc de l'erg, une centaine de kilomètres plus au Nord.

3. LES TERRASSES FLUVIALES (fig. 1, sites 5, 8, 13, 14). — Des terrasses et des épandages fluvio-lacustres ont été observés le long de l'Oued Jenain, témoignant d'un ruissellement important dans un passé récent.

— Quelques kilomètres en amont du poste de Jenain, une terrasse à +6-7 m au-dessus du lit actuel de l'oued (site 5) a livré une faunule diversifiée de Gastropodes aquatiques (Pulmonés basommatophores) où dominent *Lymnaea natalensis* Krauss (forme *subauricularia*, à ouverture ample et d'assez grande taille — max. : 27 mm) et *Biomphalaria pfeifferi* (Krauss) : espèces classiques des dépôts holocènes du Sahara, thermophiles, vivant dans les eaux calmes ou stagnantes parmi les débris végétaux ([9], [10]). Sont aussi associés : *Bulinus* cf. *umbilicatus* Mandahl-Barth et, en petit nombre, *Hydrobia aponensis duveyrieri* (forme typique des oueds et chenaux d'irrigation à courant lent, aquadulcicole et oligohalin). L'ensemble suggère des conditions climatiques « chaudes » de type afrotropical.

Cette faune, datée à $7\,890 \pm 90$ ans (Gif 8476) confirme ainsi l'existence d'un ruissellement important à l'Holocène ancien, alimentant les lacs à cardiums en aval.

— Sous le poste de Jenain même (site 8), une coupe de 6 m de puissance a été relevée au flanc du lit actuel de l'oued. Au-dessus de sables rougeâtre alternent, sur environ 3 m, des sables silteux gris, puis noirs. Au sommet, une croûte gypseuse scelle 1,50 m de sables gypseux bleuâtres. A 2,60 m de la base (niveau 8/6), l'un des niveaux est marqué par une faune à *Biomphalaria pfeifferi* (Krauss), *Lymnaea truncatula* (Müller) et *Succinea* cf. *pfeifferi* (Rossm.). Ces deux dernières espèces, déjà récoltées en association dans le Tibesti, à 2 400 m d'altitude, dans un dépôt daté de 8 500 ans B.P. [11], sont préférentiellement épiphytes (phragmitaies), franchement hygrophiles, mais capables de supporter exondation et dessiccation temporaires. Van Damme voit dans *L. truncatula* « a good indicator for cold-humid conditions » [12]. Ce niveau a été daté de $6\,580 \pm 350$ ans B.P. (Gif 8474) sur *Biomphalaria*. Plus jeune que la terrasse à +6 m, ce niveau enregistre sans doute déjà le commencement de la détérioration de l'optimum climatique, comme cela a été montré en d'autres points de Sahara ([13], [14]).

— Tout à l'amont des oueds Makhreouga et Abdallah, deux accumulations alluviales colmatent le fond des vallées (sites 13 et 14). La plus élevée comprend surtout des sables, calcaires à la base et gypseux au sommet, passant à des silts de plus en plus gypseux et se terminant par un travertin calcaire. La faune de la fraction silteuse comprend *Lymnaea truncatula* Müller et des Hydrobiidae (*Ammicola* sp., diverses formes du *Mercuria confusa* Frauenfeld) ainsi que de rares *Biomphalaria pfeifferi* (Krauss). A signaler également quelques Helicellidae de morphologie variable (actuels ou sub-actuels?), ceinturés de bandes inégales ou monochromes, sublisses ou, au contraire, vigoureusement striés, référables au groupe d'*Helicella lemoinei* Deb. in Kobelt [14]. Le travertin au sommet a livré une date ^{14}C de $6\,970 \pm 70$ ans B.P. (Gif 8524).

La plus basse de ces accumulations est surtout nette à l'aval, où elle est formée de sables gris très gypseux à *Lymnaea truncatula* Müller, *Succinea* cf. *pfeifferi* (Rossm.), *Hydrobia aponensis duveyrieri* (Bourguignat), *Ammicola* sp., *Bulinus* aff. *umbilicatus*

Mandahl-Barth et *Ancylus fluviatilis*, petit Gastropode lapidicole (patelliforme) des eaux courantes, bien oxygénées. Cette faune est datée à $8\,010 \pm 160$ ans B.P. (Gif 8475).

4. CONCLUSION. — 1. *Ceratoderma glaucum* vit actuellement sur les littoraux et dans les étangs saumâtres méditerranéens. Sa présence avait déjà été signalée dans les paléolacs du dernier interglaciaire pléistocène, proches de la Méditerranée [6], mais aussi dans d'autres en situation très continentale [4]. Il était également connu dans l'Holocène de l'Oued el Akarit [16], proche du Golfe de Gabès. Sa présence à 250 m d'altitude, à l'extrême Sud de la Tunisie, démontre que cette espèce a pu recoloniser les eaux continentales du Sahara après la phase froide du stade isotopique 2 qui avait profondément aridifié ses marges septentrionales et méridionales [17].

2. Cette découverte s'intègre parfaitement dans les données déjà connues sur l'Holocène du Sahara septentrional ([1], [18], [19]) comme dans le tableau général du Sahara pendant le dernier optimum climatique et dans le schéma des changements globaux [20]. Le retour actuel à un climat aride s'intègre dans la nouvelle détérioration climatique, amorcée depuis quelque 6 000 ans, en liaison avec un forçage astronomique vers une future phase glaciaire [17].

Note remise le 5 mars 1991, acceptée après révision le 25 avril 1991.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] N. PETIT-MAIRE, *The Maghreb Review*, 4, 1979, p. 29-35.
 [2] H. BEN OUEZDOU, *Géodynamique*, I, (2), 1986, p. 81-95.
 [3] N. PETIT-MAIRE éd., *Le Shati, lac pléistocène du Fezzan*, C.N.R.S., Marseille, 1982, 118 p.
 [4] N. PETIT-MAIRE, G. DELIBRIAS et C. GAVEN, *Palaeoecology of Africa*, 12, 1980, p. 289-295.
 [5] C. GAVEN, C. HILLAIRE-MARCEL et N. PETIT-MAIRE, *Nature*, 290, 1981, p. 131-133.
 [6] C. CAUSSE, R. COQUE, J.-C. FONTES, F. GASSE, E. GILBERT, H. BEN OUEZDOU et K. ZOUARI, *Geology*, 17, 1989, p. 922-925.
 [7] J. DUBIEF, *Le Climat du Sahara*, Inst. Rech. Sahariennes, Alger, II, 1963, 267 p.
 [8] J.-C. ROSSO et J. GAILLARD, in: *Le Shati, lac Pléistocène du Fezzan*, N. PETIT-MAIRE éd., C.N.R.S., 1982, p. 55-68.
 [9] C. LÉVÊQUE, *Bull. Inst. fond. Afr. noire*, 29, (4), 1967, p. 1494-1533.
 [10] D. S. BROWN, *Freshwater Snails of Africa and their medical importance*, Taylor and Francis Ltd, London, 1980, 487 p.
 [11] L. CHAIX, *Haliotis*, 4, (1-2), 1974, p. 187-191.
 [12] D. VAN DAMME, *The freshwater Mollusca of Northern Africa*, Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, 1984, 164 p.
 [13] I. A. BROOKES, *Quaternary Research*, 32, 1989, p. 139-152.
 [14] J. FABRE et N. PETIT-MAIRE, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 65, 1988, p. 133-148.
 [15] H. CHEVALLIER, *Bull. Mus. nat. Hist. nat.*, 2^e série, 41, (1), 1969, p. 266-294.
 [16] J.-C. FONTES, R. COQUE, L. DEVER, A. FILLY et A. MAMOU, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 43, 1983, p. 41-62.
 [17] N. PETIT-MAIRE, *Episodes*, 13, 1990, p. 103-107.
 [18] Y. CALLOT, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 299, série II, 1984, p. 1347-1350.
 [19] J.-C. FONTES, F. GASSE, Y. CALLOT, Y. PLAZIAT, P. CARBONEL, P. DUPEUPLE et I. KACZMARSKA, *Nature*, 317, 1985, p. 608-610.
 [20] N. PETIT-MAIRE, in: *Paleometeorology and Paleoclimatology*, Kluwer, Dordrecht, 1989, p. 637-661.

N. P.-M. : *Laboratoire de Géologie du Quaternaire, C.N.R.S., Case n° 907, Luminy, 13288 Marseille Cedex 9:*

P. F. B. : *G.E.A., 1, rue Vieille, 04300 Forcalquier:*

J.-L. B. : *Institut de Géographie, Université Aix-Marseille-II, 29, avenue R. Schumann, 13260 Aix-en-Provence:*

M. F. : *C.F.R. C.N.R.S.-C.E.A., 91190 Gif-sur-Yvette:*

J.-C. R. : *Laboratoire de Géologie du Quaternaire, C.N.R.S., Case n° 907, Luminy, 13288 Marseille Cedex 9:*

A. L. : *S.O.D.E.P.S., 3, impasse Abu Lataya, 1002 Tunis-Belvédère, Tunisie.*