

TABLE RONDE sur «Travertins I. s. et évolution des paysages holocènes dans le domaine méditerranéen». Aix-en-Provence (5-6 novembre 1985).

Pétrographie et morphologie des édifices tuffeux quaternaires du centre de l'Espagne

S. ORDOÑEZ*
J.A. GONZALEZ**
M.A. GARCIA DEL CURA***

Résumé — Les formations travertineuses quaternaires, holocènes et actuelles du centre de l'Espagne (fig. 1) montrent différents types de faciès en fonction des caractéristiques hydrologiques, hydrogéologiques et géomorphologiques du secteur et spécialement l'interaction relief — climat — substratum géologique.

Un modèle physico-chimique de précipitation des carbonates travertineux est esquissé.

La macrostructure des édifices travertineux est conditionnée par la situation relative de la «nappe phréatique» en rapport avec la topographie : type «source» dans la vallée aval du Tajuña (Alcarria), type «alluvial» dans la vallée amont du Tajuña (Système Ibérique), édifices en «cascade» dans la vallée du Mundo (Albacete) et «barrages» dans la haute vallée du Guadiana (Lacs de Ruidera).

La mésostructure a une signification fondamentalement écologique. Elle dépend du support sur lequel les carbonates ont précipité (plantes vivantes supérieures, mousses, objets errants,...). Elle rend compte de la formation des tufs à tiges, des tufs à mousses, des oncolithes, etc.

La microstructure est en rapport avec la nature et l'efficacité de l'agent de dégazage. Ainsi les faciès stromatolithiques porostromata abondent en amont des barrages où l'influence algaire est plus grande, et les faciès méso-cristallins abondent à l'aval, où le dégagement gazeux physico-chimique est plus important.

Abstract — Holocene and present-day calcareous tufs formations of Central Spain are described and modeled in this paper. (fig. 1) Calcareous tufs, formations show a petrological aspect related with hidrologic, hidrogeologic and geomorphological factors, and specially with climatic-lithologic-morphologic relations. We bring out a physicochemical model about «water tufaceous potential», this index is connected with climatic, lithologic and hidrogeologic factors.

Tufa buildups macrostructure are conditioned by ground water level and relative position : water fall carbonates in Tajuña river (Alcarria zone), water flow carbonates in Tajuña river (Iberian Ridge), water flow carbonates on the aluvial fan deposits in the Mundo river (Talave reservoir), water flow carbonates in the Mundo river (Ayna, Lietor), and also calcareous tufs dams and pools systems in the Guadiana Alto river (Ruidera pools).

Mesostructural aspects have an ecological significance, and are related with the nature of encrustation support : high living plants, moss, erratic objects..., by this way : vertical tubes facies, moss tufa, oncolites, ... are developed. Microscopic textures are in connection with degassing processes efficiency : biological degassing processes leave to «porostromata» textures and mechanical degassing processes leave to mesocrystalline textures.

INTRODUCTION

La région centrale espagnole montre de nombreuses accumulations travertineuses qui ont un âge pléistocène, holocène, historique et même actuel.

Ces dépôts se localisent dans le secteur oriental. Ils sont toujours en rapport et en étroite dépendance avec la présence d'affleurements calcaires et dolomitiques karstifiés mésozoïques et, plus rarement, de sédiments tertiaires.

Actuellement ces formations sont observées dans des secteurs soumis à un climat méditerranéen modifié par l'altitude et la continentalité.

* Departamento de Petrologia. U.C.M. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid. Espagne.

** Departamento de Geografía. U.A.M. Cantoblanco. Madrid. Espagne.

*** Instituto de Geología Económica. C.S.I.C./ F. de Geología. Ciudad Universitaria.

Dans ces accumulations travertineuses nous trouvons plusieurs faciès et édifices complexes qui répondent à des conditions géomorphologiques, d'écoulement des eaux et de couverture végétale bien différentes. Cette extraordinaire abondance de modèles actuels nous a servi pour décrire des modèles génétiques pouvant être extrapolés aux formations anciennes.

Ce travail présente une synthèse provisoire d'observations encore en cours. Notre choix a porté sur les exemples les plus significatifs qui, à notre avis, sont localisés ainsi (fig.1).

Zone A — Région Alcarria — Vallée de Tajuña (Brihuega)

Zone B — Système Ibérique — Haute vallée du Tajuña

Zone C — Vallée du Mundo

Zone D — Ensemble lacustre de Ruidera — Haute vallée du Guadiana.

I — ZONE A : VALLEE DU TAJUÑA EN AMONT DE BRIHUEGA REGION DE LA ALCARRIA

Cette région offre des dépôts horizontaux néogènes avec une dalle calcaire au sommet (les calcaires du «Paramo»). Dans ce vaste plateau, la plupart des formations travertineuses se placent dans le contexte de pentes perchées (vallées du Tajuña et affluents). Il s'agit d'un ensemble de formations du type «source» (GEURST, 1975 ; CASANOVA, 1981), en rapport avec l'émergence d'eaux phréatiques dans la partie supérieure des versants ; il existe également des édifices calcaires au débouché d'anciennes et petites vallées secondaires, brusquement suspendues (60-100 m) sur le talweg de la vallée principale (Tajuña).

Ces accumulations présentent une disposition étagées sur les versants, en contrebas des sources karstiques qui leur ont donné naissance. Elles descendent dans le fond même de la vallée, et sont formées de couches de mousses et de tiges incrustées de carbonates ; ces formations offrent une épaisseur variable et une stratification grossière. Elles dessinent une série d'inflexions qui s'adaptent à la topographie de l'ancien versant.

Très souvent le développement vertical de ces dépôts donne des édifices travertineux d'allure cunéiforme, dont la plus grande épaisseur est 10-20 m. Dans cette zone, quelques caractéristiques permettent de distinguer au moins trois ou quatre générations de tufs (autre l'actuelle, peu significative), dans un esquisse de chronologie relative.

Ces caractéristiques sont les suivantes :

- présence de plusieurs niveaux d'accumulation fluviale avec des éléments détritiques ;
- différentes générations de colluvions ;
- des stades de diagenèse et de karstification plus ou moins avancés offerts par les divers ensembles travertineux ;
- la morphologie dégradée ou bien conservée ;
- la position géomorphologique.

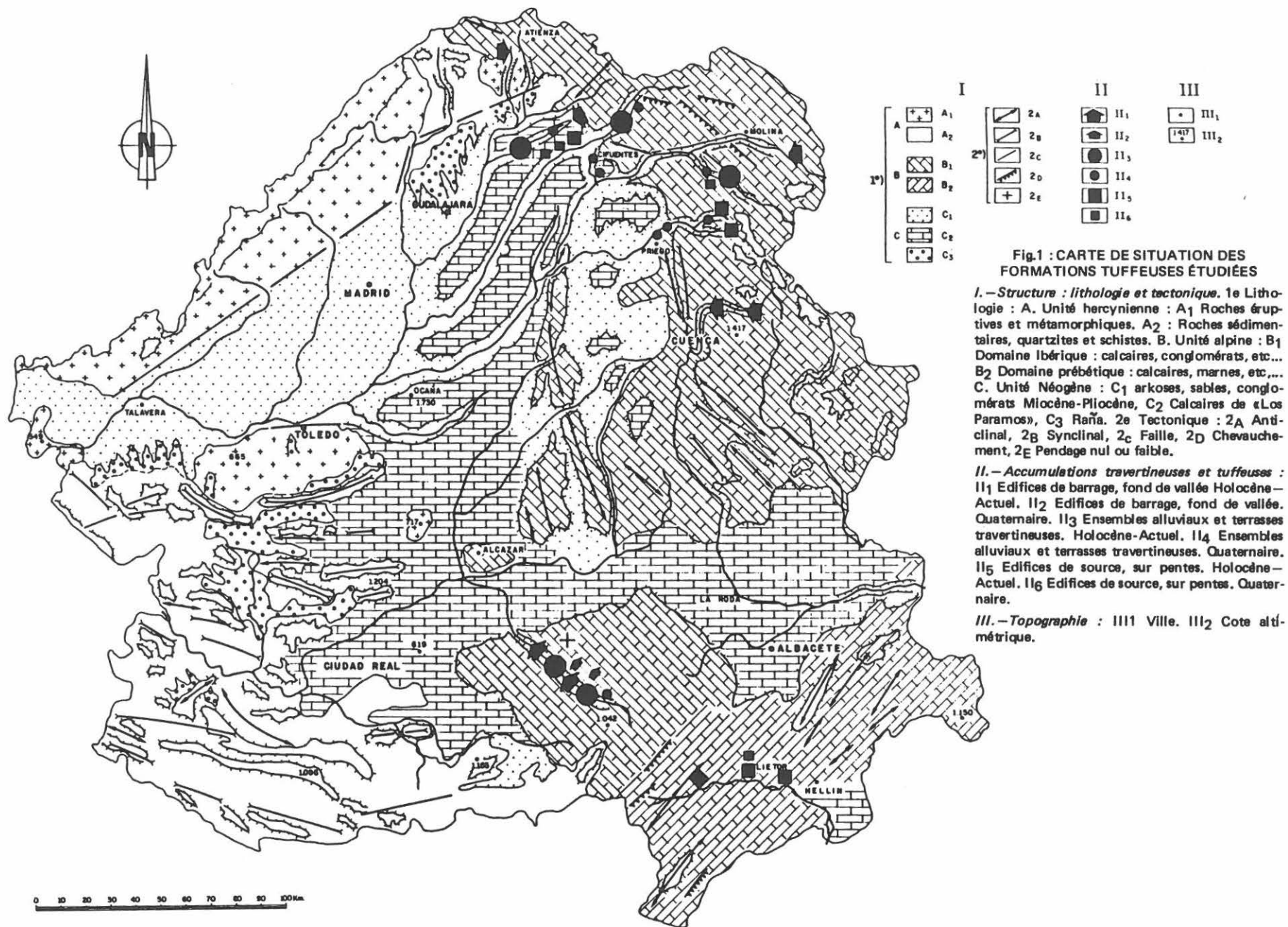
Les générations anciennes doivent se rapporter à des phases climatiques plus ou moins humides qui appartiennent probablement à un Quaternaire ancien ou moyen. La plus ancienne, dont il subsiste des témoins bien diagenésés, présente des formes très dégradées (toujours suspendues très haut au-dessus du talweg) et totalement déconnectées des anciennes nappes phréatiques par suite des phénomènes érosifs. Une autre, en contrebas, offre des témoins plus nombreux, une diagenèse plus faible ; l'édifice travertineux fossilise des formations colluviales amorphes très altérées et anciennes.

Il faut constater également, que des débris de tufs de cette génération ont nourri la masse détritique du niveau d'accumulation fluvial (T + 40) de la vallée du Tajuña (Brihuega-Masegoso).

La génération intermédiaire est chronologiquement postérieure à T + 40 m et antérieure aux accumulations de grès lités (Würm) qui s'installent dans les versants de ce secteur.

Les formations les plus récentes sont d'âge holocène-historique. Elles sont constituées, dans le fond des vallées de la Alcarria, par des limons carbonatés mêlés à des sédiments de nature terrigène d'origine longitudinale (formations de «Campiña») ; ces matériaux ont été transportés par les cours d'eaux de la région et déposés dans des zones de mares en rapport avec de petits barrages morphologiques.

Du point de vue pétrologique ces formations montrent les types de faciès suivants : deux faciès



construits travertineux proprement dits et un troisième faciès apparemment associé aux précédents : il s'agit de faciès de karstification. Les faciès travertineux construits de cette zone sont des *tufs à tiges*, formés par des incrustations de carbonate, qui reproduisent la morphologie des plantes supérieures, avec des empreintes de feuilles parfois nombreuses (tufs à feuilles) et d'abondants gastéropodes. Ces faciès sont localisés de préférence dans des secteurs à pente très faible. Dans le cas des *tufs à mousses* les incrustations de carbonate reproduisent la morphologie des mousses. Ces faciès constituent les véritables dépôts de cascade, avec des pendages verticaux et même des contre-pendages.

L'absence de microstructures biologiques est remarquable dans ces carbonates ; on constate seulement, très occasionnellement, des fantômes de charophytes ainsi que des structures stromatolithiques mal développées, ce qui dénote une plus grande importance dans leur genèse des processus de dégagement gazeux physico-chimique. Par conséquent, les roches formées dans ces édifices travertineux peuvent se définir comme des calcaires homogènes avec des cristaux de taille variable, depuis les «micrites» jusqu'aux mésocristaux. Quelques échantillons montrent cependant des formes de cristaux en palissade. Souvent ces calcaires ont été affectés par des processus pédologiques.

Les faciès de karstification offrent l'aspect de croûtes sur les parois des pores et des cimentations intergranulaires avec leur microstructure en palissade caractéristique.

II – ZONE B : SYSTEME IBERIQUE. HAUTE VALLEE DU TAJUÑA

Dans le système Ibérique, en amont du secteur antérieur, la vallée du Tajuña montre également des accumulations d'origine travertineuse. Du point de vue géomorphologique ces formations sont localisées dans le fond d'une *vallée étroite* et encaissée dans les calcaires crétacés et les conglomérats tertiaires. Les ensembles travertineux se trouvent dans une vallée (à 50 km des sources du Rio Tajuña), où les eaux qui émergent en provenance du karst profond sont très abondantes.

Ces ensembles travertineux appartiennent à un faciès de type «alluvial» (CASANOVA, 1981). On peut distinguer deux générations différentes : la plus ancienne et la plus élevée (T + 10 à 15 m) est d'âge quaternaire récent, tandis que les dépôts plus bas (T + 3 – 7 m) sont holocènes. En ce qui concerne le niveau holocène, les édifices sont bien développés et la stratigraphie est lisible en divers secteurs. Le substrat est constitué par des accumulations cryoclastiques du Würm (grèzes litées, groizes, etc,...) ; ces dépôts froids ont comblé les fonds des vallées et sont les principaux responsables de l'élaboration d'une topographie plate. Sur les colluvions s'appuie un horizon de tourbe (1 – 5 m d'épaisseur) et une nappe de limons carbonatés. Au-dessus, on trouve des séries détritiques constituées tantôt par des éléments gravillonnaires et des sables, tantôt par des fragments de tufs (débris organiques, tiges brisées) qui ont été détachés de leurs emplacements originels lors des crues. Finalement, au sommet, il y a une couche de carbonates bioconstruits, qui comporte des faciès tubulaires verticaux de gros diamètre (5- 6 cm) et d'autres de petit diamètre ; ces derniers forment un feutrage dense et complexe généralement inclinés dans le sens du paléo-écoulement ; il faut signaler que le développement latéral de ces accumulations est modeste. Parfois on observe même un passage sans solution de continuité à des dépôts détritiques.

Il faut constater également, l'apparition réitérée d'accumulations travertineuses en rapport avec la présence de microtopographies abruptes dans le chenal du Rio Tajuña ; le profil irrégulier du lit rocheux a été le principal responsable de la précipitation physico-chimique de carbonates au fond de la vallée. L'importance de ces types de mécanismes est confirmée par l'examen de plusieurs sites en amont de la vallée ; dans ce secteur, il n'y a aucune trace d'accumulation travertineuse, malgré une teneur constante en calcium dans l'eau de la rivière. Ce fait est dû à l'existence d'affleurements sableux du Crétacé (Albien), qui excluent le développement de petites ruptures du profil longitudinal du lit.

Au contraire, dans le secteur à tuf bien développé, les ruptures de pente ont joué un rôle important ; elles ont déterminé le développement d'un changement de système dans la vitesse des eaux. Dans les biefs en situation d'eaux dormantes, les conditions hydrologiques et géomorphologiques ont favorisé la formation de mares peu profondes ; dans ce contexte sédimentaire a eu lieu le dépôt des accumulations travertineuses. Par ailleurs, le régime méditerranéen des cours d'eaux et l'emplacement des formations calcaires dans un secteur quelque peu éloigné des sources ont favorisé dans le passé, à certaines époques l'action des crues ; ces pulsations sporadiques ont perturbé un cadre hydrologique caractérisé généralement par des eaux calmes. Elles sont responsables du transport des débris et galets et de l'érosion ou même de la destruction des dépôts travertineux associés à ces ensembles alluviaux.

La séquence observable, dans les secteurs où il y a des carbonates biconstruits *in situ*, est la suivante :

- des traits de marmorisation (d'origine édaphique) à la base ;
- des carbonates bioconstruits «in situ» ;
- des formations détritiques fines.

Lorsqu'il n'y a pas de carbonates bioconstruits *in situ* la séquence est la suivante :

- tourbe à la base (4 m environ) ;
- des limons carbonatés sombres avec de nombreux gastéropodes ;
- des conglomérats de cailloux tuffeux ;
- des lutites avec des structures rythmiques.

L'ensemble détritique montre un granoclassement positif, une stratification lenticulaire et des rides de courant.

Les carbonates bioconstruits montrent deux types de faciès :

— les tufs à tiges (*tiges verticales*), dans lesquels le carbonate a encroûté des plantes supérieures. Ils montrent des empreintes d'une longueur moyenne de 40 cm, un diamètre de 5-6 cm avec une cavité centrale de l'ordre de 1 cm. L'incrustation est de type stromatolithique, fondamentalement *porostromata*, et des filaments calcifiés peuvent être observés ;

— les tufs à charophytes (*tubes croisés*) : leurs éléments ont un diamètre moindre. Les charophytes montrent une incrustation stromatolithique, fondamentalement de type laminaire, avec de fréquents remplissages micritiques. On peut donc penser qu'il s'agit de faciès plus profonds, moins marginaux que les tufs à tiges. ORDÓÑEZ, GONZALEZ et GARCIA DEL CURA, 1981, ont fourni une description pétrographique plus détaillée, ainsi que des données isotopiques (isotopes stables).

III — ZONE C : VALLEE DU MUNDO

Dans la vallée encaissée du Rio Mundo (province d'Albacete), quelques édifices tuffeux ont été antérieurement étudiés par CALVO, GARCIA DEL CURA et ORDÓÑEZ (1979). Il s'agit de tufs de cascade, localisés au débouché des vallées affluentes suspendues. L'eau provient de l'infiltration dans les calcaires et dolomies du Dogger. Les édifices les mieux connus sont ceux de Talave, Lietor, Ayna et Hajar.

A Talave, les édifices surmontent des sédiments détritiques correspondant à des dépôts de type *alluvial fans*, liés à un écoulement en nappe ; un premier édifice se développe entre les cotes 530 et 560 m, et un second plus récent, entre 480 m et 530 m, sur une longueur d'un kilomètre. Dans la partie apicale il comporte des tufs mésocristallins et finement cristallins avec des textures en palissade et un calcaire micritique grumeleux, un peu sableux, édaphisé, avec des fragments de tufs et quelques traits tuffeux. Dans la zone moyenne apparaissent des tufs à structure algaire, pas toujours stromatolithique. Au-dessus, un épisode détritique polygénique est visible. Il est surmonté par des calcaires tuffeux cristallins et un peu stromatolithiques. Les formes karstiques y sont abondantes.

A Lietor, l'accumulation est assez dégradée par la mise en culture. Seules quelques parties adventices sont encore fonctionnelles dans le secteur oriental de l'édifice principal.

A Ayna, l'édifice de source montre un développement horizontal de 100 m et un développement vertical de 5 m — 10 m. ; l'édifice principal n'est pas fonctionnel. Dans la zone W de l'édifice fonctionnel se développe un système régressif de formation actuelle de tufs avec des faciès d'écoulement en nappe et de cascade. A la base de l'édifice principal, on observe des calcaires tuffeux mésocristallins avec des argilans. Les cristaux perpendiculaires aux filaments montrent la texture déjà connue des tufs à mousses (IRION & MULLER, 1968), qui présentent aussi des faciès micritiques grumeleux ; les remplissages micritiques y abondent ; les mousses suivantes ont été identifiées : *Cratoneuron commutatum* et *Eucladium verticillatum*.

A Hajar, il y a des édifices de cascade, avec des calcaires tuffeux cristallins (tufs à mousses) constitués de cristaux de taille variable. En général, la mésostructure de l'ensemble des formations tuffeuses de la vallée du Mundo est celle de tuf à mousses, avec de nombreux traits de karstification et de diagenèse.

IV — ZONE D : ENSEMBLE LACUSTRE DE RUIDERA. HAUTE VALLEE DU GUADIANA

Le complexe travertineux de Ruidera est le dernier exemple que nous avons l'intention d'analyser ici. On trouvera une description préliminaire dans : ORDÓÑEZ, GONZALEZ MARTIN et GARCIA DEL CURA (1985), et une étude hydrochimique dans ORDÓÑEZ et al. (1985).

Le paysage lacustre étudié se situe dans la région du «Campo de Montiel» (Albacete-Ciudad Real), dans la haute vallée du Guadiana. Ce cours d'eau se nourrit d'une série de résurgences karstiques localisées au contact des puissantes cargneules du Jurassique et des gypses et marnes du Trias.

Le site de Ruidera comporte 15 lacs et cuvettes en arrière de barrages de tuf calcaire. Ces lacs jalonnent le cours d'eau selon une succession de gradins étirée sur 25 km ; la différence altimétrique entre le premier lac et le dernier est de 120 m. Les dimensions des lacs sont modérées (800 X 250 m), avec quelques exceptions : lac de «San Pedro» (1 600 m X 400 m), lac de «La Lengua» : (1 400 m X 250 m) et lacs «Colgada» et «Del Rey» (2 500 X 450 m). Les profondeurs sont faibles et mal connues : 5 à 20 m.

La typologie des accumulations travertineuses est la suivante :

- des édifices de barrage ;
- des terrasses travertineuses ;
- des formes mineures : rideaux de stalactites, visières en saillie, mousses de paroi sur les marges et les rebords des lacs, etc...

Ces ensembles appartiennent au moins à deux épisodes chronologiques distincts, séparés par une phase froide, qui a libéré une certaine proportion des fragments cryoclastiques qui tapissent les versants de Ruidera. Les témoins les plus anciens sont ceux de quelques édifices suspendus (+ 20 m) au-dessus des lacs actuels. La génération la plus récente, d'âge holocène actuel, se situe dans le fond même de la vallée. Elle comporte de nombreux édifices, parmi lesquels certains sont encore fonctionnels.

La genèse des accumulations de barrage est en rapport, dans les deux cas, avec la précipitation de carbonates en relation étroite avec les petites ruptures du profil longitudinal du fleuve. La croissance verticale des barrages (10 — 15 m) a permis l'apparition d'un paysage lacustre avec des formes de rétention : les terrasses travertineuses, qui se trouvent en amont des barrages et s'adosent aux bordures des lacs ; elles montrent une topographie culminante très plate et elles comportent aussi des couches horizontales où la sédimentation détritique, même celle d'origine tuffeuse (remaniement d'édifices situés en amont) est très pauvre ; la plupart de ces accumulations sont constituées par des couches de carbonates bioconstruits sur place. Leur composition contraste avec celle des formations alluviales du fond de la vallée, de type tuffeux, du Rio Tajuña, qui sont constituées par d'abondants éléments détritiques. A notre avis, ces différences s'expliquent par les différences de localisation de chacun de ces types d'accumulations tuffeuses dans le contexte fluvial où ils s'insèrent ; dans le cas de Ruidera, leur position à la source même du Rio Guadiana et le contrôle karstique direct exercé par les sources proches imposent une hydrodynamique bien atténuée (même lors des averses) et incapable d'entraîner des éléments terrigènes importantes lors de la genèse des terrasses travertineuses.

Les calcaires tuffeux de Ruidera montrent la plus grande diversité texturale et structurale, spécialement au microscope (cf. photos B à F). Nous pouvons en déduire une plus grande variété des processus génétiques à l'origine de leur formation. On distingue au moins quatre microfaciès de tufs à mousses.

A Ruidera, nous trouvons les mésostructures suivantes :

1) Des tufs à mousses.

Dans les tufs actuels, on a pu identifier *Dydimodon* et *Barbula*. Ces tufs montrent plusieurs microstructures :

- Des micrites grumeleuses, dans les zones à dynamique très faible. Elles sont proches de celles que LANG et LUCAS (1970) attribuent aux algues cyanophycées du type *Gloeteca*.

- Des faciès stromatolithiques, parmi lesquels les faciès de type porostromata sont mieux représentés que les faciès laminaires. On peut voir des filaments d'algues qui ont vécu en épiphytes sur les mousses ; souvent on observe des colonies d'algues en éventail. La grande variété des microstructures nous fait penser à une flore algale très variée.

• *Des faciès cristallins de tufs à mousses typiques.* Ils montrent d'abondants cristaux en palissade qui rappellent parfois le microcodium (*pseudomicrocodium*). Ces faciès apparaissent presque toujours à l'aval des cascades où la dynamique de l'eau est plus forte.

– *Faciès microcristallins* (cristaux de 10 à 30 μm) : ils abondent dans les terrasses des lacs. Souvent ils sont associés aux micrites grumeleuses et même aux micrites s.s. On voit des protonémas calcitisés dans les plus anciens.

2) Des tufs à tiges

Les lacs de Ruidera montrent, de préférence, une microstructure stromatolithique, le type *spongios-tromata* étant le plus abondant. Parfois on observe un faciès caractérisé par la présence de filaments concentriques autour des tiges (fig. 6). Quelquefois aussi sont visibles des colonies d'algues en éventail. De la même façon que les mousses coexistent avec les joncs, les tufs à mousses et les tufs à tiges sont associés.

A Ruidera, les stromatolithes se localisent essentiellement dans les chenaux saisonniers. Des «croûtes stromatolithiques» apparaissent sur quelques cascades actuelles où on peut identifier (en été) des algues nostocales (*Oscillatoria* et *Phormidium*), des chlorococcales et des diatomées. Nous trouvons aussi des oncolithes sur quelques stromatolithes et dans les dépôts de type alluvial.

Sur ces trois faciès il y a souvent des croûtes fibreuses d'origine karstique et même des formes construites de plus grande taille (type stalactites). Outre un ciment calcitique, on note parfois un ciment aragonitique et, plus rarement, halitique.

CONCLUSIONS

Nous concevons le système travertineux comme un équilibre entrée-sortie (*input-output*). L'entrée est définie par l'infiltration des eaux de pluie sur les massifs calcaires, dolomitiques et même les associations dolomitiques-évaporitiques. La somme des carbonates dissous par l'eau de pluie dépend du facteur $p\text{CO}_2$ dans le sol. Ce facteur est en rapport avec les types de sol, leur teneur en matière organique et l'intensité des processus microbiologiques qui ont lieu dans le système édaphique. Il est aussi contrôlé par l'interaction relief – climat – substratum géologique. En fonction du comportement des eaux d'infiltration, riches en CO_2 , les massifs calcaires et dolomitiques sont soumis à un intense processus de karstification avec ou sans développement des formes de reconstruction (carbonates de grotte) en fonction du stade d'évolution du karst. Quand des eaux jaillissent à la surface topographique, on peut définir un «potentiel de travertinisation» des eaux jaillissantes (P, T) qui peut s'exprimer par la sursaturation en calcite pour la $p\text{CO}_2$, définie par l'abondance de CO_2 en solution de l'eau jaillissante, en rapport avec la $p\text{CO}_2$ atmosphérique, $10^{-3,48}$ atm. Tenant compte que l'infiltration dans une zone correspond aux eaux précipitées moins les eaux de ruissellement et l'évapotranspiration et que ces valeurs sont faibles dans les zones profondément karstifiées, on peut établir :

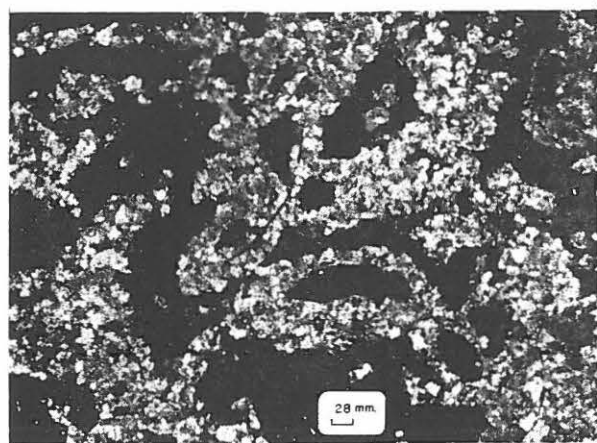
$$P.T = sp [(10 \log p \text{ CO}_2 + C - B/3 - 10^{2,52 - B/3})] T_m$$

Si l'on prend s en km^2 de surface de la zone d'infiltration et p en précipitations corrigées exprimées en mm, la valeur de B et B' , dépend de la température des eaux résurgentes et de la température qu'acquière les eaux au voisinage de la source, soit une valeur de 6,03 pour des températures de l'ordre de 0°C , et de 6,51 à 25°C (ORDÓÑEZ et FELIPE, en prép.).

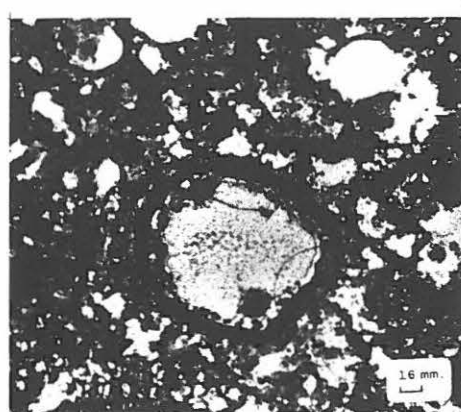
La présence de gypse dans les formations karstifiées augmente le Ca^{2+} dans le système et par conséquent le potentiel de travertinisation. L'halite joue un rôle opposé puis diminue l'activité du CO_3H^- , puisque des paires ioniques CO_3HNa^+ se forment. Evidemment la pollution a un effet important de diminution du potentiel de travertinisation, dans la mesure où l'eutrophisation empêche le développement d'espèces à grand pouvoir de dégazage comme les cyanophycées.

Les macrostructures des édifices travertineux sont conditionnées par la situation relative de la nappe phréatique par rapport à la topographie. Ainsi, si la décharge est ponctuelle et en situation élevée par rapport au fond de la vallée, nous avons un dépôt travertineux de type source.

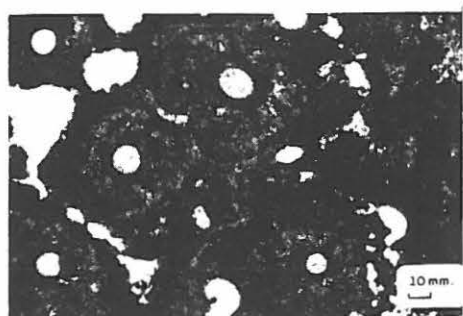
Néanmoins, si la décharge est ponctuelle mais a lieu dans le fond même de la vallée nous pouvons avoir des édifices travertineux fossilisant des dépôts alluviaux. Les eaux qui jaillissent tout au long d'une vallée peuvent donner lieu à la formation de lacs de barrages, qui se placent aux points de rupture du profil longitu-



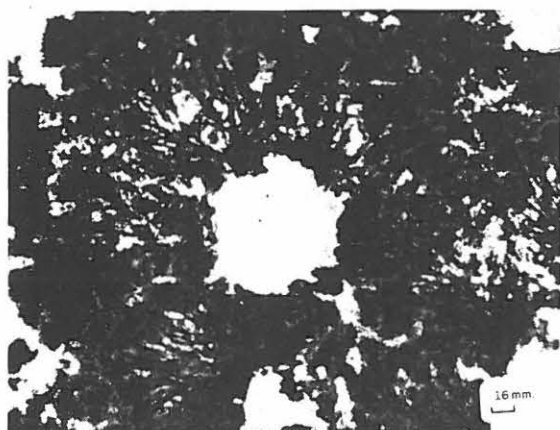
A



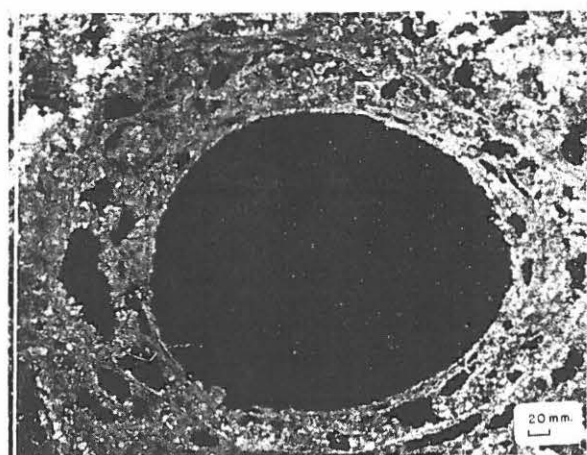
B



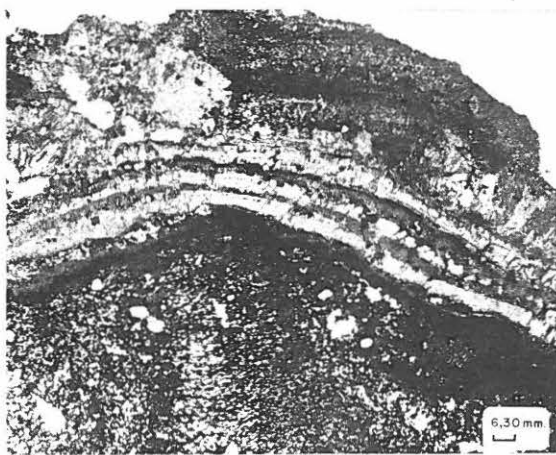
C



D



E



F

PLANCHE 1 : MICROFACIES DES TUFFS

A. Tuf à mousses de faciès cristallisé. Vallée du Tajuna dans «La Alcarria». ; B. Tuf à mousses de faciès micritique grumeleux. On observe quelques moulages à mousses. Lacs de Ruidera. ; C. Tuf à mousses de faciès stromatolithique mixte avec remplissages micritiques et cimentation postérieure. Lacs de Ruidera. ; D. Tuf à mousses de faciès stromatolithique *porostromata*. Lacs de Ruidera. ; E. Tuf à tiges avec des filaments concentriques. Lacs de Ruidera. ; F. Croûte stromatolithique sur tuf à mousses. Montre le voile algaire superficiel, des colonies algaires en éventail et de nombreuses bioturbations. Lacs de Ruidera.

dinal du fleuve. Finalement, nous devons signaler que la relation entre l'apport des eaux souterraines et les eaux de ruissellement superficielles dont dépend le système hydrogéologique, permet d'évaluer l'équilibre du système travertineux. Si les apports souterrains prédominent les édifices travertineux s'agrandissent et se développent, si au contraire le ruissellement superficiel prédomine le système travertineux se dégrade, pour un même potentiel de travertinisation ; les faciès travertineux détritiques apparaissent alors comme l'expression de la destruction des édifices travertineux. Ce modèle peut s'appliquer à des changements climatiques séculiers ou à de simples séquences saisonnières.

La mésostructure, c'est-à-dire l'aspect à l'échelle de l'échantillon, a une signification fondamentale-ment écologique, unie au concept de support de la précipitation de carbonates. Ce support peut être constitué par des plantes vivantes supérieures, des mousses, des plantes mortes, des dépôts de fonds de chenal, des fragments organiques, des objets errants (clastes, coquilles de mollusques, etc.).

La microstructure est en rapport avec la nature et l'efficacité de l'agent de dégazage et l'aspect microscopique ne fait que refléter cet aspect. Ainsi, quand l'agent de dégazage est de type biologique (cyanophycées), on arrive jusqu'à un dernier stade de sursaturation qui provoque une rapide précipitation. Dans ces conditions, les filaments des algues qui sont la cause de la sursaturation sont conservés. Ces filaments ont été également vus par GUENDON et VAUDOUR (1981). Le dégagement gazeux biophysico-chimique est un agent de dégazage très efficace. Le dégagement gazeux mécanique se produit fondamentalement selon deux mécanismes : le flux turbulent et la chute goutte à goutte ; dans les deux cas le dégagement gazeux est plus lent, le stade de sursaturation atteint est moindre, et, par conséquent, des formes mésocristallines se développent et même des formes de cristaux en palissade (pseudostalagmitiques). Bien qu'on ne puisse pas généraliser, nous avons pu observer comment les tufs à mousses d'un barrage de travertins, les microfaciès en amont montraient des formes «porostromata», tandis que les faciès à l'aval se caractérisaient par des formes mésocristallines.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le professeur J. VAUDOUR qui a bien voulu relire ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

- CALVO J.P., GARCIA DEL CURA M.A. ORDÓÑEZ S. (1979).— Edificios tobaceos en el valle del rio Mundo (Prov. de Albacete). Actas de la IV Reunión del Grupo de Trabajo del Cuaternario. Banyol, Espagne (pp 23-32).
- CASANOVA L. (1981).— Morphologie et biolithogénèse des barrages de travertins. *Formations carbonatées externes. Tufs et travertins*. (pp 45-54).
- GEURTS M.A. (1975).— Formation de travertins postglaciaires en Belgique. *Colloque Types de croûtes calcaires et leur répartition régionale*. Strasbourg. (pp 76-79).
- GUENDON J. L., VAUDOUR J. (1981).— Les tufs holocènes de St. Antonin-sur-Bayon (B.d.R.). Aspects pétrographiques et signification paléogéographique. *Formations carbonatées externes. Tufs et travertins*. (pp 89-100).
- IRION G., MULLER G. (1968).— Mineralogy, petrology and chemical composition of some calcareous tufa from the Schwäbische Alb, Germany. *Carbonate Sedimentology in Central Europe* (pp 157-171).
- LANG J., LUCAS G. (1970).— Contribution à l'étude de biohermes continentaux : barrages des lacs de Band-e-Amir (Afghanistan Central) *Bull. Soc. géol. de France* 7e série, t. XII (pp 834-842).
- ORDÓÑEZ S., GARCIA DEL CURA M.A., LOPEZ DE AZCONA M.C., GONZALEZ MARTIN J.A. (1985). Contribución al conocimiento de la hidroquímica de las Lagunas de Ruidera (Cuenca Alta del Río Guadiana). *1er Congreso de Geoquímica*. Soria. (pp 167-168).
- ORDÓÑEZ S., GONZALEZ J.A., GARCIA DEL CURA M.A. (1981).— Carbonatos fluviales paraactuales en el valle del Tajuña. *Actas Va Reunión del Grupo Español del Cuaternario*. Sevilla. (pp. 280-293).
- ORDÓÑEZ S., GONZALEZ MARTIN J.A., GARCIA DEL CURA M.A. (1985).— Ruidera pools : a travertine dams system on the upper Guadiana River (Central Spain). A sedimentological approach. *Abstracts & Poster Abstracts 6 th European Regional Meeting I.A.S.* Lérida. (pp 628-631).