

CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES ET IMPORTANCE ECONOMIQUE
DE L'OCRE JAUNE QUI FOSSILISE LE PALEOKARST
DE LA COLLINE DE VERONE (ITALIE)

par

Giuseppe CORRA¹

(1 figure)

RESUME.- L'étude sédimentologique et paléontologique du paléokarst fossilisé par l'ocre jaune de la colline de Vérone nous a permis d'établir son âge tertiaire.

La karstification hypogée s'est développée durant la phase de régression oligo-miocène.

La phase de fossilisation est liée aux processus de décantation des ocres pendant la transgression marine du Miocène moyen. La fossilisation a imperméabilisé les réseaux karstiques.

En beaucoup de points, la fossilisation a été complétée par des débris de coquilles. La découverte de cailloux de glauconie nous donne la possibilité d'avancer l'hypothèse que l'érosion météorique de la phase continentale oligo-miocène a détruit une épaisseur remarquable des calcaires de l'Oligocène.

L'ocre jaune qui fossilise les réseaux hypogés paléokarstiques a été formée par des processus de dépigmentation des calcaires marneux du Priabonien supérieur. Tous les réseaux paléokarstiques sont localisés exclusivement dans le Priabonien inférieur.

L'intérêt économique de l'ocre jaune de Vérone est lié à la quantité de produit, à sa concentration naturelle dans les grands réseaux karstiques hypogés, à la faible profondeur et à la vaste gamme de tonalités qu'elle fournit à l'industrie des couleurs.

ABSTRACT.- A sedimentary and palaeontological study of the palaeokarst fossilized by the yellow ochre of the "Colline di Verona" has enabled us to establish with certainty the Tertiary age of the karst.

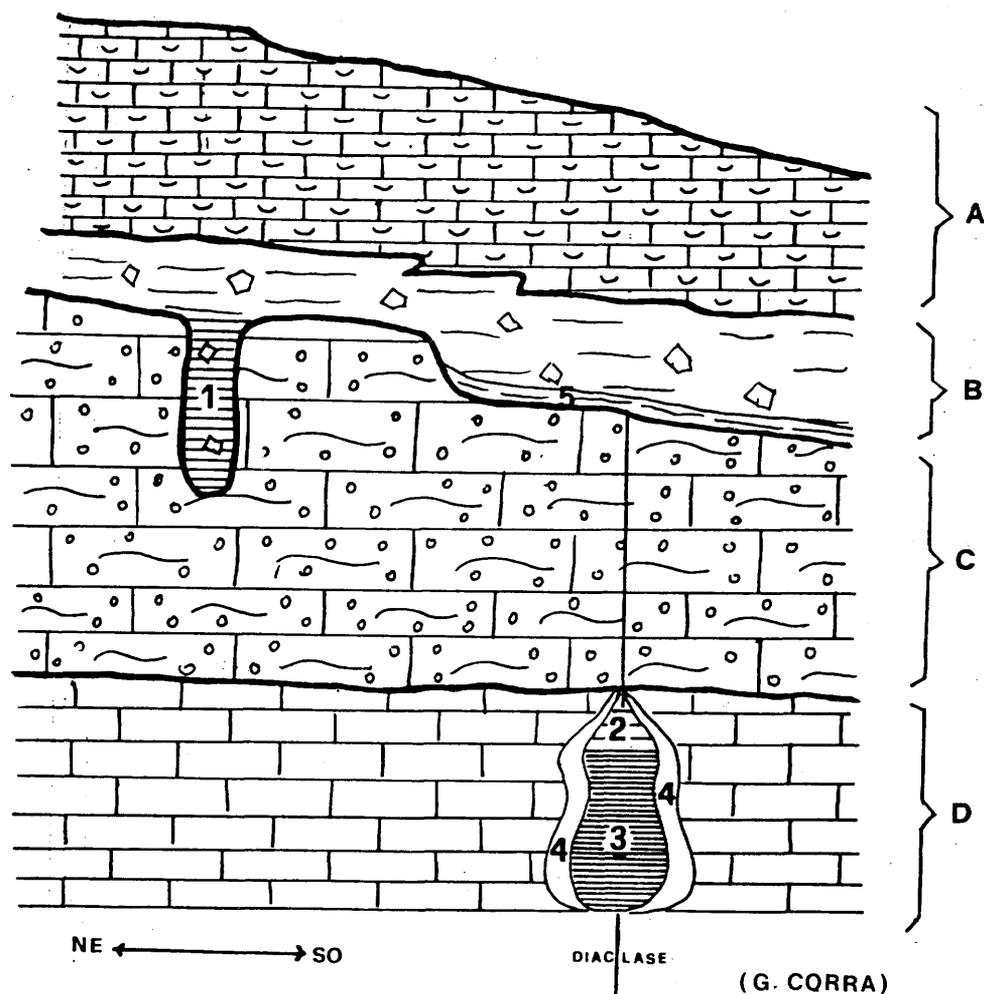
The underground processes of karstification can be verified as taking place during the Oligo-Miocene regression as a result of particular superposition of beds at the level of the Priabonian limestones. The phase of fossilization is due to processes of the decantation of the yellow ochres during the middle Miocene. This fossilization is impermeable to karst waters.

At many localities, the fossilization is completed at the top by shell fragments. This discovery of shells, often in living positions, and of glauconite, gives rise to the possible hypothesis that meteoric erosion during the Oligo-Miocene continental phase destroyed a large thickness of Oligocene limestones and gives an exaggerated amplitude to the stratigraphic break.

The yellow ochre which fossilizes the underground network of the palaeokarst has been formed partly by processes of depigmentation of the lower and upper Priabonian limestones, but chiefly by the alteration of pyritiferous nodules in the marly limestones of the upper Priabonian. All the palaeokarstic networks are localized exclusively in the lower Priabonian.

The economic interest of the yellow ochre of Verona lies in its large amount, its natural concentration in underground karstic networks at feeble depth and the varied scale of tones that it is able to furnish for use in the colour industry.

¹ G. CORRA, Institut de Géographie, Faculté d'Economie et de Commerce, Université de Vérone.



Le paléokarst de la colline de Vérone

Schéma récapitulatif de la situation stratigraphique dans la zone de la colline de Vérone intéressée par les gisements de l'ocre jaune.

1. Lapié de diaclyse fossilisé par des matériaux de la mer du Miocène moyen supérieur, avec blocs de glauconie à arêtes grossièrement arrondies.
 2. Secteur de la galerie fossilisé par des sables de la mer du Miocène moyen supérieur, avec mica muscovitique et petits cailloux de glauconie et de quartzite.
 3. Secteur de la galerie fossilisé par l'ocre jaune.
 4. Calcaires dépigmentés et décalcifiés.
 5. Sables glauconieux.
- A. Miocène moyen supérieur (calcaires organo-détritiques).
 B. Conglomérat transgressif du Miocène moyen avec blocs de glauconie à arêtes vives et *Pecten arcuatus*.
 C. Priabonien supérieur (marno-calcaires riches en nodules de pyrite).
 D. Priabonien inférieur (calcaires purs et fissurés contenant le karst hypogé de la colline de Vérone, fossilisé au Miocène moyen).

I. LA LOCALISATION DES GISEMENTS

L'ocre jaune de Vérone est comprise dans un territoire de 6 km². Ce territoire va de l'isohypse de 65 mètres de la ville de Vérone jusqu'à 220 mètres dans la colline de Vérone (zone de S. Mattia et de Casa Le Are).

II. LES TRAVAUX ANTERIEURS

E. NICOLIS (1898) jugeait que la formation des cavités hypogées dans les calcaires éocènes de la colline de Vérone et leur fossilisation par l'ocre jaune étaient des phénomènes liés étroitement au Quaternaire.

L'hypothèse fut acceptée par F. CARRARO (1967) dans les Notes explicatives de la Carte géologique d'Italie, F^o 49 (Vérone), et aussi par G. PERNA (1973), avec toutefois la précision, de la part de ces deux auteurs, que les calcaires intéressés appartenaient à l'Eocène supérieur, comme l'avait remarqué R. FABIANI (1915, 1919).

Cependant FABIANI avait aussi attribué la formation des cavités hypogées karstiques de la colline de Vérone, fossilisées par l'ocre jaune, à une émergence après l'Eocène supérieur. Il fondait cette hypothèse sur la découverte d'un conglomérat transgressif, reposant sur l'Eocène supérieur, qui contenait des exemplaires de *Pecten arcuatus*, fossile typique du faciès de l'Oligocène inférieur, caractérisé par les niveaux à *Nummulites intermedius* de la Vénétie occidentale.

III. QUELQUES DONNEES NOUVELLES

J'ai retrouvé les conglomérats transgressifs dont FABIANI avait parlé, localisés dans la partie orientale de la colline de Vérone, mais j'ai pu noter qu'ils contiennent aussi de nombreux blocs de glauconie à arêtes vives, marque évidente que la roche n'est pas allochtone.

Puisqu'ils se trouvent entre le Priabonien supérieur et le Miocène moyen, il est évident que la glauconie devrait appartenir à une formation postérieure à l'Eocène supérieur et antérieure à la régression marine oligo-miocène. Le niveau en question peut être placé, avec beaucoup de vraisemblance, dans l'Oligocène inférieur.

Dans les mêmes blocs de glauconie, j'ai trouvé aussi beaucoup de gastéropodes, totalement glauconisés, fossiles d'une mer peu profonde, tandis que la faune de l'Eocène supérieur est du type de mer profonde. Cette

donnée est, elle aussi, favorable à une ancienne présence, dans la colline de Vérone, de l'Oligocène inférieur : un sédiment de mer profonde ne peut pas être suivi **directement** par une phase continentale.

Pour cela, l'absence totale, dans la colline de Vérone, de l'Oligocène ne peut pas être attribué complètement à une lacune stratigraphique, mais à une lacune stratigraphique tardi-oligocène et à l'érosion météorique importante dans la phase continentale oligo-miocène.

La roche calcaire glauconieuse de l'Oligocène inférieur est, en outre, très bien cimentée, donnée favorable supplémentaire à la thèse soutenue ci-dessus. Le très grand développement du karst hypogé dans l'Eocène supérieur de la colline de Vérone pendant la phase continentale oligo-miocène, démontre à son tour la durée notable de cette phase continentale.

J'ai également trouvé des blocs calcaires glauconieux à arêtes grossièrement arrondies dans de grands lapiés de diaclases dans les calcaires du Priabonien supérieur, c'est-à-dire dans la partie la plus haute de l'Eocène supérieur. Ils sont ajoutés à des sables glauconieux, à macrofossiles et à nanoplancton du Miocène moyen supérieur : cet ensemble révèle la présence d'un rivage de la mer.

Au sommet de beaucoup de cavités hypogées, dans la zone occidentale de la colline de Vérone, fossilisées par l'ocre jaune, se retrouvent aussi des sables glauconieux à débris de coquilles, renfermant de petits cailloux de glauconie, de quartzite, de mica muscovitique, et à nanoplancton du Miocène moyen supérieur, aimablement étudié par Antonio GRANDESSO, professeur à l'Institut de Géologie de l'Université de Padoue.

IV. LES TERMES GENERAUX DU PROBLEME

La phase continentale oligo-miocène devrait s'être établie après l'Oligocène inférieur. Les niveaux sédimentaires de l'Oligocène inférieur furent démantelés, avec une partie du Priabonien supérieur, pendant la phase continentale oligo-miocène.

La fossilisation avec l'ocre jaune de ce karst hypogé est liée à la phase transgressive du Miocène moyen, qui dans le même temps arrêta la karstification hypogée.

L'élévation progressive du niveau de la mer rendit difficile dans les réseaux karstiques hypogés l'écoulement des eaux et ceci provoqua une inondation périodique de ces réseaux avec dépôt des troubles ocreux.

L'ocre jaune, par son insolubilité, se sédimenta, en donnant une superposition, souvent de quelques mètres, de petits niveaux millimétriques, tandis que les composants solubles se voyaient lentement exportés par les eaux d'infiltration.

La fossilisation des réseaux karstiques hypogés fut complétée par des débris de coquilles, de nano-plancton, de mica muscovitique et de petits cailloux arrondis de glauconie et de quartzite, du rivage de la mer du Miocène moyen supérieur.

La karstification hypogée est présente seulement dans les calcaires purs et très fissurés du Priabonien inférieur. Les puissants bancs marno-calcaires du Priabonien supérieur ne sont bien perméables qu'aux endroits notablement diaclasés.

La limonite, qui forme en moyenne 56 0/0 de l'ocre jaune, provient surtout de l'altération de nombreux nodules de pyrite présents dans les marno-calcaires du Priabonien supérieur.

Les eaux qui, sous pression hydrostatique, inondent à de multiples reprises les réseaux karstiques hypogés lors de la phase de transgression de la mer du Miocène moyen, furent capables de produire dans le calcaire des parois des salles et galeries une forte décalcification et la dépigmentation, sur quelques décimètres, de la couleur jaune.

La décalcification et la dépigmentation s'opèrent à partir des microfissures existant dans les calcaires du Priabonien inférieur. Une partie de l'ocre jaune provient donc sans doute de l'altération des calcaires jaunâtres du Priabonien inférieur.

Les calcaires qui ont subi la décalcification et la dépigmentation sont très tendres, tandis que les calcaires qui sont restés intacts conservent la couleur jaunâtre et une très grande compacité.

L'altération des pyrites a probablement accentué l'agressivité chimique des eaux d'inondation des réseaux karstiques hypogés de même que l'anhydride carbonique naissant provenant de l'activité des micro-organismes présents dans les eaux d'inondation.

La fossilisation des réseaux paléokarstiques par l'ocre jaune a pratiquement interrompu la circulation hydrique. L'extraction de l'ocre jaune permet immédiatement la reprise de cette circulation.

L'hydrographie karstique hypogée actuelle dans les calcaires du Priabonien de la colline de Vérone est peu développée et les réseaux karstiques ne sont pas pénétrables.

L'analyse des réseaux karstiques fossilisés par l'ocre jaune démontre clairement leur dépendance de la tectonique. En effet, ils sont développés dans la même direction N-S que les vallées environnantes (Avesa et Valpantena) et ils présentent une pente S-O qui est celle des strates calcaires éocènes de la zone de la colline de Vérone.

V. ASPECT ECONOMIQUE

L'ocre jaune est présente dans la colline de Vérone en grande quantité à une profondeur de quelques mètres ou quelques dizaines de mètres. L'extraction débuta sans doute à la Renaissance et elle devint particulièrement active dans la première partie de ce siècle pendant lequel furent extraits au moins deux millions de quintaux, demandant au total (extraction, transport, manufacture) le travail de quelques dizaines de personnes.

Dans les dernières dizaines d'années, l'activité a subi un fort ralentissement du fait de la difficulté de trouver des gisements importants et aussi de la concurrence des couleurs synthétiques, et du train de vie plus élevé de la population locale.

La société qui utilise l'ocre jaune pour la production de couleurs, la Società Italiana Ossidi di Ferro, a son siège à Vérone (Via A. Pisano, n° 35, tel. 045/52.02.82).

L'ocre jaune de Vérone présente une vaste gamme de tonalité de couleurs qui vont du jaune au rouge vif ou foncé, jusqu'au vert, en fonction du dosage des divers hydroxydes de fer. Les mélanges et les grillages donnent, dans la phase de la manufacture industrielle, une gamme de tonalité encore plus ample.

VI. LE CONCOURS DES FACTEURS

Les gisements de l'ocre jaune de Vérone sont encore en cours d'étude. On peut cependant déjà affirmer qu'ils se sont formés grâce à un concours de circonstances réunissant les facteurs suivants :

- les phénomènes paléogéographiques de la régression marine de l'Oligo-Miocène et de la transgression du Miocène moyen supérieur;
- la présence dans la colline de Vérone des niveaux stratigraphiques du Priabonien supérieur et inférieur, qui réalisent un exemple classique de succes-

sion stratigraphique favorable à la karstification hypogée : le **Priabonien supérieur** marno-calcaire, en bancs épais, permettant la pénétration des eaux seulement le long des diaclases, donnant des voies préférentielles de pénétration et de convergence des eaux, lesquelles ont pu exercer leur action dissolvante exclusivement dans quelques directions; le **Priabonien inférieur**, très fissuré et soluble, lithologiquement partout prédisposé à la karstification hypogée.

- la présence très répandue des oxydes de fer dans tout le Priabonien et en outre l'abondante présence de petits nodules de pyrite dans le grand ensemble marno-calcaire du Priabonien supérieur;
- le phénomène de la séparation entre les composés solubles (carbonates, sulfates, sulfures, chlorures, etc.) et les insolubles (oxydes de fer, d'aluminium, de silicium), qui a déterminé une concentration considérable de minéraux d'origine secondaire.

VII. CONSIDERATIONS FINALES

Les gisements originels étaient encore plus étendus, mais après la régression de la mer, l'érosion météorique sur les versants des vallées les a en partie détruits.

Le karst hypogé de Vérone, fossilisé par l'ocre jaune, forme un dédale de salles et de galeries des plus touffu. Il ne contient pas seulement un important gisement minéral secondaire, mais il représente un phénomène géomorphologique des plus remarquables.

BIBLIOGRAPHIE

- CARRARO, F., 1967. *Geologica applicata : terre coloranti*. Note illustrative Carta Geologica d'Italia, F. 49, Serv. Geol. d'Italia, Roma.
- CORRA, G., 1973. Le rôle de la stratification dans la formation des cavernes. Actes du Coll. Intern. de Karstologie et Spéléologie dans les Pyrénées. Comm. des Phénom. Karst. du Comité Nat. de Géogr., Aix-en-Provence.
- CORRA, G., 1975. Osservazioni su fenomeni paleocarsici terziari nei calcari eocenici delle colline di Verona. Actes de la Table Ronde Intern. de Karstologie, Nice, Verona, Trento, 21-27 sett. 1975. Ed. Museo Trid. Sc. Nat., Acata Geol., 54, Trento.
- CORRA, G., 1978. Le rôle des facteurs structuraux dans la genèse et dans l'évolution des morphologies karstiques. Actes du Coll. Intern. de Grenoble sur le Karst et la structure, 6/7 mai 1977. Rev. Geogr. Alpine, n° 2-3, 1978, Grenoble.
- FABIANI, R., 1915. Sul Miocene delle colline di Verona. Atti Acc. Sc. Veneto-Trentino-Istria.
- FABIANI, R., 1919. Guida geologica delle colline di Verona. Atti Acc. Agr. Sc. e Lett., 21 (IV), Mondadori, Verona.
- FEDERICI, F., 1948. Materiali utili del suolo e sotto suolo della provincia di Verona. Amm. Prov. e Com. e Camera Comm. di Verona. La Tipografica veronese.
- NICOLIS, E., 1898. Sull'alterazione delle rocce della regione veronese e della finitima. Atti r. Ist. Veneto Ac. Lett. ed Arti, 9 (7), Venezia.
- PERNA, G., 1973. Fenomeni carsici e giacimenti minerali. Atti Seminario Speleogenesi di Varenna. Le Grotte d'Italia, 4 (IV), Bologna.