

SÉANCE MENSUELLE DU 16 AVRIL 1912.

Présidence de M. C. Malaise, vice-président.

La séance est ouverte à 20 h. 30.

Distinctions honorifiques.

Deux de nos confrères, appartenant à l'enseignement moyen, viennent d'être l'objet d'une distinction honorifique : M. Georges Kemna, professeur à l'Athénée royal de Liège, a été nommé chevalier de l'Ordre de Léopold ; M. A. Jérôme, professeur à l'Athénée royal d'Arlon, a été nommé chevalier de l'Ordre de la Couronne. La Société les prie d'agréer ses félicitations.

Rectification au Procès-verbal.

Un regrettable lapsus a fait annoncer la mort de M. Ernest Bayet dans le dernier *Bulletin* ; c'est Louis Bayet, ingénieur, membre de la Commission géologique de Belgique, dont le Bureau voulait annoncer le décès à nos confrères.

XXIII^e Congrès de la Fédération archéologique de Belgique (Gand : 1^{er} au 6 août 1913).

Résumé d'une première circulaire aux sociétés fédérées.

Désirant donner à ce Congrès, qui coïncidera avec l'Exposition universelle et internationale de Gand, un attrait tout spécial, la Société d'Histoire et d'Archéologie, qui a pris la charge de son organisation, s'est mise à l'œuvre dix-huit mois avant la date choisie. Elle s'est assurée d'autre part le patronage du Comité exécutif de l'Exposition universelle et internationale, et ce précieux appui est un sûr garant de l'éclat du Congrès.

Depuis de longs mois, les pouvoirs publics et les particuliers riva-

lisent de zèle dans la mise en état tant de nos monuments et de nos églises que de nos vieilles maisons privées. Gand veut montrer ses monuments rétablis dans leurs cadres primitifs et les trésors de ses Musées établis dans des locaux dignes d'eux.

Le Congrès sera pour nous également l'occasion de promener nos hôtes en Flandre et de leur faire goûter les charmes trop peu connus de la vieille terre flamande.

Nos projets sont donc vastes et, pour les faire aboutir avec succès, nous faisons appel à l'appui de tous les cercles d'histoire et d'archéologie.

Le moment sans doute n'est pas venu de vous demander de nous procurer les adhésions individuelles de vos membres, mais nous venons solliciter de vous une adhésion de principe à notre Congrès. Votre concours nous sera, dans l'œuvre entreprise, un encouragement et un soutien.

Comme nous sommes à la veille d'élaborer le programme scientifique de notre Congrès, nous vous serions très obligés s'il vous plaisait de nous faire parvenir au plus tôt les questions que les membres de votre Société désireraient traiter.

Les mémoires qui prêtent à discussion seront publiés avant l'ouverture du Congrès et en temps utile; la publication des travaux dont les conclusions ne doivent pas être discutées sera réservée jusqu'après la clôture du Congrès.

Le Comité organisateur aura également à décider, d'après la nature et le nombre des questions introduites, s'il y a lieu ou non d'ajouter des sous-sections aux sections ordinaires et générales de la préhistoire, de l'histoire et de l'archéologie. C'est donc en vue de la bonne organisation de la partie scientifique de nos réunions que nous faisons appel dès maintenant à toutes les sociétés fédérées pour qu'elles ne retardent pas l'envoi des questions qui pourraient utilement faire l'objet des débats dans nos assemblées.

Les Secrétaires,

V. FRIS,

J.-E. NÈVE.

Les Présidents,

CHANOINE VAN DEN GHEYN,

H. PIRENNE.

Correspondance.

M. le Président, MM. de Munck, Poskin et Rutot s'excusent de ne pouvoir assister à la séance.

M. A. Rutot, atteint par un deuil tout récent, demande l'inscription à une prochaine séance de la communication qu'il avait annoncée précédemment.

M. R. d'Andrimont demande qu'il soit, de temps à autre, organisé des séances de jour.

M. Ledoux veut bien se charger de l'analyse de la description physique de l'île de Délos, travail dont M. L. Cayeux a provoqué le don de la part des éditeurs.

Dons et envois reçus.

De la part des auteurs :

6497. de Munck, E. La protection des monuments naturels en Belgique. Paris, 1911. Extrait du *Bull. de la Soc. pour la protection des paysages de France*, 17^e année, n° 47, pp. 13-15.

6498. Agamennone, G. Sul violento terremoto a Zante nel Pomeriggio del 24 gennaio 1912. Roma, 1912. Extrait de *Rendiconti della R. Accad. dei Lincei*, XXI, fasc. 4^e, pp. 277-283.

6499. Bertrand, L. Sur la structure géologique des Pyrénées occidentales et leurs relations avec les Pyrénées orientales et centrales. Essai d'une carte structurale des Pyrénées. Paris, 1911. Extrait du *Bull. de la Soc. géol. de France*, 4^e série, XI, pp. 122-153, pl. I et 6 fig.

6500. Bertrand, L. Sur divers points de géologie pyrénéenne. Paris, 1912. Extrait du *Compte rendu sommaire des séances de la Soc. géol. de France*, n° 3, pp. 19-20.

6501. Bertrand, L. Sur divers points de géologie des Pyrénées occidentales et orientales. Paris, 1911. Extrait du *Compte rendu sommaire des séances de la Soc. géol. de France*, n° 17, pp. 177-179.

6502. Bertrand, L. Sur la prolongation des nappes nord-pyrénéennes dans les Pyrénées occidentales. (3 pag. et 1 fig.)

Sur la structure des Pyrénées occidentales (4 pag. et 1 fig.). Paris, 1911. Extrait des *Comptes rendus des séances de l'Acad. des Sc.*, t. CLII.

6503. **Bertrand, L.** Sur la répercussion des plissements alpins sur la nappe provençale des Bessillons et sur son substratum. Paris, 1912. Extrait des *Comptes rendus des séances de l'Acad. des Sc.*, t. CLIV, pp. 542-545 et 1 fig.
6504. **Cayeux, L.** Les concrétions phosphatées de l'Aguilhas Bank d'après le Dr L. W. Collet. — Genèse des gisements de phosphates de chaux sédimentaires. Lille, 1905. Extrait du *Bull. de la Soc. géol. de France*, 4^e série, t. V, pp. 750-753.
6505. **Cayeux, L.** Les minerais de fer oolithiques primaires de France. Paris, 1911. Extrait de la *Revue de métallurgie*, vol. VIII, n° 2, pp. 117-126 et 6 fig.
6506. **Cayeux, L.** Exploration archéologique de Délos faite par l'École française d'Athènes, sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique Description physique de l'île de Délos (1^{re} partie). Paris, 1911. Vol. in-plano de 216 pag., 8 pl. et 115 fig. (*Don de l'éditeur.*)
6507. **Combes fils, P., et Humery, R.** Le quadruplement des voies de la ligne Paris-Melun (par Brunoy). Paris, 1910. Extrait du *Cosmos*, n° 1305, 4 pag. et 4 fig.
6508. **Hasse, G.** Molettes et polissoirs néolithiques d'Anvers. Bruxelles, 1911. Extrait du *Bull. de la Soc. d'Anthropol.*, t. XXVIII, 6 pag. et 8 fig.
6509. **Haug, E., et Bertrand, L.** Sur l'existence d'une grande nappe de charriage dans le Nord du département du Var. Paris, 1912. Extrait des *Comptes rendus des séances de l'Acad. des Sc.*, t. CLIV, pp. 147-150 et 1 fig.
6510. **Klein, W.-C.** Données nouvelles pour la coupe du bassin houiller du Limbourg néerlandais et du bassin septentrional d'Aix-la-Chapelle. Liège, 1909. Extrait des *Ann. de la Soc. géol. de Belgique*, t. XXXVI (Bulletin), pp. 236-245.
6511. **Klein, W.-C.** Failles montrant trois mouvements opposés successifs dans le bassin houiller du Limbourg hollandais. Liège, 1910. Extrait des *Ann. de la Soc. géol. de Belgique*, t. XXXVII (Mém.), pp. 373-379 et 4 fig.
6512. **Klein, W.-C.** Die Steinkohlenformation in Holländisch-Limburg und dem angrenzenden Belgischen Gebiet. Berlin, 1910. Extrait de *Bergbau auf der linken Seite des Niederrheins. Festschrift zum XI. Allgemeinen deutschen Bergmannstage in Aachen*, pp. 32-58, 1 planche.

6513. Klein, W.-C. De hydrologische gesteldheid van het Zuid-Limburgsche Mijndistrict. Heerlen, 1911. Extrait de *Tijdschrift van het Kon. Nederl. Aardrijkskundig Genootschap*, 2^e série, t. XXVIII, af. 2, pp. 207-218.
6514. Klein, W.-C. De Bruinkoolformatie in Limburg. Groningen, 1911. Extrait de *Handelingen van het XIII^e Ned. Nat. en Gen. Congr.*, pp. 412-433.
6515. Klein, W.-C. Notice sur le compartiment géologique de la section hollandaise de l'Exposition de Bruxelles. Liège, 1911. Extrait des *Ann. de la Soc. géol. de Belgique*, t. XXXVII (Bull.), pp. 298-307.
6516. Klein, W.-C. Compte rendu de l'excursion de la Société géologique de Belgique à Maestricht et à Geulem, le 11 juin 1911. Liège, 1911. Extrait des *Ann. de la Soc. géol. de Belgique*, t. XXXVIII (Bull.), pp. 237-242.
6517. Lorié, J. Die Bildung der Dreikanter. Bonn, 1911. Extrait des *Berichten über die Versammlungen der Niederr. geol. Vereins*, pp. 19-24.
6518. Ramond, G. Géologie du nouveau chemin de fer de Paris à Chartres (première note sommaire). Paris, 1910. Extrait du *Bull. du Muséum d'histoire naturelle*, n^o 4, pp. 220-224.
6519. Ramond, G. Le chemin de fer de Paris à Melun (par Brunoy), réseau Paris-Lyon-Méditerranée. Paris, 1911. Extrait des *Comptes rendus du Congrès des Soc. savantes en 1910*. Sciences, XV et XVI, pp. 135-146 et 10 fig.
- Dollot, A. Le sous-sol parisien. Paris, 1911. Extrait des *Comptes rendus du Congrès des Soc. savantes en 1910*. Sciences, XV et XVI, pp. 147-156.
6520. Termier, P., et Bertrand, L. Sur la tectonique du pays basque français. Paris, 1911. Extrait des *Comptes rendus des séances de l'Acad. des Sc.*, t. CLIII, pp. 919-925.

Présentation d'un nouveau membre.

M. FIEDLER, OTTOMAR, professeur d'allemand et d'anglais aux Écoles moyennes de Bruxelles et de Saint-Josse-ten-Noode, 43, rue de la Brasserie, à Ixelles, présenté par MM. Rutot et Greindl, est élu membre associé régnicole.

Communications des membres.

De la part de M. de Munck, empêché, le Secrétaire général donne lecture de la proposition de celui-ci.

Proposition à la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie en vue de sa participation à la protection des monuments naturels.

J'ai l'honneur de faire savoir à la Société, au nom du « Heimatschutz » d'Allemagne, que le second Congrès international pour la protection des paysages se tiendra, cette année, à Stuttgart, du 12 au 15 juin.

La cotisation est fixée à fr. 6.25 et donne droit à la réception des imprimés du Congrès ainsi que du journal trimestriel *Heimatschutz* de l'année courante.

Les inscriptions doivent être adressées à M. le Dr Fritz Koch, secrétaire général du « Bund Heimatschutz », 3, Charlottenstrasse, à Meiningen (Saxe).

Je crois qu'il y aurait grand intérêt pour notre Société à se tenir au courant des travaux de ce Congrès.

La question de la protection des *monuments naturels* y sera certainement débattue, comme elle l'a déjà été au premier Congrès de Paris, en 1909.

Naguère vous avez déploré, avec moi, la non-exécution des clauses du Cahier général des charges qui imposent aux entrepreneurs de nos travaux publics le devoir de réserver pour nos Musées nationaux les objets découverts par eux dans les fouilles et de nature à intéresser les sciences ⁽¹⁾.

En matière de protection des sites, les desiderata des esthètes paraissent être parfois en désaccord, en certains points, — tel le boisement des carrières abandonnées, — avec ceux des géologues qui, en vue de leurs études, ont intérêt à avoir affaire à des coupes fraîches.

Mais si, au sujet de certains détails, il se peut que des divergences d'opinion se produisent, il est un but, la *protection des monuments*

(1) *Bull. de la Soc. belge de Géol., etc.*, t. XXIII, 1909, Proc.-verb., pp. 123-128.

naturels, en vue de la poursuite duquel artistes et savants peuvent et même doivent unir leurs efforts.

Si, par exemple, en Allemagne, en Danemark, en Hollande et en Suisse il ne s'était trouvé des ligueurs et des sociétés pour la protection de la nature, la Science n'aurait-elle pas eu à déplorer la perte d'une quantité de blocs erratiques et de monuments mégalithiques qui faisaient l'objet de la convoitise des tailleurs de pierre?

N'avons-nous pas aussi, dans notre pays, des monuments naturels qui intéressent la géologie, la minéralogie, la paléontologie, la préhistoire et qui méritent d'être préservés?

Les poudingues couviniens, qui jonchent l'escarpement auquel sont adossés les villages de Heid et de Wéris, ne mériteraient-ils pas, par exemple, une protection spéciale? Ils sont les témoins de l'abaissement progressif du plateau ardennais, et c'est parmi eux que nos ancêtres des temps préhistoriques choisirent les blocs colossaux dont ils se servirent pour édifier le fameux dolmen que l'on peut admirer dans l'une de ces localités.

Il y aurait lieu, me semble-t-il aussi, d'accorder une protection à certains phénomènes naturels, rares chez nous, tels, par exemple, les *chaudières* ou *marmites* du Colebi et du Ninglinspo : outre le très grand attrait qu'ils offrent au point de vue pittoresque, ces sites constituent un sujet d'enseignement de géographie physique du plus haut intérêt.

Dans des carrières abandonnées de la vallée de l'Ourthe, ne pourrait-on sauvegarder des schistes à *ripple-marks*, ou d'autres à empreintes végétales?

N'y aurait-il pas lieu de conserver intégralement quelques-uns de nos abris-sous-roche célèbres dans les annales des sciences paléontologique et préhistorique?

N'est-il pas pénible de constater que ceux de Chaleux et de Furfooz sont actuellement l'objet d'une exploitation privée?

Nos grottes et nos cavernes, si intéressantes à tant de points de vue, ne mériteraient-elles pas également une protection?

Né conviendrait-il pas aussi de conserver à l'état boisé, telles qu'on peut les observer actuellement encore, une partie des *dunes* sur lesquelles a pris naissance l'antique *Silva Carbonaria* dont les bois d'Havré, de Saint-Denis lez-Mons et de Ghlin sont de rares vestiges (1)?

(1) E. DE MUNCK, *Note sur les formations quaternaires et éoliennes des environs de Mons.* (BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., ETC., t. IV, 1890, Mémoires.)

Pour ne citer qu'un exemple au point de vue minéralogique, n'est-il pas profondément regrettable qu'au lieu de laisser en place quelques témoins des beaux gîtes de quartz de Nil-Saint-Vincent on les ait dévalisés complètement?

Nos sources minérales devraient également être plus efficacement protégées qu'elles ne le sont actuellement; mais je ne m'étendrai pas sur ce sujet que notre collègue M. le Dr Poskin pourrait développer avec beaucoup plus d'autorité que je ne saurais le faire.

L'un des gisements les plus précieux pour l'étude de notre préhistoire, situé entre Spiennes et Saint Symphorien (carrière Hélin), vient d'être acheté par notre savant collègue M. le sénateur Houzeau de Lehaie, afin d'en assurer la conservation. Mais n'est-ce pas là un fait aussi exceptionnel que hautement louable?

Certes, le culte que ceux qui portent le nom de Houzeau ont voué à la Science assurera pour longtemps la conservation de ce site célèbre. Mais qui pourrait nous garantir la perpétuité de cette conservation?

Il est admis aujourd'hui que chaque nation a pour devoir d'assurer la protection de ses monuments historiques et artistiques. Ne devrait-il pas en être de même en ce qui concerne les monuments naturels qui constituent un patrimoine scientifique?

Il convient surtout à des Congrès de soulever et d'étudier de telles questions, notamment au point de vue législatif.

J'ai donc cru devoir attirer votre attention sur l'utilité qu'il y aurait pour notre Société à participer aux travaux des assemblées qui se tiendront, en juin, à Stuttgart, soit en accordant au Congrès son appui moral, soit par la collaboration de ses membres.

En outre, nos sociétés de géologie devraient, me semble-t-il, se préoccuper de rechercher, pour les signaler à la *Ligue belge pour la protection de la Nature*, les sites qui leur paraîtraient mériter d'être sauvegardés et de devenir, en quelque sorte, des annexes de nos Musées nationaux.

Veuillez agréer, je vous prie, Messieurs et chers Collègues, l'expression de mes meilleurs sentiments de confraternité.

E. DE MUNCK.

Protection des sources minérales.

Le Secrétaire général, pour la question des sources minérales, s'est adressé à M. le Dr Poskin, qui lui a fait parvenir la lettre ci-dessous :

« La question de la protection des sites et des beautés naturelles du

pays est partout à l'ordre du jour. Il est donc rationnel qu'on songe aussi à protéger les *sites géologiques*.

Je crois que vous serez tous d'accord avec moi pour comprendre parmi les sites géologiques à protéger dans notre pays toutes les sources minérales, et particulièrement celles de Spa, qui constituent non seulement un patrimoine national, mais encore une curiosité scientifique de tout premier ordre.

Il y a vingt-cinq ans, la question d'un périmètre de protection à accorder aux sources minérales a été soulevée ici même. La loi votée en 1889 accordait aux *sources du centre de Spa* un périmètre de protection et ne s'occupait pas des nombreuses sources spadoises extérieures ni des sources belges pourtant si intéressantes à tous les points de vue. Et encore, cette loi du périmètre de protection est si mal faite qu'elle ne protège pas même les sources qu'elle a voulu protéger, parce que les auteurs de la loi ont été documentés insuffisamment et erronément.

Le Gouvernement, en instituant l'an dernier une commission d'étude des questions intéressant la station balnéaire de Spa, a mis à l'ordre du jour de cette commission le périmètre de protection des sources minérales de la vieille cité ardennaise.

Je crois qu'il faudrait faire une loi générale sur la matière, afin qu'elle puisse être appliquée à toutes les sources belges reconnues minérales et jouissant de propriétés thérapeutiques bien établies.

Et pour faire une bonne loi, je pense qu'il serait nécessaire de soumettre préalablement la question aux discussions de nos sociétés de géologie et d'hydrologie en même temps qu'à la commission d'étude gouvernementale.

Pour une question aussi controversée que celle de l'origine des sources minérales, on ne saurait s'entourer de trop de renseignements, ni trop se documenter.

Et c'est pour ces motifs que je prie la Société de prendre en considération la présente note.

A. POSKIN.

Discussion.

Le Secrétaire général croit que l'assemblée pourrait émettre le vœu de voir les sites géologiques protégés.

M. LERICHE fait remarquer que la Ligue belge pour la protection de la Nature est mieux qualifiée qu'une société particulière pour émettre des vœux et prendre des résolutions. M. de Munck fait partie de son comité; elle groupe toutes les sociétés scientifiques; pourquoi ne se préoccuperait-elle pas des sites géologiques ?

L'assemblée décide qu'elle appelle de tous ses vœux la protection des sites géologiques et qu'elle secondera par tous ses efforts les mesures préconisées par la Ligue belge de la protection de la Nature.

GEORGES HASSE. — L'âge géologique des barques primitives trouvées à Anvers en 1910-1912.

Le 10 octobre 1910, on découvrait à Anvers, dans les travaux d'extension maritime du Nord (voir fig. 7, p. 88), une embarcation primitive; le 11 octobre se réunirent pour examiner les lieux, MM. Zanen, ingénieur-directeur des Ponts et Chaussées, Missotten, conducteur principal des Ponts et Chaussées, le baron de Loë, conservateur des Musées royaux et directeur du service des fouilles, Rahir, attaché aux Musées royaux, Bernays et G. Hasse, délégués à Anvers des Musées royaux.

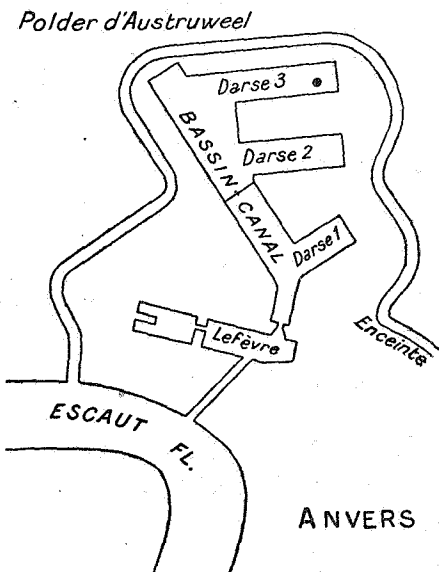


Fig. 1.

Ayant examiné les restes de barque dégagés, l'avocat Bernays et moi-même, habitués à la géologie d'Anvers, fîmes l'examen des couches géologiques et dès ce moment pûmes partiellement déterminer l'âge de la barque. Je me chargeai d'étudier plus attentivement le gisement le lendemain de l'enlèvement de la barque, et jusque maintenant j'ai poursuivi l'étude des coupes de rivières dans la darse 3.

Je viens vous exposer le résultat de mes études en vous présentant en même temps les coupes et notes faites et publiées par le *Bulletin*

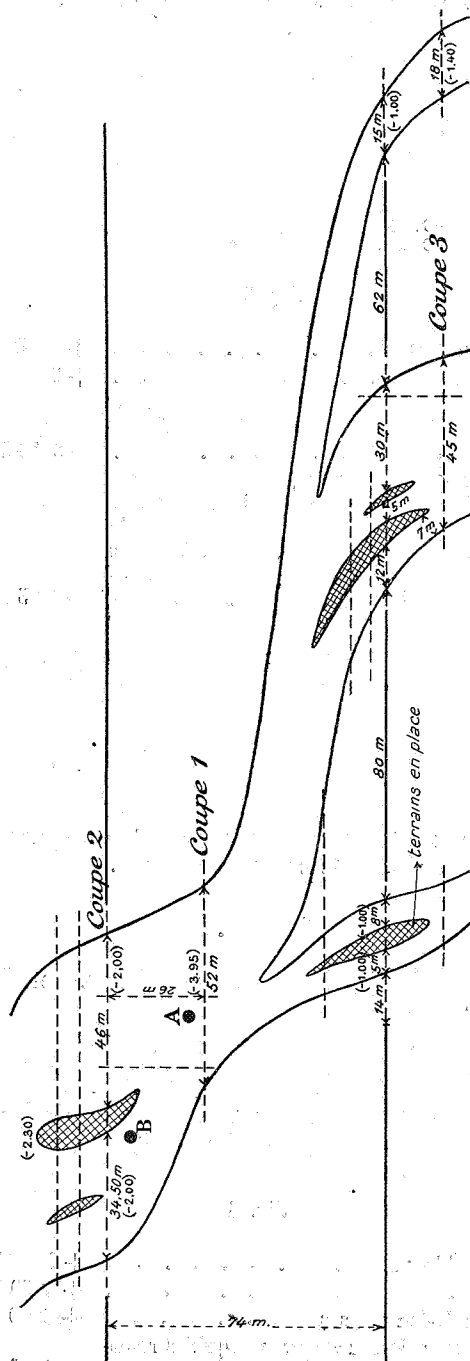


Fig. 2. — RECONSTITUTION DES COURS D'EAU DANS LA DARSE 3 AU NORD D'ANVERS.

des *Musées royaux du Cinquantenaire*, par M. le conservateur Rutot et par M. le conducteur principal Missotten.

La coupe 1, prise au point de découverte de la barque, nous donne :

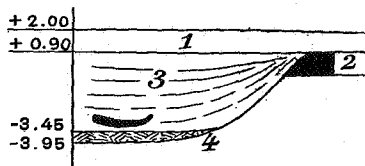


Fig. 3.

- | | |
|--|---|
| 1. Argile des polders | + 2 ^m 00 à + 0 ^m 90 |
| 2. Tourbe. | + 0 ^m 90 à + 0 ^m 30 |
| 3. Bandes argilo-limono-sableuses alternant avec de minces couches sableuses blanches mêlées de débris végétaux | + 0 ^m 90 à - 3 ^m 45 |
| 4. Zone remaniée sableuse grise, paquets de tourbe feuilletée, un canon de cerf ancien, un axis de <i>Bos</i> très moderne, un fragment de tuile romaine, un silex pliocène, des mollusques fluviatiles modernes mêlés aux mollusques fossiles poederliens remaniés, | - 3 ^m 45 à - 3 ^m 95 |

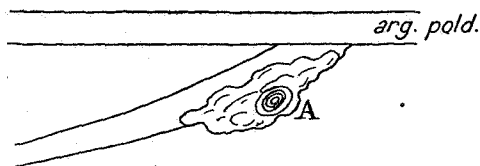


Fig. 4. — COUPE PRISÈ PRÈS DU BORD DE LA COUPE 1 MONTRANT DE LA TOURBE REMANIÉE ET UN ARBRE ROULÉ.

COUPE 2.

Prise un mois après l'enlèvement de la barque et des terres sur 26 mètres de profondeur.

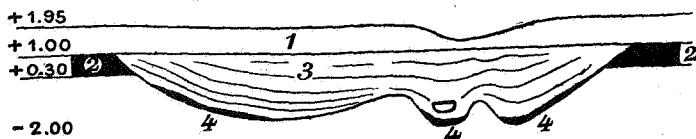


Fig. 5

- | | |
|---|---|
| 1. Argile des polders | + 1 ^m 95 à + 1 ^m 00 |
| 2. Tourbe. | + 1 ^m 00 à + 0 ^m 30 |
| 3. Alluvions sablo-limoneuses | + 0 ^m 30 à - 1 ^m 90 |
| 4. Parties du banc de tourbe avec coquilles remaniées modernes et pliocènes | - 1 ^m 90 à - 2 ^m 00 |

COUPE 3.

Prise dans la rivière sur 45 mètres de large et montrant tous les niveaux archéologiques bien en place.



Fig. 6.

- | | |
|--|---|
| 1. Argile des polders | + 1 ^m 90 à + 1 ^m 00 |
| 2. Tourbe. | + 1 ^m 00 à + 0 ^m 20 |
| 3. Alluvions sablo-limoneuses grises en stratifications régulières | + 1 ^m 00 à + 0 ^m 20 |
| 4. Sables blancs à stratifications entrecroisées avec mollusques fossiles et modernes remaniés et fragments de tourbe. | |
| 5. Alluvions sablo-limoneuses grises sans mollusques à stratifications régulières jusque . . . | — 2 ^m 60 |

Dans toutes les coupes relevées, les niveaux inférieurs ou fond de la rivière sont :

- 2^m00
- 2^m60
- 1^m00
- 1^m00
- 0^m50
- 1^m00
- 1^m50
- 2^m00

Gisement de la barque — 3^m95

La seconde pirogue fut retrouvée gisant en travers de la rivière dans des conditions identiques à la première, 10 mètres environ en arrière de la coupe 2.

Voici l'opinion émise par M. Rutot, et je tiens à ajouter que si je la discute, c'est en m'excusant, poussé par le seul souci de la vérité scientifique.

NOTE DE M. RUTOT.

I. L'argile supérieure est rapportable à l'argile des Polders.

II. La partie tourbeuse bien développée représente la couche de tourbe qui s'est déposée sur le littoral et dans presque toutes les

vallées de la Basse et de la Moyenne Belgique au commencement de l'époque moderne.

III. « M. Rahir déclare avoir vu la pirogue au fond de la couche : alluvions tourbeuses reposant sur le sable hétérogène avec gravier et très coquillier qui surmonte le sable coquillier pliocène. La pirogue ne serait pas dans sa position originale, c'est-à-dire au niveau des eaux dans lesquelles elle a chaviré ; après avoir coulé à fond sur le lit mou de sable fin tourbeux, elle s'est enlisée peu à peu jusqu'au fond sableux solide qui l'a arrêtée définitivement.

» Ainsi, les conditions de la trouvaille s'accordent parfaitement avec ce que l'on sait de la durée de formation de la couche tourbeuse, et un canot des populations antéromaines de l'âge du fer pourrait très bien avoir pris la situation constatée. Il est, en effet, à remarquer que la plupart des bateaux-canots se trouvent à la base des dépôts contemporains de leur naufrage. »

Voici la coupe levée par M. Missotten, conducteur principal des Ponts et Chaussées.

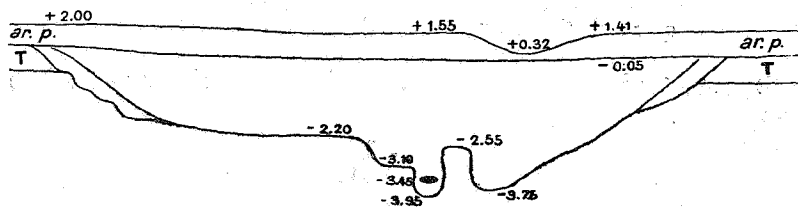


Fig. 7.

Les pirogues en question doivent être post-romaines, même en admettant de laisser de côté les témoins retrouvés par moi-même et ce pour les raisons suivantes :

La coupe 5 montre les divers niveaux d'alluvions modernes de rivière en place normale comme dans la coupe que j'ai publiée à l'occasion de l'Histoire des Schyns, en datant les couches par des pièces archéologiques :

1. Argile des polders de 1584 à nos jours ;
 2. Tourbe depuis le début du Néolithique jusqu'au XI^e siècle ;
 3. Alluvions horizontales sablo-limoneuses de 1584 à la période romaine ;
 4. Alluvions à stratifications entrecroisées de la période romaine à la fin du Robenhausien ;
 5. Alluvions sablo-limoneuses horizontales néolithiques.
- Étant donné que les pirogues se trouvaient dans une partie de rivière

où elles étaient la cause de la formation d'un gouffre et de la disparition des alluvions n° 5, qu'elles reposaient sur des sables à stratifications entrecroisées n° 4 remaniées et, enfin, qu'elles étaient enfouies dans des alluvions régulières de la zone n° 3, formée de la période romaine à 1583.

Seule l'étude complète de toutes les coupes de rivière de la darse 3 peut donner l'âge géologique vrai des pirogues; d'ailleurs, il est certain, d'après les alluvions régulièrement formées au-dessus des pirogues, qu'elles ne sont que très peu descendues depuis le moment de leur disparition de la surface des eaux.

Discussion.

M. Leriche demande quelques explications sur les critères de l'âge des rivières des environs d'Anvers.

M. Hasse répond qu'il y en a d'âges très différents; le lacis fluvial était très divagant et mobile; il pense qu'elles peuvent varier du néolithique au moderne, de même que la tourbe, qu'elles ravinent toujours et dont on retrouve des fragments éboulés et roulés sur leurs rives.

PROF. C. MALAISE. — A propos du mémoire de Nery Delgado sur les couches à Néréites du Portugal.

La Commission géologique du Portugal vient de publier un important mémoire posthume de Nery Delgado (1).

Ce livre est accompagné de 51 planches admirablement phototypées, dans lesquelles la loupe peut distinguer les diverses particularités, aussi bien qu'elle pourrait le faire sur les objets en nature.

Une partie de ces planches sont décrites, la majeure partie ne le sont pas. Les échantillons représentés proviennent des schistes à Néréites de San Domingos et des schistes à graptolithes de Barrancos. Les deux bandes ont des espèces spéciales, et Nery Delgado n'ose pas, et l'on ne saurait non plus dire, si elles sont contemporaines ou d'âges différents.

Les espèces décrites appartiennent à *Nereites*, *Crossopodia*, *Myriamites*, genres dont les traces ou restes affectent des formes sinueuses, et aux genres *Phyllodocites*, *Lophoctonium*, ainsi que des traces ou empreintes d'annélides. Mais tandis que, pour les premiers genres, la

(1) *Étude sur les fossiles des schistes à Néréites*. Lisbonne, 1910. Imprimerie nationale.

plupart des savants n'y voient que des traces de passage, Nery Delgado croit avoir démontré qu'elles représentent les débris de l'animal lui-même.

Disons que ces divers genres ne sont pas encore complètement bien définis et que la même espèce, *Nereites* d'un auteur, sera considérée par un autre comme *Crossopodia* et peut-être comme *Myrianites*.

En comparant les espèces figurées et non décrites, j'ai cru y reconnaître des formes que j'ai rencontrées dans le Silurien ou le Cambrien de Belgique. Ainsi les planches :

Planche XIX = *Palæochondrites Meunieri*, du Tarannon de Grand-Manil.

Planches XXXIV et XXXV = *Bythotrephis flexuosa*, de Strichon (Marbais), du Salmien inférieur.

Planches LXIV et LXVI = Traces laissées par des annélides ? Salmien inférieur, Villers-la-Ville.

D'autre part, j'ai trouvé dans le Devillien inférieur, *Dv1*, à Haybes-iez-Fumay, au voisinage des schistes verdâtres, subordonnés aux ardoises violettes, des traces que je considère comme représentant des portions plus ou moins altérées de *Nereites*, de *Crossopodia* ou espèces voisines. J'espère les faire connaître plus tard. C'est dans leur voisinage que Jannel a signalé les *Oldhamia radiata* et *O. antiqua*.

E. ASSELBERGS. — Description d'une faune frasnienne inférieure du bord Nord du bassin de Namur.

L'assemblée décide l'insertion de ce travail aux *Mémoires*.

X. STAINIER. — Les tufs gypseux et calcaires du Bas-Sahara.

Les terrains meubles superficiels sont, dans toute l'étendue du globe, le siège d'importants phénomènes chimiques, du fait de la circulation de l'eau. Mais si ces phénomènes sont partout gros de conséquences, ils ne sont pas partout également frappants ni aisés à étudier quant à ces conséquences. Ce n'est d'ailleurs que par leurs résultats que l'on peut connaître ces phénomènes. Les actions chimiques si faibles se déroulent en effet dans le mystère des vides infinitésimaux des terrains perméables et par là même échappent presque totalement à nos observations.

Dans les régions à climat humide, les phénomènes chimiques aux-

quels nous faisons allusion sont particulièrement peu discernables. L'abondance de l'eau et son peu de richesse en principes actifs ne donnent que des solutions excessivement diluées, rapidement entraînées en profondeur et dont l'étude nécessite des recherches difficiles et délicates.

Néanmoins, dans les cas spéciaux où les eaux météoriques sont très chargées de principes actifs, ou lorsque les terrains superficiels regorgent de substances solubles, on voit alors se produire des formations telles que les tufs, les latérites, l'aliou, l'ortstein, etc., dont tout le monde connaît l'intérêt tant scientifique que technique.

Mais là où les actions chimiques superficielles prennent une ampleur à nulle autre pareille, c'est dans les régions sèches et surtout désertiques.

Nul n'ignore la richesse et la variété des formations salines qui sont une des caractéristiques de la surface de tous les déserts. Nous n'avons pas l'intention d'aborder une étude d'ensemble de toutes ces formations dont beaucoup d'ailleurs ont fait l'objet de remarquables travaux.

Nous nous contenterons de traiter quelques cas spéciaux que des excursions dans le Bas-Sahara nous ont mis à même d'observer. Je veux parler des tufs gypseux et calcaires dont l'existence n'avait d'ailleurs nullement échappé aux savants géologues qui ont parcouru la région avant nous. En coordonnant leurs observations et les nôtres, nous verrons s'il est possible de jeter la lumière sur la genèse de ces formations si spéciales.

Au Sud de la Tunisie et de la province de Constantine s'étend, dans la bordure septentrionale du Sahara, une énorme région déprimée dénommée depuis longtemps et à juste titre par G. Rolland, le Bas-Sahara. Vaste de milliers de kilomètres carrés, elle est entourée de tous côtés d'un bourrelet fort saillant de calcaires crétacés, et les grands chotts tels que le Djerid et le Melrir en marquent les points les plus déprimés.

Tous ceux qui ont parcouru cette région, de loin la mieux connue géologiquement du Sahara, ont à l'envi montré l'abondance de dépôts salins, calcaires et surtout gypseux. Si, comme on le sait, chaque désert a ses composés salins propres, dérivant de sa constitution géologique et lithologique, on peut dire que le gypse caractérise le Bas-Sahara. Seul ou plus souvent associé au calcaire, plus rarement au sel ordinaire, il recouvre en effet d'énormes étendues et l'on ne peut faire un pas sans en rencontrer. Le gypse n'existe pas seulement sous

forme de roches plus ou moins cohérentes dont il constitue la caractéristique ou la dominante, on le rencontre aussi disséminé, en cristaux isolés, dans toutes les roches meubles et dans tous les sols. On en distingue aisément les cristaux à la loupe, et le soleil en fait étinceler les paillettes en donnant au sol sa coloration chaude et dorée. Parfois même le gypse s'isole en volumineux cristaux de forme crétée, plus rarement en fer de lance.

Nous allons passer maintenant à la description des tufs gypseux et calcaires du Bas-Sahara, que l'on peut classer de la façon suivante :

- 1° Carapace gypseuse;
- 2° Carapace calcaire;
- 3° Couches et amas profonds de gypse;
- 4° Bourrelet des chria.

PREMIÈRE PARTIE.

Description des tufs gypseux et calcaires.

I. CARAPACE GYPSEUSE.

Lorsque l'on n'a pas encore parcouru le Sahara et que l'on n'a rien lu à son sujet d'autre que les descriptions des romanciers, on se le représente comme une immense région ensevelie sous le sable mouvant que sans cesse le vent du désert soulève et accumule en dunes énormes. Il y a bien au Sahara des régions qui répondent un peu à ce tableau, ce sont celles que les Arabes appellent : « Erg ou Areg », mais elles ne forment pas plus du sixième de la surface du grand désert.

Outre de vastes territoires couverts de montagnes et de hauts plateaux, le Sahara, surtout dans sa partie septentrionale, comprend de vastes étendues de terrains rocheux, les « Hamada » des Arabes, et de grands bassins d'atterrissements aux parois à peine ondulées et dont le sol est constitué par des argiles sablonneuses ou des cailloutis. C'est un de ces grands bassins peu accidentés qui constitue le Bas-Sahara. Quand pour la première fois on aperçoit le désert du haut du col de Sfa qui se creuse dans le dernier chaînon de l'Atlas, on voit s'étendre au pied de la montagne des monticules coniques que l'on prendrait à première vue pour des dunes, mais qui ne sont que des amas de cailloutis ou des collines de marnes cénomaniennes sculptées par les eaux. Au loin s'étend la région des Ziban parsemée de plateaux

rocheux crétacés et d'oasis dont les taches sombres donnent par contraste avec la teinte dorée de la plaine un aspect que l'on a comparé à celui de la peau d'une panthère.

Quand on quitte Biskra par la route du Sud, on traverse des plaines interminables, et là encore mieux on voit combien était inexacte l'idée que l'on pouvait se faire du désert. De sable on n'aperçoit, à de très longs intervalles, que d'infimes traces. A perte de vue s'étend la plaine faiblement ondulée au sol argileux grisâtre ou jaunâtre. Bien plus, sur de vastes étendues, le sol, loin d'être meuble, se montre dur et pierreux. Quand on le frappe du pied, il possède une sonorité prononcée et bien particulière. Aussi, avec un peu de bonne volonté, on s'imaginerait facilement que le sol et le sous-sol sont complètement rocheux. Il n'en est rien cependant, car là où la route entame en tranchée quelques faibles intumescences du sol, on voit que ce n'est qu'à la surface que celui-ci est dur et pierreux. Plus bas il est meuble et argilo-arenacé.

Éclairé par cette observation, on constate alors que cette croûte dure n'est partout que superficielle et que sa puissance très variable dépasse rarement 30 centimètres et est le plus souvent bien inférieure à ce chiffre. Mais si elle est peu épaisse, cette formation est très étendue, couvrant des surfaces considérables, où on la voit suivre les moindres mouvements du sol, l'enveloppant partout d'un manteau continu. Ce n'est pas la première fois que l'on signale cette formation, et elle n'avait pas échappé à Dubocq ni à Pomel, ni surtout au regretté G. Rolland, qui connaissait si parfaitement la région du Bas-Sahara et après lequel il y a si peu à glaner.

C'est, je crois, A. Pomel qui le premier reconnut l'importance de la formation lors d'une expédition géologique en Tunisie, en 1877 (XI) ⁽¹⁾. C'est lui qui lui donna son nom si expressif et si juste de carapace que nous utiliserons désormais comme tous nos prédécesseurs.

Cette carapace est de composition assez variable. Essentiellement formée d'un mélange de calcaire et de gypse, c'est tantôt l'un tantôt l'autre corps qui domine, et elle est d'autant plus résistante que le calcaire est plus abondant. Elle englobe et cimente toutes sortes d'impuretés et notamment les cailloux roulés, éclats de silex, etc., qui

(1) Nous donnerons à la fin de ce travail la bibliographie des ouvrages auxquels nous avons emprunté des renseignements pour sa rédaction. Pour éviter toutes redites, nous renverrons à cette bibliographie pour nos citations en ajoutant au nom de l'auteur cité un chiffre romain indiquant le numéro d'ordre de l'ouvrage cité dans cette bibliographie.

traînent à la surface du sol. Relativement pure, sa couleur est le gris jaunâtre plus ou moins clair avec une cassure grano-cristalline. Après chaque pluie, les petites dépressions ou cuvettes que présente cette carapace se tapissent d'un enduit salin blanchâtre.

Lorsqu'une tranchée ou une excavation fraîche permet de voir une bonne coupe de la formation, on constate que la carapace est d'autant plus pure et plus dure qu'on est plus près de la surface. En descendant, elle devient de moins en moins cohérente et souvent passe au terrain meuble sous-jacent d'une façon assez insensible. Aussi, lorsque l'on enlève un morceau de cette carapace, on constate que sa surface est dure et unie, tandis que la face inférieure est extrêmement rugueuse et irrégulière. En dessous, le terrain meuble est encore fort blanchâtre et rempli de grumeaux ou granules de calcaire et de gypse.

Lorsque la carapace est suffisamment épaisse et dure, on l'utilise comme moellon de construction pour les habitations des oasis. De plus, les variétés les plus gypseuses sont employées comme plâtre après une légère cuisson au feu de bois de dattier. Ce plâtre, gâché avec un peu de terre sablonneuse et mêlé de brindilles de feuilles, sert à produire le plafonnage blanc crème si caractéristique des villages des oasis.

Nous donnons ci-dessous, d'après Dubocq (I, p. 268), une analyse d'un échantillon de la carapace gypseuse dans les oasis du Zab Dahari :

Sulfate de chaux	60,22
Carbonate de chaux	4,95
Argile	18,83
Eau	16,00
	100,00

La richesse de la partie superficielle du sol du Bas-Sahara en gypse est chose dont on se fait difficilement idée sans l'avoir parcouru. Et ce n'est pas seulement sous forme de cristaux ou de grains isolés ou d'imprégnations qu'on le rencontre. Non, c'est le plus souvent en proportion telle qu'il constitue l'élément dominant du sol. Aussi c'est à lui, de concert avec le calcaire, que le Bas-Sahara doit sa teinte générale blanche, blanc crème ou blanc doré. Il faut lire attentivement les minutieuses descriptions que nous ont laissées de cette région Dubocq (I), Ville (IX) et Rolland (IV), pour pouvoir se faire une juste idée de l'abondance du gypse au Bas-Sahara. A chaque pas, dans leurs

descriptions, ils signalent la présence du gypse dans les sols arables, dans les plaines désertes, dans les eaux courantes, dans les mares ou les nappes phréatiques. L'analyse suivante de la terre arable de l'oasis de Tolga, analyse que j'extraits, parmi beaucoup d'autres semblables, du travail de Dubocq (I, p. 269), montre jusqu'à quel point le gypse peut entrer dans la constitution du sol :

Sable	9,01
Argile et phosphate de chaux	7,43
Peroxyde de fer	1,37
Carbonate de chaux	9,61
Sulfate de chaux	48,16
Chlorures alcalins	0,78
Eau et matières organiques	23,64
	100,00

Le rôle physique et technique que joue dans la région la carapace cohérente et continue est loin d'être négligeable.

Elle fixe d'une façon absolue, contre tout entraînement par les eaux et surtout par les vents, les éléments meubles du sol, et de plus, dans les immenses plaines désertes, le dallage ferme et continu dont elle recouvre les roches meubles ne contribue pas peu à faciliter la circulation des caravanes, voire même des véhicules à roues.

Dans les régions que j'ai traversées, les Arabes appellent « gassi » les régions planes couvertes de la carapace, ce mot de gassi indiquant pour eux un sol dur et ferme sur lequel on peut marcher. Par extension, ils qualifient aussi la roche de la carapace du même nom de gassi. (Voir aussi le glossaire de Foureau, X, p. 1177.)

Ce rôle particulier, ce n'est pas seulement dans le Bas-Sahara que le gypse le joue, mais encore dans d'autres régions du Sahara et notamment dans le grand Erg où, d'après les descriptions de Foureau, les immenses dunes de sable mouvant laissent entre elles des couloirs ou gassi à sol ferme et dur en partie, constitués par des revêtements de gypse. (X, pp. 557 et 559.)

Si à ces divers points de vue le rôle de la carapace gypseuse est bienfaisant, il en est tout autrement au point de vue cultural et hydrologique. Par sa continuité, sa cohérence et son épaisseur, la carapace s'oppose énergiquement à la pénétration des racines des plantes arborescentes.

Aussi, dans toute tentative de culture et surtout de création d'oasis

à palmiers, la première chose à faire est de défoncer complètement la carapace. Et dans bien des cas, c'est une opération longue, difficile et coûteuse. D'autant plus que si l'on veut faire besogne sérieuse, il faut enlever et rejeter au loin les fragments de la carapace défoncée. En les laissant sur le sol, la formation, en continuant à se produire, a bientôt fait de reconstituer une nouvelle croûte si l'on a laissé sur place des fragments qu'il n'y a qu'à souder.

Au point de vue hydrologique, le rôle de la carapace n'est pas moins néfaste. Enveloppant le sol d'un manteau continu et imperméable, elle empêche toute pénétration de l'eau dans le sol. Aussi, lors des pluies rarissimes mais torrentielles qui caractérisent le régime climatique de cette région du Sahara, les eaux ne pouvant pénétrer dans le sol s'écoulent le long des pentes, vont gonfler démesurément les « oued » ou rivières, et en quelques heures s'écoulent et vont se perdre dans les bas-fonds après avoir emporté et détruit les terrains alluviaux et sans avoir profité en rien aux nappes phréatiques.

II. CARAPACE CALCAIRE.

Dans la roche précédente, c'est le gypse qui est l'élément dominant et caractéristique, tandis qu'ici c'est le calcaire plus ou moins mélangé d'impuretés et notamment de gypse.

Ce genre de carapace se présente sous différentes formes dont nous n'avons pu observer que quelques-unes sur place. Nous emprunterons la description des autres aux auteurs qui les ont fait connaître. Nous citerons parmi ces formes nombreuses, les plus intéressantes que voici :

- A. Le calcaire concrétionné des hamada calcaires.
- B. Les grandes dalles de la région des Daya.
- C. Les brèches récentes.
- D. Les gompholites des environs de Biskra.

A. Calcaires concrétionnés des hamada calcaires.

G. Rolland a signalé, en de nombreux points, la présence de curieux encroûtements de calcaire en relation étroite avec les vastes plateaux rocheux constitués par de puissantes assises de calcaires purs ou dolomitiques, qui constituent par excellence le type des déserts rocailloux ou « hamada » des Arabes. Ces calcaires, à peine ondulés, appartiennent surtout à l'étage turonien et renferment d'abondants silex ou concrétions siliceuses.

Rolland (IV, p. 141) décrit le bord du grand plateau calcaire qui s'étend entre le Zab et la falaise l'El-Lona, et montre que la séparation entre ce plateau et les terrains d'atterrissements voisins est masquée par une croûte de calcaire concrétionné, dont l'énorme développement, dit-il, est un fait général à la surface du Sahara algérien, surtout dans le Nord. Là où le plateau a été raviné, on observe à sa surface, ainsi qu'en aval, sur le flanc des vallées, de nombreuses fentes au travers des couches calcaires. Ces couches sont traversées en tous sens de géodes de calcite et d'un réseau de veinules remplies de calcaires concrétionnés, bruns et rouges, les mêmes qui forment des croûtes sur la plus grande partie du plateau. Il signale encore les mêmes formations au Sud d'El-Hassi et au Nord-Est d'El-Golea (IV, pp. 147 et 155). Entre Ouargla et El-Golea, le passage de la hamada calcaire aux terrains d'atterrissements est, derechef, marqué par de vastes encroûtements de calcaire concrétionné rougeâtre (IV, p. 171). M. Vélain rappelle que dans la région des Gour d'Ouargla, la carapace calcaire possède un enduit brillant appelé « vernis du désert », semblable à celui que les actions éoliennes étendent à la surface des roches du Sahara (XVI, p. 477).

B. Calcaire en grandes dalles.

Rolland nous a fait connaître l'existence d'une remarquable forme de carapace dans la curieuse région des Daya, qui s'étend entre Laghouat et El-Golea (IV, pp. 156-159). Dans cette région, les terrains meubles d'atterrissement, sables et poudingues, forment, dans la partie occidentale, un bourrelet saillant mais surbaissé. Un encroûtement général de la surface est produit par ces roches meubles plus ou moins agglutinées par du calcaire. Cette carapace est entaillée par l'Oued Nili qui s'y est creusé un sillon d'érosion. « La carapace a une épaisseur variable mais supérieure, en moyenne, à 10 mètres ⁽¹⁾. Les berges de l'Oued Nili ont une corniche en calcaire concrétionné compact et un talus en calcaire tufacé tendre, blanc ou rouge, dans lequel sont ouvertes des grottes pittoresques. Les calcaires supérieurs présentent des bancs horizontaux, assez irréguliers, d'une brèche très dure, à éléments rouges et avec ciment rosâtre, et ces bancs sont traversés par un réseau de

(1) D'après Rolland (IV, p. 209), la croûte calcaire et gypso-calcaire qui couvre le plateau au sommet du gara Krime, près d'Ouargla, a 5 mètres d'épaisseur.

fentes verticales que remplit un calcaire brunâtre lithographique, rubané parallèlement aux parois. Le même calcaire, de dernière formation, forme une couverte, également zonée, en maint endroit de la surface. Parfois on rencontre des veinules de calcite. Il y a eu réouverture d'un grand nombre de joints. Le plateau, de même qu'un parquet mal assemblé, offre une série de dalles polygonales. »

Pomel, Aubert et Pervinquière, dans les travaux consacrés à la description géologique de la Tunisie, ont décrit dans ce pays une formation absolument identique. Dès 1877, Pomel (XIII, p. 82) avait reconnu l'existence de cette formation superficielle et il en avait décrit l'origine dans des termes excellents que nous aurons à citer lorsque nous parlerons du mode de production de la carapace.

Mais c'est surtout à M. L. Pervinquière (XII, pp. 234-236) que nous devons une excellente description récente de ces curieux dépôts, qui prennent dans le centre et le Sud de la Tunisie une importance si considérable.

Dans le centre de la Tunisie, dit-il, la carapace se présente sous forme d'un banc de calcaire blanc ou grisâtre, tendre à la partie inférieure, dur et compact au sommet, de 0^m40 à 0^m60, parfois même de 1 mètre de puissance.

Accidentellement, la partie supérieure est imprégnée de calcédoine ou de concrétions calcédonieuses. Cette carapace recouvre tous les terrains d'un manteau uniforme, empâte tous les contacts et s'élève souvent jusqu'au tiers de la hauteur des montagnes, empâtant même tous les éboulis.

Dans le Sud de la Tunisie, elle est non moins développée et elle est beaucoup plus gypseuse et salée. Elle appartiendrait donc plutôt au type que nous avons décrit sous le nom de carapace gypseuse.

C. Brèches récentes.

Le passage de cette forme de carapace calcaire aux deux autres formes que nous avons décrites est tout à fait insensible et graduel.

Comme nous avons eu l'occasion de le rappeler ailleurs (XIV, p. 192), les dépressions qui séparent les sommités rocheuses qui émaillent la surface du grand désert sont plus ou moins couvertes de blocs et d'éboulis, anguleux ou non, provenant de la destruction de ces sommités. Comme l'ont reconnu la plupart des géologues qui ont parcouru ces régions, et comme nous l'avons pu constater nous-même, ces for-

mations meubles ne tardent pas à se consolider plus ou moins. D'abondantes concrétions de calcaire cimentent tous les blocs et les transforment en une brèche récente plus ou moins cohérente. Il se forme ainsi un vrai manteau de brèche qui tapisse le fond des vallées, grimpe sur la pente des montagnes et parfois même s'étale à la surface des plateaux. Comme on peut s'en assurer, d'après les descriptions que nous ont fournies les auteurs cités à propos de la carapace en grandes dalles : Pomel, Rolland, Aubert, Pervinquière, ces brèches passent latéralement à la carapace en grandes dalles qui ne s'en distinguent que parce qu'elle est dépourvue d'éléments étrangers discernables. Mais, je le répète, la transition est tout à fait graduelle et les deux formations sont fréquemment interstratifiées l'une dans l'autre, montrant ainsi leur unité d'origine. Pour s'en convaincre, il suffit de se reporter à la citation que j'ai faite plus haut de la description par Rolland de la carapace des berges de l'Oued Nili.

Voici en quels termes Rolland (IV, p. 143) décrit une de ces brèches bien caractérisée, située dans la région si curieuse des Chebka du Zab : « Le fond de la vallée de l'Oued Mask est occupé par une brèche où des fragments de calcaires crétacés aux couleurs variées, rouges, jaunes, verts, sont pris dans un ciment concrétionné rose, plein de petits grains de quartz roulés. Cette brèche forme de fort beaux dallages le long du ruisseau. Elle remonte latéralement sur le bas des talus, où ses éléments deviennent de plus en plus gros et où parfois elle se distingue à peine des éboulis calcaires, entassés sur les flancs des berges. »

Sur les flancs de la vallée de l'Oued Ter'ir, une brèche quaternaire formée de cailloux de calcaire crétacé blanc avec ciment de calcaire concrétionné rouge atteint 40 mètres d'épaisseur (IV, p. 150 et pl. XV, fig. 6).

D. Gompholite des environs de Biskra.

Comme nous venons de le voir, Rolland renseigne la présence, dans la brèche de l'Oued Mask, de grains de quartz roulés. Ailleurs (IV, p. 139), il indique encore que la brèche de l'Oued Nili empâte aussi une quantité variable de cailloux roulés passant ainsi à un poudingue. Nous voyons donc là les premiers indices de la transition entre les brèches et la formation dont il nous reste à parler. Les explorateurs ont signalé la présence, dans une infinité d'endroits du Sahara, de couches superficielles de poudingue. Il est éminemment vraisemblable

que ces poudingues pliocènes ou quaternaires proviennent de la cimentation, par du calcaire concrétionné, d'amas de cailloux roulés étalés à la surface du sol. Les descriptions qui ont été données de ces poudingues ne permettent pas toujours de décider du bien fondé de la supposition que j'émetts ici. Mais j'ai pu, *de visu*, juger qu'il en est ainsi pour les poudingues pliocènes si visibles au Nord de Biskra.

Sur la lisière Nord du Sahara et au pied du Petit Atlas, à chaque débouché des entailles que l'érosion a creusées dans la chaîne, on voit s'étaler des monticules à tête plate ressemblant assez aux moraines terminales des vallées alpines. Il y a toute une série de ces monticules ou terrasses étalés sur la rive droite de l'Oued Biskra, depuis le point où ce cours d'eau sort du Djebel Bourzel jusqu'à la ville. Ces monticules sont constitués par des dépôts torrentiels auxquels les géologues algériens ont donné le nom de Pliocène d'eau douce de Biskra. La partie supérieure de cette formation est constituée par des grès, des sables, avec lits de cailloux roulés, le tout couronné par un banc de poudingue à gros éléments. Comme le remarque d'ailleurs Rolland (IV, p. 285), le ciment de ce poudingue est calcaire et la roche est, par conséquent, une gompholite.

En examinant les nombreuses coupes naturelles où cette gompholite est bien visible, notamment aux environs de l'ancien fort turc de Biskra, il n'est pas difficile de saisir le mode de formation de cette gompholite. On voit bien que ce n'est pas autre chose qu'une épaisse couche de cailloutis cimentée par du calcaire concrétionné plus ou moins gypseux. On peut saisir toutes les phases du phénomène de cimentation, et l'on voit, comme pour la carapace, que c'est à la partie supérieure que le banc est le plus dur et le mieux consolidé. En descendant, le banc, qui peut atteindre 1 mètre de puissance, devient de plus en plus meuble et finalement on ne voit plus sur les cailloux qu'un vernis calcaire disparaissant même plus bas. Formé à une époque où le cailloutis était continu et constituait le sol d'une plaine, les progrès continus de l'érosion ont plus tard découpé la nappe en monticules isolés que nous voyons aujourd'hui, au sommet desquels le banc de gompholite dessine une corniche saillante et pittoresque. Petit à petit, les formations meubles sous-jacentes, délavées et entraînées par l'érosion, laissent cette corniche en saillie de plus en plus prononcée, jusqu'au jour où elle se rompt en couvrant les talus de blocs énormes.

Pour terminer, il est presque superflu de dire que tout ce que nous avons rapporté concernant le rôle physique, hydrologique et technique que joue la carapace gypseuse s'applique aussi bien aux différentes formes de carapaces calcaires.

III. — COUCHES ET AMAS PROFONDS DE GYPSE.

Le gypse existe dans le Bas-Sahara, non seulement à la surface, mais en profondeur, où il constitue des dépôts parfois d'une grande puissance. Au voisinage de la surface et à des profondeurs variables allant de 0 à 1 mètre environ, ces dépôts sont bien connus, notamment dans les oasis de l'Oued R'ir. Ils constituent en effet, pour la culture, un obstacle non moins grave que la carapace gypseuse ou calcaire, ce qu'il est facile de comprendre, d'après les conditions de gisement que nous allons indiquer. Ces dépôts existent presque partout dans les plaines sahariennes constituées par des atterrissements pliocènes ou quaternaires, mais ce n'est guère que dans les oasis qu'on les connaît bien, à cause des travaux qu'ils nécessitent. On sait très bien qu'il existe dans le sous-sol de la plupart des oasis des formations gypseuses cohérentes, auxquelles les Arabes appliquent le nom de « gassi » (synonyme de terrain ferme et dur, par opposition avec le terrain meuble superposé). Aucune loi ne semble régir la répartition de ces dépôts gypseux. Ils ne forment pas une couche continue et on les trouve indifféremment aussi bien sur les monticules que dans les parties déprimées des oasis. La profondeur à laquelle on observe cette formation est en moyenne de 0^m50, mais elle varie fortement, même en des points très rapprochés, comme le montre la coupe suivante que j'ai levée dans une excavation ouverte dans un monticule situé au Sud et à 200 mètres des limites de l'oasis d'El-Ourir, près du chott Melrir. Cette excavation était ouverte pour l'extraction du gypse servant aux besoins des constructions de l'oasis.

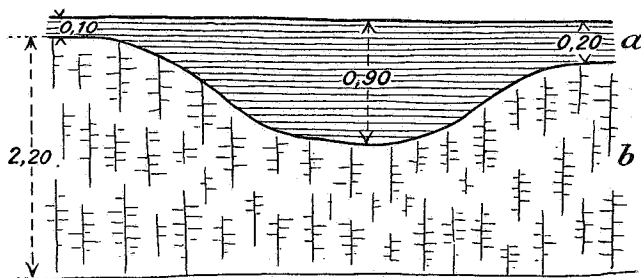


FIG. 4.

- a. Sable argileux blanchâtre avec cristaux isolés de gypse.
- b. Tuf gypseux de couleur blanc crème.

A l'état humide, le tuf *b* est assez tendre et friable, mais desséché à l'air, il durcit et peut être employé comme moellon. Il tache les doigts et paraît calcaireux, grenu et fort cristallin. L'épaisseur de ce tuf gypseux est des plus inconstantes. Mais il n'est pas rare de lui voir des puissances moyennes de 0^m50 à 1 mètre. Par places, surtout dans les monticules assez élevés, cette puissance peut aller jusqu'à 5 mètres. On a constaté une relation assez nette entre le relief du sol et la présence de ce tuf en sous-sol. On constate en effet que, là où ce tuf existe, le sol présente généralement une intumescence d'autant plus accentuée que le tuf est plus épais.

Enfin, pour terminer, nous ajouterons que la nappe aquifère phréatique se trouve directement sous ce tuf.

D'après tout cela, il n'est pas difficile de deviner l'influence néfaste que doit jouer ce tuf sur la culture, spécialement sur celle des dattiers, qui constitue à peu près l'unique ressource des oasis. En effet, si, trompé par une profondeur plus grande du tuf, on néglige, lors de la plantation des palmiers, de défoncer le banc dur, les jeunes plantations, privées de communication avec la nappe phréatique par le banc à peu près imperméable, languissent et bientôt dépérissent et meurent lorsque les racines arrivent à la surface du banc dur, qu'elles ne peuvent traverser. Aussi de toute nécessité il faut, au préalable, défoncer le tuf et l'enlever autant que possible. On a constaté malheureusement que, dans certains endroits, le banc enlevé se reconstitue avec une désolante rapidité.

La forme la plus remarquable de tuf gypseux profond est celle que l'on observe dans la région du Souf.

Le Souf est une curieuse région sablonneuse et dunale constituée par une extrême avancée vers le Nord de l'Erg oriental. Elle s'étend au Sud des grands chotts algériens et tunisiens, et elle est d'un accès relativement facile, qui permet de se rendre compte aisément de la physionomie des régions sableuses ou erg du Sahara. La route de Touggourt à Nefta (Tunisie) traverse d'outre en outre le Souf, en passant par sa capitale : El-Oued. Quand on quitte Touggourt par cette route, on sort bientôt de la région des plateaux au pied desquels cette ville est bâtie, et l'on ne tarde pas à s'engager dans d'interminables rangées de dunes. Aussi c'est avec une véritable satisfaction que, après une longue étape, dans une région à peu près déserte, on arrive enfin à El-Oued.

L'œil, reposé par l'aspect riant et coquet de cette localité, ne tarde pas, d'ailleurs, à jouir de nouveaux spectacles lorsque l'on côtoie, au

Nord-Est d'El-Oued, la longue file de ces oasis si originales et si particulières au Souf, appelées « Ritan », et qui s'étendent depuis cette ville jusque El-Guemar. Tandis que dans les Ziban et surtout dans l'Oued R'ir les oasis forment de vastes agglomérations bien peuplées et entourées de véritables forêts de dattiers, visibles à des kilomètres de distance, dans le Souf, les oasis minuscules n'ayant que rarement plus de cent palmiers, sont littéralement cachées dans les profondeurs du sol. Les guides ont à peine eu le temps de vous signaler une tache noire formée par de petites touffes de verdure à la surface des sables, que l'on arrive au bord d'un profond entonnoir, où l'on constate avec stupéfaction que ces touffes de verdure sont formées, en réalité, par l'extrémité du feuillage des dattiers arrivant à peine au niveau de la plaine environnante.

Desor (II, pp. 16 et suiv., pl. I) avait déjà décrit l'aspect si particulier des oasis du Souf sur lesquelles, plus tard, V. Largeau nous a fourni des renseignements plus détaillés. Ces petites oasis sont, en fait, le résultat du travail de l'homme. Pour assurer au dattier, qui, suivant le dicton arabe, doit croître les pieds dans l'eau et la tête dans le feu, l'humidité nécessaire, l'habitant du Souf doit creuser profondément le sol, car la nappe aquifère se trouve à l'énorme profondeur de 8 à 10 mètres en moyenne. Aussi, pour créer une oasis, on commence par creuser dans le sable une excavation en entonnoir, aux talus en pente douce et qui descend jusqu'au moment où l'on rencontre un banc de tuf gypseux, qui partout recouvre la nappe aquifère. Ce banc, très continu et fort résistant, a une épaisseur assez régulière et qu'il n'est pas rare de voir atteindre 0^m50 à 1 mètre. On brise ce banc de tuf en le débitant en gros blocs que l'on empile tout autour du bord de l'entonnoir, de façon à former une grossière muraille souvent consolidée par une palissade. Cette muraille, derrière laquelle on entasse le sable extrait de l'excavation, est destinée à former autour de la future oasis un bourrelet protecteur contre l'envahissement des sables. Une fois débarrassé du banc de tuf, le fond de l'oasis est livré à la plantation des dattiers et prend alors l'aspect que figure la coupe schématique suivante, prise dans une petite oasis de création récente, dans l'agglomération de Kouinin, à une lieue au Nord-Est de la capitale (fig. 2).

Mais le gypse forme encore, dans le sol du désert, des couches plus profondes que celles que nous venons de signaler dans le Souf. On les a découvertes lors du forage des nombreux puits artésiens français que l'on a exécutés dans la région du Bas-Sahara depuis un demi-siècle.

On sait par les dires des sondeurs arabes que ces couches de gypse se trouvent aussi ailleurs dans les puits artésiens forés de temps immémorial par les sondeurs. Ces puits artésiens français et indigènes ont tous rencontré des couches de gypse d'une épaisseur pouvant aller jusque 5 mètres et plus, et à des profondeurs qui vont jusqu'au delà de 100 mètres. Ces dépôts gypseux sont interstratifiés dans les puissants dépôts de marnes, de sables, de poudingues qui tapissent les énormes étendues des bassins d'atterrissements du Sahara, dépôts considérés par certains géologues comme entièrement quaternaires, par d'autres comme pliocènes et quaternaires.

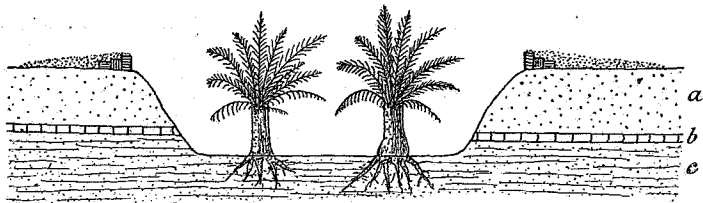


FIG. 2.

- a. Sable sec.
- b. Banc de tuf gypseux de 0^m50.
- c. Sable aquifère.

Il serait fastidieux de citer ici les multiples coupes de puits où de tels dépôts ont été recoupés. Je renvoie aux ouvrages nombreux où ces coupes de puits artésiens ont été publiées et tout spécialement au travail de Rolland (IV) et à celui de Dru (VIII). On y trouvera tous les renseignements désirables sur ces dépôts profonds de gypse.

IV. BOURRELET DES CHRIA.

On pourrait aisément faire rentrer ce genre de tuf gypseux dans la catégorie de la carapace gypseuse dont il ne constitue qu'une modalité, mais celle-ci est si curieuse et sa formation soulève des problèmes si variés que j'ai cru bon de l'étudier à part.

Au milieu des plaines désertes du Sahara, là où toute trace d'eau superficielle fait pour ainsi dire complètement défaut, on n'est pas peu étonné de voir s'élever du sein de la plaine un monticule plus ou moins considérable, de forme régulièrement conique et surbaissée, aux flancs parfois sillonnés par des rainures étoilées partant du sommet et

qui lui donnent, de loin, l'aspect d'un cône volcanique aplati. De près, la ressemblance d'un cône volcanique s'accroît, car le sommet est creux, en forme de cratère, mais rempli d'eau. Aussi les auteurs qui ont décrit ces curieux dispositifs les ont-ils appelés, avec raison, des volcans d'eau.

Les Arabes leur donnent les noms de *chria* ou *behour*. Nous dirons plus loin la différence qu'il y a entre ces deux noms indigènes.

J'ai eu l'occasion d'observer de ces *chria*, mais ils étaient beaucoup moins bien caractérisés que ceux que Rolland et Ville ont décrits et aux descriptions desquels je juge plus utile de faire appel.

Les *chria* ou *behour* sont surtout abondants dans l'Oued R'ir et particulièrement dans sa région centrale, aux alentours d'Ourlana. Ville en a décrit et figuré un grand nombre (IX, pp. 320 à 440). Plus tard, Rolland a fourni une description et une coupe très détaillée du *chria Ayata* dans la même région (IV, p. 232, et pl. XXIII, fig. 3).

En utilisant tous ces matériaux, on voit que l'on peut représenter les *chria* ou *behour* par le schéma suivant :

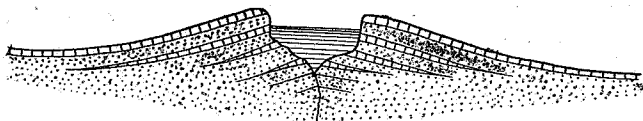


FIG. 3.

Pour compléter la description de ces dispositifs, que nous avons donnée plus haut, il nous reste à fournir les détails suivants.

La forme des cônes est généralement très surbaissée, leur hauteur n'étant qu'une fraction faible de leur diamètre. Les parois du cratère sont abruptes, mais la profondeur de l'eau est d'ordinaire faible, quoique exceptionnellement elle puisse devenir considérable. Le débit de la source qui alimente ces mares est très faible, le plus souvent imperceptible à l'œil. Aussi, on ne voit aux alentours qu'une végétation chétive, quelques palmiers rabougris de physionomie caractéristique au point que Ville a pu dire avec raison que tout bouquet de palmiers isolés, dans les plaines désertes, signale la présence d'un *chria*. (IX, p. 333.) Les coupes naturelles que fournissent les parois des *chria* profonds montrent que le cône est formé de couches à allure stratifiée inclinées dans le même sens que les flancs du cône et divergeant, par conséquent, toutes du sommet vers la périphérie. Le terrain constituant le cône se montre exceptionnellement riche en couches de tuf

gypseux plus ou moins cohérent et la surface du cône est toujours revêtue d'une carapace gypseuse dure et continue. Rolland signale que cette carapace est sillonnée de crevasses étoilées rayonnant des bords du cratère vers la périphérie. Mais ce fait ne doit pas être général, car je ne l'ai observé dans aucun des *chria* que j'ai vus.

Les couches meubles, sables ou marnes, interstratifiées entre les couches de tuf du cône, sont aussi particulièrement riches en cristaux de gypse pouvant atteindre plusieurs centimètres de long. L'eau qui remplit les mares est amère et fortement chargée de sels et de gypse, et notablement plus concentrée que les autres eaux du voisinage.

DEUXIÈME PARTIE.

Mode de formation des tufs gypseux et calcaires.

I. ORIGINE DES CARAPACES GYPSEUSES ET CALCAIRES.

Lorsqu'on eut découvert l'existence, à la surface du sol, des croûtes gypseuses et calcaires, on fut frappé de la grande ressemblance que ces roches présentent, sans conteste possible, avec les dépôts de certaines sources incrustantes ou pétrifiantes. De là les expressions de travertins et de calcaires d'eaux douces employées par les premiers observateurs.

Aussi Dru (VIII, p. 39) considéra-t-il la carapace calcaire du Sud et du centre de la Tunisie comme le résultat d'un dépôt de sources incrustantes et compara-t-il cette formation à celle des travertins d'Italie. Qu'il y ait de vrais travertins déposés par des sources, au Sahara, la chose est incontestable et ne saurait d'ailleurs étonner, dans une région où des roches calcaires solubles et très perméables sont si répandues.

Rolland a décrit (IV, p. 168) un calcaire tufacé de Feidjet-Turki, entre Ouargla et El-Golea, qu'il considère avec raison comme un vrai travertin de source. Le mode de gisement, l'aspect beaucoup plus scoriacé et poreux, l'abondance des fossiles d'eau douce permettent d'ailleurs de distinguer assez aisément le vrai travertin des carapaces gypseuses et calcaires dont nous avons parlé. Aussi, dès 1884, Pomel (XIII, p. 82) a-t-il reconnu la vraie origine de ces carapaces et il a expliqué leur formation en des termes nets et concis que nous ne pouvons nous empêcher de citer : « Ce ne sont pas des eaux de surface qui les ont constituées comme des revêtements superposés. Elles font,

au contraire, corps avec le terrain sous-jacent qu'elles imprègnent et dont elles cimentent tous les éléments. Leur accroissement se fait par la face inférieure... Ce sont les eaux plus ou moins salines, remontant par capillarité avec leurs sels qui s'effleurissent, dont l'évaporation laisse les éléments calcaires ou gypseux qu'elles contenaient en dissolution, comme un ciment qui durcit la couche superficielle et augmente son épaisseur par des zones successivement profondes. »

Cette explication si rationnelle a été adoptée par tous ceux qui se sont occupés de la formation de ces carapaces : Rolland (IV), Aubert (VI), Pervinquière (XII), et il ne peut y avoir aucun doute que ces curieuses formations ne soient dues d'un côté à l'abondance dans le sous-sol du gypse et du calcaire, et de l'autre aux conditions climatiques et hydrologiques si spéciales du Sahara.

Nous allons examiner successivement ces deux facteurs.

Nous parlerons d'abord du climat et de l'hydrologie. Quoiqu'on ne possède pas des données météorologiques bien précises et multipliées sur le climat du Sahara, une chose est cependant incontestable, c'est que les précipitations pluviales y sont extrêmement faibles et surtout irrégulières. Le peu d'eau qui tombe arrive sous forme de pluies torrentielles ne se produisant qu'à des intervalles longs et irréguliers. On reste des mois, voire des années, sans précipitations appréciables. A cause de leur caractère torrentiel, les pluies ne peuvent pénétrer que partiellement dans le sol, et nous avons vu que les tufs de tout genre décrits plus haut ne contribuent pas peu à empêcher la pénétration de la pluie dans le sous-sol. Le résultat de ces conditions climatiques est encore accentué par une température diurne extrêmement élevée. Les rayons d'un soleil ardent que ne tempère aucun nuage donnent tout le long de l'année sur un sol qu'aucune végétation ne protège. Seule la fraîcheur des nuits vient tempérer un peu ces conditions si défavorables.

Dans les contrées à sol perméable et à précipitations copieuses et surtout régulières, il y a une descente régulière et continue de l'eau pluviale de la surface du sol vers la nappe aquifère phréatique. Si de plus la région est accidentée et bien drainée, le trop-plein de la nappe phréatique trouve un écoulement et il se produit ainsi une circulation régulière toujours dans le même sens, celui de la pesanteur, qui entraîne les eaux vers les cours d'eau et par eux à la mer.

Il en est tout autrement au Sahara. Nous avons vu que la quantité d'eau qui peut descendre de la surface vers les nappes aquifères, doit être bien faible. Par contre, dans cette région il y a un facteur qui agit

avec une énergie extrême : c'est l'attraction capillaire s'exerçant dans les vides capillaires des roches meubles si abondantes au Sahara. Comme nous l'avons dit, la surface du sol, portée pendant le jour à une haute température, est le siège d'une évaporation intense qui, la capillarité aidant, provoque une aspiration puissante, vers la surface, des eaux souterraines. A l'opposé de ce qui se passe dans les pays humides où la descente est la règle, au Sahara on observe une montée presque continue des eaux profondes vers la surface, et l'évaporation l'emporte sur la précipitation ⁽¹⁾.

Vu ce déficit évident, l'évaporation est surtout alimentée par une lente montée des eaux souterraines artésiennes (Rolland, III, pp. 607 et suiv.) et par les infiltrations dans le sous-sol des eaux courantes des Oued. Rolland a excellemment décrit, dans le travail que nous citons, ces conditions hydrologiques du Bas-Sahara et il serait superflu d'y revenir. Contentons-nous de dire, en résumé, que, dans le Bas-Sahara, l'alimentation en eau se fait latéralement et par en dessous en remontant vers la surface. L'eau souterraine suit donc une marche diamétralement opposée à celle que suit l'eau dans les contrées humides.

Passons maintenant à l'étude des composés gypseux et alcalins que recèlent le sol et le sous-sol du Bas-Sahara.

Il y a un fait peu discutable, c'est que les dépôts meubles ou semi-cohérents d'origine marine ou même d'origine continentale, renferment, originairement, des quantités plus ou moins fortes de composés solubles dans l'eau, alcalins ou alcalino-terreux. Ces composés solubles existent dans les sédiments terreux par suite de différents phénomènes dont les mieux connus sont les précipitations dues à des doubles décompositions ou à des concentrations par évaporation de l'eau de mer. Mais à côté de ces phénomènes qui produisent des gisements importants de matériaux solubles, je pense qu'il en existe d'autres pouvant charger les sédiments terreux de quantités de corps solubles, faibles, mais par contre très générales et très répandues.

Si la présence de ces composés solubles est généralement méconnue dans les terrains sédimentaires, c'est que dans les régions humides du globe, et ce sont de loin les plus vastes et les mieux connues, les corps solubles ont été depuis longtemps dissous et entraînés à la mer par la

(1) Le déficit pour les nappes aquifères dû à l'excès de l'évaporation est si considérable, que les nappes seraient depuis longtemps épuisées s'il n'intervenait pas un phénomène compensateur dont on commence à entrevoir partout l'importance : c'est la condensation nocturne et les rosées dues à la fraîcheur de la nuit.

circulation continue des eaux « par descensum » que nous avons indiquée plus haut. Mais maintenant nos investigations portent de plus en plus, par sondages ou autrement, sur des zones de plus en plus profondes de l'écorce terrestre où l'on peut rencontrer des roches restées à l'abri de cette circulation superficielle. Aussi l'on est tout étonné de constater, dans ces zones profondes, la présence de quantités très notables de composés salins. Je n'en veux pour preuve que la rencontre, par sondages, d'eaux très salines dans le Nord de la France, les Flandres, la Campine et la Westphalie. Certes, on a voulu expliquer cette salure par l'érosion de gisements salins triasiques préexistants. Mais la généralité du fait ne rend cette explication que partiellement admissible. Je ne vois, quant à moi, aucune objection fondamentale à admettre qu'une bonne partie de ces sels ne soient des sels fossiles. L'eau salée qui imbibe les sédiments marins en voie de formation pourrait fort bien rester partiellement occluse dans ces sédiments. D'autres actions pourraient encore intervenir. M. Gore a jadis affirmé que du sable agité dans des solutions salines pouvait soustraire à celles-ci jusque 80 % des corps dissous. (*Proceedings of the Philosophical Society of Birmingham*, 1884.) Ses expériences, qui n'ont jamais été contredites ni répétées, à ma connaissance, pourraient, si elles étaient confirmées, faciliter beaucoup l'explication de la présence de composés salins dans les roches sédimentaires. Quoi qu'il en soit, dans le Bas-Sahara, la présence, dans le sous-sol, du calcaire et du gypse ne présente aucun côté mystérieux.

Les régions aujourd'hui si arides du Sahara septentrional ont été, à l'époque pliocène et quaternaire, le théâtre de précipitations pluviales colossales et d'érosions gigantesques. On ne peut faire un pas dans cette contrée sans voir des traces évidentes de ces phénomènes, qu'ont d'ailleurs décrits à l'envi tous les géologues qui ont parcouru ces contrées. Ce sont ces phénomènes qui ont profondément sculpté l'Atlas et les plateaux sahariens et qui, avec les matériaux provenant de l'érosion, ont rempli les vastes bassins d'atterrissements parmi lesquels figure le Bas-Sahara.

Comme l'ont prouvé les sondages et les nombreux puits artésiens de la région, jusqu'à des profondeurs allant souvent au moins jusque 100 mètres, le sous-sol de ces bassins d'atterrissements est constitué par des dépôts arrachés aux sommités voisines. Comme ces sommités sont extraordinairement riches en calcaires et marnes, rien d'étonnant que les dépôts d'érosion soient aussi très chargés de calcaire sous toutes sortes d'états. C'est ce que constatent d'ailleurs toutes les descriptions

de ces dépôts d'érosion recoupés tant de fois par des sondages. Inutile donc d'insister sur ce point. Quant au gypse, nous avons suffisamment insisté sur son abondance dans le Bas-Sahara, dans les pages qui précèdent, pour qu'il soit opportun d'y revenir. D'où provient ce gypse? Rolland (IV, p. 304 et p. 282) l'avait reconnu depuis longtemps, ce gypse provient des terrains de l'Atlas et du Sahara, imprégnés de ce sel et au détriment desquels ont été formés ces dépôts d'atterrissements du Sahara. C'est, en effet, un fait bien remarquable et qui attend encore son explication que la richesse en gypse de nombreux terrains sédimentaires successifs, à travers de longues périodes géologiques, dans les mêmes régions, l'Algérie et la Tunisie.

De fait, on trouve des couches, des amas et des lentilles de gypse dans les régions algériennes voisines du Sahara, dans les étages suivants :

Le Triasique, Blayac et Gentil (XV, p. 547) ;

L'Oxfordien, Coquand (V, p. 24) ;

L'Albien, Rolland (IV, p. 128) ;

Le Cénomanién, Rolland (IV, p. 128). Par sa grande extension et sa richesse en gypse, le Cénomanién est certes une des principales sources du gypse pliocène et quaternaire du Sahara. On le retrouve d'ailleurs très gypsifère dans les plateaux crétacés du Sahara lui-même.

Le Turonien, Coquand (V, pp. 67 et 70) ;

L'Éocène inférieur, Coquand (V, p. 104), Pomel (XI, p. 116) ;

L'Éocène moyen et supérieur, Coquand (V, pp. 132-142) ;

Le Miocène, Dubocq (I, p. 252).

Le centre et le Sud de la Tunisie ne sont pas moins riches en formations gypseuses, comme le montre la liste suivante des terrains où ce minéral a été signalé avec une abondance notable :

Le Triasique, Pervinquière (XII, p. 17) ;

L'Aptien, Pervinquière (XII, p. 51) ;

Le Cénomanién, Pervinquière (XII, p. 66) ;

Le Sénonien, Pervinquière (XII, p. 114) ;

L'Éocène moyen, Pervinquière (XII, pp. 183 et 190) ;

Le Miocène, Pervinquière (XII, p. 212).

Il y a là, comme on le voit, plus qu'il n'en faut pour expliquer d'où provient tout le gypse pliocène et quaternaire du Sahara.

A la lueur de tout ce que nous venons de dire, il n'est pas difficile de se figurer ce qui se passe dans le sous-sol.

Une puissante évaporation superficielle provoque une énergique aspiration capillaire de toutes les eaux phréatiques ou profondes, et simultanément la pression des nappes artésiennes fait monter à travers les terrains imparfaitement imperméables ou perméables un courant lent, mais continu, d'eau à une température assez élevée, toujours supérieure à 20 degrés. Ces eaux sont relativement pures à l'origine, comme l'ont montré les analyses de Lahache (VII, p. 5), qui a constaté que les eaux sont d'autant moins chargées de matières dissoutes qu'elles proviennent d'une profondeur plus grande.

Pendant leur montée, ces eaux profondes traversent des terrains meubles gorgés de gypse dans un état très divisé et partant fort aisé à dissoudre. Aussi ces eaux deviennent de plus en plus séléniteuses, et il n'est pas une eau du Bas-Sahara qui ne le soit plus ou moins, comme le prouvent les milliers d'analyses qui ont été publiées, notamment par Rolland (IV), Ville (IX), Dru (VIII), Lahache (VII), etc.

Dans toutes les eaux, le sulfate de chaux est l'élément dominant et caractéristique. Comme Ville l'a fait remarquer avec beaucoup de raison, certaines eaux renferment même une proportion de sulfate de chaux bien supérieure à celle que peut dissoudre l'eau distillée, et il en conclut que le pouvoir dissolvant plus grand de ces eaux tient sans doute à la présence du sel marin qui augmente la solubilité du gypse (IX, p. 441).

Arrivées à la surface du sol, les eaux souterraines saturées et même sursaturées de gypse s'évaporent en abandonnant le gypse qui se précipite entre les particules meubles, les cimentant petit à petit, comme l'a si bien exposé Pomel. Commencé tout à fait à la surface, ce phénomène de consolidation gagne de proche en proche, en descendant, et la croûte s'épaissit par le bas.

C'est par un processus en tout semblable que se forment les différentes variétés de carapace calcaire qui doivent leur origine à ce que, dans le sous-sol, le gypse fait défaut ou est rare, et qu'il est remplacé par le calcaire. C'est ce qui explique la prédominance des carapaces calcaires dans les hamada à sol de calcaires crétacés.

L'ascension continue d'eaux extrêmement séléniteuses n'a pas seulement pour effet de produire une carapace gypseuse. Nous avons déjà dit précédemment combien les sols du Sahara étaient riches en gypse disséminé. Dubocq (I) a publié un grand nombre d'analyses de sol arable des oasis et nous avons reproduit plus haut une de ces analyses pour montrer cette richesse en gypse. Si l'on fait abstraction de l'humidité, on constate, en effet, que ce minéral forme souvent plus

de la moitié du poids de la terre arable. Outre les phénomènes naturels qui peuvent avoir amené une richesse pareille, il est bien certain que l'irrigation artificielle n'a pas peu contribué, en maintes circonstances, à produire une aussi forte teneur en gypse. Dans certaines oasis, en effet, l'irrigation remonte à une date très reculée, multiséculaire peut-être. L'évaporation de ces eaux d'irrigation riches en gypse ne peut manquer d'avoir accumulé dans la terre arable d'énormes quantités de sulfate de chaux.

II. — ORIGINE DES COUCHES ET AMAS PROFONDS DE GYPSE.

Les gisements si nombreux de gypse que recèle le sous-sol du Sahara ont vraisemblablement été formés à l'état de carapace gypseuse et ultérieurement enfouis sous des dépôts plus récents. Lorsque ces gisements de gypse se trouvent, comme ceux que nous avons décrits, à une faible profondeur, la chose n'est pas difficile à admettre, car des facteurs encore aujourd'hui très actifs au Sahara, le vent notamment, peuvent aisément expliquer le recouvrement de la carapace par des dépôts meubles de transport.

Les auteurs qui se sont occupés de la géologie de la Tunisie et spécialement du seuil de Gabès, à propos de la fameuse question de la mer intérieure, Pomel, Dru, Rolland, Aubert, Pervinquière, ont montré qu'il y a, dans le Sud de la Tunisie, des preuves évidentes du recouvrement de carapaces calcaires ou gypseuses par des dépôts récents, et cela parfois à des profondeurs considérables.

C'est vraisemblablement à un phénomène semblable qu'il faut attribuer la présence du curieux banc de tuf gypseux dont nous avons rappelé l'existence dans le Souf. Beaucoup d'auteurs ont montré que si les dunes des régions sablonneuses du Sahara sont fixes, néanmoins le sable en bien des endroits, à la périphérie de ces régions, s'étend de plus en plus. Rolland (IV), Foureau (X) et Vélain (XVI, p. 467) ont donné de nombreux exemples de ces régions ensevelies sous le sable, sous lequel l'ancien réseau hydrographique et les nappes aquifères continuent à subsister. C'est ainsi, d'ailleurs, que l'on peut expliquer l'abondance de l'eau sous ces manteaux sableux qui en reçoivent si peu du ciel.

Quand sur une carte on voit les rapports de la région du Souf avec l'Erg oriental, on n'a aucune difficulté à admettre l'hypothèse émise

par certains auteurs que le Souf n'est que l'extrémité d'une région envahie par l'avancée des sables de cet Erg vers le Nord.

Le tuf gypseux du Souf ne serait donc qu'une ancienne carapace superficielle aujourd'hui ensevelie sous le sable.

Mais que faut-il penser des amas et des couches de gypse que l'on trouve dans les dépôts d'atterrissements du Bas-Sahara jusqu'à des profondeurs pouvant approcher de 100 mètres?

Ces dépôts ont exigé, pour se former, un long espace de temps, vu que, d'après certains auteurs, les strates les plus profondes remontent au Pliocène. Il est bien possible que pendant ce long intervalle les conditions favorables à la production de la carapace gypseuse se soient plusieurs fois réalisées et que, après, les carapaces ainsi formées aient été ensevelies sous des atterrissements plus récents. La question serait assez difficile à élucider, mais nous pensons que l'on peut expliquer d'une autre façon la formation de certains amas profonds de gypse dont les sondages artésiens ont montré le caractère local et lenticulaire.

Rolland a décrit des phénomènes qui se passent, de nos jours, dans la curieuse région des Daya (IV, p. 137, pl. XXXIV). Parmi les cuvettes qui caractérisent cette région, il en est une, celle de Zebbacha Chergui, qui a une profondeur de 20 mètres et 2 kilomètres de large.

D'après les sondages, le fond de cette cuvette est occupé par un dépôt de gypse de 5^m10 d'épaisseur. Les eaux de pluie dissolvent du gypse très abondant dans les terrains environnants et l'accumulent au fond de la cuvette fermée. De minces couches de gypse argileux sont interstratifiées dans la masse. L'épaisseur de cet amas de gypse moderne montre avec quelle rapidité des lentilles de gypse profond ont pu se produire.

A l'époque où l'érosion se produisait, sur une échelle géante, au détriment des montagnes si riches en gypse qui bordent le Sahara, rien n'empêche de croire que, durant de courtes périodes sèches intercalaires, des amas de gypse aient pu se former de la même façon dans les grandes cuvettes fermées qui constituent le grand bassin du Bas-Sahara.

Les phénomènes dont la Zebbacha Chergui et bien d'autres dépressions du Bas-Sahara sont aujourd'hui le théâtre peuvent donc servir à nous montrer le mode de formation des amas de gypse profonds. Il est même éminemment probable que beaucoup de gisements de gypse superficiels que nous avons considérés comme des carapaces gypseuses ont été en réalité formés comme l'amas de la Zebbacha Chergui.

Cela nous prouve la complexité des phénomènes auxquels ces curieuses formations désertiques peuvent devoir leur origine, et cela nous impose l'obligation d'étudier chaque cas particulier avant de pouvoir trancher la question de son mode de formation.

III. — ORIGINE DU BOURRELET DES « CHRIA ».

L'origine des *chria* et des *behour* du Sahara a donné lieu, parmi les explorateurs et les géologues sahariens, non moins que parmi les Arabes, à de longues discussions qui n'ont point amené l'accord.

Parmi les Arabes, il en est qui pensent que ces dispositifs sont tous artificiels et que ce ne sont que d'anciens puits artésiens indigènes abandonnés soit par suite d'ensablement, soit par suite de diminution de débit. Les quelques chétifs dattiers que l'on observe près de tous ces dispositifs seraient les restes des oasis alimentées par ces puits et que leur tarissement aurait vouées à la ruine.

Pour d'autres, au contraire, ce seraient des dispositifs naturels et que le tarissement seul distinguerait des sources (appelées « aïn ») dont certaines alimentent encore de nos jours des oasis. Ces deux opinions ont trouvé des partisans parmi les auteurs qui ont traité de la question.

Il règne non moins de confusion sur la signification des mots *chria* ou *behour* (singulier *behar*). Pour d'aucuns, comme je l'ai entendu dire sur place, un *behar* n'est qu'un grand *chria*. Pour d'autres, un *behar* est un puits artificiel tari, tandis que le *chria* est une source naturelle tarie. Je pense que l'hypothèse la plus vraie c'est qu'il y a, en réalité, des puits artésiens naturels taris que l'on pourrait appeler *chria* et des puits artésiens artificiels également taris que l'on pourrait appeler *behour*.

Il est incontestable que beaucoup de ces dispositifs ne sont que d'anciens puits artésiens arabes abandonnés. La tradition constante des indigènes suffit pour le prouver.

On a d'ailleurs pu refaire l'histoire de la création et de la mort de nombreux puits passés à l'état de *chria*. (Un exemple en est donné par Ville : IX, p. 375.) Mais il est non moins incontestable qu'il existe des *chria* et des *behour* naturels. Comme le rapporte Ville (IX, pp. 414-415), les traditions indigènes s'accordent à dire qu'il existait des *chria* et des *behour* avant l'arrivée de l'homme dans la région. Ville a de plus fourni quantité d'arguments qui ne permettent pas d'admettre que

tous ces dispositifs soient d'origine artificielle (IX, p. 426) et il a montré qu'il est aisé, d'après leurs caractères, de reconnaître les *chria* et *behour* naturels de ceux qui sont récents et artificiels. Nous allons donner aussi une preuve, que nous croyons péremptoire, de l'existence de *chria* naturels.

Nous avons eu l'occasion d'observer dans l'Oued R'ir le *chria* de Neiris. Les flancs du monticule où se trouve la petite mare étaient littéralement couverts de silex taillés, lames, hachettes, grattoirs, pointes de flèche et surtout éclats de taille et nucléus, indiquant qu'il s'agissait là d'une station à demeure où l'on avait travaillé le silex.

Tous ces instruments et déchets étaient incrustés à la partie supérieure de la carapace gypseuse revêtant les flancs du cône et portaient une patine gypso-calcaire blanchâtre. Les silex se trouvaient jusqu'au bord du cratère, et rien, dans le gisement, ne paraissait avoir subi le remaniement qu'aurait certainement entraîné le creusement d'un puits artésien artificiel par les méthodes lentes et compliquées indigènes.

Le tout se présentait absolument comme si une peuplade néolithique ayant trouvé la mare existante, au milieu des solitudes sans eau, y était venue planter ses tentes. Les silex taillés sont, on le sait, extrêmement abondants dans le Sahara et surtout dans l'Oued R'ir. D'après les renseignements qu'on m'a donnés là-bas, c'est surtout sur les monticules des *chria* qu'on les rencontre en quantité, exactement dans les conditions que je viens de décrire.

Aussi il me semble presque impossible de se soustraire à la conclusion que les néolithiques ont tous choisi ces emplacements parce que les points d'eau y préexistaient. Il ne viendra jamais à l'idée de personne de supposer que la formation des corporations des R'tassin (les sondeurs et les plongeurs indigènes) remonte jusqu'à l'époque néolithique. Donc si ces sources existaient alors, c'est que leur origine est naturelle. Reste à voir comment elles ont pu se produire ainsi spontanément. Ville, partisan de l'idée que les *chria* peuvent avoir une origine naturelle, a émis sur leur formation des hypothèses que je ne puis m'empêcher de trouver un peu singulières.

Parlant de la formation de l'aïn Berrania (aujourd'hui le *chria Ayata*) (A, pp. 373-374), il dit qu'il est incontestable que cette source doit son existence à un véritable phénomène d'éruption dans lequel la lave a été remplacée par une nappe d'eau. Partant du fait bien connu que les puisatiers indigènes sont fréquemment gênés dans leur travail par de fortes éruptions d'hydrogène carboné, il admet que la pression exercée par ce gaz s'est ajoutée à celle des nappes souterraines pour produire

ces volcans d'eau. Enfin, il montre que la pression des nappes artésiennes venues des plateaux du Tell à une altitude de plus de 2 000 mètres doit nécessairement être considérable. Il est indubitable qu'en émettant ces idées Ville a été hypnotisé par la ressemblance des *chria* et des *behour* avec les volcans.

Peu d'années avant Ville, Vatonne (XVII) ayant observé sur les plateaux de Ghadamès des sortes de petits cônes de soulèvement, les avait attribués à l'effet d'une pression intérieure développée par le foisonnement et la désagrégation des calcaires et des gypses au contact de l'eau.

De même, un peu plus tard, Pomel (XVIII), parlant de collines limoneuses observées au voisinage des lacs salés de l'Atlas, les considérait comme dues au gonflement provoqué par la formation de sulfate de chaux par des vapeurs sulfureuses.

Il y a évidemment eu confusion dans l'esprit de Vatonne et de Pomel entre les propriétés du gypse (sulfate de chaux hydraté) et celles de l'anhydrite (sulfate de chaux anhydre). C'est cette substance-ci et non le gypse qui est capable de produire les phénomènes d'intumescence et de boursofflement bien connus.

Quant à l'hypothèse de Ville, je rappellerai que le niveau hydrostatique des nappes artésiennes de la région n'indique nullement les pressions énormes que supposait Ville et qu'il ne concorde guère avec l'idée que ces nappes viendraient de hauteurs de plus de 2 000 mètres.

La pression des gaz n'est pas non plus un facteur capable d'expliquer le phénomène des *chria*. Néanmoins la présence incontestée et fréquente de l'hydrogène carboné et la liaison bien connue de ce gaz avec les gisements d'eau salée me font penser qu'il ne serait pas absolument invraisemblable de comparer les *chria* avec les salses ou volcans de boue comme ceux que l'on connaît à Bakou, dans la presqu'île de Kertch, en Sicile, au Vénézuéla, etc. Dans ces salses, la combustion spontanée et lente des hydrocarbures liquides et gazeux produit, en effet, de petits cônes avec émissions de vapeurs, de boue et d'eau salée. Il y aurait bien dans l'Oued R'ir des eaux salées et des gaz hydrocarbonés, et dans ces cas les *chria* seraient des salses éteintes depuis longtemps. Mais il faut reconnaître qu'il n'y a, entre les salses et les *chria*, que des points de ressemblance assez restreints. Il y a aussi beaucoup de différences et non des moindres. Aussi Rolland (IV, p. 232) n'a pas eu de peine à montrer l'erreur où était tombé Ville. Il a établi que certaines actions que Ville avait considérées

comme accessoires sont en réalité la cause déterminante de la production de ces dispositifs. Ces actions, ce sont les dissolutions de gypse et de sel marin renfermés dans le sol, dissolutions provoquant la production de cavités souterraines, en même temps que certaines couches se désagrégeaient, que d'autres se délayaient. Il en résultait des tassements et des effondrements permettant l'arrivée au jour des nappes souterraines ascendantes. Nul n'hésitera à reconnaître, avec Rolland, que telle est bien la cause de la formation de ces sources ascendantes naturelles.

Mais si nous pouvons admettre avec Rolland que la pesanteur seule a produit les chria, nous ne pouvons comprendre, comme il l'affirme, que des effondrements et des tassements puissent se traduire à la surface par des apparences de soulèvement. Si les actions invoquées par Rolland intervenaient seules, il est indubitable que les chria, au lieu de former des mares à un niveau supérieur au pays environnant et entourées d'un bourrelet saillant, seraient au contraire dans une dépression ou cuvette plus basse que les alentours, par suite du tassement. Les parois de la cuvette pourraient montrer des cassures radiales produites lors de l'effondrement. En d'autres termes, Rolland parvient bien à expliquer l'ascension naturelle de la nappe aquifère, la production d'une cuvette à bords crevassés radialement, mais il n'explique pas l'existence de la cuvette dans un cône dominant le pays environnant ⁽¹⁾. Nous allons montrer que la production de ce cône ou bourrelet est aisée à comprendre en invoquant des phénomènes qui rentrent dans la catégorie de ceux qui font l'objet de ce travail.

Parlant de l'aspect cratériforme de l'Aïn-Refien près d'Ourlana, Dubocq (I, p. 303) a émis l'idée que son cône est dû à l'accumulation de dépôts successifs formés par le vent autour de la source. L'étude des roches qui forment le bourrelet des chria montre bien que cette idée n'explique que très partiellement leur formation.

Aussi il reste, pour arriver à une solution rationnelle, à faire intervenir la présence des couches du tuf gypseux dont tous les auteurs ont, comme nous, montré l'importance et l'abondance dans le bourrelet en

(1) L'effondrement tout récent du Bahr Ramada, près de Ouargla, signalé et décrit par Rolland (IV, p. 219), montre que l'hypothèse de la formation des chria par effondrement de cavités souterraines, que cette hypothèse, dis-je, émise par Rolland, n'est pas une simple supposition. Mais, comme je l'ai affirmé, cet effondrement du Bahr Ramada a produit non pas un cône, mais une cuvette ou entonnoir rempli d'eau et en contre-bas du terrain environnant.

question. Aussi, pour nous, l'ensemble des caractères si particuliers des chria est dû à la succession des phénomènes suivants :

1° La dissolution souterraine de matériaux solubles provoque la formation, en certains points prédestinés par des causes tectoniques, de cavités intérieures ;

2° Ces cavités en s'effondrant font naître des cuvettes, dont les parois peuvent fort bien se rompre suivant des cassures radiales ;

3° En même temps les couches de roches cohérentes qui servent de toit aux nappes artésiennes, rompues par l'effondrement, ont permis à la nappe de jaillir à la surface, de remplir la cuvette et de déborder par-dessus les bords. Tous les phénomènes que nous venons d'énumérer ont pu se produire à une époque très reculée, bien antérieure même à la période néolithique ;

4° Les eaux artésiennes ayant, comme nous l'avons vu, une forte teneur en sulfate de chaux, s'évaporaient en déposant le gypse qu'elles contenaient autour de la cuvette. Il se formait ainsi un premier rudiment de bourrelet s'accroissant par des couches successives formées les unes de matériaux amenés par le vent, les autres par du gypse déposé par les eaux. La précipitation se faisant naturellement d'autant plus abondante qu'on était plus près du point d'émergence, on comprend qu'il devait se produire à la longue un cône à structure stratifiée. La production de ce cône permettait à l'eau, en vertu de sa force ascensionnelle, de s'élever, dans le cratère, à un niveau supérieur à celui du pays environnant.

Petit à petit le canal d'amenée de l'eau s'ensablait, la source perdait de sa force et l'eau pouvait tout au plus remplir la mare du cratère.

Il se constituait alors une dernière carapace gypseuse enveloppant le cône : c'est celle que l'on observe aujourd'hui et qui englobe les objets néolithiques restés étalés à sa surface.

Il me semble que l'on peut expliquer ainsi, d'une façon simple et naturelle, toutes les particularités que présentent les chria et les behour. Il y aurait un moyen de vérifier le bien fondé de notre hypothèse. Une tranchée faite à travers le bourrelet d'un chria doit évidemment, si cette hypothèse est vraie, montrer une disposition et une allure particulière des couches gypseuses, à partir du sommet vers la circonférence du cône, disposition pouvant rendre compte de la formation d'un bourrelet qui, dans notre idée, serait entièrement dû à la présence de ces couches de gypse supplémentaires. Jusqu'au jour où cette vérification sera faite, notre hypothèse restera sujette à caution.

Nous terminerons ici l'étude des formations tufacées du Bas-Sahara. Nous en avons certes dit assez pour montrer le grand intérêt et la variété des phénomènes physico-chimiques dont cette région est le théâtre.

Nous ne doutons nullement que l'étude d'autres déserts où existent d'autres produits, natron, sulfate de soude, nitrate de soude, borates, silice, etc., ne fournisse de nombreux chapitres intéressants de cette partie de la dynamique externe du globe.

BIBLIOGRAPHIE

- I. DUBOCQ, *Mémoire sur la constitution géologique des Ziban et de l'Ouad R'ir.* (ANN. DES MINES, 3^e sér., t. II, pp. 249-330, 3 planches.)
- II. DESOR, E., *Aus Sahara und Atlas.* Wiesbaden, C. W. Kreidel, 1863, in-8°, iv-71-i pages, 3 planches.
- III. ROLLAND, G., *De l'alimentation d'un grand bassin artésien dans le désert (Bas-Sahara algérien).* (BULL. SOC. GÉOL. DE FRANCE, 3^e sér., t. XXII, 1894, pp. 506 et suiv., 1 planche.)
- IV. ... *Documents relatifs à la mission dirigée au Sud de l'Algérie*, par M. A. CHOISY. Paris, Impr. nationale, 1890, 1 vol. de texte in-4°, 391-i pages, 16 figures, 1 atlas in-4°, 41 planches et 7 pages. *Rapport géologique*, par G. ROLLAND; *Géologie du Sahara algérien et aperçu géologique sur le Sahara de l'océan Atlantique à la mer Rouge*, pp. 113-391.
- V. COQUAND, H., *Géologie et paléontologie de la région Sud de la province de Constantine.* Marseille, Arnaud et C^{ie}, 1862. In-8°, 320 pp., 59 figures et atlas gr. in-4°, 35 planches.
- VI. AUBERT, F., *Explication de la Carte géologique provisoire de la Tunisie.* Paris, s. d. H. Barrère, in-8°, 16 figures et 91 pages.
- VII. LAHACHE, *Étude sur le Sahara. Les eaux artésiennes.* Philippeville, B. Feuille, 1889, in-8°, 23 pages.
- VIII. ... *Extrait de la mission de M. le commandant Roudaire dans les chotts tunisiens (1878-1879).* I. *Hydrologie, géologie et paléontologie*, par L. DRU. II. *Paléontologie*, par MUNIER-CHALMAS. Paris, G. Chamerot, 1881. In-8°, 79 pp., 1 carte et 5 planches.
- IX. VILLE, *Voyage d'exploration dans les bassins du Hodna et du Sahara.* Paris, Impr. impériale, 1868. In-4°, 790 pp., 174 figures, 1 carte géologique.
- X. FOUREAU, F., *Documents scientifiques de la Mission saharienne. Mission Fourreau-Lamy. D'Alger au Congo par le Tchad.* Paris, Masson et C^{ie}, 1905. 3 volumes de texte in-4° et 1 atlas in-4°. 3^e fascicule: *Géologie*, pp. 555-691, 1 carte géol. (pl. XI), fig. 123-206.
- XI. POMEL, A., *Description stratigraphique générale de l'Algérie.* Alger, P. Fontana et C^{ie}, 1889. In-8°, 241 pp. Suivi d'une étude succincte sur les roches éruptives de l'Algérie, par MM. J. CURIE et G. FLAMAND, 90-i pages.

- XII. PERVINQUIÈRE, L., *Étude géologique de la Tunisie centrale*. Paris, F.-R. de Ruderval, 1903. In-4°, 359 pp., 42 fig., 3 pl., 1 carte géol.
- XIII. POMEL, *Une mission scientifique en Tunisie en 1877*. (BULL. ÉCOLE SUP. DES SCIENCES D'ALGER, 1884, pp. 1-105.)
- XIV. STAINIER, X., *Du mode de formation de la grande brèche du Carbonifère*. (BULL. SOC. BELGE DE GÉOL., t. XXIV, 1910. Proc.-verb., pp. 188-196.)
- XV. BLAYAC et GENTIL., *Le Trias dans la région de Souk-Ahras*. (BULL. SOC. GÉOL. DE FRANCE, 3^e sér., t. XXV, p. 547.)
- XVI. VÉLAIN, CH., *État actuel de nos connaissances sur la géologie et la géographie du Sahara*. (REVUE DE GÉOGR. ANNUELLE, t. I, pp. 447-517 et 27 figures.)
- XVII. VATONNE, *Mission de Ghadamès. Rapports officiels et documents à l'appui, etc.* Alger, 1863. In-8°, 355 pages, planches et cartes.
- XVIII. POMEL, *Le Sahara. Observations de géologie et de géographie physique et biologique, avec des aperçus sur l'Atlas et le Soudan*. Alger, 1872. In-8°, 139 pages.

Discussion.

M. Halet signale la très grande analogie de ces phénomènes avec ceux décrits par M. le Prof^r Trietz, à propos du sol de la Hongrie, dans le travail présenté au Congrès agrogéologique de Stockholm.

La séance est levée à 21 h. 45.

TABLE DES MATIÈRES

SÉANCE MENSUELLE DU 16 AVRIL 1912

	Pages.
Distinctions honorifiques	75
Rectification au Procès-verbal de la séance de mars	75
XXIII ^e Congrès de la Fédération archéologique de Belgique. (Gand, 1 ^{er} au 6 août 1913.)	75
Correspondance	77
Dons et envois reçus	77
Présentation d'un nouveau membre	79
Communication des membres	80
E. de Munck. Proposition à la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie en vue de sa participation à la protection des monuments naturels	80
Dr Poskin Protection des sources minérales	82
Discussion	83
Georges Hassac. L'âge géologique des barques primitives trouvées à Anvers en 1910-1912	84
Discussion	89
C. Malaise. A propos du mémoire de Nery Delgado sur les couches à Néréites du Portugal	89
E. Asselbergs. Description d'une faune frasnienne inférieure du bord Nord du bassin de Namur. (Inséré aux <i>Mémoires</i> .)	90
X. Stainier. Les tufs gypseux et calcaires du Bas-Sahara	90

