

## OUVRAGES DU MÊME AUTEUR

---

|   |      |
|---|------|
| <b>Les Cévennes</b> (Étude des Causses, 1883-1889) — Paris, Delagrave, 1890. . . . .  | 5 »  |
| <b>Les Abîmes</b> (Explorations souterraines, 1888-1893) — Paris, Delagrave, 1894. . . . .                                    | 20 » |
| <i>(Couronné par l'Académie des sciences, prix Gay, 1894.)</i>  |      |
| <b>Irlande et cavernes anglaises</b> (Mission du ministère de l'Instruction publique, 1895) — Paris, Delagrave, 1897. . . . . | 7 50 |
| <b>Le Trayas et l'Estérel.</b> — Paris, Delagrave, 1899 . . . . .   | 1 »  |
| <b>Le Gouffre et la rivière souterraine de Padirac.</b> — Paris, Delagrave, 1901 . . . . .                                    | 2 50 |
| <b>La Spéléologie.</b> — Paris, Gauthier-Villars, 1900 . . . . .  | 2 »  |
| <b>La Photographie souterraine.</b> — Paris, Gauthier-Villars, 1903. . . . .  | 2 »  |
| <b>Carte de l'Estérel au 20.000<sup>e</sup> (1893-1902),</b> publiée par le Touring-Club de France (1903). . . . .            | 2 50 |
| <b>La Spéléologie au XX<sup>e</sup> siècle.</b> — Paris, Société de Spéléologie et Hermann, 1905-1906 . . . . .               | 25 » |
| <i>(Grand prix des sciences physiques de l'Académie des Sciences, 1907.)</i>  |      |

### EN COLLABORATION

|   |       |
|---|-------|
| <b>A. LORRIA et E.-A. MARTEL. — Le Massif de la Bernina.</b><br>— Zurich, Orell-Füssli, 1895 (Épuisé). . . . .  | 100 » |
| <b>DE LAUNAY, MARTEL, OGIER, BONJEAN. — Le Sol et l'Eau.</b><br>— Paris, J.-B. Baillière, 1906 (Fascicule II du <i>Traité d'hygiène</i> de Brouardel et Mosny). . . . . | 10 »  |
| <b>VAN DEN BROECK, MARTEL et RAHIR. — Cavernes et eaux souterraines de la Belgique</b> ( <i>Sous presse</i> ).  |       |

### EN PRÉPARATION

|  |  |
|--|--|
| <b>L'eau souterraine</b> (Encyclopédie scientifique; Paris, Doin, pour 1908).                |  |
| <b>Voyage au Caucase occidental</b> (Mission du Ministère de l'Agriculture de Russie, 1903). |  |
| <b>Les Problèmes de l'eau potable.</b>   |  |
| <b>Sous la terre</b> (Explorations de cavernes depuis 1894).                                 |  |

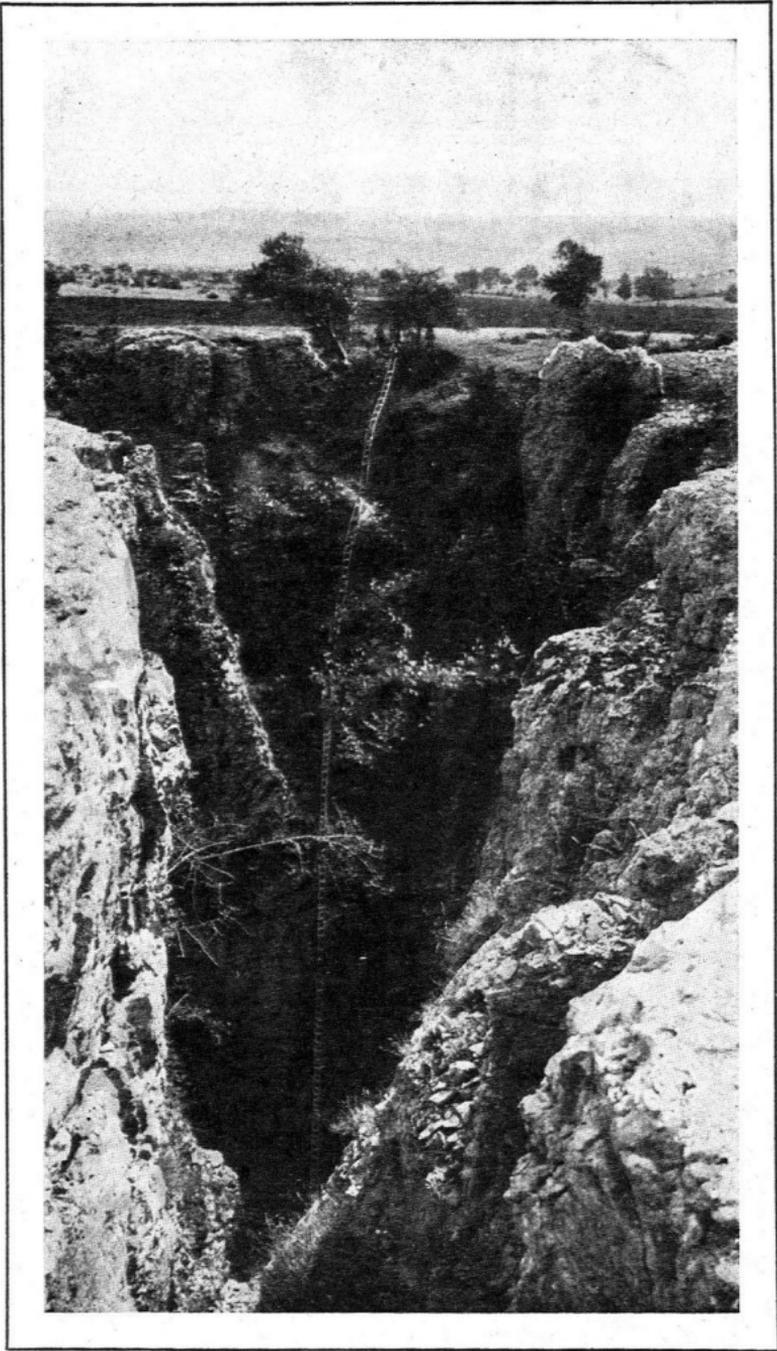


Fig. 1. — Orifice d'un abîme (Aven de Lou-Cervi, Vaucluse).

**E.-A. MARTEL**

Directeur de *La Nature*

---

# L'Évolution souterraine

---

Avec 80 figures.

FISSURATION DE LA TERRE.  
L'ŒUVRE DE L'EAU ET DU FEU SOUTERRAINS.  
DESSICCATION DE LA PLANÈTE.  
CONTAMINATION DES SOURCES. — TRANSFORMISME  
ET FAUNE DES CAVERNES.  
ÉVOLUTION RÉGRESSIVE. — PRÉHISTOIRE  
ET ÉVOLUTION PROGRESSIVE.

PARIS

ERNEST FLAMMARION, ÉDITEUR

26, RUE RACINE, 26

---

1908

Droits de traduction et de reproduction réservés pour tous les pays,  
y compris la Suède et la Norvège.

# L'Évolution souterraine.

---

## AVANT-PROPOS

---

Par *évolution souterraine*, il faut entendre, croyons-nous, au point de vue philosophique : 1° l'exposé et l'explication sommaires des phénomènes (passés ou présents) réalisés et parvenus à notre connaissance *sous* la surface du sol terrestre ; — 2° la déduction des conséquences actuellement appliquées, en vertu de ces phénomènes, aux divers composants tangibles de la nature terrestre, depuis le minéral jusqu'à l'homme ; — 3° la prévision rationnelle des autres manifestations souterraines, que l'avenir pourra voir éclore ; — 4° l'aperçu hypothétique des plus plausibles changements, qui risquent d'en découler encore, au cours des temps futurs, pour la planète, pour ses éléments constitutifs et pour ses habitants.

Ainsi envisagée, l'évolution souterraine revendique, certes, un cadre singulièrement ambitieux ; mais elle y est autorisée, parce que, depuis une vingtaine d'années, le développement inattendu d'explorations, de recherches, d'études souterraines, extrêmement diversifiées, et codifiées sous le nom de *spéléologie* (science des cavernes), a prouvé le caractère polymorphe des innombrables faits nouveaux qu'elles ont mis en lumière.

Si bien que le tableau de l'évolution souterraine, dont la zoologie, la géologie, l'anthropologie ont fourni les premières esquisses, s'est peu à peu agrandi, jusqu'à la physique, la chimie, l'hydrologie, l'hygiène, le magnétisme, la météorologie, l'astronomie, la botanique, l'art, l'industrie, les travaux publics, pour confiner, en dernière analyse, à la physiologie, la biologie, la psychologie, la sociologie, voire à la morale et à la religion ! De sorte que, sous la terre, il y a une application, plus ou moins étendue, pour presque toutes les branches du savoir humain : le démontrer va être la tentative de ce petit volume. Avec une si haute prétention, et à une époque de diffusion scientifique et de division du travail, où l'encyclopédisme est devenu une matérielle impossibilité, beaucoup de ses pages se montreront, certes, fautives, erronées, obscures, incomplètes : il n'y a plus de Pic de la Mirandole pour disserter avec succès *de omni re scibili*.

Et cependant, tout spécialiste qui, non content d'approfondir sa tâche personnelle, risque un coup d'œil curieux sur les innombrables besognes des autres travailleurs, se laisse inmanquablement séduire par une irrésistible tentation : chercher un terrain de synthèse pour la satisfaction philosophique du triple problème qui, partout et toujours, tourmente et tourmentera l'humanité : *Quomodo? Cur? Quando?* selon la triple formule antique, dont la psycho-biologie moderne peut, tant qu'elle voudra, modifier l'énoncé, mais dont jamais elle ne changera le fond ! Elucider le comment, le pourquoi et le quand des choses et des êtres, au sein du passé, du présent et du futur, n'est-ce pas le but de la réelle philosophie ? Or, — sans aspirer à nous fournir le champ véritable de l'universelle et idéale synthèse, — il se trouve que, par leur variété et leur multiplicité, les questions et les objets, soumis à l'influence médiate ou immédiate de l'évolution souterraine, fourmillent de capitales contributions

pour l'investigation des trois entités fondamentales, qui préoccupent l'intelligence humaine : la *modalité* ou le *comment* de la *matière*, de ses réactions, transformations, radiations, dissociations, utilisations ; — la *causalité*, ou le *pourquoi* des *évolutions* qui, sur la terre actuelle, ont, quant à présent, par une progression croissante indéniable, abouti à l'épanouissement merveilleux de la *pensée* ; — la *finalité*, ou le *quand* des *origines* et des *devenirs*, dont la conception et la *genèse* surpassent encore notre entendement, parmi les profondeurs insondables de l'*espace* et de la *durée* : ceci est le double mystère du *principe* et du *temps*, jusqu'ici impénétrable pour nous <sup>1</sup>, et cachant sans doute, bien *au delà* des *mécanismes*, bien plus haut que les combinaisons (ou décompositions) de la matière et de l'énergie, le Grand Promoteur universel et surnaturel, que son actuelle incompréhensibilité <sup>2</sup> ne suffit pas, raisonnablement, à nous faire révoquer en doute : « La loi souveraine qui fait naître, grandir, périr, les êtres et le monde. » (Gustave Le Bon.)

Or, les enseignements fournis par le sous-sol terrestre sont tirés d'observations qui relèvent à la fois de la matière, — de l'énergie, — de la pensée — et du temps. Ils empruntent donc à ce multiple caractère une réelle portée philosophique ; déjà ils fixent certains repères permettant d'ordonner des découvertes, de proclamer des vérités et de construire des hypothèses.

1. « Nous ne pouvons avoir aucune idée de l'absolu... toutes nos idées sont relatives » (L. BUCHNER, *Force et Matière*).

« Nous vivons d'hypothèses et de conventions », (H. POINCARÉ).

« Nous ne connaissons pas le monde réel »... Le temps, l'espace, la matière, la force « sont des conceptions de l'esprit recouvrant des réalités inconnues ». (GUSTAVE LE BON, *Évolution des Forces*.)

« Il n'y a ni temps, ni espace en dehors de l'esprit ». (RADENHAUSEN, *Isis*.)

2. « Il y a contradiction entre infini et comprendre... L'incompréhensibilité même est contenue dans la raison formelle de l'infini. » (DESCARTES, réponse aux 5<sup>es</sup> objections de Gassendi.)

Ce sont ces repères que nous allons examiner dans leurs formes constatées, — leurs provenances probables, — et leurs avenir supposés.

Mais je dois prévenir le lecteur qu'il ne trouvera pas toujours ci-après la forme théorique, immatérielle en quelque sorte, usuelle aux ouvrages de philosophie : il est arrivé en effet que, dans la multiplicité et la diversité des observations enregistrées, les analystes se sont trop souvent confinés dans la seule vue de leurs spécialités ; cela les a conduits, pour la plupart, à des idées ou à des hypothèses adéquates, certes, à leur personnelle documentation, mais catégoriquement contredites par les résultats formels où sont parvenus d'autres chercheurs.

De telle sorte que la difficulté est immense d'établir la sélection, parmi les fragments de conclusions ou les portions de théories, qui peuvent bien concorder entre elles : on le verra surtout dans les chapitres consacrés à la Préhistoire, où je n'ai point réussi, je le sais, à harmoniser les oppositions flagrantes que de hâtives, enfantines ou passionnées interprétations ont introduites entre l'archéologie et la paléontologie, entre la géologie et l'anthropologie, par exemple.

Ce jeu de patience, qui consiste à éliminer les antinomies mutuelles des déductions, et par conséquent beaucoup de ces déductions elles-mêmes, nécessite primordialement deux qualités indispensables à tout synthétiste : l'érudition ; et l'impartialité, que j'appellerai nettement bonne foi. De la seconde j'espère m'être montré suffisamment pourvu ; — mais j'ai dû renoncer à justifier la première par les références recueillies, ayant vu que cela serait sans fin, eu égard à l'océan de matériaux dépouillés.

Du moins y ai-je, de mon mieux, puisé les *preuves*, d'après lesquelles je vais essayer de séparer, scientifiquement et honnêtement, — en détaillant (quelquefois avec trop d'ampleur) nombre de faits, soit nouveaux,

soit insuffisamment vulgarisés encore, et en évitant avec soin toute influence dogmatique<sup>1</sup>. — ce que nous *croignons savoir*, — ce que nous *restons ignorer*, — et ce que nous *pouvons supposer* en matière d'évolution souterraine passée, présente et future<sup>2</sup>.

1. « Les dogmes scientifiques inspirent la même crainte superstitieuse que les dieux des vieux âges, bien qu'ils en aient parfois toute la fragilité. » (GUSTAVE LE BOY, *Évolution de la Matière*.)

2. Sauf indication contraire, toutes les figures sont faites d'après les photographies ou levés de l'auteur (1883-1907).

## CHAPITRE I

### Fissuration de l'Écorce terrestre.

Importance, origine et éléments de la fissuration. — Mouvements tectoniques. — Récurrences. — Charriages. — Continuité de la fissuration. — Détonations orogéniques. — Mistpoeffers. — Tremblements de terre. — Macroséismes et microséismes. — Bradyséismes, mouvements lents du sol. — Classification des fissures. — Failles et plis. — Lithoclastes. — Joints et diaclases. Crible terrestre. — Age des fissures. — Anciens puits naturels de Belgique (*Iguanodons*). — Abannets de Belgique et puits à phosphorites du Quercy. — Rôle des cassures. — Action pénétrante du feu, de l'eau, de l'air. — Profondeur du craquelage. — Son ancienneté et sa persistance.

Dès que la terre eut réalisé — sauf modifications ultérieures de relief externe — les grandes lignes de sa structure actuelle ; dès qu'elle se fut revêtue, notamment, d'une écorce dure sinon épaisse, continue sinon cohérente, cette croûte de pierre devint le siège incessant de mouvements locaux ou de dislocations étendues, qui y développèrent de toutes parts les variés phénomènes, petits et grands, du crevassement et de la fissuration.

L'influence de ces phénomènes sur l'évolution terrestre tout entière, à la périphérie même du globe et à l'intérieur de ses couches supérieures, fut spécialement considérable : en particulier, elle régit l'évolution souterraine dans presque toutes ses branches et dans presque toutes ses phases.

Aussi convient-il d'examiner tout d'abord l'origine

et les éléments de ce capital facteur de l'histoire de la terre, la *fissuration*. La géologie nous enseigne ce qu'on croit pouvoir en dire, quant à présent.

Dans son hypothèse du feu central, la plus vraisemblable, quoique non universellement acceptée, elle nous montre, au préalable, qu'il y a incompatibilité absolue entre la consolidation totale, définitive, immuable, de l'enveloppe terrestre, et l'existence, au-dessous d'elle, d'amas ignés, encore en fusion, et, par suite, animés de réactions et de mouvements divers; conformément à la théorie de Laplace (qui, par lente condensation, refroidit et réduit progressivement le noyau d'abord gazeux, puis métallique liquide) l'écorce, tout en se figeant à l'extérieur, n'acquiert pas assez de rigidité pour *se prendre* définitivement, comme un enduit sans craquelures; elle conserve une malléabilité, une plasticité (déroutante d'ailleurs pour tout autre que les géologues professionnels), et cette plasticité la contraint de se mouler sur le noyau interne; elle n'a pu s'affranchir d'une adhérence intime avec lui, elle doit subir les contre-coups de tous les retraits de la masse en cours de réduction générale, et, par conséquent, elle est soumise à une contraction progressive.

Il paraît probable (conformément aux vues de l'Américain Dana, 1846) que ce travail continu de contraction (et des pressions tangentielles qu'il engendre) est la principale cause des mouvements dits *tectoniques* ou *orogéniques*, qui ont bossué la surface du globe, dressé les montagnes et creusé les océans, dans la proportion relativement faible (quoique énorme pour l'homme) de moins de vingt kilomètres, depuis les fonds de l'île Guam (9,636 m.), dans le Pacifique, jusqu'au sommet du mont Everest (8,840 m.), dans l'Himalaya. En effet, si incontestable qu'apparaisse la flexibilité de l'écorce, les matériaux et assises qui la composent n'étaient pas ployables à ce point,

que l'application sur le noyau rétractile pût s'opérer sans déchirement; ce n'était pas une pâte molle ou visqueuse, suivant avec docilité les fléchissements de son support peu à peu réduit. C'est donc au prix d'une certaine brusquerie, plus ou moins atténuée, et dont on ne saurait encore évaluer la vitesse ou la lenteur, que les condensations de vapeur d'eau, les océans, se sont installés et équilibrés au creux des *compartiments effondrés* de la croûte, et que les bourrelets de chaînes de montagnes se sont comprimés, redressés, déversés en boutonnières, plissements, charriages, dont l'étude a pris le nom de *tectonique*. On conçoit sans peine quelles brisures de tous calibres ont dû se produire sous les efforts d'un tel travail.

Pendant toute la durée des temps géologiques, il n'a cessé d'être en action, modifiant à bien des reprises la configuration du sol, et ramenant plus d'une fois la mer (par *transgression*) à l'emplacement d'une précédente saillie affaissée, disloquée, arasée; ou, au contraire, la faisant se retirer (par *régression*) avec émergence des derniers sédiments déposés; le tout constitue le jeu alterné des *réurrences* ou des retours approximatifs à un état antérieur. Les preuves innombrables qu'on a recueillies de l'abandon, par les océans, de leurs anciens fonds (terrasses méditerranéennes, côtes du Chili, de l'Alaska, des États-Unis, de Grèce, de Chypre, etc.), ou, au contraire, des submersions nouvelles d'anciens rivages (fjords de Norvège, plateformes et vallées sous-marines de la Méditerranée, de l'Europe occidentale, des États-Unis [Hudson et Californie], des terres antarctiques) ne permettent aucun doute sur la réalité des oscillations *négatives* ou *positives* (peut-être astronomiquement *rythmées*) du niveau des mers.

Cette instabilité de l'écorce, c'est-à-dire du sous-sol terrestre, a provoqué les efforts de traction, compression, flexion, torsion même, auxquels Marcel Bertrand,

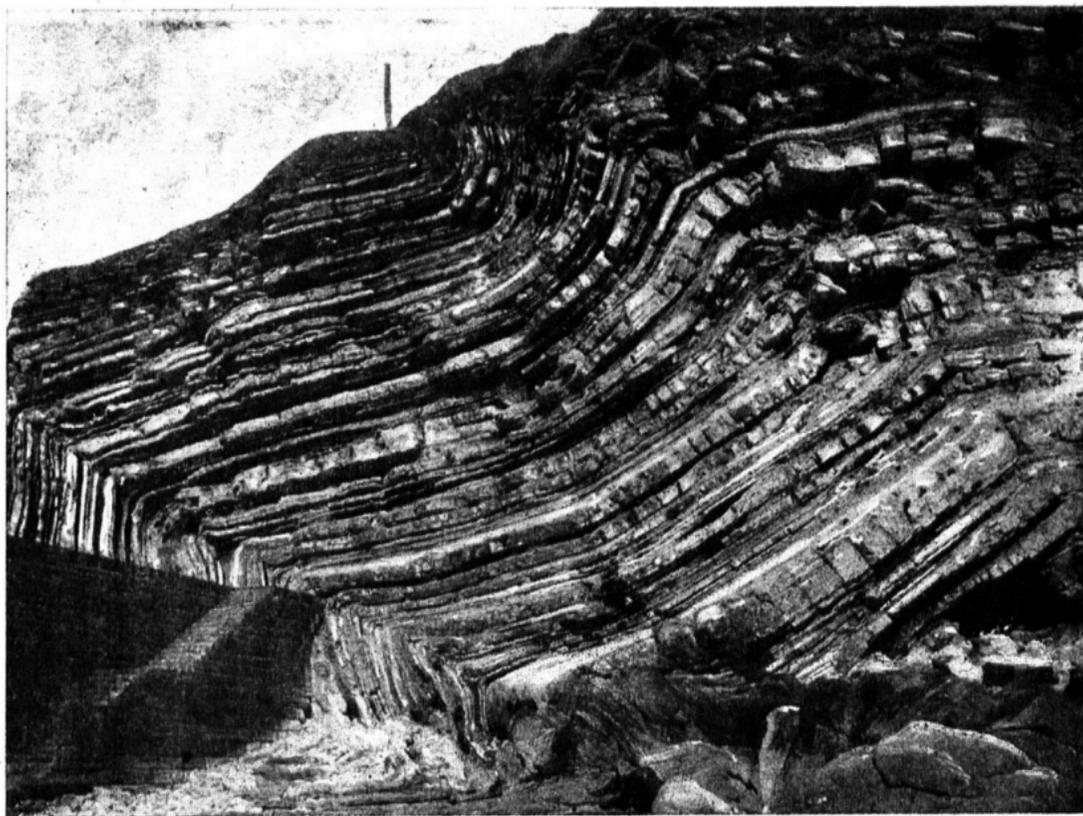


Fig. 2. — Plissements de terrain (Pointe Sainte-Barbe, à Saint-Jean-de-Luz, Basses-Pyrénées).

dès 1887, a ajouté les nappes de charriages, les recouvrements et renversements des puissants mouvements orogéniques (créateurs des montagnes): les vues nouvelles du regretté savant ont ainsi mis en lumière les rapports étroits entre les phénomènes éruptifs et la formation des montagnes; la récurrence des sédimentations à diverses époques; les déformations de l'enveloppe terrestre; la structure des bassins houillers et des chaînes alpestres (permettant, au point de vue pratique, de fructueuses exploitations, en des points où on n'eût même pas osé soupçonner jadis des gisements de charbon). Tout cela a provoqué le déplacement de masses énormes de terrain, et a fait des plissements contractifs de l'écorce la cause principale de la fissuration; celle-ci, du reste, est souvent survenue après la mise en place des premières couches, quand un charriage a été suivi d'un nouvel effort tectonique, reprenant et replissant à nouveau des lambeaux antérieurement bouleversés (par exemple, à l'Oucane de Chabrières, Hautes-Alpes, fig. 3).

Ces mouvements sont loin d'être terminés, comme le démontrent les faits suivants, relatifs aux explosions naturelles (souterraines ou atmosphériques), étudiées seulement depuis fort peu d'années.

M. Rzehak vient de s'occuper tout particulièrement de ces détonations, qu'il croit de provenance orogénique, et qu'il rattache formellement aux pressions provoquées par les mouvements, anciens et actuels, de l'écorce terrestre. On les nomme *Bergschläge*, *Pfeiferschüsse*, *Schlagende* ou *Knallende Gebirge*, etc. En fait, ils ont été signalés, dès 1854, par Johnston, dans une carrière de grès, à Portland (Amérique du Nord), et, en 1871, par Niles, également dans une carrière de gneiss de l'Amérique du Nord. Les ouvriers les nomment *crackings-sounds*; on a constaté qu'il en résulte de petits allongements rocheux, qui se rompent en explosant. et en projetant de la poussière et

des pierres. En Europe, ils sont mentionnés, dès 1868, par Berlepsch, qui leur attribue d'après Hügi une interprétation d'ordre atmosphérique, et conclut qu'on n'en connaît pas la cause réelle; on les a entendus dans les houillères et les mines d'Allemagne (Westphalie, Bohême (Przibram), etc. Celles du nouveau tunnel des Tauern (Autriche, entre Gastein et Mallnitz, long de 8,526 m.), dans le gneiss compact, très dur et *sans fissures* antérieures, ont causé de nombreuses blessures et trois morts, de 1904 à 1906; on les a observées aussi au tunnel de Wochein (Autriche, entre Villach et Goritz, ouvert en 1906, long de 6,365 m.). Elles affectent toutes espèces de terrain et semblent bien attribuables à des poussées tangentielles de plissement.

M. Hankar-Urban a signalé les mêmes faits et causes dans le Kolar-gold-field du Mysore (Inde).

Il se pourrait qu'ils fussent connexes aux bruits atmosphériques, sourds et si mystérieux, connus sous le nom de *Mistpoeffers*, *Barisal-guns*, *Luftknalte*, *Waterpoeff*, *Zeepoeffers*, *Brontidi*, etc., qui seraient alors dus à la *libération de tensions dans l'écorce terrestre*.

Ces *Mistpoeffers* ou *Zeepoeffers* (explosions du brouillard ou de la mer), qui paraissent avoir attiré l'attention d'abord sur le territoire belge, ont commencé par être pris pour des canonnades lointaines, pour des manifestations d'ordre météorologique ou marin; et on a même cherché à les apparenter avec les coups de grisou dans les mines, en instituant ce que de Rossi (1880) a appelé la *météorologie endogène*.

Ces *exhalaisons sonores*, selon l'expression de M. Van den Brœck (qui a précisé les circonstances favorables à leur perception) ressemblent en effet à des séries de décharges d'artillerie. — Les marins français de la mer du Nord et de la Manche les connaissent aussi sous le nom *bambes*, *canons* ou *hoquets de mer*.

sciences de la terre  
JUSSIEU  
CADIST

et les Anglais les nomment parfois *paperbag* (sac de papier). Mais il n'est nullement prouvé que ces bruits soient limités aux littoraux. Bien au contraire, nombre d'observateurs les ont constatés dans l'intérieur des terres (Alippi, à Urbino, etc.); je puis affirmer que, personnellement, j'en fais chaque année l'expérience dans les plus diverses localités et conditions. Et je considère comme de très sérieux commencements de preuves les faits allégués par M. Rzehak à l'appui de son hypothèse. D'ailleurs il observe très judicieusement que le crevassement de la glace est accompagné de craquements, et que l'éclatement d'un verre de lampe, à boire ou à vitre détone également.

Le géologue autrichien Tietze a rapporté d'autres phénomènes acoustiques souterrains (signalés à la colline de Reichenau, Moravie, calcaire), soit à des éboulements intérieurs, soit à la continuation des mouvements tectoniques.

En 1890, M. Girardot faisait de semblables observations dans le Jura. Même des mouvements rapides, d'amplitude anormale, de la mer à Ajaccio (23 septembre 1893, 0<sup>m</sup>,75) et à Barcelone (1897, 1 mètre) ont été attribués à quelque vibration de l'écorce terrestre, déterminant une succession d'ondes marines.

Le professeur Hughes, de Cambridge, pense aussi que la lente continuité d'un mouvement orogénique peut provoquer, dans les roches, des suppressions de tensions, en un mot des distensions détonantes.

Enfin Rzehak ajoute que ces bruits doivent se localiser, acoustiquement, près de la surface, et qu'en profondeur la distension peut aboutir à de forts ébranlements et contribuer même aux tremblements de terre, s'ils n'en sont pas la principale cause (?).

Ceci va sans doute un peu loin, mais nous servira du moins de transition pour dire un mot des *tremblements de terre* ou *séismes* : très brièvement, car le



Fig. 3. — Fissuration postérieure au charriage (Lapiaz de l'Oucane de Chabrières, Hautes-Alpes).

sujet est trop difficile, trop controversé entre les plus hautes autorités géologiques pour nous permettre de l'examiner ici avec quelque développement, quoique ce soit un des plus importants phénomènes du *sous-sol* terrestre. En fait, la réelle cause des tremblements de terre est encore assez mystérieuse. La majorité des spécialistes attribue les séismes à un spasme soudain, dans la consécution ininterrompue des phénomènes de rétractilité intérieure et des accidents de tectonique extérieure qui en sont la répercussion ; c'est la brusquerie et l'ampleur du spasme qui, trop éloquent témoin de la contraction continue du noyau terrestre, provoquerait ces catastrophes.

Le désaccord porte principalement sur la relation ou l'indépendance entre les séismes et le volcanisme.

Poulett-Scrope, Daubrée, Stanislas Meunier, Gerland, Sée croient à l'origine volcanique des séismes, ou tout au moins à l'effet des explosions de vapeur d'eau interne. De Launay pense qu'ils ne sont nullement liés au volcanisme.

Hørnes paraît avoir le premier distingué les séismes volcaniques (éruptifs). — d'éboulements (liés aux phénomènes de dissolution souterraine, en Suisse par exemple) — et tectoniques (des dislocations terrestres).

M. de Lapparent qui, maintenant, repousse en principe l'origine éruptive, mais l'admet dans les régions volcaniques, croit aussi aux effondrements de Hørnes et donne la préférence aux influences orogéniques, comme Suess et Dana.

Il y a eu des tremblements de terre sûrement volcaniques à Naples (1631), à Catane (1865), à Ischia (1883), à Lipari (1892), etc. Mercalli les restreint au voisinage des volcans peu élevés, en activité permanente (Stromboli) ou à brèves intermittences (Vésuve).

On est à peu près d'accord pour évaluer entre 6 et 30 (exceptionnellement 60) kilomètres de profondeur le foyer d'ébranlement sismique.

Empiriquement on distingue les macroséismes (sensibles à l'homme; vrais tremblements); les microséismes (de Rossi; petits mouvements enregistrables seulement par les instruments spéciaux dits séismographes); et bradyséismes (Issel; lentes oscillations séculaires de l'écorce).

Bref, selon les termes très clairs de Suess : « Il « convient d'être particulièrement prudent quand on « cherche à raisonner sur les tremblements de « terre... » Il distingue les tremblements de terre de pression tangentielle et ceux d'affaissement. Dans les dislocations d'affaissement, « tout se passe comme « si certaines parties de l'écorce terrestre... tombaient « dans de grands vides ouverts par-dessous, ou encore « comme si la surface du globe s'enfonçait sur une « base cédant sous sa poussée », hypothèse mal définie encore et où « la plupart des questions restent « ouvertes ». (*Face de la Terre*, t. I, p. 225-7.)

En vérité, les séismes paraissent surtout fréquents dans les régions où la croûte terrestre est la plus disloquée. Les derniers sinistres d'Amérique, San-Francisco, Valparaiso, La Jamaïque, Mexique, etc. (1906-7), semblent avoir eu une cause générale; on a pensé qu'ils sont l'indice d'un effort de soulèvement, du début d'un ridement montagneux sur la côte du Pacifique; ils dénonceraient quelque bombement du fond de la mer, prélude d'une chaîne future, et ils viennent de faire formuler (1907) par le professeur américain T.-J.-J. See les idées suivantes :

Les macroséismes auraient pour cause l'explosion de la lave en dessous du lit de la mer, explosion provoquée elle-même par l'expansion de la vapeur d'eau, que développe, au contact des roches fondues sous la croûte terrestre, l'infiltration séculaire de l'eau sous pression au fond de l'Océan. C'est le retour aux idées de Daubrée et d'Elihu Thomson (1906) sur la pénétration des eaux de surface en profondeur, par l'effet

de la capillarité et de la pression. Je le mentionne, parce que nous verrons tout à l'heure, à propos du volcanisme, qu'un autre mode de pénétration de l'eau des mers me paraît extrêmement probable, par voie de pertes, crevasses ou abîmes sous-marins.

Le principal argument (sujet à vérification) en faveur de ces idées, est que les macroséismes se manifestent surtout le long des côtes ou dans les îles.

Il est de fait que la plate-forme russe, par exemple, la moins plissée et la moins disloquée peut-être des régions du globe, est aussi l'une des moins ébranlées; mais il y a des pays moins souvent secoués encore.

Dans les Alpes, loin de la mer, les macroséismes eux-mêmes (Viège, 1855, etc.), ont pu être attribués à des dissolutions souterraines de carbonates et de gypse : les entonnoirs gypseux et les microséismes du Briançonnais et du Queyras par exemple rendent cette hypothèse des plus plausibles. En Belgique on a invoqué aussi, pour certains séismes, des tassements dans l'exploitation des mines de houille.

Mais le doute et l'incertitude doivent être, quant à présent, maintenus sur la plupart de ces points.

Les contradictions abondent quant aux séismes dans les cavernes : le 23 février 1828 un tremblement de terre fit écrouler une partie de la grande salle de Han-sur-Lesse (Belgique); en 1893 un gouffre de 8 mètres s'ouvrit ainsi en Serbie; — tandis qu'en 1895 les grandes secousses de Carniole ne produisirent aucun effet sur les grottes du Karst.

De même les arrêts, obstructions, déplacements de sources sont aussi fréquents que leurs brusques survenances. Les chutes de pierres abondent enfin, comme secouées par les cimes des montagnes, qu'on prétend avoir vu vibrer<sup>1</sup>.

1. Le 13 août 1905, MM. Lecarme frères auraient vu une des aiguilles du col du Tour (Chamonix) se soulever verticalement de dix centimètres. (Voir *la Montagne*, septembre 1906, page 421-5.)

En tout cas, les *Bergschläge* sembleraient rentrer dans les microséismes.

Les classiques ouvrages de géologie ont multiplié les exemples, et déduit les conséquences des mouvements d'ordre séculaire de l'écorce terrestre (bradyséismes).

Il en est dont la constatation, des plus difficiles ou précaires, demeure l'objet de discussions sans fin.

A la 15<sup>e</sup> conférence de l'Association géodésique internationale, Budapest 1906, MM. Darwin et Lallemand ont demandé, comme moyen vérificateur, de répéter tous les cinquante ans, entre les points principaux, les nivellements des réseaux de chaque pays.

Il paraît du moins évident que, au cours de la période historique, les bradyséismes se manifestent çà et là avec une amplitude extrêmement faible (régions soulevées de la Baltique, du Labrador, de la Nouvelle-Zemble, et régions submergées des fjords norvégiens, du nord-ouest de la France, de Ligurie, des Pays-Bas, de l'Angleterre, de Grèce, etc.). Le professeur Ed. Brückner assure aussi que des modifications sont survenues à la surface terrestre en Suisse pendant la période historique. (De 1880 à 1898, 138 tremblements de terre, ayant donné naissance à 751 secousses, ont affecté ce pays.) L'effort orogénique persiste donc toujours et même se traduirait par des changements de niveau : de certaines localités situées au nord de Grandson, on verrait aujourd'hui entièrement les tours du château de cette ville, dont on ne distinguait que la partie supérieure, il y a quarante ou cinquante ans. De même, le lac de Genève apparaîtrait, de nos jours, de points d'où il était invisible auparavant.

M. de Montessus de Ballore se demande si ces affirmations ne sont pas prématurées.

M. Girardot a signalé aussi (dans le Jura, dès 1880) que les mouvements lents du sol ont démasqué des localités par rapport les unes aux autres. — Pareilles remarques ont été faites dans la Côte-d'Or, etc. Issel

(1883), Fischer (1886), de Lamothe, D. Martin, etc., croient à un mouvement positif actuel (transgression) du littoral méditerranéen.

En somme, il est permis de dire que les mouvements, brusques ou lents, de l'écorce terrestre peuvent être considérés comme la cause primordiale de son concassage et, surtout à notre point de vue évolutif, comme n'étant nullement arrêtés encore; mais il est d'autres causes spéciales ou locales, par exemple pour les terrains sédimentaires, déposés grain à grain au fond des anciens océans, sur des épaisseurs atteignant et dépassant parfois 1.000 mètres (jusqu'à 13.000 aux Appalaches).

Cela peut être la pression des assises les unes sur les autres qui, par l'effet de la pesanteur, a provoqué les cassures (en principe horizontales, mais si souvent redressées, même jusqu'à la verticale, par des mouvements postérieurs au dépôt) qu'on nomme *joints de stratification*; ou bien, comme dans les schistes argileux, c'est le retrait ou la diminution de volume qui, par simple dessiccation, a constitué les innombrables solutions de continuité de la *schistosité*; ailleurs, les pressions et éruptions ont, au pourtour et même très loin des volcans, provoqué la fissilité de roches primitivement homogènes; et certaines roches éruptives ou volcaniques elles-mêmes, comme les porphyres et les basaltes, sont fissurées par le retrait de *refroidissement* avec, pour les basaltes nommément, une régularité polyédrique tout à fait géométrique.

La classification des divers ordres de cassures ou fissures a été maintes fois tentée: elle n'est pas encore établie d'une façon absolument définitive. Il semble pourtant qu'on soit d'accord, pour mettre en toute première ligne les failles et les grandes lignes de fracture ou de dislocations générales.

Les *failles* sont des cassures de longue étendue, avec *rejet*, c'est-à-dire avec disjonction et écartement,

en *hauteur*, des portions de roche des deux côtés de la fissure ; elles correspondent à un allongement de l'écorce, en un point où celle-ci était trop *tendue*. Les *plis* (synclinaux, anticlinaux, renversements, etc.) sont, au contraire, des reploiements de l'écorce sur elle-même, dus à une trop grande compression et aboutissant à un raccourcissement.

Notons, en passant, que les failles se produisent même de nos jours, sous l'action des tremblements de terre. Au XIX<sup>e</sup> siècle, on a constaté la survenance de failles dans les séismes de Nouvelle-Zélande (1855, rejet de 3 m.), de Californie (1872, rejet de 3 à 6 m.), du Japon (1891, rejet de 0<sup>m</sup>,30 à 20 m., sur 112 kilomètres de long), de l'Assam (1897, rejet de 10 m.), etc.

Quant aux fissures et crevasses ordinaires, les séismes en produisent souvent de considérables (Calabre, 1783 ; Chili et Grèce, 1894, etc.).

Daubrée, qui a si magistralement prévu le grand rôle joué par les cassures dans la circulation des eaux souterraines, réunissait sous le nom de *lithoclasses* (de *λίθος*, pierre ; *κλάω*, briser), toutes les brisures discernables par l'observation directe, et il distinguait : 1<sup>o</sup> les *leptoclasses* (*λεπτός*, menu, petit) ou « cassures de « dimensions faibles, dans les deux sens, ou au moins « dans un. et débitant l'écorce en menus fragments » ; il les subdivisait en *synclases* (*συν*, indiquant simultanéité) pour les cassures de retrait (par refroidissement et dessiccation), qui affectent, avec une régularité souvent géométrique, les basaltes, trachytes, porphyres, gypses, argiles et limons desséchés ; et en *piésoclases* (*πιεζώ*, comprimer), très irrégulières, croisées en tous sens, généralement près de la surface du sol ou même dans l'intérieur des roches, et dues à des efforts mécaniques extérieurs ; 2<sup>o</sup> les *diaclasses* (*δια*, à travers), cassures de longue étendue (plusieurs hectomètres et même kilomètres) et de grande hauteur (100 mètres et plus ; 450 mètres dans le cirque Pyr-

néen du Cotatuero, sur le revers sud du Mont-Perdu). Elles intéressent les roches les plus diverses et sont de nature généralement verticale ; mais il y en a beaucoup d'obliques. Souvent elles forment entre elles deux réseaux conjugués, c'est-à-dire entre-croisés sur un angle constant, quelquefois même rectangulaire. Bref, par milliers et « dans tous les terrains, les diaclases, par leurs intersections mutuelles, délimitent des polyèdres, tantôt réguliers, tantôt irréguliers. Elles ont une tendance à se grouper parallèlement entre elles. » (DAUBRÉE.) Elles sont dues, en général, à des ruptures de pression ou de torsion : 3<sup>o</sup> les *paraclases* (de  $\pi\alpha\kappa\alpha$ , à côté) sont les failles (*faults* des Anglais), avec *rejet* ou glissement des deux parois l'une sur l'autre (V. p. 19). Ce sont les plus grandes de toutes les cassures, indéfinies en profondeur et de dizaines ou centaines de kilomètres en étendue.

Des différents termes créés par Daubrée, ceux de *lithoclases* et de *diaclasses*, fort heureux d'ailleurs, ont seuls été adoptés d'une façon définitive par la majorité des géologues.

Mais il en est un autre, celui de *joints*, qui demeure l'objet des plus fâcheuses confusions.

Il est emprunté aux architectes, qui tantôt l'appliquent *aux intervalles séparant les pierres, aux fissures naturelles traversant les roches*, sans distinction de sens (QUATREMÈRE DE QUINCY et *Grand Dictionnaire Larousse*), tantôt les restreignent *aux faces par lesquelles les pierres sont contiguës latéralement* (VIOLETTE-DUC et *Grande Encyclopédie*, qui appellent *LITS* les plans de séparation horizontaux). On a nommé aussi *joints montants* ceux qui sont verticaux, et *joints de lits* les horizontaux.

En géologie, Arago caractérise les terrains tertiaires, stratifiés, comme « composés de couches superposées et séparées à la manière des assises d'un mur, par des joints nets et bien tranchés »

(*Notice sur les puits artésiens*, 1835). C'est la définition même des joints de stratification.

Les Anglais, d'après Kinahan (1875), distinguent :



Fig. 4. — Joints et diaclases (calcaire dévonien; ancienne entrée de la grotte de Han-sur-Lesse, Belgique).

1° les *joints mineurs*, locaux, limités à quelques strates (ce sont les leptoclasses de Daubrée); 2° les *joints majeurs* qui rompent toutes les strates et correspondent donc aux diaclases; 3° les *joints lines* (lignes de joints) ou plans de stratification.

Pour Daubrée, le terme de joints est inexact, quand il s'agit de faces de rupture, mais les joints se rattachent parfois aux failles; la confusion subsiste, puisqu'il ne donne pas de nom spécial aux joints de stratification, et puisque « les diaclases traversent les « plans stratifiés ». (*Eaux souterraines*, t. I, p. 133.)

M. Ed. Dupont explique que deux plans de diaclases peuvent se croiser « avec un troisième plan » qui est formé par la stratification ».

Enfin, M. de Lapparent énonce que les *joints* ou *diaclasses*, dans les roches dures, « forment en général « des systèmes conjugués », et il y ajoute « les fentes « horizontales que peuvent engendrer les lits de stratification ».

J'ai expliqué et indiqué (dans ma *Spéléologie*, p. 15) que, pour mettre un terme à ces incertitudes de définitions contraires, il y avait lieu d'appliquer uniquement le terme de *joints* aux lits ou plans de stratifications des roches sédimentaires, en principe d'*ordre horizontal* (sauf dans des conditions spéciales de dépôt, et sauf redressement postérieur des terrains), et de réserver le terme très commode de *diaclasses* aux autres cassures d'*ordre vertical*, subvertical ou oblique (sauf horizontalité accidentelle par renversement des couches). Bien entendu, le nom de faille demeure pour les grandes cassures à rejet; et même celui de *leptoclasses* mériterait d'être maintenu, pour le brouillage ou concassage si irrégulier qui, sous des influences principalement superficielles, atmosphériques même, affecte la surface supérieure des roches terrestres.

Sans s'arrêter davantage à des discussions de nomenclature, il importe en définitive de retenir ce principe que, dans le cours des temps, et surtout comme contre-coup direct des phénomènes d'ordre tectonique, l'ensemble de l'écorce terrestre s'est universellement craquelé à la surface comme en profondeur: elle est devenue un *crible*, à mailles très inégalement

espacées et très diversement résistantes; en vain chercherait-on sur le globe une portion quelconque non fendillée, tout à fait compacte et homogène *sur une grande étendue*; nulle roche, si dure et si cohérente soit-elle, n'est, en grandes masses, exempte de crevasses. Beaucoup même ont été hachées si menu, ou composées d'éléments si insuffisamment agglutinés, qu'elles se sont réduites en débris plus ou moins petits; elles ont, sous l'action de divers agents externes ou internes (qui les ont la plupart du temps *transportés* fort loin de leur gisement original), constitué les terrains détritiques (éboulis, moraines, scories, graviers, sables, alluvions, etc.), où nous ne discernons plus les fissures, éliminées par un stade d'évolution plus avancé <sup>1</sup>, mais qui en dérivent en somme directement.

A quel âge la terre a-t-elle vu débiter cet étoilement de sa périphérie, cet établissement d'une résille fissurale sur son enveloppe ?

On ne saurait répondre catégoriquement, car un trop petit nombre de faits servent jusqu'ici d'indices à ce propos. En effet, la pénétration matérielle de l'homme (ou de ses instruments d'investigation) s'est limitée, quant à présent, à 320 mètres de profondeur pour les cavernes naturelles (gouffre de Trebič, Istrie), à 1,585 mètres pour les galeries de mines de cuivre du Lac Supérieur (Michigan), à 2,003 mètres pour les trous de sondage (Paruschowitz, Silésie)!

Ce n'est qu'une faible proportion, par rapport à l'épaisseur réelle (d'ailleurs totalement ignorée) de l'écorce. Voici, sous ce point de vue chronologique, les principaux faits qu'on puisse citer.

Dès 1870, Cornet et Briart décrivaient huit *puits natu-*

1. Quand la réagglutination a eu lieu, par exemple, dans les grandes masses de *poudingue* du Montserrat, la fissuration est venue, après coup, exercer ses puissants effets.

*rels* immenses (jusqu'à 130 mètres de diamètre, profondeur inconnue), souterrainement rencontrés par les galeries de mines, dans le terrain houiller du Hainaut belge, et obstrués de remplissages postérieurs à leur gisement. Ce seraient les plus anciens *abîmes* constatés en plein groupe primaire<sup>1</sup>. En 1898, ils ont été l'objet d'une nouvelle étude de MM. Cornet et Schmitz, et d'une importante controverse sur l'âge des fameux *Iguanodons* fossiles qu'ils renferment à Bernissart (trouvés en 1878).

En Belgique encore, en 1871, à la mine métallique d'Engis, M. Harzé rencontrait, à l'étage de 205 mètres, une énorme excavation naturelle, de 85 mètres de longueur sur 15 mètres de largeur.

M. Van den Broeck, entre autres, admet que l'origine de ces puits naturels si anciens a pour point de départ l'existence de cavités du calcaire carbonifère sous-jacent, et la propagation, de bas en haut, d'effondrements lents et multiséculaires.

Il en serait résulté cette correction, dans la chronologie paléontologique des iguanodons, qu'au lieu d'appartenir à l'époque crétacée et au terrain wealdien, ils remonteraient à une antiquité plus grande, aux temps jurassiques portlandiens.

Enfin M. H. Delieure a reconnu (1901) aux charbonnages de Mariemont (Belgique), l'existence d'un autre ancien *puits circulaire naturel* du terrain houiller, entre 386 et 583 mètres, avec 20 à 35 mètres de diamètre, rempli d'argiles et sables bernissartiens (à *Iguanodons*), et de même origine que les précédents.

1. M. OEHLERT énonce même (1900-1901), qu'« avant l'époque houillère les calcaires carbonifères ont été altérés par les eaux météoriques, qui, pénétrant le long des fissures de la roche, en ont, par dissolution, augmenté les dimensions, donnant ainsi naissance à des poches et des couloirs irréguliers, qui descendent parfois à plus de 20 mètres de profondeur ».

Ainsi ces antiques *abîmes* du terrain houiller, antérieurs à l'époque secondaire, auraient été remplis à cette époque par les argiles de cet âge, qui empâtent les iguanodons, et par-dessus lesquelles se retrouve la suite du remplissage crétacé. Ils paraissent donc attester qu'*avant l'ère secondaire*, des vides importants s'étaient déjà manifestés dans le sous-sol des terrains primaires.

Il faut gagner ensuite le début de l'ère tertiaire, pour rencontrer d'autres abîmes ou grottes authentiques, dans les fissures du sol jurassique.

Ce sont les célèbres poches à phosphorites du Quercy (Lot et Tarn-et-Garonne), remplies par des organismes d'âge oligocène, objets des beaux travaux de Filhol, sur lesquelles nous reviendrons au chapitre X. Dès maintenant je n'en dirai qu'un mot.

En 1894 j'ai, le premier, formulé explicitement cette hypothèse<sup>1</sup> que certaines poches à phosphorites du Quercy « sont des avens bouchés par la précieuse substance à la fin de l'éocène ou au début « du miocène (oligocène)... et déjà ouverts béants au « commencement de l'époque tertiaire »; c'est-à-dire que le phénomène de l'élargissement des diaclases par érosion superficielle avait commencé, dès lors, sous sa forme actuelle, dans les régions calcaires émergées. Cette opinion a été formellement adoptée et confirmée par les études et publications ultérieures de MM. Boule, Fournier, Thévenin, etc. Il est désormais acquis que les poches à phosphorites représentent bien les gouffres et cavernes des Causses à l'époque oligocène, creusés donc avant cette époque.

Au cours de recherches dans le sous-sol de la Bel-

1. *Les Abîmes*, page 257 ; et même plus vaguement, dès 1890 avec DE LAUNAY dans *Bull. soc. géolog. de France*, 1<sup>er</sup> décembre 1890, page 165.

gique (fin octobre 1905), avec MM. E. Van den Broeck, Rahir, Maillieux et L. Bayet, nous avons rencontré, sur cette nouvelle notion géologique, une autre preuve, d'autant plus intéressante qu'elle est privée en fait du concours matériel de la paléontologie.

Sur les plateaux calcaires de Nismes et de Couvin (Belgique), des excavations naturelles et verticales, connues sous le nom local d'*Abannets*, nous ont révélé que ces trous existaient aussi certainement avant les dépôts de remplissage de l'époque tongrienne, et qu'ils forment des abîmes antérieurs à la période de l'oligocène inférieur.

Ce ne sont que les bas-fonds de points d'absorption d'eaux courantes, remontant à cette antiquité considérable. Ces eaux coulaient, bien entendu, à un niveau beaucoup plus élevé que celui des plateaux actuels ; on ne saurait tenter d'évaluer ce niveau, qui s'est abaissé au fur et à mesure de la *décapitation*, aujourd'hui complète, de l'ancienne Ardenne, jadis colossalement plus élevée qu'à présent.

Ainsi les Abannets, curiosité hydro-géologique et paléo-géographique de la plus grande importance, sont une irréfutable preuve additionnelle :

1° De l'ancienneté très reculée de la fissuration et du cavernement des calcaires ;

2° D'une continuité absolue dans l'enfouissement souterrain et dans la réduction progressive des eaux courantes extérieures.

Ce sont là des points capitaux et surtout nouveaux en matière d'évolution souterraine.

Dans le Jura, enfin, et selon M. Émile Chanel, certains gouffres ou grottes à flanc de coteau auraient été creusés avant la formation des plis (anticlinaux), où coulent les rivières actuelles ; celles-ci étaient alors beaucoup plus importantes que de nos jours ; or, ces plis doivent être tertiaires, d'après les grès et argiles bigarrés qu'on rencontre sur leurs flancs et

même jusqu'au fond de la grotte de Hauteœur. Ces grottes seraient donc prétertiaires et les cassures qu'elles ont utilisées plus anciennes encore. (C. R. Ac. des Sc., 14 mai 1906.)

En résumé, les exploitations minières, les recherches paléontologiques et les explorations des cavernes établissent concurremment, par des témoignages incontestables, qu'aux époques secondaires et tertiaires, tout au moins, des crevasses naturelles du sol étaient déjà agrandies en cavités, prêtes à servir de réceptacles à certains dépôts du dehors. Assurément, on peut faire remonter beaucoup plus haut — malgré l'imprécision des conclusions à déduire des puits naturels du houiller du Hainaut, — le moment où l'écorce se trouva assez prise pour subir les atteintes du craquelage.

Avec plus de certitude et même avec une assurance formelle, il est permis de définir le rôle (entrevu ci-dessus) auquel se trouvèrent appelées les fissures de toutes sortes, au lendemain même de leur naissance ; sans délai aucun, elles constituèrent au sein des roches des lignes de *moindre résistance* et d'*appel*, par où leurs solutions de continuité donnèrent accès à divers agents naturels, soit intérieurs, soit extérieurs. A travers les méats ainsi préparés, toutes sortes de forces terrestres actives se mirent en devoir de pénétrer, écartant d'abord les lèvres entr'ouvertes des plans de fractures, puis les agrandissant pour les remplir ou les utiliser des plus différentes manières. Certaines de ces forces, après avoir traité et modifié les cassures selon leurs variés modes d'action, en ont été ensuite détournées ou expulsées, tandis que d'autres y demeuraient à l'œuvre ou les remplissaient du produit de leur travail.

Ce fut *un autre stade de l'évolution souterraine* : après la genèse des fissures vint la période de leur utilisation, à laquelle, nous le verrons, l'homme

assiste encore ; et ces agents, qui ont usé ainsi du réseau des cassures terrestres comme d'un champ des plus féconds pour leurs manifestations multiples, sont tout simplement trois des quatre éléments des Anciens : le feu, l'eau et l'air, éléments actifs, élaborant le quatrième élément passif : la terre<sup>1</sup>.

Le feu interne (central ou subpériphérique), a *sublimé* les dépôts métallifères dans les cassures transformées en *filons*, et il continue à faire remonter au jour les sources thermo-minérales curatives par les cheminées ascensionnelles des *griffons*.

L'eau a, pour la majeure partie, réalisé *chimiquement* et *mécaniquement* l'expansion, la dilatation des crevasses, passées, grâce à elle, de l'état de *défauts* imperceptibles à celui de vides souvent énormes.

L'air atmosphérique, enfin, pénétrant dans ces mêmes cassures, y a introduit les phénomènes de l'oxygénation, de la nitrification, de l'acidité carbonique, et a provoqué ainsi toutes les réactions physico-chimiques qui en dérivent.

Buckland (1823), Schmerling (1833), Virlet d'Aoust (1835), Desnoyers (1842), Fournet (1858), etc., surtout ont prévu ou énoncé que les fissures du sol, grandes et petites, ont été les directrices générales des cavités de toutes sortes ; et Daubrée a formulé cette loi géologique que « le premier rôle revient aux cassures souterraines ».

Si, après l'origine, l'âge et le rôle des cassures, nous voulons chercher à savoir quelque chose sur l'importance et le développement qu'elles ont atteintes ; si nous nous demandons, par exemple, quel peut être le cube approximatif des vides existant sous la terre, ou jusqu'à quelle profondeur le craquelage

1. Je n'ignore point que la science moderne repousse comme surannée cette notion antique des quatre éléments ; mais elle est demeurée si populaire, et se trouve si commode pour la subdivision pratique de mon sujet, que je n'hésite point à m'en servir encore !

s'est propagé, nous ne trouverons aucune réponse dans les vains calculs qu'on a maintes fois tentés à ce propos. Plus bas que 2.000 mètres (V. p. 24), toute constatation matérielle est jusqu'ici interdite à l'homme (et encore certains terrains n'ont-ils pas pu être pénétrés jusque-là); et même, de 1.585 à 2.000 mètres, l'observation n'est qu'indirecte, par des voies artificielles, où les risques de l'interprétation ouvrent une grande porte à l'erreur. Donc, au delà des 2 kilomètres, l'hypothèse seule est permise, et tout moyen manque pour la vérifier.

Notons cependant les deux idées suivantes : d'abord, selon De Launay, « le long des chaînes tertiaires, les, « nombreuses fractures sont éparpillées, irrégulières, « souvent sans continuité en profondeur ».

Ceci impliquerait-il que les cassures seraient d'autant plus importantes qu'elles sont plus anciennes? On ne peut que poser la question et demander la réponse à des études futures et plus approfondies. D'autant qu'il y a, tout au contraire, des chances pour que l'écorce terrestre, plus flexible à l'origine, ait commencé par être soumise à des plissements lents et progressifs plutôt qu'à des efforts brusques.

En second lieu, dans une étude sur l'origine de la fissuration des roches, F.-L. Ransome (1905), en l'attribuant à diverses causes (entre autres aux pressions des bouleversements volcaniques même éloignés), énonce que Van Hise estime à 10.000 mètres environ la profondeur de cette zone de fractures.

Sur ces sortes d'appréciations, aucune interprétation n'est permise : aussi me paraît-il superflu de rapporter les autres chiffres qu'on a proposés.

Maintenant nous allons voir comment le concours, on pourrait dire la complicité, des trois agents naturels, feu, eau, air, et de la fissuration du sol a introduit, dans l'écorce terrestre (ou du moins dans la très faible tranche qui s'en est quelque peu

sciences de la terre  
BIUS  
JUSSIEU  
CADIST

à l'homme), des séries variées de modifications et de manifestations ; elles intéressent les trois évolutions fondamentales de notre globe : celle de la *matière*, celle de la *vie* et celle de la *pensée*.

Et retenons bien surtout, comme substance finale de ce premier chapitre, que le *craquelage de l'écorce terrestre a débuté aux anciens âges géologiques et se continue encore*.

## CHAPITRE II

### Le Feu.

Évolution de la nébuleuse primitive vers la consolidation et le refroidissement. — Métamorphisme de la première pellicule. — Géothermique (mines et sondages). — Le feu souterrain utilise la fissuration pour produire les volcans, filons, fumerolles et sources thermo-minérales. — Théories des volcans. — Influence probable des infiltrations sur le volcanisme. — Les gouffres de la mer. — Incertitudes sur l'évolution souterraine des roches éruptives. — Formation de filons métallifères par sublimation d'eaux thermales. — Zéolithes de Plombières. — Dépôts minéraux dans les cavernes. — Émanations actuelles de vapeurs. — Acide carbonique et gaz délétères (décomposition de matières organiques). — Hydrogène sulfuré et source de Matssetsa. — Origine et fonctionnement des sources thermo-minérales. — Thermo-siphon du tunnel du Simplon et de Pfäfers. — Théorie de la relation des sources thermo-minérales avec les précipitations atmosphériques. — Théorie des eaux juvéniles. — Théorie éruptive. — Évolution des eaux thermales. — Importance de leur radio-activité.

Conformément à l'hypothèse cosmogonique, si connue et généralement admise de Laplace<sup>1</sup>, la haute température de la nébuleuse originaire, qu'a sans doute été la terre, a probablement évolué vers un

1. Esquissée par Kant, dès 1755, dans sa *Naturgeschichte des Himmels*; elle a été combattue et modifiée par Elisée Reclus, H. Faye, M<sup>me</sup> Clémence Royer, Fr. Ratzel, Sée, etc., Norman Lockyer (*Hypothèse météorique des collisions multiples*), Chamberlain (*Théorie planétaire*), J.-W. Gregory (1907), etc.

MM. Lœwy et Puiseux ont récemment rappelé que l'École scientifique de lord Kelvin, G.-H. Darwin, King, Barges, etc., consi-

refroidissement progressif, consécutif à la condensation.

La cristallisation d'une primitive écume ou *mousse* de métaux, puis le métamorphisme (activé par la circulation d'eaux sous pression, alcalines, etc.) d'une première pellicule solide, dont aucun témoin ne subsiste (car on considère comme les restes remaniés d'une croûte ultérieure la plus antique roche que nous connaissions, le *gneiss*) paraissent avoir été les préliminaires phases d'une solidification superficielle.

Dès que celle-ci fut plus avancée, la chaleur se résorba vers l'intérieur du noyau, où elle se conserve encore : du moins, c'est ce que semblent nous enseigner les phénomènes de la géothermique, enregistrant sur nos thermomètres un accroissement de chaleur, proportionnel à la profondeur des couches.

Il est vrai que tout n'est pas dit encore sur ce chapitre et que, notamment, on a dû modifier beaucoup en ces derniers temps l'opinion qui admettait une augmentation de 1° de chaleur pour chaque 31 mètres de descente verticale dans le sous-sol <sup>1</sup>. Ce *degré géothermique* n'est nullement pourvu d'une pareille régularité générale <sup>2</sup>. Dans les mines on en connaît de

dère la solidification de la terre comme à peu près achevée, et ayant commencé par le centre pour se prolonger jusqu'à la surface; mais qu'au contraire la plupart des géologues admettent, avec Suess et de Lapparent, l'existence d'une lithosphère, écorce relativement mince enveloppant une masse incandescente. Et ils concluent, d'après leurs études sur la lune, « que la solidification se fait bien en partant de la surface » (theorie de l'écorce mince) et que « encore inachevée pour la lune, elle est très loin de son terme pour la terre ».

1. 35<sup>m</sup>,17 selon les observations du Comité de l'Association Britannique publiées en 1882.

2. Dans la pénétration *horizontale* des grands tunnels des Alpes, une foule de circonstances provoquent des conditions différentes. Sous les montagnes à glaciers, les neiges permanentes provoquent, croit-on, un rafraîchissement souterrain qui peut atteindre à plusieurs centaines de mètres.

27 mètres (Sarrebück), 64 mètres (Przibram), 122<sup>m</sup>,80 (Calumet et Hécla), etc.

Le voisinage d'un massif volcanique<sup>1</sup> (surtout récent) l'augmente considérablement, jusqu'à 15 et même 10 mètres.

Il en serait de même dans les grandes chaînes de montagnes, voisines de profondes fosses océaniques (les Andes par exemple), où l'*isostase* ramollirait, et par conséquent réchaufferait (selon Dana), la base de l'écorce solide, par l'empilement des sédiments à son sommet, empilement qui provoquerait ainsi les plissements.

Le forage le plus profond de la terre a été exécuté en 1893-1902 à *Paruschowitz* (Haute Silésie), près Rybnik; il a dépassé de 255 mètres celui de Schladebach, près de Merseburg (Saxe prussienne). A Schladebach, la sonde atteignit 1.748<sup>m</sup>,4 et à Paruschowitz, 2.003<sup>m</sup>,4. Les degrés géothermiques se sont montrés ici à peu près normaux : 31<sup>m</sup>,82 à Paruschowitz, 35<sup>m</sup>,70 à Schladebach; à Sperenberg (sud de Berlin, 1.273 mètres), il avait été de 32<sup>m</sup>,27.

Ces trois sondages donnaient des résultats plus concordants que ceux recueillis dans les mines exploitées; mais M. Félix Leprince-Ringuet vient de trouver (1907) des divergences, parmi les récents et nombreux sondages effectués dans le midi du bassin du Pas-de-Calais, pour rechercher le terrain houiller, qui a été rencontré entre 700 et 1.400 mètres.

Le degré géothermique des assises siluriennes et dévoniennes y a été reconnu de 50 à 61 mètres, en moyenne 56<sup>m</sup>,6; dans le crétacé, on a trouvé de 29 à 39 mètres; dans le houiller, 28 à 40 mètres.

Bref et pour le moment les extrêmes varient entre

1. A Riom (Puy-de-Dôme), 14<sup>m</sup>16, d'après M. Michel Lévy; en Dakota (États-Unis), 9<sup>m</sup>6 à 24<sup>m</sup>6 dans des forages artésiens allant à 450 mètres; 11 mètres à Neuffen (Souabe); 12 à 16 mètres en quatre points pétrolifères d'Alsace, etc., etc.

9<sup>m</sup>,60 et 122<sup>m</sup>,80 pour 1° d'accroissement de température dans les mines.

Avec le premier degré, c'est à 1.350 mètres de profondeur qu'on trouverait 50° de plus qu'à la surface du sol ; avec le deuxième, à 6.200 mètres seulement. Devant de tels écarts, on discute pour savoir si les mines seront physiologiquement exploitables jusqu'à 2.000 et 3.000 mètres de profondeur en moyenne. Toute cette question demeure fort loin de sa solution.

Quoi qu'il en soit, il est du moins permis d'affirmer que les volcans, les filons métallifères, les fumerolles, les sources thermo-minérales sont quatre autres manifestations du feu souterrain, et qu'elles se font jour avant tout par les fissures de l'écorce.

On n'est pas d'accord d'ailleurs pour dire si les volcans sont, oui ou non, un phénomène d'ordre général et très profond (Poulett-Scrope, Darwin), comme les grands mouvements tectoniques dérivés de la contraction terrestre, ou bien des manifestations locales ayant leur siège pas très loin de la surface du sol ; selon les uns, leurs éruptions sont connexes aux tremblements de terre, aux grands effondrements tectoniques, et sont solidaires des principales cassures de dislocation, par lesquelles la pression du compartiment affaissé a fait monter les matières éruptives ; selon les autres, le volcanisme est indépendant des séismes, il est surtout dû aux vapeurs d'eau souterraine et même à l'infiltration des eaux superficielles, et il se borne à utiliser, comme des voies antérieurement ouvertes, les principales lignes de fracture, le long desquelles les volcans semblent distribués.

Il y a aussi des partisans contradictoires du noyau central en fusion et des foyers profonds (Dolomieu et Cordier) ; d'un océan périphérique igné souterrain entourant un noyau solide ; de divers foyers intracorticaux lenticulaires, localisés, indépendamment épanchés (*laccolithes* de Gilbert, roches non parvenues au

jour), vers 40 kilomètres de profondeur (hypothèse de Stübel); de la vaporisation de l'eau de carrière des blocs souterrains accumulés le long des failles dans le magma (Stan, Meunier), etc.

Depuis quelques années la question du volcanisme a été complètement reprise. En même temps, quoique par des voies différentes, le professeur Armand Gautier (depuis 1900) et M. Brun, de Genève (depuis 1902), contestant tous deux l'intervention de l'eau extérieure, ont invoqué l'influence de l'eau de constitution des roches et de l'hydrogène qu'elle dégage. Portées au rouge, les roches dites primitives (granites, gneiss, diorites, etc.) mettent en liberté l'eau de constitution qu'elles renferment. La réaction développe une grande quantité de gaz (7 à 8 fois le volume de la roche), qui réagissent les uns contre les autres; il en résulte des pressions énormes et des explosions volcaniques.

M. E. Van den Broeck (1903) admet aussi le rôle prépondérant de l'hydrogène, mais sous forme d'élément gazeux.

Et M. Van Erborn (1903), conformément aux anciennes hypothèses de Lemery (1700), Buffon, Werner, Abich, Durocher, Jameson, Poulett-Scrope, Deville, Silvestre, Judd, Fouqué, Daubrée, etc., invoque l'action directe de l'eau (marine et souterraine). Dans cette théorie, on nie que l'eau puisse, à l'état d'*eau de carrière*, descendre assez bas dans les profondeurs du globe: on établit que les cheminées volcaniques sont au point d'intersection de deux cassures (failles de préférence), et on admet que les mouvements sismiques ou tectoniques ont, en fissurant l'écorce, préparé en tous sens des voies de pénétration à l'infiltration des eaux; on se base surtout sur ce que le plus grand nombre des volcans est à proximité des océans.

A ces données il a été objecté par Suess. Gautier, de Lapparent, que plusieurs volcans sont au contraire fort loin de la mer: 250 kilomètres pour certains des

Andes et du Mexique; 900 (et non 1.200) pour le Mfumbiro, entre les lacs Victoria, Albert-Édouard et Kivo (Afrique), 2.200 même (et non 1.500) pour ceux qu'auraient reconnus (?) Abramof et Semenoff dans le Turkestan oriental (Boschan, Turfan, Urumtsi, etc.)

A quoi l'on réplique que rien ne s'oppose à ce que des infiltrations marines s'étendent jusqu'à cette distance. A noter même que, dans la région du lac Rodolphe (altitude 415 mètres), le sol est des plus perméables et que la rivière Sugota se perd subitement au voisinage du volcan André. M. Van Ertborn ajoute aussi que, selon M. Kersten, un coup d'eau survenu au charbonnage du levant à Flénu en juillet 1902 a débité plus de 30.000 mètres; que cette eau était *fossile*, d'après sa composition chimique qui a donné 56 grammes de chlorure de sodium en dissolution; et qu'en présence de la lave cette eau aurait produit de l'acide chlorhydrique, ainsi que l'ont prouvé les expériences de Fouqué.

En effet, si une lave à la température de 1.000 à 3.000° arrive brusquement au contact de l'eau marine, la dissociation du chlore et du sodium combinera, avec de l'hydrogène, de l'acide chlorhydrique à l'état gazeux.

Ceci confine à une autre hypothèse encore, celle de A. Julien (1883), qui attribue le volcanisme à la circulation hydrothermale, actionnée par des infiltrations extérieures et par une descente suffisante, pour que les eaux, avant de remonter, se chargent des principes salins et de la chaleur nécessaires. On avait combattu ce système, en disant que la circulation hydrothermale est localisée et qu'aucune mine n'avait fourni d'infiltrations chargées de chlorure de sodium ou de sulfate. L'observation de Flénu réduit ce dernier argument à néant, et nous verrons que les eaux souterraines du Simplon étaient extrêmement gypseuses.

Quant à la localisation, elle n'est nullement démontrée : selon Daubrée, la pénétration de l'eau, surtout au fond de la mer, est possible à travers l'écorce, grâce à l'appel de la chaleur centrale, par suite de la capillarité et de la pression, et en dépit des contre-pressions externes ; le tout sur une zone de saturation que Delesse (1863) a évaluée à 18 kilomètres, De Launay à 20, et qu'Arrhénius pousse à 200 et même 300 kilomètres (dont 40 à l'état solide)!

Ici encore, comme pour tous les chiffres, la prudence impose un aveu d'ignorance complète.

Personnellement j'ajouterai, en anticipant sur le chapitre IV (et en m'allouant la liberté d'une part d'hypothèse, assez restreinte je crois), que je suis convaincu de l'existence, au fond des mers, de points d'absorption pareils aux gouffres, entonnoirs, pertes qu'on rencontre si fréquemment au fond des cours d'eau, des lacs, et même en quelques points des rivages marins, où on ignore ce que devient leur eau. Des pertes sous-marines sont parfaitement capables de conduire des eaux salées vers le magma fluide, et d'y provoquer, par réactions chimiques, les mouvements ascensionnels des matières éruptives.

Pour les volcans éloignés des côtes, ces sortes d'absorptions peuvent exister au fond de grands lacs (ou d'anciennes dépressions lacustres), et provoquer des dissolutions à travers des amas gypseux ou salins sous-jacents, comme l'a prouvé le Simplon.

Malgré les objections et négations dont il a été frappé, le rôle des infiltrations aqueuses extérieures ne paraît donc pas négligeable en matière de volcanisme, où l'éclectisme le plus large semble indispensable pour parvenir à une explication définitive.

En traitant de l'absorption des eaux continentales par les abîmes, je montrerai que la supposition des *gouffres de la mer* est conforme à une foule d'observations empiriques indiscutables.

D'ailleurs Mercalli (1907) vient de confirmer l'abondance de la vapeur d'eau dans les produits des éruptions, et la prépondérance de l'eau marine comme cause efficiente du volcanisme; il admet aussi l'action des infiltrations pluviales.

On ne saurait prétendre que ces gouffres de la mer ont dû être *aveuglés* par les sédiments marins, car le dépôt de ceux-ci paraît être fort lent et même limité : au large du cap Creux, un gisement de coquilles pliocènes non recouvertes a été reconnu par MM. Pruvot et Robert ; enfin, l'éruption de la montagne Pelée (1902) a provoqué des dislocations sous-marines nettement constatées, qui ont bien pu ouvrir de nouvelles fissures, etc., etc.

Quelle que soit, sur ce point, la vérité, on s'est demandé si les roches éruptives et volcaniques (toujours cristallisées), intrusions, dykes, filons, lentilles, ou coulées injectées dans les ramifications des réseaux de cassures et si souvent épanchées au dehors, en torrents de lave, n'ont pas vu leur composition minéralogique *évoluer* elle-même au cours des temps, de la plus surprenante manière : des différenciations considérables se rencontrent, en effet, dans les produits éruptifs des divers âges, depuis les plus profonds granites, syénites, gabbros, jusqu'aux laves les plus modernes et les plus fusibles, avec l'intermédiaire des granulites, porphyres, porphyrites. Les causes de ces changements constitutionnels n'apparaissent pas encore bien claires : ils sont seulement rendus vraisemblables par la grande influence du temps, et du milieu même où s'opèrent les réactions successives, sur les matières ignées du sous-sol. Une décroissance dans l'homogénéité, la pression, la profondeur, et par conséquent dans la cristallisation, est probable, et elle fait penser que le phénomène éruptif revêtait une forme de plus en plus superficielle ; tout en abandonnant l'idée, antérieure, que

les magmas perdaient de leur puissance chimique avec le temps ; car il subsiste une différence très tranchée entre les éruptions primaires et les éruptions tertiaires, cependant que, dans chaque série d'éruptions, les types basiques (lourds) semblent précéder les types acides (légers) ; sans rien d'absolu toutefois, même sur ce point de détail, puisqu'on cite des séries closes par une coulée finale basique et qu'on connaît des granites d'âge sans doute *tertiaires*.

Comme, en même temps, la forme des éruptions *paraît* avoir été de plus en plus *explosible*, il me semble qu'on pourrait au moins *proposer*, uniquement pour en provoquer la vérification, la mixte hypothèse que voici : originairement, le phénomène éruptif aurait été surtout d'ordre interne, par ascension, sous pression tectonique et dans les cassures, du magma igné profond, *très cristallisé* ; puis, au cours de la multiplication des fissures, l'eau superficielle, pénétrant de plus en plus dans les méats d'absorption (aussi bien continentaux que sous-marins) aurait graduellement accru ses facilités d'accès à la rencontre de ces montées du magma ; cette évolution, en modifiant de façon continue les réactions (particulièrement grâce à une diminution de température extérieure que nous examinerons au chapitre V), aurait corrélativement transformé la constitution physique des épanchements ; en même temps, cet accroissement progressif des absorptions, humidifiant de plus en plus les zones supérieures de l'écorce y aurait localisé et multiplié ces réactions, les rapprochant ainsi de la surface, en facilitant et hypertrophiant leur caractère explosif (sauf l'exception des volcans des îles Sandwich, qui ne présentent ni paroxysme, ni vapeurs d'eau). Pour vérifier une telle évolution du volcanisme, on pourrait rechercher si les phénomènes éruptifs ne sont pas d'autant plus nombreux et plus brusques, mais peut-être d'autant

moins abondants (en masse), qu'ils sont plus modernes.

Selon Stübel, le volcanisme serait en décroissance depuis le début du quaternaire; Mercalli conteste cette opinion et, tout en croyant à un affaiblissement actuel (comme l'implique l'hypothèse réductrice de Laplace), affirme la grande expansion éruptive du carbonifère au trias; une trêve du lias à l'éocène; et un nouveau paroxysme tertiaire et pléistocène.

Réellement, les coulées quaternaires apparaissent moins puissantes peut-être, mais plus multipliées et surtout plus fragmentées que les épanchements tertiaires (sous réserves d'ailleurs des différenciations d'ordre topographique et altimétrique qui, même dans les coulées modernes, font sortir ici des produits basiques lourds, et là des produits acides légers). Qui sait s'il n'y a pas dans la voie de recherches, que j'indique ici très timidement, un moyen de concilier les opinions si divergentes en cours à propos du volcanisme, et d'approcher de la découverte de ses lois.

Il est vrai qu'on ne saurait exagérer la rigueur de cette évolution chronologique des roches éruptives : les beaux travaux pétrographiques de MM. Fouqué et Michel Lévy (1882) et des géologues américains ont conduit à cette notion, que des roches identiques ont pu se former à diverses périodes, en divers pays, et que les *réurrences* ont été localement fréquentes! Et De Launay a mis en garde contre une exagération qui risquerait de « masquer l'unité réelle du phénomène éruptif »; cependant il ne nie pas « une évolution possible... les roches paraissant en principe d'autant plus différenciées qu'elles se sont cristallisées plus près de la superficie ». C'est ainsi que le granite n'a jamais dû arriver à la surface à l'état igné, contrairement aux coulées basiques modernes. Bref, sans dire que le type d'une roche détermine son âge,

et sans fixer un ordre de succession trop théorique, on peut continuer à penser que certains types sont caractéristiques d'un âge plutôt que d'un autre. « Si le fait de l'évolution des magmas, dans un foyer donné, ne peut être contesté, du moins faut-il reconnaître que les lois de cette élaboration sont encore à découvrir. » (DE LAPPARENT.)

On ne conteste plus que les vapeurs internes, fusant à travers les cassures terrestres jusqu'au voisinage de la surface, aient, pour leur part, une origine assez profonde; c'est en se condensant, à la fin de leur course ascensionnelle, parmi les craquelures de terrains de moins en moins chauds, qu'elles ont précipité les minerais dans les filons métallifères.

Beaucoup de ces filons ont dû être aussi d'anciennes émissions d'eaux thermales, qui se dépouillaient, sur les parois de leurs canaux, des parties les plus denses de leurs éléments métalliques en suspens. (E. DE BEAUMONT, 1847.) Et c'est là une évolution non encore tout à fait close.

Daubrée a montré que, de nos jours, certaines sources de Plombières (Vosges), à 70°, continuent à déposer, dans les tuyaux *romains* de leur captage, des minéraux spéciaux, dit zéolithes, qui se forment sous la simple pression atmosphérique; ceci prouve l'indiscutable continuité des faits.

Certains filons remontent à des âges déjà reculés de la géologie terrestre, puisqu'on a trouvé leur trajet, jadis continu, recoupé ou disloqué par des failles et cassures tectoniques elles-mêmes fort anciennes.

D'autres possèdent des dépôts très jeunes, au contraire, qui se sont *installés* dans des cavernes relativement modernes.

Dans ce cas, toutefois, il n'est pas toujours possible de démêler lequel des deux est le plus récent, de la caverne ou du dépôt, ni quelle est la vraie nature de celui-ci: des remaniements ou remises en mouve-

ment des minerais ont pu, en effet, être parfois réalisés par des eaux descendantes d'infiltration extérieure, qui les redéposaient dans les cavernes, au fur et à mesure de leur creusement ou de leur approfondissement. Tandis qu'ailleurs le réseau de cassures a été utilisé, d'abord par le jeu des émanations métallifères, et ensuite, même très postérieurement, par la circulation intérieure d'eaux venant de la surface du sol.

Tel est le cas, entre autres de la grande caverne de Bramabiau, dans le Gard (6,350 mètres de couloirs connus), la plus développée de France, où un filon de fer se distingue encore dans l'une des galeries qui, postérieurement, a été, par les eaux courantes, agrandie et en majeure partie dépouillée de son minerai.

Rappelons encore que les incrustations filoniennes se suivent parfois dans des cassures sur 100 kilomètres de longueur; et que si les métaux dits rares sont les moins abondants près de la surface du globe, c'est parce que, étant les plus lourds, ils ont dû se concentrer plus près du centre et que leur densité a entravé leur entraînement ascensionnel.

A l'époque présente, les émanations de vapeurs paraissent être surtout gazeuses et, pour la plupart, en relation avec les phénomènes volcaniques. C'est toujours par des cavernes qu'elles continuent à s'élever, sous des formes et avec des compositions diverses: *fumerolles* ou produits gazeux des cônes éruptifs actuels; *mofettes* ou émanations d'acide carbonique; *solfatares* de Naples, du Chili, du Mexique, de Java, d'Islande; *soffioni* ou soufflards de Toscane, qui émettent de l'acide borique, si activement exploités; *souffrières* de Sicile, etc.; mais les vraies éruptions de boue salée (*salses*), aux *maccalube* de Sicile, de Crimée, du Canada, de l'Inde, etc., ne sont peut-être pas d'origine volcanique.

Directement, dans les cavernes, on a pu surprendre les points même d'émission d'acide carbonique. Mais

celui-ci paraît avoir des origines multiples. La principale, certes, est interne : dans les petites grottes des roches volcaniques, du Chien, à Pouzzoles ; de l'Eifel ; de Saint-Mart, à Royat ; dans les *vallées de la Mort* de Java, du Yellowstone ; les sources minérales d'Auvergne (où des animaux pléistocènes, recueillis par M. Glangeaud, en 1906, ont trouvé l'asphyxie) ; les geysers (Montrond, Vichy, Islande, Yellowstone, Nouvelle-Zélande, etc.), la relation avec les appareils éruptifs voisins est évidente ; ce sont de véritables mofettes, les échos très affaiblis, mais peut-être pas les derniers souffles, des cratères, dont l'extinction définitive ne saurait être affirmée.

On a tant vu, dans les seules périodes historiques, de désastreux réveils, comme celui du Vésuve-Somma, que, même pour les Puys d'Auvergne, M. Boule estime qu'un doute demeure permis à ce sujet.

Au creux de Souci, profond de 21<sup>m</sup>,50, du lac Pavin (Puy-de-Dôme), sous la lave du puy de Montchal, il y a des fluctuations inexplicables : tantôt le gaz manque au fond de la caverne, tantôt il la remplit au point de s'échapper par l'orifice. Ici, les variations de pression atmosphérique doivent exercer une influence.

Il existe aussi de rares exemples de *poches* d'acide carbonique, dans certains culs-de-sac de cavernes calcaires, même à grande distance de tout centre volcanique. Elles demeurent de vraies énigmes.

Dans la grotte de Roque-de-Corn (Lot), j'ai trouvé une telle poche, où le gaz était moins abondant, en automne 1895, qu'à la même époque de 1890 et 1891.

En Transylvanie, il sort de la grotte de Būdös-Barlang un gaz renfermant 95,5 p. 100 d'acide carbonique. Le terrain serait trachytique.

Entre Escragnolles et Séranon, sur la route de Grasse à Castellane, M. Janet a signalé une autre grotte du calcaire, contenant de l'acide carbonique. Il suppose qu'elle est en relation avec des infiltrations

d'eaux très tourbeuses et chargées d'acide humique. Cet acide, décomposant le carbonate de chaux des roches, mettrait l'acide carbonique en liberté.

Près de Montpellier, la grotte de la Madeleine (montagne de la Gardiole) est rendue impénétrable par une couche d'acide carbonique, plus épaisse en été qu'en hiver. Elle est située entre les deux montagnes volcaniques du pic Saint-Loup et d'Agde.

Ailleurs, ce sont des décompositions de matières organiques, entraînées et accumulées dans certains recoins des grottes, exceptionnellement bien clos, qui provoquent des dégagements d'acide carbonique, ou plutôt de quelque autre gaz délétère, irrespirable pour l'homme et éteignant les bougies; jusqu'ici, l'analyse de ces gaz n'a pas été faite ou n'a pas abouti.

Tel est le cas de la grotte des Fées, à Saint-Maurice (Valais, Suisse), où M. Forel reconnut, en 1864, un gaz extincteur, non asphyxiant, qui ne contient que 1,99 p. 100 d'acide carbonique (au lieu des 4 p. 100 qui rendent l'air irrespirable et des 0,004 normaux), mais renferme 82,66 p. 100 d'azote et 15,35 p. 100 d'oxygène, au lieu de la normale 79,1 p. 100 et 20,9 p. 100.

Des pourritures de végétaux et d'animaux ont empêché M. Sidéridès d'accéder au fond de divers katavothres ou gouffres du Péloponèse. La même origine est peut-être attribuable à l'air méphitique de certaines *goules* et grottes de l'Ardèche (G. GAUPELLAT).

Indépendamment des phénomènes volcaniques, ce sujet, relatif à la production, *organique*, de l'acide carbonique souterrain des cavernes, demeure entièrement neuf à étudier.

Il en est de même de l'*hydrogène sulfuré*, qui s'échappe de la source de Matsetsa (Transcaucasie), près Sotchi, où j'ai pu constater (1903) la dangereuse présence de ce gaz délétère, dans une caverne où

circule le ruisseau souterrain alimentant la source.

En Toscane, aux gisements de mercure de Monte-Amiata, abondent, dans les travaux, des « putizze » ou venues d'eau à 26°,30 C., chargées d'hydrogène sulfuré et acide carbonique. M. Spirek les explique par des combustions de pyrites, des réactions sur des calcaires et *vieux boisages*. De Launay y invoquerait plutôt une cause éruptive. A Piatigorsk (nord du Caucase), une source thermale jaillit au fond d'un gouffre naturel, profond de 30 mètres (le grand Proval), au contact du crétacé sénonien et des marnes éocènes.

Ainsi les émanations gazeuses nous conduisent insensiblement aux sources thermo-minérales, et nous serviront de transition vers les infiltrations extérieures ou introductions d'eaux superficielles ; car, selon la théorie la plus généralement admise maintenant, la plupart des sources thermo-minérales semblent bien tirer leur première origine des infiltrations de la surface du globe. Beaucoup sont certainement, selon d'autres idées, sous l'étroite dépendance des phénomènes volcaniques ; mais je viens de rappeler que ceux-ci pourraient aussi dériver des absorptions extérieures bien plus positivement qu'on ne l'admet.

En certains de ces points d'absorption, que nous étudierons au prochain chapitre, la descente des eaux extérieures ne se trouve pas, par suite de circonstances tectoniques ou stratigraphiques spéciales, arrêtée, dans ses premières dizaines ou centaines de mètres en profondeur, par des couches imperméables qui puissent les ramener assez vite au jour.

La continuité ou la corrélation des cassures est par places si prolongée, que le voyage de ces eaux, vers les zones de hautes températures internes, les mène assez bas pour les réchauffer considérablement ; certaines peuvent même être réduites en vapeurs, tandis que d'autres se contentent d'être allégées par l'accroissement du degré thermique ; dans les deux cas le

résultat est semblable : il se traduit à un moment donné par un mouvement de réascension, à travers une autre filière de cassures propices au retour au jour ; c'est le jeu du thermo-siphon.

Matériellement il vient d'être constaté sous terre, de la manière la plus éclatante pour la confirmation de cette théorie, dans les travaux de percement du Simplon ; on sait que, du côté sud du tunnel, à 4 kilomètres d'Iselle, on rencontra, au printemps 1901, des venues d'eaux froides considérables qui, contrairement à toute attente, marquaient au thermomètre  $11^{\circ}$  à  $19^{\circ}$  C., au lieu de  $35^{\circ}$  à  $38^{\circ}$ , que la géothermique avait fait prévoir en ce point. Plus tard, le 22 novembre 1903 jusqu'en septembre 1904, dans la galerie nord, à 10 kilomètres de Brigue, ce furent des émissions d'eaux chaudes, de  $48^{\circ}$  à  $53^{\circ}$  C., non moins abondantes, qui jetèrent le trouble dans les travaux ; les savantes et patientes recherches du géologue du tunnel, M. Schardt, ont fini par démontrer que les eaux froides provenaient, par les fentes de calcaires cristallins saccharoïdes, des eaux torrentielles absorbées 1.200 mètres plus haut dans les fissures du Teggiolo et du Val Cairasca ; et que les eaux chaudes jaillissaient des profondeurs du sol (d'ailleurs indéterminables). Le jeu même des sources thermo-minérales était ici pris sur le fait. « La chaleur empruntée à la profondeur lui fournit la force motrice » (H. Schardt), et le hasard, aussi heureux pour la vérité scientifique que fâcheux pour l'entreprise industrielle, avait fait recouper les deux branches du thermo-siphon, la descendante froide et la remontante chaude ! Bien plus, il était reconnu que les eaux descendantes étaient très chargées de gypse, dissous dans les amas d'anhydrite rencontrés sur leur trajet, et que les eaux remontantes en contenaient une proportion encore bien plus considérable.

Du même coup on surprenait le mécanisme et la

minéralisation des eaux thermo-minérales. Aussi M. Schardt a-t-il pu dire à bon droit que tout cela



Fig. 5. — Source d'eau chaude au tunnel du Simplon (Phot. H. Schardt).

constitue « une des plus belles observations qu'il ait été donné à la science d'enregistrer ».

Enfin, la suite des écoulements, qu'on a pu canaliser, mais non maîtriser, a établi qu'ils variaient avec

les saisons, et qu'ils dépendaient de l'abondance des infiltrations extérieures (pluies ou fontes de neige).

Déjà on avait constaté depuis longtemps, dès le xvii<sup>e</sup> siècle, que les sources thermales de Pfäfers, près Ragatz (Suisse), diminuent de volume quand la neige a été peu abondante dans la région; « c'est une des sources thermales où l'origine superficielle des eaux s'est trouvée le plus clairement démontrée » (DE LAUNAY); cela a permis d'admettre qu'elles proviennent d'un massif montagneux voisin. Peut-être des bassins à points d'absorption des petits lacs des Grauhörner (Wild-See, 2.246 mètres; Schwartz-See, 2.396 mètres, etc.). L'eau se réchauffe en 1,200 mètres au moins de descente et se minéralise dans des schistes.

De telle sorte que le Simplon s'ajoute à Pfäfers pour réfuter cette notion, précédemment acceptée, que les sources thermo-minérales se distinguent par la constance de leur débit et ne dépendent point des variations météorologiques.

En somme bien des faits sont favorables à la théorie admise, et développée surtout par De Launay, qui attribue tout simplement : 1° l'origine des eaux minérales au retour au jour des infiltrations enfouies; 2° leur thermalité à la distance verticale où elles ont pénétré dans les cassures de toute espèce, et à la rapidité plus ou moins grande, avec laquelle elles sont remontées sous la pression des eaux froides descendantes.

Au point de vue évolutif, De Launay a formulé les lois générales suivantes :

1° Chronologiquement les sources thermo-minérales actuelles paraissent plus jeunes que les filons métallifères : car on les trouve localisées sur les lignes de dislocations les plus récentes, tandis qu'elles manquent le long des cassures anciennes;

2° « Les larges fractures par lesquelles les eaux souterraines échauffées remontent de la profondeur, ne peuvent rester ouvertes et accessibles à ces eaux que

pendant une courte période géologique, à la suite de laquelle elles sont toutes obstruées » ;

3° « Des variations rapides se produisent dans le niveau d'émergence des sources thermales, avec l'incrustation de leurs griffons et avec le creusement des vallées ».

Si confirmée par l'empirisme que paraît la théorie du thermo-siphon, il ne faut pas oublier que Suess et Armand Gautier ont formulé des idées bien différentes. Selon Suess et une ancienne théorie, les eaux thermo-minérales se partagent en deux classes : les eaux circulatoires et les eaux *juvéniles* ou fossiles. Les premières, appartenant à la surface du globe, comprennent les eaux d'infiltration. Mais les eaux juvéniles (eaux *nouvelles* qui, pour la première fois, apportent au jour des substances puisées au milieu igné) sont liées aux dernières phases de l'évolution géologique ; elles n'émergent que dans des conditions particulières, par exemple, pendant les éruptions.

Les sources de Carlsbad seraient des eaux juvéniles, car les granites d'où elles sortent ne sauraient être leur bassin d'infiltration. Leurs éléments sont dus aux réactions à grande profondeur et haute température, ayant formé jadis les dépôts métalliques des crevasses régionales.

Observant que les sources thermales se rencontrent surtout dans les régions volcaniques, Armand Gautier estime que la sortie des eaux thermales, au moins les plus chaudes, est une forme atténuée des phénomènes éruptifs. Leur venue au jour serait due à la rupture de l'équilibre mécanique et chimique des masses rocheuses, dans la région profonde où elles atteignent la chaleur rouge. Et cela, comme conséquence de la théorie exposée p. 35, d'après laquelle la contraction continue de la croûte terrestre, l'accroissement irrégulier de ses strates, le poids de l'en-

veloppe, écrasent la partie inférieure de celle-ci dans la masse ignée interne : il en résulte, pour les roches ainsi immergées dans ce magma, une élévation subite de température qui libère (au-dessus de 350 ou 400°) l'eau de constitution et provoque à la fois les éruptions volcaniques et les sources minérales <sup>1</sup>.

Quelle que soit celle de ces théories que l'on adopte, il semble bien qu'elles restent d'accord pour admettre, dans le cours des temps et corrélativement à la marche de la solidification planétaire, l'indice, pour l'eau thermale, d'une véritable évolution souterraine : jadis elle a pu, soit qu'elle descendit plus bas dans l'écorce, soit qu'elle se dégageât plus puissamment du noyau même, dissoudre, puis véhiculer et précipiter de réels et importants dépôts minéraux. Maintenant ce ne sont plus que des parcelles assez faibles de matières qu'elle va puiser, thermo-siphonnante, dans des profondeurs moins lointaines, ou qu'elle élève, plus malaisément, à travers les cassures d'une écorce graduellement épaissie : et c'est ainsi que les dépôts des sources thermales qui fonctionnent encore n'ont qu'une importance des plus faibles.

Peut-on voir là le témoignage d'une agglutination croissante du magma igné interne du globe terrestre, qui réduirait peu à peu, soit le champ clos de la lutte entre le feu souterrain et l'eau venant du dehors (supprimant ainsi les produits résultant de cette lutte), soit la mise en liberté avec effets violents de l'eau de constitution des roches profondes ? Y aurait-il aussi atténuation croissante de l'importance des dislocations et de l'étendue des cassures qui en résultent, si les

1. C'est par une conception analogue que M. Stan. Meunier a voulu expliquer les tremblements de terre, en supposant que des chutes de portions solides de la croûte, dans le bain liquide igné donnent lieu à des vaporisations subites d'eau, provoquant des explosions suffisantes pour ébranler les terrains.

eaux ne descendent plus aussi bas dans les crevasses récentes que dans les anciennes ou ne parviennent à s'y élever qu'avec plus de peine ? A ces questions qu'on ne saurait qu'esquisser, de futures observations doivent seules répondre. D'autant plus qu'au chapitre IV, nous serons conduits, par des considérations d'un autre ordre, à penser qu'au moins dans la partie supérieure de l'écorce terrestre, bien des cassures s'agrandissent de plus en plus !

Quant au pétrole, l'incertitude totale de sa réelle origine et les divergences absolues des nombreuses théories proposées nous interdisent d'en parler.

Enfin le *radium* lui-même est entré en scène pour ce qui touche l'évolution souterraine thermique.

En 1904, Curie (dont la fatalité brutale n'a pas su respecter le génie) annonçait que les sources thermo-minérales transportent les émanations du radium : avec M. Laborde, il montra des gaz radio-actifs aux griffons des sources minérales même froides. Depuis lors il s'est vérifié de plus en plus que toutes les eaux minérales renferment du radium (Garrigou, de Toulouse; Mache, à Gastein, etc.).

Aussi A. Gautier a-t-il posé la question de l'influence du radium sur la genèse des eaux thermales, et indiqué qu'elle « ouvre un large champ de recherches nouvelles à l'activité des chimistes et des médecins ».

Et Gustave Le Bon ajoute même, selon sa théorie de la libération de l'énergie intra-atomique par la dissociation de la matière :

« Cette radio-activité semblerait montrer que, dans les régions du globe d'où ces eaux proviennent, la matière est le siège de dissociations qui ne sont pas étrangères aux tremblements de terre. »

Il est certain que, même si, selon la théorie thermo-siphonnante, les eaux minérales ne nous font retour que d'une profondeur modérée, elles doivent emprunter leur radio-activité à une *évolution* souter-

raine singulièrement active et puissante : en recherchant, comme on le fait déjà, si cela ne serait pas l'effet plus ou moins direct des dissociations naturelles des matières profondes les plus diverses, on est peut-être dans la bonne voie des plus instructives et sensationnelles découvertes (V. ch. VI).

Mais tant d'énigmes sont posées ici, que je dois m'arrêter au bord de l'abîme de stupeur et d'inconnu ouvert devant nous par ce prestigieux radium, avec une profondeur grandiosement plus troublante que les humbles gouffres terrestres, où il nous est, du moins, loisible de pénétrer à présent !

## CHAPITRE III

### L'Eau et la fissuration. — Abîmes. — Cavernes. Résurgences.

Étude scientifique des cavités naturelles du sol. — La spéléologie en Autriche et en France. — Exagérations rectifiées. — La fissuration et les eaux. — Érosion, corrosion, pression hydrostatique. — Pénétration de l'eau. — Nappes et réseaux souterrains. — Absorptions, cavernes, résurgences. — Origine des abîmes. — Effondrements et jalonnements exceptionnels. — Déchéance continue des infiltrations. — Allure des courants souterrains. — Siphons, barrages, lacs et tunnels. — Trop-pleins. — Dangers hygiéniques des résurgences. — Oscillations et crues des eaux souterraines. — Vallées desséchées et fuite de l'eau. — Bassins fermés et captures. — Remplissage des cavernes.

C'est surtout à la suite de l'eau que l'homme a pu, par les voies naturelles, pénétrer le plus profondément et s'instruire le plus efficacement dans la partie supérieure tout au moins du sous-sol terrestre. Aussi l'évolution souterraine de l'eau nécessite-t-elle un développement spécial, et avant tout un résumé<sup>1</sup> aussi concis que possible de l'œuvre et du rôle des eaux souterraines. Quelques dates et noms doivent forcément y être rappelés.

L'étude véritablement scientifique des *cavités naturelles du sol* (grottes, abîmes, sources) n'a commencé qu'en 1774, lorsque Esper eut établi que les gros

1. Extrait du *Compte rendu* du VIII<sup>e</sup> Congrès géologique international. Paris, 1900, t. I, p. 403-419.

ossements des cavernes de Franconie (Gaylenreuth) appartenait à des espèces animales éteintes et non pas à des géants humains<sup>1</sup>. Mais longtemps après et jusqu'à ces dernières années subsistent, au sujet des grottes, une foule d'erreurs et de préjugés. Successivement la paléontologie, l'anthropologie, la zoologie s'aperçurent que les cavernes leur fourniraient de vastes champs d'observations nouvelles. Quant à l'hydrologie, l'Autrichien Schmidl, en 1850, fut le premier à se risquer en barque dans les rivières souterraines du Karst (Recca, Adelsberg, Planina, etc.) et à en dresser, avec l'ingénieur Rudolph, de bons plans topographiques.

Il n'y a pas encore vingt-cinq ans que ses aventureuses investigations ont été reprises sur un plan méthodique d'ensemble en Autriche par MM. Hanke, Marinitsch, Müller, Putick, Hrasky, Ballif, Kraus, Riedel, Kriz, Fugger, Siegmeth, Absolon, etc. Plus récemment (1888), j'ai appliqué avec MM. Gaupillat, pour la première fois, l'usage du téléphone portatif et des bateaux démontables aux explorations souterraines, et inauguré en France la visite méthodique des grands abîmes ou puits naturels. Les découvertes ainsi effectuées et étendues depuis lors sans interruption, dans les différents pays d'Europe, ont, pour ainsi dire, renouvelé de fond en comble la *science des cavernes*, la *Höhlenkunde* des Allemands, qui, sous le nom français de *spéléologie*, fournit chaque année aux sciences naturelles des résultats inattendus, de plus en plus nombreux.

1. Le Prof. S. Günther (*Mundo sotteraneo, Udine*, n° 4, janvier-février 1905) fait remonter l'origine de l'étude des cavernes à Leibniz, qui croyait devoir les attribuer à *des forces volcaniques*. Il considère aussi comme l'un des fondateurs de la spéléologie F.-C. Lesser, à cause de ses *Observations sur la caverne de Baumann*. Hambourg, 1735. En 1748 Nagel descendait dans les gouffres de la Mazocha (Moravie). Piuka-Jama (Carniole), sur l'ordre de l'empereur d'Autriche.



Exploration d'un abîme (Scialet Félix en Vercors, Drôme).

Fig. 6. — Orifice et descente.

Fig. 7. — Arrivée au fond (110 mè.).

Parmi ces résultats, les uns réfutent des hypothèses fausses jusqu'alors acceptées comme vraies, les autres confirment matériellement des théories justes seulement esquissées, beaucoup surtout apportent des notions absolument neuves.

Topographiquement d'abord, on a réduit bien des exagérations : c'est ainsi que la grotte de Saint-Marcel (Ardèche) n'a que 2 kilomètres au lieu de 7 d'étendue, — celle de Mammoth-Cave (Kentucky, États-Unis), 80 ou 100 au lieu de 241; — les plus creux abîmes connus (Trebič : 320 mètres et Kačna-Jama : 305 mètres, dans le Karst ; Chourun - Martin : 310 mètres au moins, en Dévoluy, etc.) ne dépassent guère 300 mètres de profondeur, au lieu des kilomètres qu'on leur attribuait; — les plus vastes cavernes d'Europe sont Adelsberg (11 kilomètres) en Autriche, Höll Loch (Suisse), 9 kilomètres; Agtelek (Hongrie), 8<sup>km</sup>,7; Planina (Autriche), 7<sup>km</sup>,3; Bramabiau (Gard), 6<sup>km</sup>,3, etc.

Ces notions corrigées, confirmées ou nouvelles substituent, selon la vraie méthode philosophique, les vérités observées aux fantaisies souvent absurdes.

Conformément aux idées de Buckland, Arago, Parandier, M. de Serres, Schmerling, Virlet d'Aoust, Desnoyers, Fournet, Daubrée, etc., *les cavités naturelles du sol se rencontrent en principe dans toutes les formations géologiques compactes mais fissurées*, — et les principales causes de leur formation doivent être réduites à deux : la *préexistence des fissures des roches* et le *travail des eaux d'infiltration*.

Ce travail des eaux s'exerce par le triple effet de la *corrosion* (action chimique), de l'*érosion* (action mécanique) et de la *pression hydrostatique* (mise en charge sous plusieurs atmosphères, dans les puits naturels ou les diaclases formant réservoirs).

Il faut retenir avant tout que *les fissures du sol ont été, à l'origine, les directrices générales des cavernes*.



Fig. 8. — Fond d'abîme à rivière souterraine (Creux de Souci, Côte-d'Or.)

Par exception, il y a des grottes d'*entraînement* dans les parties sableuses des *grès* de Fontainebleau ou des *dolomies* des Causses, — de *dissolution* dans les gypses et les *sels gemmes*, — d'*explosion* et de *refroidissement* dans les terrains et coulées volcaniques, etc.

Les tremblements de terre, les anciennes eaux thermales, les expansions de gaz, les décompositions organiques, etc., n'ont pas du tout l'importance qu'on leur a parfois attribuée dans la genèse des grottes.

La controverse sur la prépondérance de l'*érosion* ou de la *corrosion* des eaux est absolument oiseuse : la plupart du temps, ces deux modes d'action s'exercent concurremment ; la corrosion l'emporte dans le gypse et le sel gemme, et l'érosion parmi les grottes des roches volcaniques (silicatées) et des rivages marins. Pour les calcaires, il est impossible de déterminer la part précise de chacun de ces deux modes. En tout cas, *on ne peut plus admettre l'opinion qui voulait que l'action mécanique de l'eau fût écartée comme phénomène générateur des cavernes.*

Les eaux d'infiltration pénètrent dans les sols fissurés propres à la formation des cavernes de deux manières : par *suintement* goutte à goutte dans les fentes menues, même imperceptibles, — par *absorption* en filets ou courants dans les *entonnoirs* (pertes, bétoires, etc.) bouchés et impénétrables, les *cavernes* à pente douce ou rapide, que l'on peut suivre plus ou moins loin, et les *abîmes* ou *puits naturels verticaux*, dernière conquête des spéléologues.

La confusion des nomenclatures des différents pays ou même des diverses provinces d'une seule nation est absolument inextricable, en ce qui touche les points d'absorption, cependant aisés à classer dans l'une des trois catégories ci-dessus.

A l'intérieur des sols fissurés, les eaux s'écoulent en vraies *rivières*, absolument analogues à celles de la

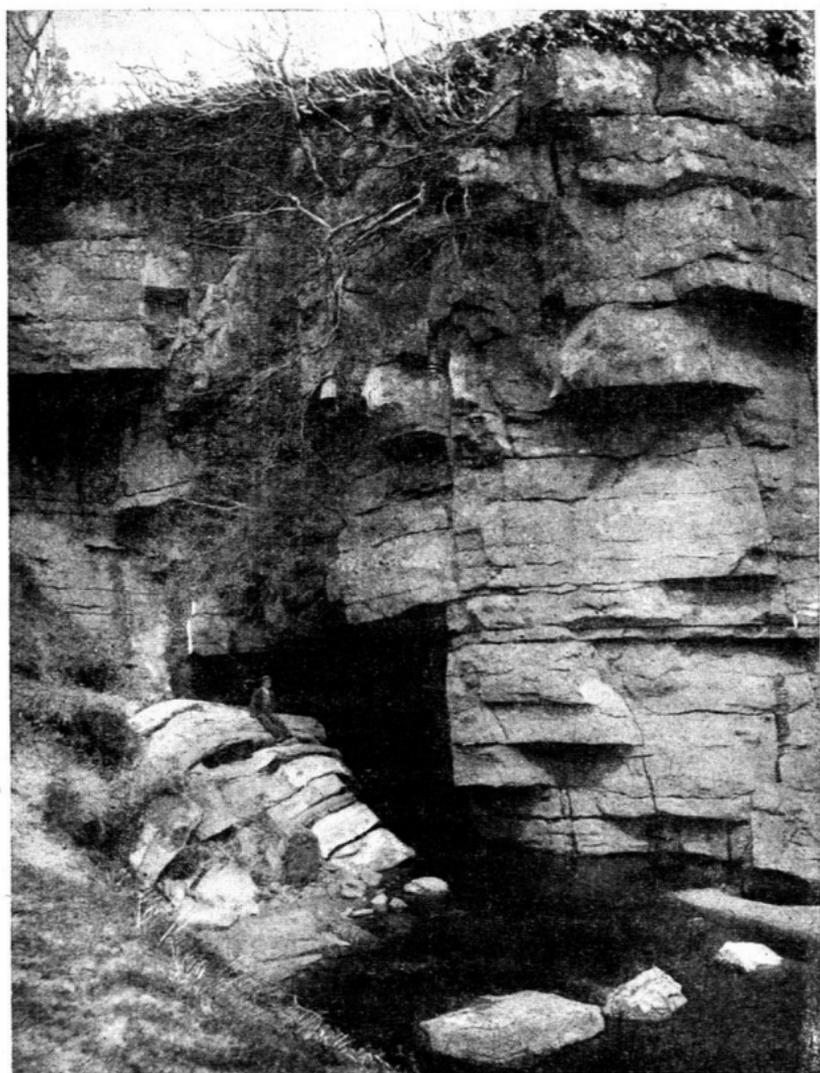


Fig. 9. — Gulf of Aille. Perte de rivière en Irlande (entre les joints et diaclases.) (Phot. Welch.)

surface du globe, par un réseau de canaux convergeant des petits aux grands, avec tous les accidents connus des confluent, cascades, rapides, deltas, ilots, et même petits lacs, le tout sous les voûtes de cavernes tantôt basses jusqu'à être immergées dans l'eau, tantôt élevées jusqu'à 90 mètres (Padirac, Lot; la Recca du Karst) au-dessus du courant souterrain.

Dès 1835, Arago niait l'existence dans les terrains fissurés (calcaires surtout) de véritables *nappes d'eau*, c'est-à-dire de surfaces d'eau continues et étendues dans tous les sens, comme dans les terrains sablonneux (*nappes phréatiques*, artésiennes, Grundwasser, etc.). Daubrée a insisté aussi pour réclamer la proscription du terme *nappes d'eau* dans le calcaire. J'ai matériellement démontré, par mes explorations, combien était juste cette idée des deux grands savants, et je ne cesse de demander, comme eux, qu'on n'applique l'expression *nappes d'eau* qu'aux terrains meubles, fragmentaires, incohérents, détritiques, où il y a réellement *imbibition* de toute la masse, grâce à son peu de cohésion et au rapprochement extrême des interstices.

Il est fâcheux de voir que des ingénieurs distingués, et même encore quelques géologues, s'obstinent à qualifier de *nappes d'eau* les réserves liquides accumulées et circulant dans les poches, les couloirs, les galeries, les cheminées qui séparent les unes des autres, à des distances souvent kilométriques, les parties par elles-mêmes *compactes* (sauf en ce qui concerne l'*eau de carrière*) des polyèdres, que les mouvements de l'écorce terrestre ont découpés dans les calcaires, les craies, etc. Quelques auteurs ont proposé, pour faire l'accord, le terme de *nappes discontinues* : il est inutile d'expliquer comment ces deux mots en bon français sont inconciliables. Et il faudra que, tôt ou tard, nos opposants se résignent à remplacer, pour les terrains fissurés, leurs malencontreuses *nappes*

*d'eau par les réseaux, poches et courants qui sont la vérité empiriquement établie maintenant. C'est ainsi que Vaucluse, l'illustre fontaine provençale, est le débouché d'un fleuve souterrain et non pas l'affleurement d'une nappe, quoi qu'en puisse dire la légende*

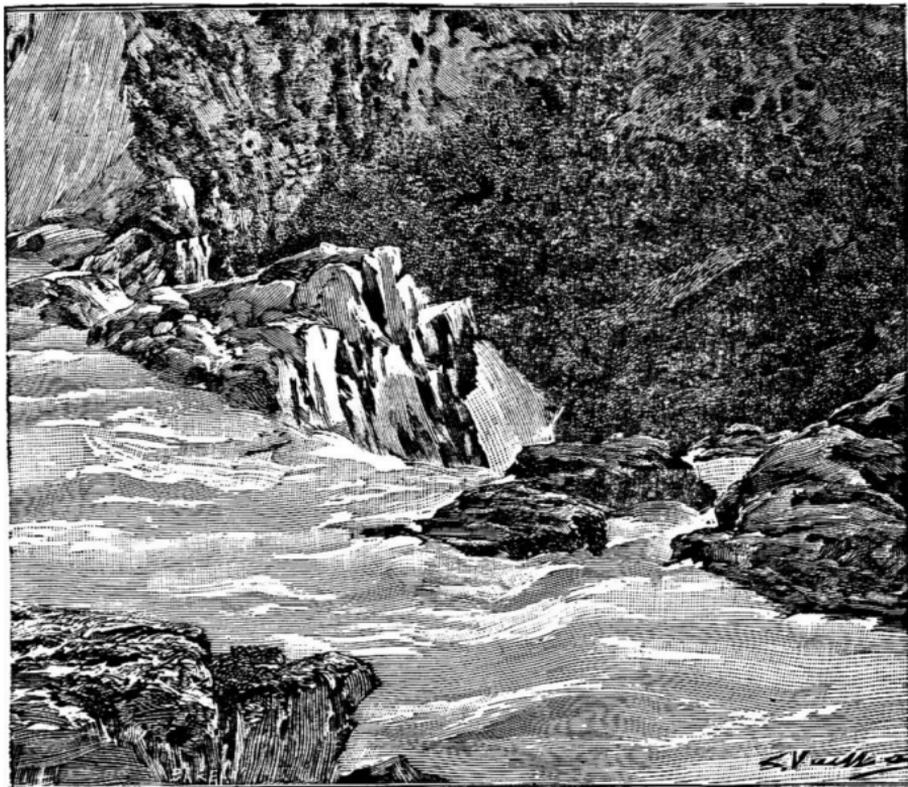


Fig. 10. — Gouffre absorbant de la Ljuta, près Raguse, Dalmatie.  
(Cliché communiqué par le Club alpin français.)

de la feuille *Forcalquier* de la Carte géologique de France au 80.000<sup>e</sup>, etc. Les plus grands lacs souterrains connus n'atteignent pas 100 mètres de largeur, et, dans la forme des réservoirs naturels du calcaire, ce sont toujours longueur, hauteur et étroitesse qui l'emportent de beaucoup.

Les fameux puits de diamant creusés depuis 1894

par Nordenskjöld dans les *granites* de la Suède, où la fissuration avait créé des citernes naturelles inespérées, achèvent de battre en brèche l'extension exagérée de la théorie des nappes d'eau, qui doit se limiter aux terrains meubles ou poreux.

A l'extérieur des sols fissurés, les eaux souterraines effectuent leur sortie en des *points d'émergence* toujours situés, bien entendu, à un niveau inférieur à celui des *points d'absorption*.

Ces points d'émergence sont tantôt impénétrables à l'homme, tantôt, au contraire, ouverts en vastes cavernes, où l'on a pu plus ou moins loin remonter le fil de l'eau à l'intérieur du sol (pendant 7 kilomètres à la grotte de Planina, d'où rejaillit la Piuka, absorbée à Adelsberg). Nous verrons plus loin comment et pourquoi il importe de ne pas considérer ces points d'émergence comme de vraies sources, mais comme des *résurgences* ou *réapparitions d'eaux*.

Résumons d'abord l'hydrologie souterraine des terrains fissurés par la formule suivante :

*Les eaux d'infiltration y sont absorbées par les pertes, abîmes et fissures du sol, emmagasinées dans les cavernes, et rendues ou débitées par les résurgences.*

Et complétons ensuite cette loi générale par certaines autres données non moins essentielles.

L'*origine des abîmes* ou puits naturels, caractérisés avant tout par leur verticalité souvent absolue, a donné lieu aux plus vives controverses.

Les recherches spéciales depuis 1888 ont conduit à cette conclusion irréfutable, qu'il faut les considérer *en principe* comme de colossales *marmites de géant*, formées de haut en bas par l'action chimique et mécanique d'eaux violemment engouffrées dans de grandes *diaclasses verticales*. Mes explorations personnelles, dans toute l'Europe, ne permettent plus aucun doute à cet égard.

La théorie des *orgues géologiques*, qui faisait des

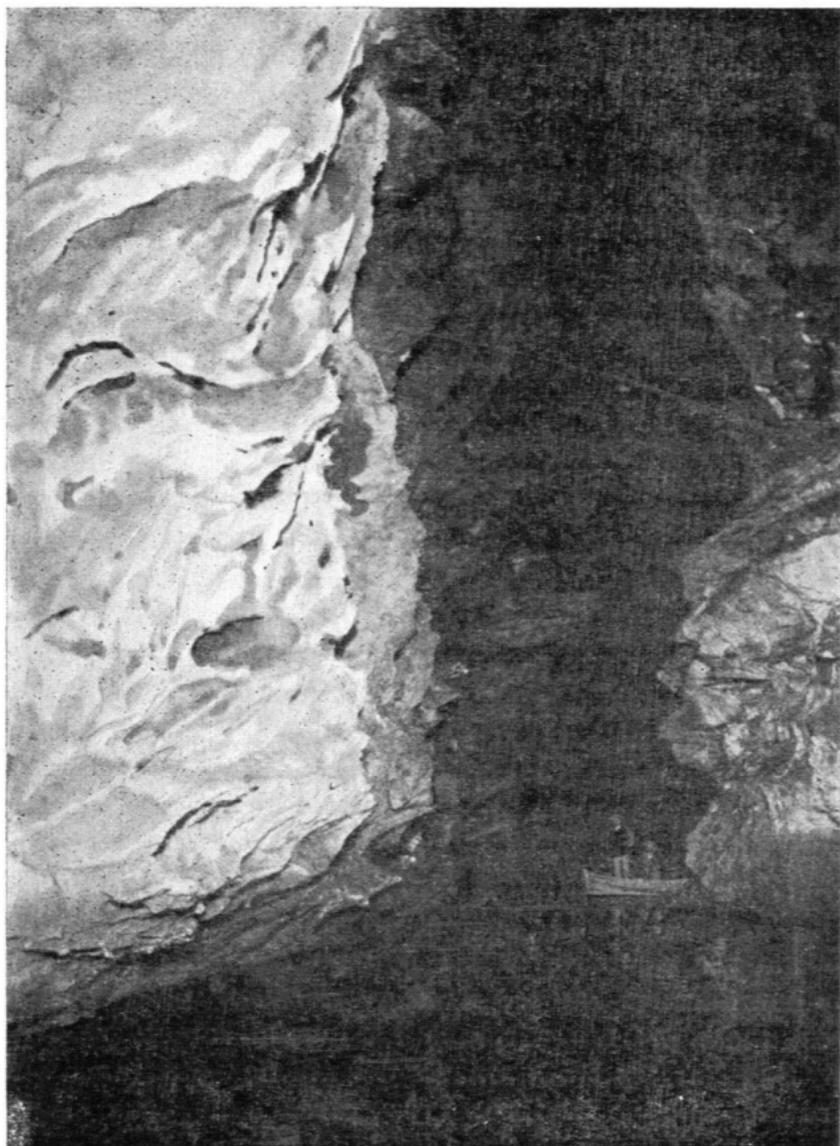


Fig. 11. — Rivière souterraine en haute diaclase; Padirac (Lot).

puits naturels des entonnoirs de *décalcification*, uniquement dus à la corrosion chimique, est, sous cette forme absolue, inexacte ; il faut, pour être applicable, qu'elle laisse (comme dans toutes les cavernes) à l'érosion mécanique la part considérable due à cette dernière. Dans la craie, cependant, elle trouve de justes applications (à Étretat, fig. 14, etc.).

Quant à la théorie *geysérienne*, dans laquelle d'Oma-lius d'Halloy, puis Sc. Gras, Marius Bouvier, Lenthéric, etc., considèrent les abîmes comme des *cheminées* d'éruptions geysériennes, d'éjaculations argilo-sidéro-lithiques, il faut l'abandonner complètement.

Celle des *effondrements*, qui voit dans les puits naturels des affaissements de voûtes de cavernes au-dessus du cours de rivières souterraines, conserve encore beaucoup de défenseurs : elle se justifie, en partie, par l'existence de certains immenses gouffres, comme à Saint-Canzian (Karst), à Padirac (Lot), aux cénotés du Yucatan (Mexique), du Honduras Britannique, du Guatemala et aux hoyos de Colombie, qui sont manifestement des dômes crevés de grottes ; mais les récentes explorations ont établi le caractère *exceptionnel* de cette formation, qui s'applique certainement à moins de 10 % des abîmes actuellement visités !

Il en résulte que la fameuse théorie du *jalonnement*, de l'abbé Paramelle, voyant « sous chaque « rangée de bétoures un cours d'eau permanent ou « temporaire, qui les a *nécessairement* produites », est inexacte. L'expérience l'a formellement prouvé.

Environ les trois quarts des abîmes étudiés n'ont révélé aucune rivière. Très rares sont ceux situés comme Padirac, la Coquillière (Ardèche), Saint-Canzian ou la Mazocha (Moravie) dans l'axe même du cours d'eau souterrain ; beaucoup, au contraire, de ceux qui ont mené à de tels courants y aboutissent latéralement, à angles plus ou moins aigus, par des

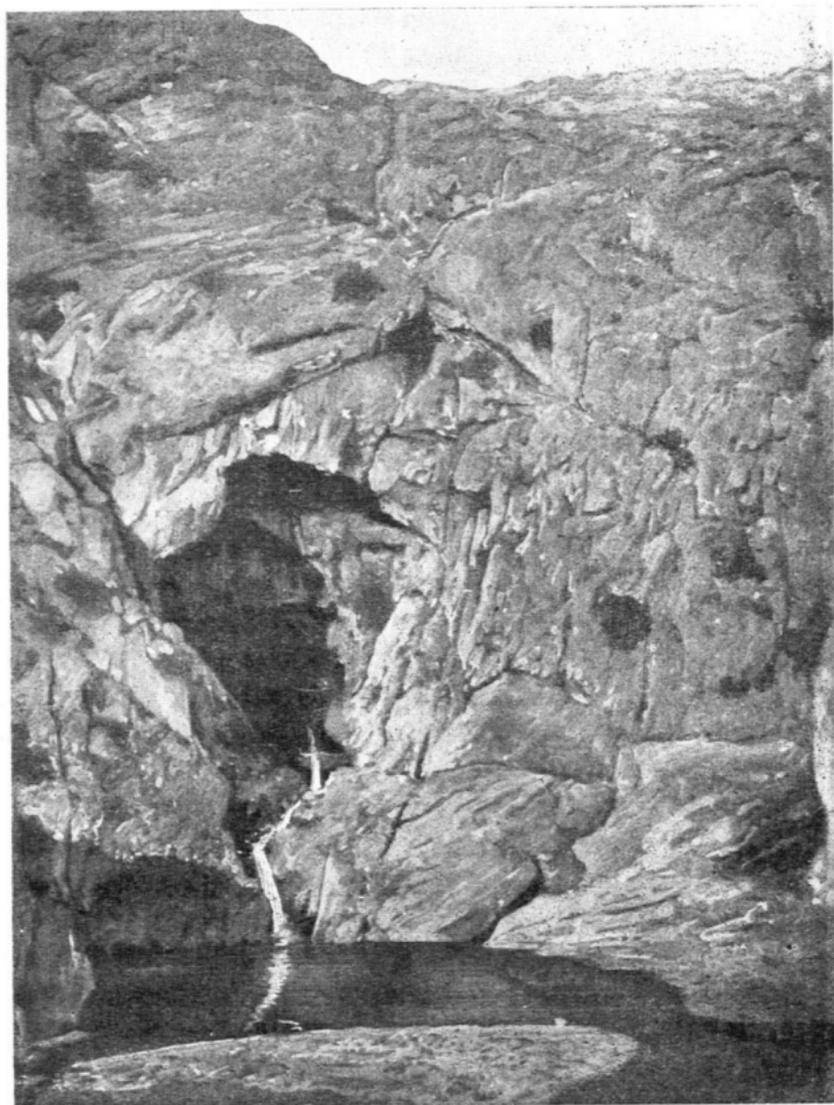


Fig. 12. — Résurgence pénétrable (Cueva del Gato, près Ronda, Andalousie)

diaclasses *greffées* sur l'aqueduc naturel intérieur et indépendant de celui-ci (les Combettes, Lot ; Rabanel, Hérault ; Bétharram, Basses-Pyrénées ; Magdalena-Schacht, Adelsberg). Et si, en dernière analyse, c'est toujours vers ces aqueducs de drainage que les abîmes conduisent les eaux infiltrées, à travers les bouchons de débris divers ou d'argile, qui ferment leurs fonds aux tentatives de pénétration humaine, la communication n'a réellement lieu que par des *tuyautages* étroits, profonds, contournés, et divergeant loin de l'orifice même du gouffre ; caractères restés exclusifs du véritable *jalonnement*.

Comme corollaire de ce qui précède, il faut admettre aussi que les dépressions des plateaux calcaires, classifiées, par les Autrichiens, sous le nom de *dolines* du Karst (*cloups* du Quercy, *sochts* des Causses, etc.), sans qu'on ait pu s'entendre encore sur la définition exacte de ce terme, sont fort loin d'être toujours des *témoins* de cavernes sous-jacentes, obstruées par l'effondrement de leurs voûtes (Kraus, Schmidl, Tietze, etc.) ; beaucoup représentent de simples *points d'absorption*, voire d'ex-lacs ou étangs à écoulement souterrain comblé, colmatés par les apports extérieurs.

A cette question se rattache celle de la formation des cañons par écroulement de cavernes, et des vallées inachevées qui doivent leur origine tant à des causes d'ordre tectonique qu'aux effets d'une infiltration subitement arrêtée ou considérablement diminuée.

L'aspect intérieur des rivières souterraines fournit d'ailleurs toutes les preuves de cette déchéance de l'infiltration. Il montre que les eaux ont, par l'effet de la pesanteur, une invincible tendance à s'enfoncer de plus en plus bas au sein de la roche fissurée, jusqu'à ce qu'elles soient arrêtées par les formations imperméables qui constituent leur *niveau de base* et qui provoquent leur résurgence.

Dans certaines régions, cet enfouissement a déjà



**Fig. 13. — Résurgence impénétrable; source mystérieuse de Gagri, mer Noire, Caucase Occidental.**

produit des disparitions de sources, inquiétantes pour un avenir plus ou moins lointain.

Ressemblant d'une manière générale au cours des rivières aériennes, celui des ruisseaux souterrains en diffère cependant par la nature des trois obstacles spéciaux qui les sèment : 1° les rétrécissements de galeries parfois réduites à quelques centimètres de largeur ; 2° les éboulements intérieurs formant complets barrages, que les eaux doivent traverser ou contourner ; 3° et surtout les abaissements de plafonds, où la roche encaissante est de toutes parts immergée, en *voûtes mouillantes* ou *siphons d'aqueducs*.

Plusieurs géologues ont critiqué l'emploi, à ce propos, du terme de *siphon*, voulant, comme les physiiciens, en réserver l'application au véritable *siphon de laboratoire*, où le tube en U se trouve à la partie supérieure. Théoriquement, ils ont raison, mais pratiquement, personne ne méconnaît que les hydrauliciens nomment également *siphons* les parties d'aqueducs établies en *vases communicants*, pour la traversée des vallées ou des dépressions à franchir entre deux points élevés. Comme c'est exactement le mécanisme du *vase communicant*, la loi de l'équilibre des liquides, qui conduit les eaux des rivières souterraines, d'amont en aval des voûtes mouillantes, par-dessous des masses de rochers immergées parfois jusqu'à 25 et même 50 mètres de profondeur (tels sont les chiffres considérables donnés par la sonde aux siphons de Vaucluse ; Sauve, Gard ; Creux-Billard, Jura, etc.), on ne saurait guère exiger vraiment la proscription du terme de siphon pour les *siphons d'aqueducs* ou *siphons renversés* des canaux naturels du calcaire ; alors qu'il est d'un usage consacré, dans des conditions physiques identiques, pour les amenées d'eau telles que la Vanne (siphons de la vallée de l'Yonne, de Fontainebleau, etc.), de l'Avre (siphon de Saint-Cloud), etc., et pour certains collecteurs d'égouts. D'ailleurs, il

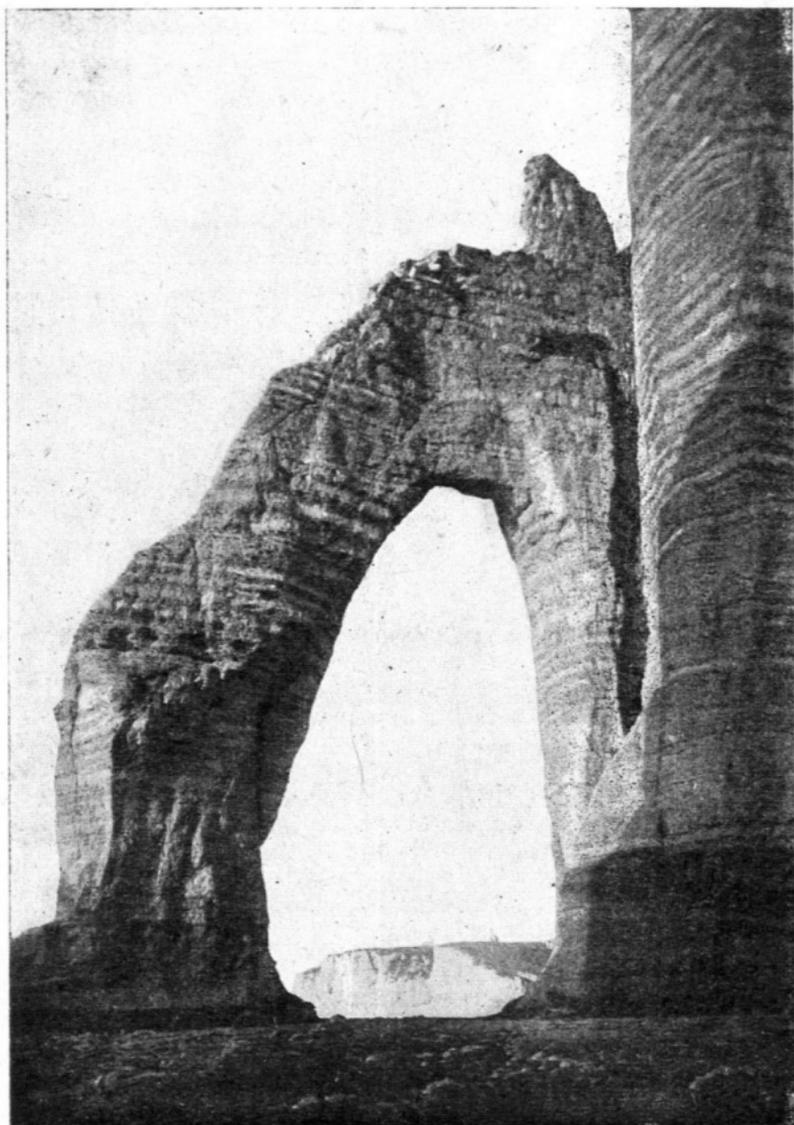


Fig. 14. — Falaises d'Étretat (Seine-Inférieure), arcade d'érosion marine et entonnoir de décalcification dans la craie blanche.

s'est trouvé sous terre de vrais *siphons de laboratoire*, dans des sources *temporaires* visitées en temps de



Fig. 15. — Coupe verticale d'un abîme du Karst.  
(Cliché communiqué par la Société des Touristes Triestins.)

sécheresse (l'Écluse, Ardèche ; Aluech, Aveyron ; Guiers-Vif, Isère, etc.).

Quoi qu'il en soit, les eaux arrêtées dans les cavernes par ces trois sortes d'obstacles et surtout par les voûtes mouillantes (qui en restreignent le débit, parce qu'elles comportent toujours une diminution dans la section de la galerie), s'accumulent en

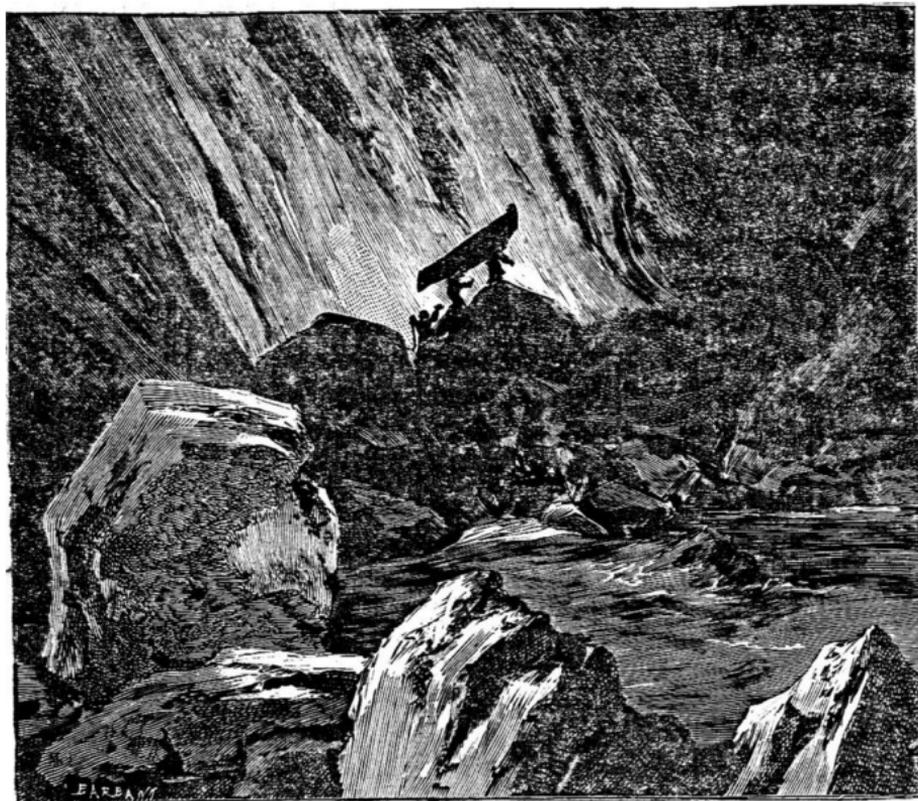


Fig. 16. — Barrage d'éboulement sur la Piuka souterraine à Adelsberg.  
(Cliché communiqué par le Club alpin français.)

amont lors des crues et y forment ainsi les réserves des sources ou plutôt des fontaines du calcaire.

On connaît cependant certains exemples de rivières souterraines, où l'eau absorbée peut être suivie d'un bout à l'autre, sans solution de continuité, sans siphons interrupteurs : Nam-Hin-Boune (Laos, sur 4 kilomètres), Poug (Tonkin), grotte de Douboca

(Serbie), d'Alviela (Portugal), grotte des Échelles (Savoie), Mas-d'Azil (Ariège), Bramabiau (Gard), etc. Mais ce sont là des faits exceptionnels assez rares.

On a souvent rencontré sous terre des *siphons désamorcés*, en des moments de sécheresse, où leurs voûtes n'étaient plus immergées par suite de la baisse des eaux (Marble-Arch, Irlande; Han-sur-Lesse, Belgique; Pisino, Autriche, etc.; d'autres ont pu être tournés, généralement par des *trop-pleins* latéraux, parfois à l'aide de travaux artificiels (à Couvin, Belgique; à Vrsnica, Carniole, en 1887, etc.); M. A. Janet a même eu l'audace de plonger sous un tel obstacle et d'émerger, de l'autre côté, dans le vaste prolongement de la galerie souterraine (à l'embut de Saint-Lambert, Alpes-Maritimes, 1895).

C'est en amont de leurs siphons que les rivières souterraines, après les pluies, peuvent se mettre en *pression hydrostatique*, sur des hauteurs parfois considérables (70 mètres ou plus de sept atmosphères, à la Foiba de Pisino, Istrie, le 15 octobre 1896; et même plus de 100 mètres dans certains abîmes du Karst, celui de Trebič sur la Recca, par exemple); ainsi s'expliquent, en partie, les oscillations de niveau des émergences telles que Vaucluse, la Touvre, la Brème (Doubs), etc. Ces sources dites *vauclusiennes* (à tort, parce que Vaucluse a certains caractères spéciaux qu'on ne rencontre pas ailleurs) devraient être nommées, selon moi, sources *siphonnantes* (*abîmes verticaux émissifs* de Fournet).

Ces siphons peuvent avoir une origine tectonique, quand ils sont dus à des plissements locaux de couches ou à de longues inflexions de strates en *fond de bateau*; dans ces cas, l'eau, suivant le pendage général, remonte forcément par un vase communicant, si les strates qui l'enferment sont, comme pour les nappes artésiennes, tout à fait imperméables ou compactes, au point de ne lui offrir aucune fissure d'échappement

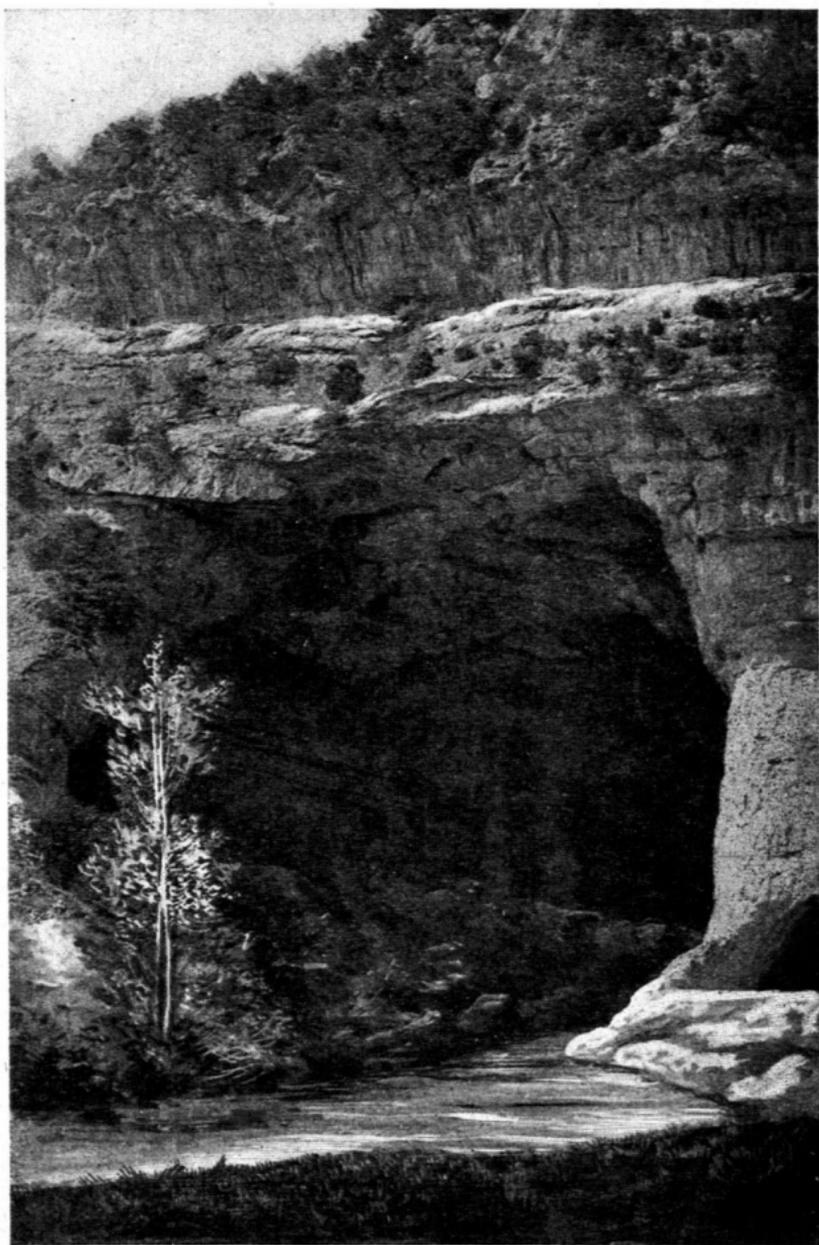


Fig. 17. — Entrée amont du tunnel naturel du Mas-d'Azil (Ariège).

vers des points plus bas. Il en résulte qu'au Loiret, à Vaucluse, au Creux-Billard (Jura), à l'Ouyse et au Limon (Lot), à Bournillonne (Isère), à Sauve (Gard), etc., etc., *les sources du calcaire peuvent ramener les eaux d'un niveau inférieur à celui même où elles sourdent*. Enfin, c'est de cette manière spéciale que naissent, souvent à de grandes profondeurs, des sources sous-fluviales, sous-lacustres (Boubioz d'Anancy) et sous-marines (Méditerranée, etc.), qui sont parfois de puissantes rivières.

Les hygiénistes ont reconnu et les récentes explorations, ainsi que les expériences de coloration à la fluorescéine, ont achevé de prouver que les sources du calcaire ne sont pas de vraies sources, comme celles *filtrée* dans des terrains perméables par imbibition ; il est avéré maintenant que, par les fissures du calcaire et de la craie, les eaux d'infiltration peuvent véhiculer d'amont en aval les germes des plus graves maladies épidémiques, notamment la fièvre typhoïde. C'est pourquoi j'ai proposé de retirer aux grosses fontaines du calcaire la privilégiée qualification de source, et de les nommer *résurgences*, terme qui implique l'idée d'un retour à la surface du sol, après une première circulation extérieure et une seconde intérieure (V. ch. VIII).

J'ai établi aussi que les sources *temporaires* ou *rémittentes*, qui ne jaillissent qu'après les grosses pluies, sont à peu près toutes des *trop-pleins* de sources pérennes et voisines, situées plus bas.

De même, le lac intermittent de Zirknitz (Autriche) est le trop-plein de rivières souterraines qui coulent sous son lit, plus ou moins abondamment selon la précipitation atmosphérique.

Les pluies, en effet, ont une action directe et très rapide sur les eaux souterraines des cavités naturelles de toutes sortes, où l'on a matériellement observé depuis peu d'années l'existence, la fréquence et la

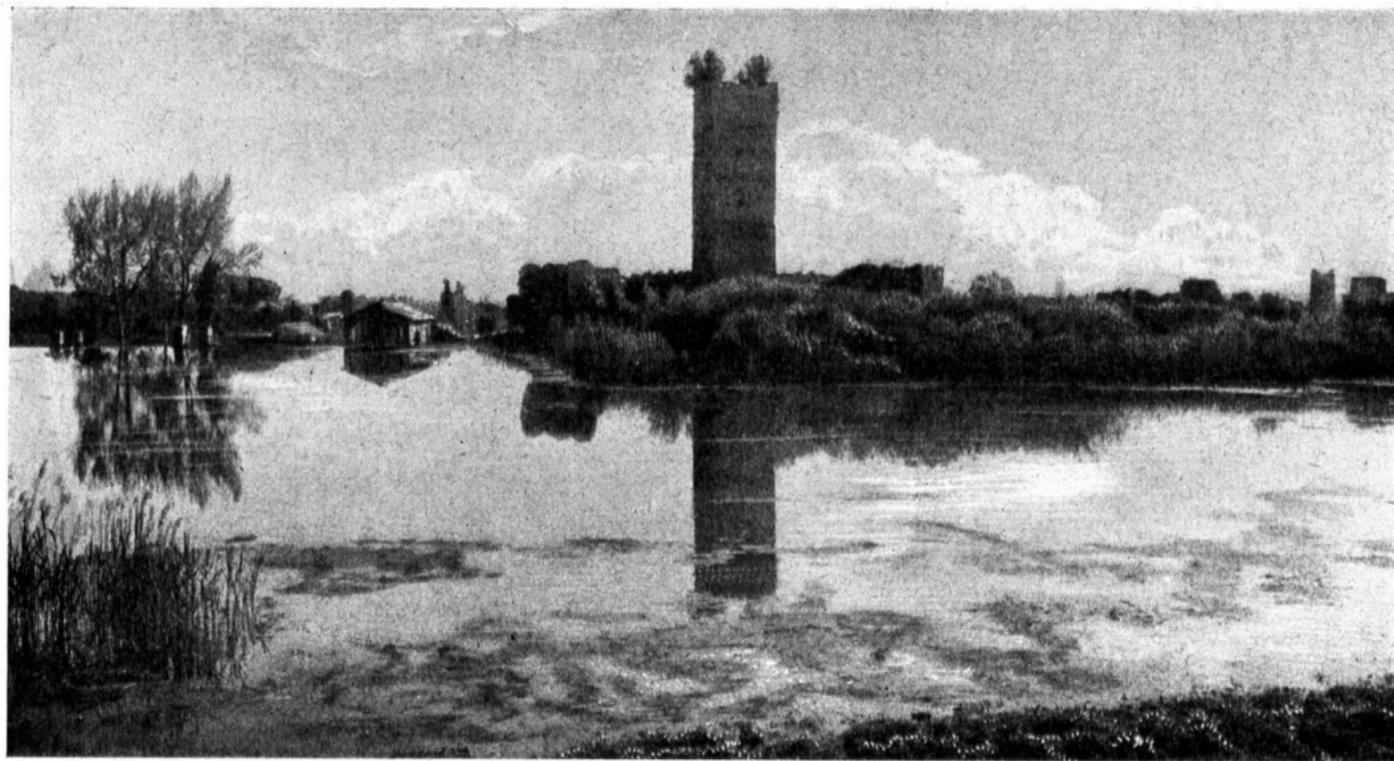


Fig. 18. — Source siphonnante de Ninfa (Marais Pontins).

brusquerie de véritables crues, parfois considérables (à Baume-les-Messieurs, Jura, 1893 ; à Planina, 1887 ; à la Coquillière, 1892 ; au Lur-Loch, Styrie, 1894 ; à Jeurre, Jura, 1899 ; à Padirac, 1896, etc.).

Les variations du régime météorologique se font donc sentir très rapidement, contrairement à ce que l'on a longtemps enseigné, sur les réservoirs de résurgences : cela achève d'expliquer leurs oscillations, *modérées dans une forte mesure par l'action retardatrice des siphons* (voir *suprà*), — et aussi les troubles (argiles boueuses) constatés parfois dans leurs eaux (Vaucluse, janvier 1895 ; Fontaine-l'Évêque, janvier 1895 ; Saint-Chély-du-Tarn, septembre 1900).

Diverses raisons permettent d'énoncer que les grottes aujourd'hui largement ouvertes, d'où sortent encore des ruisseaux accessibles à l'homme (la Balme, Isère ; Bournillon, Isère ; le Brudoux, Drôme ; la grotte Sarrasine, le Lison, la Loue, etc., Jura ; Sarre, Basses-Pyrénées ; Han-sur-Lesse, Belgique ; le Peak, Angleterre ; Planina, Carniole ; Rjéka, Monténégro, etc.), ont été, pendant un temps, la dernière chambre-réservoir, fermée vers l'extérieur, d'un courant souterrain jadis beaucoup plus puissant ; et que, par l'effet de la pression hydrostatique surtout, la cloison rocheuse, qui la séparait jadis du dehors, a fini par être emportée dans une sorte d'explosion hydraulique, qui a laissé béante la grande cavité actuelle.

On a pu pénétrer, en effet, soit par des trop-pleins à sec, soit par l'étroit canal même de sortie des eaux, dans des grottes à orifice extrêmement resserré, en arrière duquel on a presque toujours trouvé un vaste espace, que les eaux de crue remplissent plus ou moins ; dans ces cas, il est avéré que la *bonde* du réservoir souterrain n'a pas encore sauté.

Il est infiniment probable que, derrière les sources siphonnantes (dites vauclusiennes), où l'eau remonte

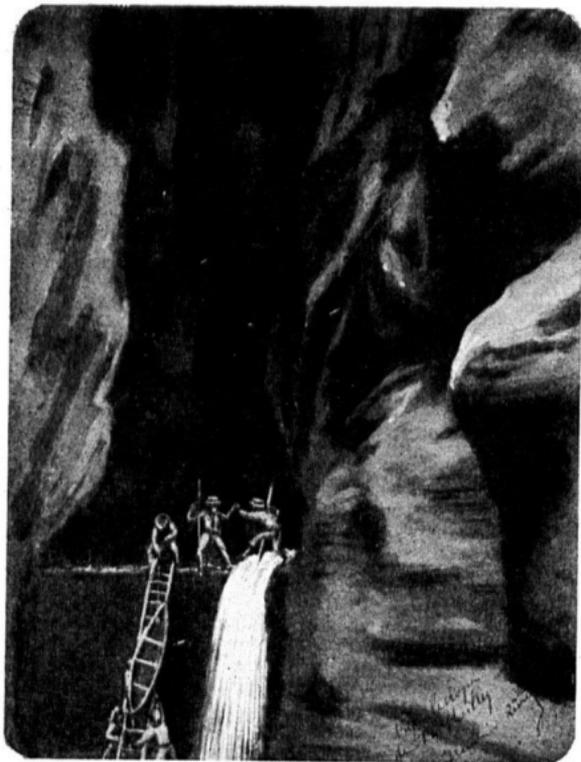


Fig. 19. — Cascade souterraine  
(Bramabiau, Gard).



Fig. 20. — Résurgence à trop-plein temporaire  
(Cholet, Vercors, Drôme).

de plus bas que son point d'émergence, la dernière caverne-réservoir n'a pas encore éclaté, parce que le mur séparatif final reste trop épais, faute d'approfondissement du thalweg extérieur voisin (fig. 21).

Quand, au contraire, les approfondissements de thalwegs se sont peu à peu accrus jusqu'à leur niveau actuel, il en est résulté des conséquences sur lesquelles j'ai attiré tout particulièrement l'attention : j'ai constaté que, dans toutes les formations calcaires de l'Europe, les dépressions, plus ou moins accentuées, des plateaux possèdent presque toutes une pente générale vers les vallées environnantes ; elles présentent le véritable aspect de thalwegs atrophiés, même de fonds de lacs (bassins fermés), dépouillés de leurs eaux courantes ou stagnantes ; or, partout, du Péloponèse à l'Irlande et de la Catalogne au Caucase, on rencontre, dans ces *vallées desséchées* (ou même inachevées), des ouvertures de gouffres et de points d'absorption (avens ou bétaires) en si grand nombre qu'elles imposent l'énoncé de la loi géologique et hydrologique suivante : sous l'influence de diverses causes (agrandissement des fissures sous-jacentes du sol, drainage de plus en plus énergique vers les thalwegs principaux s'approfondissant graduellement, etc.), *il s'est établi une fuite progressive des eaux dans le sous-sol des régions calcaires.*

On assiste encore à la production du phénomène dans les régions humides de l'Irlande, du Derbyshire et de Belgique (calcaires carbonifères) ; on l'observe bien moins souvent dans les Causses (Jurassique), au climat plus sec et aux roches peut-être moins dures. Cependant la vallée de l'Alzou à Rocamadour (Lot) en offre un remarquable exemple.

Il en résulte de toute évidence que de tels plateaux calcaires, maintenant *vrais pays de la soif*, n'ont pas toujours eu la désolante sécheresse dont ils pâtissent de nos jours ; — que jadis des eaux courantes y cir-

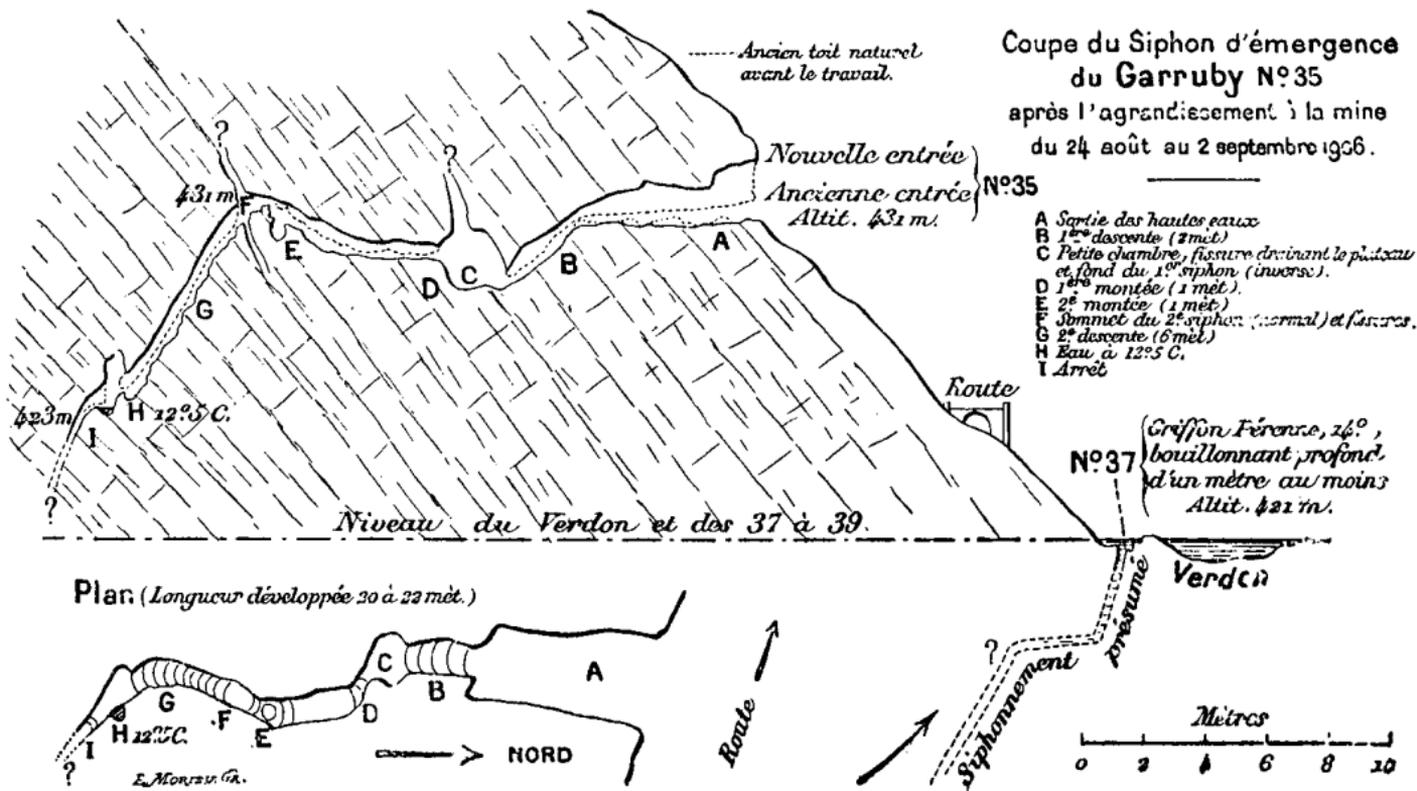


Fig. 21. -- Coupe d'un trop-plein agrandi artificiellement (1906) (Garruby de Fontaine-l'Évêque, Var).

culaient en rivières ou s'y accumulaient en lacs; — que le dessèchement a été provoqué plus ou moins rapidement, à la suite des phénomènes dynamiques, d'ordre tectonique, qui ont ouvert aux eaux les diaclases et autres cassures du sol; — qu'il a été, en maints endroits, activé par le creusement plus rapide de certains thalwegs, devenant des vallées maîtresses

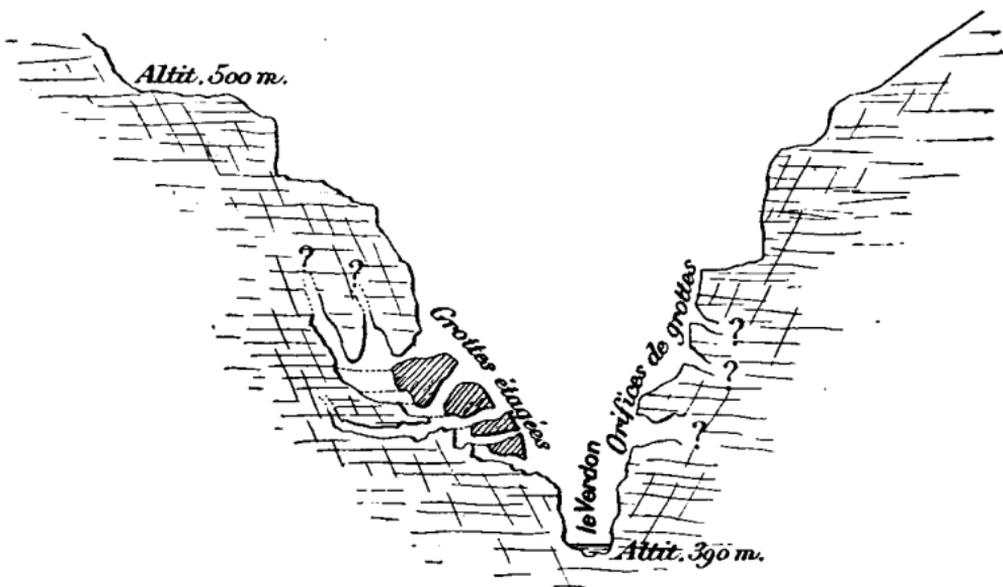


Fig. 22. — Approfondissement d'un canon avec abaissement graduel des eaux souterraines drainées. (Gorges du Verdon à Baudinard, Var.)

et soutirant, par les cavernes-sources étagées sur leurs rives, des eaux enfouies sur les plateaux latéraux (fig. 22); — et que les abîmes et autres absorptions, actuellement à sec, doivent être considérés comme les points de vidanges d'anciens fleuves, lacs et même mers.

Les phénomènes contemporains de lacs à doubles émissaires (superficiel et souterrain) du Jura et du Karst, les *moulins de la mer* d'Argostoli (île de Céphalonie), les *bassins fermés* (Kesselthäler) à Ponors et Katavothres de Bosnie-Herzégovine et de Grèce, les rivières souterraines en général, les *captures* souter-

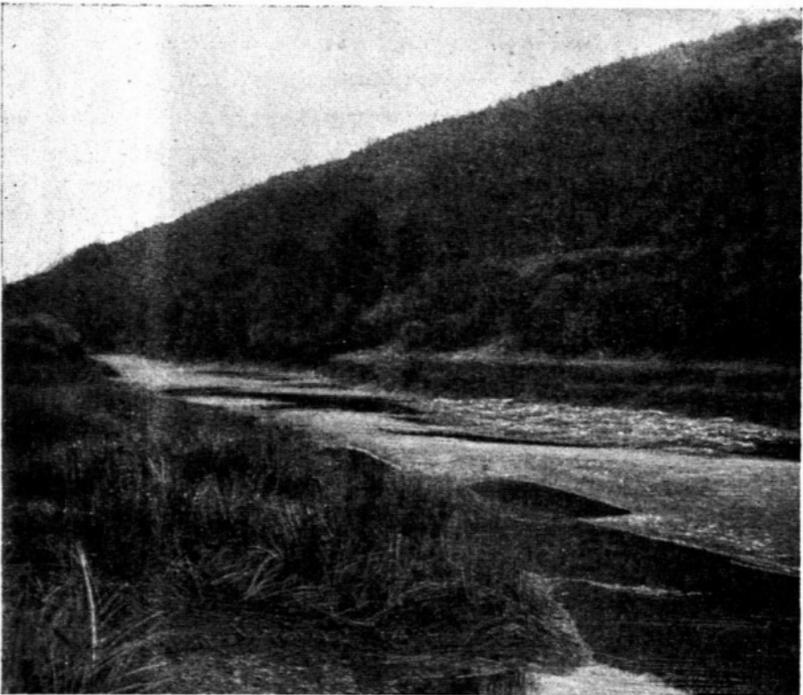


Fig. 23. — Plateau à entonnoirs absorbants (Arabika, 2.000 mèt.; Caucase Occidental).

Fig. 24. — Pertes et capture du Danube à Immendingen (duché de Bade).

sciences de la terre  
JUSSIEU  
CADIST

raines du Danube par l'Aach et le Rhin (fig. 24), près Constance, du Doubs par la Loue (Jura), de la Loire par le Loiret, du Bandiat et de la Tardoire par la Touvre (etc.), les profondes cluses desséchées, comme celle de la Nesque, qui a dû être l'ancien écoulement aérien de Vaucluse, etc., sont quelques-uns des faits à l'appui des propositions qui précèdent.

Les preuves abondent donc de l'évolution qui, dans les pays calcaires, a substitué à une ancienne circulation superficielle très développée, une circulation souterraine actuelle très restreinte. C'est la loi, fort grave pour l'avenir, de l'enfouissement constant des eaux dans l'écorce terrestre et du lent et inévitable dessèchement de celle-ci !

Un autre phénomène évolutif des cavernes, subordonné surtout aux écoulements de l'eau, est celui qui tend à leur obstruction. Sur le *mode de remplissage des cavernes*, si bien esquissé en 1842 par Desnoyers, on doit abandonner les vieilles idées de cataclysmes et d'inondations diluviennes, et considérer le remplissage comme effectué surtout par l'introduction des terres superficielles à travers les fissures des voûtes de grottes, sous l'influence de précipitations atmosphériques plus abondantes qu'à présent. A ces deux principes généraux, il faut ajouter les détails suivants :

Le remplissage s'opère différemment suivant la nature des cavités, et ne saurait être le même pour les abîmes et autres points d'absorption, que pour les grottes des résurgences, par exemple. Il y a lieu de distinguer, et de ranger dans l'ordre d'importance que voici, les différents facteurs du remplissage :

1° Apports extérieurs (anciens ou contemporains) par les fissures des voûtes ;

2° Éboulement par délitement des roches encaissantes, sous l'action des eaux d'infiltration ;

3° Effondrements par grandes masses, dus surtout aux rivières souterraines ;

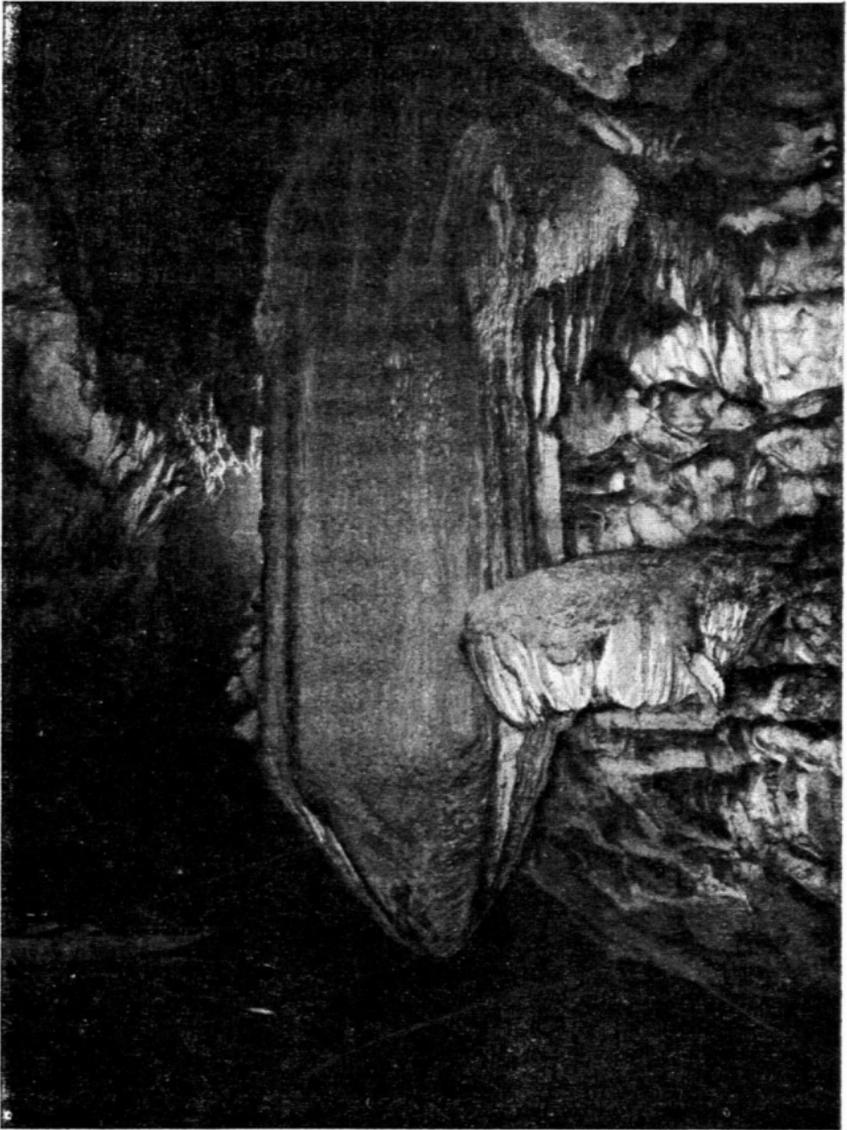


Fig. 25. — Remplissage d'une rivière souterraine par les stalactites  
(Padirac, Lot).

4° Décalcification produisant la terre rouge (entraînement du carbonate de chaux des roches encaissantes par les eaux chargées d'acide carbonique, et mise en liberté de leur silicate d'alumine, oxyde de fer, etc.);

5° Obstruction par les stalagmites et stalactites ;

6° Entraînement d'alluvions extérieures et de débris organiques dans les abîmes et points d'absorption ;

7° Formation de tufs au débouché des résurgences ;

8° Amoncellement de neiges et glaces dans les puits à neige et les glaciers naturelles ;

9° Amoncellement des ossements d'animaux (tomés ou jetés, vifs ou morts) dans les abîmes.

Tel est le résumé, très sommaire, en ce qui concerne l'hydrologie, des notions scientifiques acquises sur les eaux souterraines au début du xx<sup>e</sup> siècle.

Le chapitre suivant va en développer les principaux éléments *évolutifs*.

## CHAPITRE IV

### Évolution de l'Eau souterraine.

L'eau prisonnière, de carrière ou de constitution. — Doutes sur la profondeur atteinte par l'eau libre. — Cycle de l'eau libre, ruissellement, évaporation, infiltration. — Importance de l'infiltration. — Terrains imperméables et perméables. — Perméabilité indirecte (infiltration). — Perméabilité directe (imbibition). — Substitution des réseaux et courants aux nappes dans les terrains fissurés. — Terrains détritiques. — Porosité. — Captures. — Leur âge. — Évolution de la circulation; sa transformation de superficielle en souterraine. — Infiltrations des ères secondaire et tertiaire. — Age des cavernes. — Vitesse de la fuite des eaux. — Déchéance des écoulements. — Dessèchement de la terre. — Controverse sur sa rapidité. — Absence de déluge universel. — Vallées mortes et abîmes morts. — Causes du dessèchement. — Loi de Brückner. — Approfondissement continu des fissures du sol par les eaux souterraines. — Rapidité générale de l'érosion. — Preuves historiques du dessèchement. — Faits exceptionnels d'érosion lente. — Écroulements et vallées d'effondrement. — Allure générale de la circulation souterraine. — Idées de Sénèque. — Rivières, sources et pertes sous-marines. — Moulins de la mer d'Argostoli. — Théorie marine des volcans. — Adaptation du réseau des fissures à l'évolution de la matière, de la vie, de la pensée.

« Le secret de tous ceux qui font des découvertes est qu'ils ne regardent rien comme impossible. »

(Gustave LE BON, *Évolution de la Matière.*)

Le résumé qui précède a établi comment, dans le domaine de l'eau, autrement dit sous le rapport hydrologique, l'on a acquis dès maintenant, et par *constatations empiriques*, le plus de notions certaines sur l'évolution souterraine.

Toutefois, il y a lieu de faire des réserves sur un certain état de l'eau, celui où elle est comme latente, retenue prisonnière dans la masse même des roches, au point que l'on ne peut l'en extraire que très artificiellement. En cet état insaisissable, on la nomme *eau de constitution*, *eau de carrière*, *eau de mine*.

On a calculé que la proportion de l'eau de carrière peut s'élever à 30 % du volume dans l'argile, de 2 à 5 % dans le calcaire et le granite et descendre à 0,1 % dans le silex, etc.

S'il est vrai qu'il n'est point de roche qui ne contienne une certaine proportion d'eau de constitution, on ignore en fait jusqu'à quelle profondeur (10 à 300 km. ? V. p. 37), elle peut subsister liquide. Mais il apparaît bien que c'est sa volatilisation, produite par la thermique interne, qui a, sous forme de vapeurs, contribué à introduire dans le noyau terrestre la force élastique nécessaire à l'émanation des filons métalliques et des anciennes sources thermo-minérales.

Dans sa théorie sur la genèse des eaux thermales, Armand Gautier (V. p. 50) a distingué *l'eau de constitution* des roches de l'eau de *carrière* de Delesse, par ce caractère précis, que la première *ne s'échappe pas de la roche préalablement pulvérisée, même à 200° et dans le vide*; l'eau primitive totale, chimiquement combinée aux éléments des granites, gneiss, basaltes, porphyres, etc., ne s'en dégage, d'après les expériences de M. Gautier (1899-1901), qu'à 350 ou 400° dans le vide. Mais il reconnaît bien cependant que « l'atmosphère envoie dans les profondeurs son oxygène et ses eaux météoriques, d'abord entraînées à travers les terrains par la pesanteur et la capillarité ». Dans la zone inférieure chaude, les infiltrations sont attirées par les silicates déshydratés de matériaux vitreux, déjà en partie privés de leur eau de constitution; elles remplacent celle-ci par l'affi-

nité des combinaisons chimiques, et ne peuvent remonter à la surface, comme sources thermo-minérales, que lorsqu'une évolution, résultant des mouvements de pression de l'écorce, la libère sous forme d'hydrogène au-dessus de 350 à 400°.

Ainsi, et même dans l'hypothèse hydro-thermale de M. A. Gautier, on peut affirmer qu'à l'état libre toute eau vient de l'extérieur du globe, où elle est perpétuellement en mouvement dans le cycle, actionné par la chaleur solaire, qui évapore les mers, compose les nuages, résout les pluies et renvoie les sources et cours d'eau aux Océans.

Seulement en *ruisselant*, en s'étalant sur le sol, l'eau n'est pas sollicitée seulement par l'évaporation ; en de nombreux points, *bien plus fréquents qu'on ne l'a cru jusqu'à présent*, elle rencontre les lèvres presque closes ou les bouches largement ouvertes de toutes ces cassures, dont l'irrégulier réseau hache et strie la surface de la croûte du globe. Et, par tous ces points, minuscules pores ou grands vides béants, l'eau s'absorbe et descend sous le sol ; la pesanteur, en présence des solutions de continuité de la roche, remplace le *ruissellement* superficiel par l'*infiltration* souterraine. Vainement on a cherché à déterminer la part proportionnelle de ces trois facteurs du cycle de l'eau libre : *infiltration*, *ruissellement*, *évaporation*. Le calcul en est impossible, parce que ses éléments varient partout et essentiellement, selon les climats et surtout selon la nature du sol. C'est depuis vingt ans à peine qu'on a établi combien l'infiltration a une importance singulièrement plus considérable qu'on ne l'imaginait antérieurement. Dans plusieurs ouvrages, auxquels je ne puis que renvoyer, j'ai accumulé, sur ce point et ses conséquences, de nouvelles preuves basées sur des milliers d'explorations, recherches et observations. Il en découle la synthèse suivante.

Parmi les nombreuses fentes ou trous qu'elle ren-

contre, l'eau extérieure pénètre par infiltration à travers les terrains crevassés ; elle est l'agent par excellence de l'élargissement des cassures, et celles-ci lui fraient les voies, par le double et colossal travail de la dénudation superficielle et des creusements souterrains. Il est vrai que toutes les formations ne s'y prêtent pas également : ainsi les roches siliceuses, granites, produits volcaniques, schistes argileux, etc., même quand elles sont fissurées, ne sont pas aussi activement ruinées et minées par l'eau courante que les pierres calcaires ou crayeuses ; car celles-ci d'une part, ont eu bien plus à souffrir du crevassement, qui les a hachées en lithoclastes de toutes espèces, de toutes tailles et de toutes directions, et, d'autre part, elles sont aussi bien plus sensibles à l'un des trois moyens d'action mis en œuvre par l'eau désagrégante : la *corrosion*, c'est-à-dire l'action chimique, l'effet rongeur exercé sur le carbonate de chaux par l'eau, qui contient toujours une petite proportion d'acide carbonique, emprunté à l'atmosphère ou aux matières organiques entraînées ou traversées. Sur les éléments siliceux, la corrosion n'a guère d'effet, et l'eau ne procède plus, à leur égard, que deux moyens d'attaque : l'*érosion* ou effort mécanique (considérablement accru par les fragments rocheux ou sableux, que l'eau détache et emmène pour en faire de l'émeri) et la *pression hydrostatique*, qui dilate les crevassements.

Cette divergence dans la manière d'être des roches, par rapport à la pénétration de l'eau, a fait distinguer les terrains *imperméables* des terrains *perméables* : dans les premiers (argiles, marnes, schistes et toutes les roches compactes peu fissurées), le ruissellement et l'évaporation l'emportent de beaucoup et deviennent même parfois exclusifs sur de grandes étendues de sol ; — dans les seconds (craies, calcaires, grès et toutes les roches fissurées), l'infiltration soutire au profit du sol une grande partie et, par places, la tota-

lité des eaux courantes. Ici, d'ailleurs, il convient de rappeler qu'on reconnaît deux classes de terrains perméables, selon une distinction des plus importantes au point de vue de l'hygiène publique (V. chap. VIII) : 1° les terrains d'*infiltration* proprement dits, ou de *perméabilité indirecte*, parce que l'eau les traverse, non pas dans toute leur masse, qui est constitutionnellement compacte (spécialement dans les calcaires), mais seulement par les fissures qui l'ont multisectionnée ; c'est la *perméabilité en grand* de Daubrée ; l'eau s'y propage par *suintement* ou *écoulement* ; — 2° les terrains *détritiques* ou de *perméabilité directe* (sables, arènes, graviers, éboulis, galets, moraines, scories), où l'eau pénètre partout entre les moindres interstices, en enveloppant chacun des fragments non cohérents ; c'est la *perméabilité en petit* de Daubrée ; l'eau s'y propage par *imbibition* de toute la masse, à tel point que, dans certains sables, les vides peuvent s'élever à près de 50 % du volume et contenir jusqu'à 20 % d'eau en *poids*.

C'est aux points de vue pratiques de l'utilisation des eaux et de la défense des mines et tunnels (contre les nappes artésiennes et les sables bouillants), disons-le en passant, que cette dernière subdivision présente surtout de l'intérêt ; les terrains d'imbibition, en effet, possédant, en général, des *nappes* d'eau plus pures que les *courants* ou les *réseaux* souterrains des terrains de suintement.

Et les sables se laissent entraîner parfois jusqu'à produire des désastres. Mais ce sont là des faits spéciaux, artificiels ou accidentels en quelque sorte, qui ne relèvent que de l'intervention humaine et de la satisfaction de ses besoins.

Quant à l'évolution souterraine naturelle, les terrains détritiques ne forment guère une classe à part : ils ne sont que la résultante de l'évolution des autres, puisque leurs éléments proviennent aussi bien de la

désagrégation des roches imperméables que de la trituration des roches perméables fissurées (V. p. 23). Tant il est vrai que les classifications pédagogiques exagérées ne valent absolument que pour l'objectif spécial, ou la pétition de principe spécieuse, qui a provoqué leur conception souvent fantaisiste.

On a longtemps cherché à distinguer la *porosité* de la perméabilité, et prétendu qu'un corps ne peut être perméable sans être poreux, mais qu'il peut rester imperméable malgré sa porosité. Telle l'argile, très poreuse à cause de la finesse de son grain, devient imperméable dès qu'elle est saturée d'eau.

Dans cette théorie, ce serait selon la grandeur des pores ou interstices que les corps sont perméables, poreux, imperméables.

La porosité s'intercalerait donc entre la perméabilité d'interstices (directe, en petit) et la perméabilité de fissures (indirecte, en grand).

La craie blanche a été longtemps citée comme la roche poreuse par excellence, à cause des vacuoles ou petits vides imperceptibles qu'elle contient; mais, dès 1872, Prestwich a établi que c'est surtout grâce à ses fissures qu'elle est perméable. D'autre part, les grès dits *poreux* semblent ne laisser passer un peu d'eau que par les interstices dus à la dissolution de leur ciment calcaire. Les grès vraiment perméables le sont (comme les granites) par fissuration.

En fait, la seule roche véritablement poreuse qu'on puisse citer, paraît être la *domite*, ce produit éruptif spécial et limité, qui compose cinq des puys des environs de Clermont-Ferrand et se rencontre aussi au Cantal, au pic de Teyde (à Ténériffe, etc.). Elle est si avide d'humidité que, plongée dans de l'eau, elle l'absorbe avec un véritable petit sifflement et un considérable dégagement de bulles d'air.

De nombreuses expériences (Breuillé, Baldwin-Wiseman, Ellms) sur la vitesse de la pénétration de

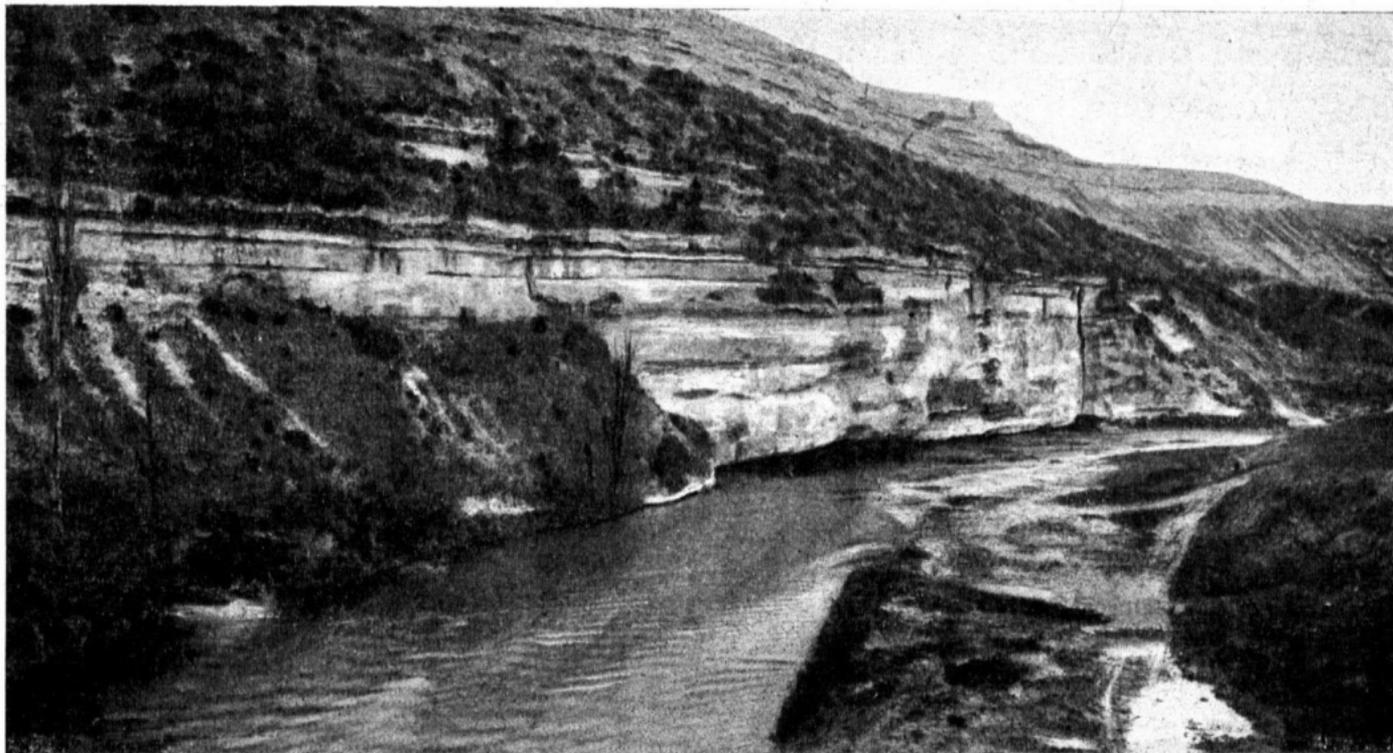


Fig. 26. — Capture du Thoré à Caucalières (Tarn), par les joints de stratification de sa rive droite.

l'eau à travers les roches, ont révélé des complications extrêmes et mal éclaircies, dues aux effets de la capillarité et de la mise en charge.

Bref, il est désormais prouvé empiriquement que les absorptions de l'eau dans les fissures du sol ont eu pour conséquence directe, et relativement rapide, la transformation progressive, *évolutive*, surtout dans les régions calcaires et crevassées, des dites fissures en gouffres, abîmes, pertes et cavernes. C'est le phénomène connu sous le nom de *capture*, soit des eaux de pluie au début même de leur ruissellement, soit des cours d'eau déjà bien formés, et ayant circulé quelque temps sur des terrains imperméables, avant de venir se perdre au premier contact des roches perméables. Il en résulte que, dans les contrées de la terre les mieux prédisposées aux captures de l'eau, la circulation hydraulique extérieure a toujours tendu et tend de plus en plus à se transformer en circulation souterraine.

Sur l'époque où les captures ont pu commencer, on ne sait rien de plus que sur l'âge même des fissures : il est de toute évidence que le début des absorptions est absolument consécutif à la formation des crevasses ; dès que celles-ci se furent entr'ouvertes, l'eau se garda bien d'attendre pour y pénétrer.

Nous avons vu (p. 24) qu'on peut reculer jusqu'à l'époque secondaire tout au moins les plus anciens puits naturels et phénomènes connus, relatifs à la circulation et au travail des eaux souterraines.

Ceux d'âge tertiaire ne manquent pas non plus. Dès 1888-1889, M. H. Schardt exposait que le Jura, exondé à l'époque éocène et au début de l'oligocène, voyait s'opérer alors une active infiltration et une puissante érosion souterraine ; qu'elles durent s'arrêter pendant l'immersion miocène ; puis reprendre, lors de l'émersion pliocène, en débutant par des déblaiements considérables. Waldschmidt a

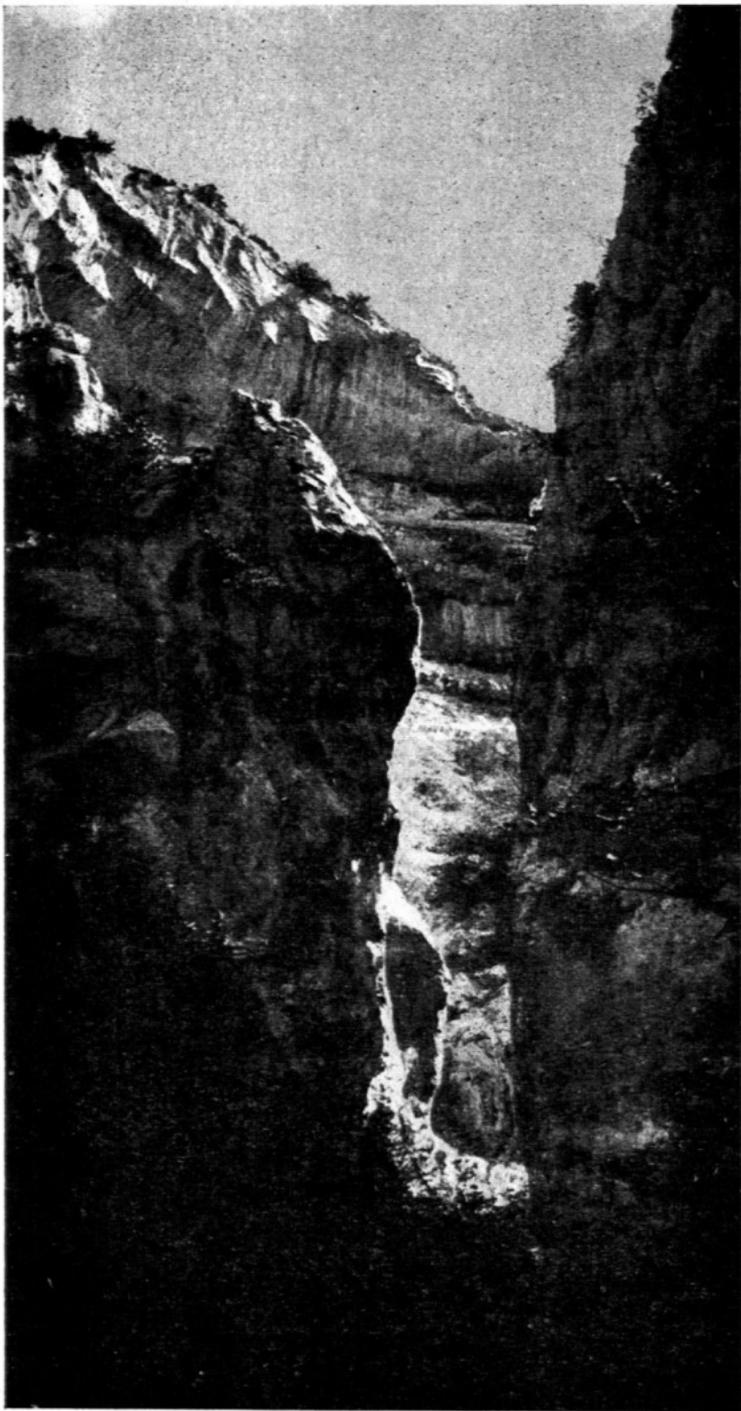


Fig. 27. — Approfondissement, rétrécissement et dessèchement  
du cañon de la Nesque (Vaucluse).

montré (1903) que, près d'Elberfeld (Westphalie), une vingtaine de dépressions dans le calcaire dolomitique sont des effondrements produits, à l'époque tertiaire, par la chute des voûtes de cavernes; remplis de sable dès leur ouverture, ils se sont conservés intacts.

David Martin (avec M. Depéret) a fourni (1900) les preuves de l'âge pliocène de la gorge du Régalon, au Lubéron (Vaucluse).

Et j'ai fait voir (1902) comment la gorge de la Nesque, l'enfouissement de ses eaux, les avens et la fontaine de Vaucluse doivent remonter (par captures souterraines) aux époques miocène et pliocène.

J'ai même fini par me rendre compte que les situations topographiques paradoxales de nombre de bouches de grottes ou même d'avens fort élevés, sur des crêtes, et d'origine en apparence peu explicable dans l'hypothèse de l'absorption de haut en bas (substituée à celle de l'affaissement de bas en haut), n'étaient pas autre chose que les témoins d'une hydrologie ancienne beaucoup plus abondante que celle de nos jours; ainsi l'aven de l'Egue, sur le Causse Noir (Aveyron), un des plus caractéristiques gouffres en *bouteille absorbante* que je connaisse, est au sommet d'une des bosses du Causse; il en est de même de plusieurs gouffres des plateaux du Lot, de Vaucluse, de Canjuers (Var), des grottes de Velburg (Bavière), Mitchelstown (Irlande), Eprave (Belgique), du Quéroy (Charente), d'Altamira (Espagne), etc., etc. Ces *engouffroirs*, actuellement surélevés, étaient jadis sur des rives, ou sur des hauts fonds, de lacs ou courants maintenant taris, et ce sont souvent les mouvements tectoniques, les plissements du sol, qui en ont rompu, déchiré la crevasse primitive, dans la convexité étirée, trop tendue des *anticlinaux*. Les eaux qui (avant, pendant ou après la dislocation) recouvraient le sol, s'y sont infiltrées dès qu'ils furent



Fig. 28. — Enfouissement et rétrécissement du cours souterrain de l'Alviella (Portugal). (Passage d'un large joint à une étroite diaclase.)

entr'ouverts et n'ont point tardé à les transformer en gueules d'abîmes et de cavernes, actuellement émergées, *suspendues en l'air* en quelque sorte, par suite de la descente ou retraite des eaux; celle-ci fut provoquée soit par le phénomène général de dessiccation, soit par l'approfondissement progressif de vallées drainantes des environs, soit par les mouvements locaux de surélévation du sol, abaissant le niveau de base desdites vallées (très probablement par les trois causes réunies).

Il ne faudrait pas en conclure cependant que, d'une manière générale, les cavités naturelles du sol aient été creusées à l'époque tertiaire; il en est de beaucoup plus récentes; un grand nombre même continuent à s'approfondir de nos jours: ce sont celles, très souvent à plusieurs étages, où un cours d'eau plus ou moins actif (fleuve à Saint-Canzian d'Istrie, ruisseau à Sare, Basses-Pyrénées) s'est de plus en plus étroitement abaissé dans les fissures du calcaire; ces cavernes-là *vivent* encore (Piuka d'Adelsberg; Bournillon, Isère; Bétharram, Basses-Pyrénées; Sorèze, Tarn; Han, Belgique; Ingleborough, Angleterre); d'autres achèvent de *mourir* en s'obstruant (Padirac, Lot; Agtelek, Hongrie; Hermann's-Höhle, Allemagne), et la plupart sont tout à fait *mortes* (Lombrive, Ariège; Saint-Marcel, Ardèche; Dargilan et Nabrigas, Lozère; Miremont et Lacave, Dordogne; Collepardo, Italie; Arta, Baléares; la majeure partie des Katavothres du Péloponèse et des *abîmes*).

Bref, le creusement des cavernes, surtout hydrologique, ne saurait être limité à la seule époque quaternaire, comme on l'a trop longtemps professé: c'est un phénomène de longue étendue qui, avec une considérable déchéance, se continue sous nos yeux.

Ceci posé, il y a lieu de se demander quelles données l'on possède sur la vitesse avec laquelle s'est

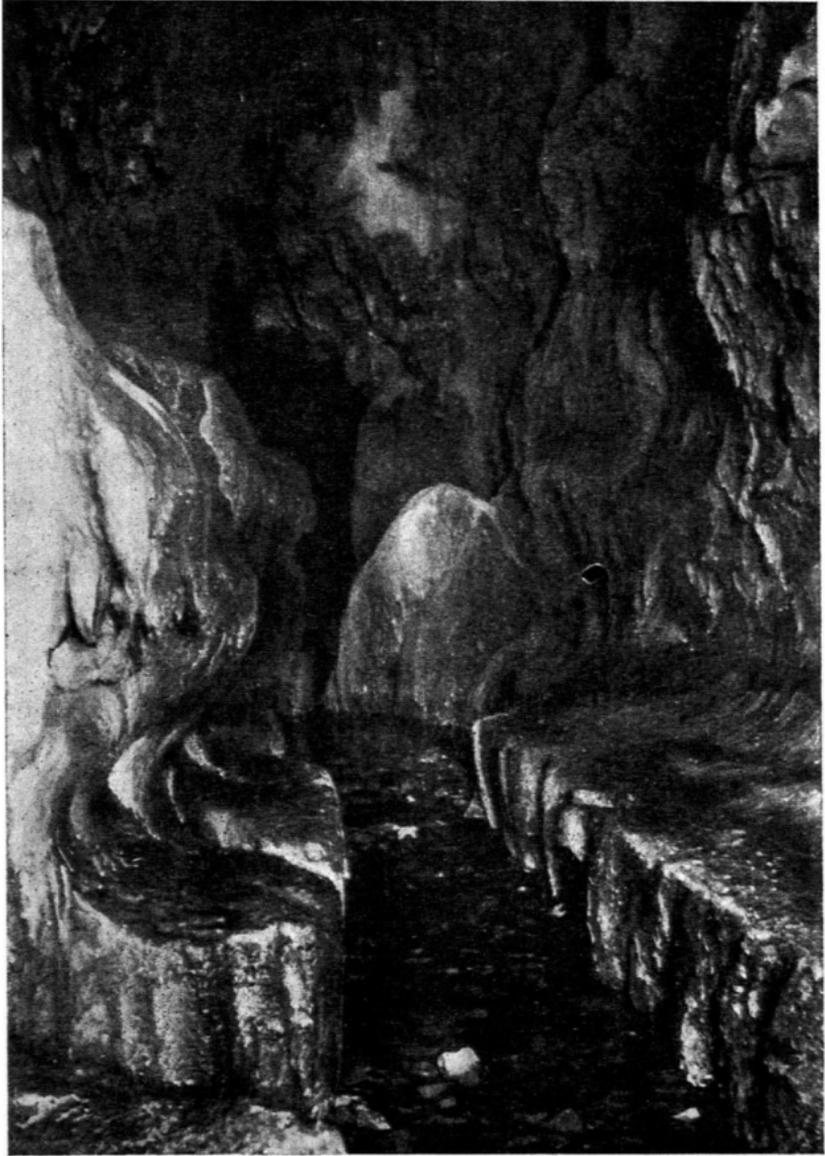


Fig. 29. — Enfoncement et rétrécissement du ruisseau souterrain du Trou de Catel, à Sorèze (Tarn).

réalisé ce procédé de l'absorption des eaux de surface : ici, les renseignements chronologiques précis font presque totalement défaut. On constate seulement, dans les cavernes à plusieurs étages, que, d'une façon générale, les parties supérieures sont plus amples que les portions inférieures, et cela même dans un unique niveau géologique, dans une assise uniforme de roches semblables ; comme si, au cours des âges et de l'approfondissement (de ces cavernes, la force de l'eau creusante avait été en diminuant.

Dans les grottes où subsistent de nos jours des ruisseaux accessibles à l'observation directe, on a partout reconnu qu'ils sont réfugiés dans des galeries profondes, plus étroites que celles des corridors placés au-dessus (bien trop vastes par rapport aux débits actuels). Si l'on rapproche cette constatation universelle de celles qui montrent les vallées et les fleuves plus larges aux époques pliocène et pléistocène (pour nous en tenir à ces deux âges) qu'à l'époque présente, on sera nécessairement convaincu de la déchéance continue des écoulements, tant extérieurs que souterrains, au moins depuis le milieu du quaternaire.

Il est cependant des géologues qui repoussent cette évidence de la plus grande puissance des eaux d'antan : ils enseignent que jamais les rivières n'ont été plus fortes que nous ne les voyons, et même que ce ne sont pas elles qui ont creusé les vallées.

Tout concourt absolument, — en diverses sortes d'observations trop longues à analyser ici, — pour démontrer le mal-fondé d'une semblable opinion.

L'abandon des thalwegs aériens tertiaires au profit des canaux souterrains, où les eaux s'introduisaient par les abîmes ou points d'absorption, est une loi absolument générale, qui se vérifie de plus en plus dans tous les pays du monde.

L'aspect intérieur des cavernes dénonce partout

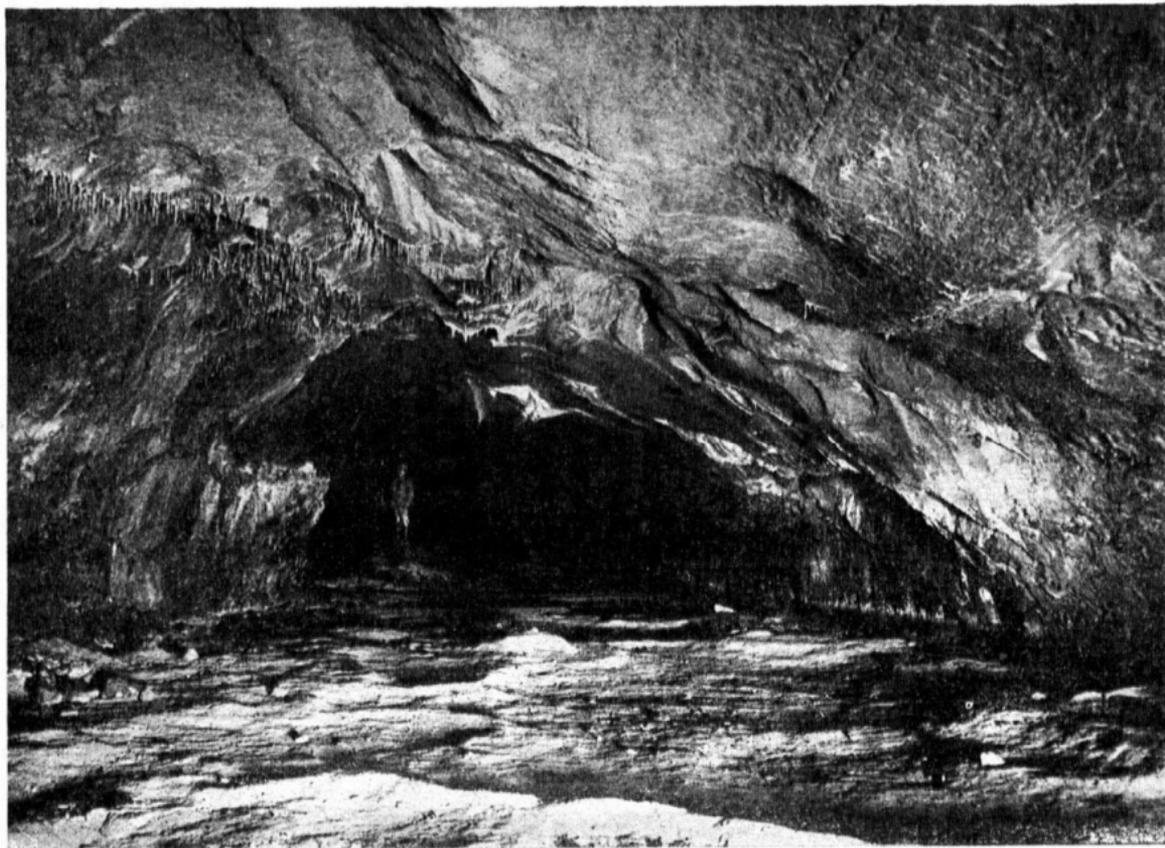


Fig. 30. — Large lit d'une ancienne rivière souterraine (grotte de Niaux, Ariège).

plusieurs périodes d'affouillement, généralement plus intense qu'à l'époque actuelle.

C'est ainsi que des ravinements souterrains s'observent à même les dépôts alluvionnaires des cavernes, à Sare (Basses-Pyrénées), Padirac (Lot), Bédailiac (Ariège), indice de plusieurs âges de creusement.

Dès 1894, je faisais remarquer (*Les Abîmes*, passim) comment cette fuite progressive des eaux dans les sous-sols calcaires, et l'abandon des thalwegs extérieurs étaient caractéristiques dans les régions de cavernes; les formations miocènes et pliocènes trouvées depuis lors par moi-même ou par les autres explorateurs de cavernes (notamment M. Fournier, de Besançon) dans ces vallées sèches, sont venues en quelque sorte dater ces thalwegs et préciser, dans une certaine mesure, l'époque de leur dessèchement.

On doit donc admettre, *grosso modo*, que certains gouffres ont pu s'entr'ouvrir au moins dès le jurassique; que, vers le miocène, le soutirage des grands lacs a commencé le percement des cavernes actuelles; que leur développement a été accompli par les captures des grands cours d'eau pliocènes, et qu'il a été complété par les ruissellements du début du pléistocène.

Ici se pose une question des plus graves.

Cette évolution du creusement, qui a rapproché ainsi peu à peu les eaux d'infiltration des régions profondes de l'écorce terrestre, est-elle de nature à nous conduire vers un dessèchement de plus en plus accentué? Et surtout, ce dessèchement est-il mesurable à l'échelle du temps humain? A ce propos, la controverse est très vive.

Les uns affirment que la lenteur du phénomène est telle, que l'observation scientifique ne saurait, même en faisant appel aux plus lointains et vagues témoignages historiques, le saisir nulle part sur le vif.



Fig 31. — *Crans de descente*, approfondissement et rétrécissement de la Durance au Pertuis-Rostand à l'aval (mur des Vaudois), près Briançon (Hautes-Alpes).

De Launay, entre autres, tout en reconnaissant que « la quantité d'eau existant sur la terre ne saurait manquer de se réduire progressivement », énonce « que cette diminution progressive de l'eau superficielle ne se fait sentir en aucune façon pour les « périodes de temps que peut envisager l'histoire », et que les exemples qu'on en a cités comme formels ne sont que des vicissitudes incidentes de *réurrence*. C'est un point sur lequel nous différons d'opinion. D'autres, en effet, parmi lesquels je me range très affirmativement, estiment, au contraire, que les preuves *visibles, permanentes et enregistrables* abondent du dessèchement croissant de l'écorce terrestre.

Longtemps on a cru, sur la foi des légendes et des traditions religieuses, que les profonds ravinements, les grands transports de terrains détritiques, les perforations de vastes grottes étaient l'œuvre d'un unique cataclysme, d'un *déluge* ; puis on en a invoqué plusieurs, d'âges divers et de localités très distantes. De grands noms ont longtemps soutenu cette théorie du déluge ou des déluges datant d'environ 6.000 ans. Maintenant, malgré Cuvier, Buckland, Delesse, Dolomieu, etc., on ne saurait plus croire à rien de pareil. Tout au plus et sporadiquement, quelque grave sinistre *localisé*, débâcle glaciaire, explosion volcanique (comme à Krakatoa, en 1883), raz de marée, cyclone, vidange de lac en rupture de barrage, eaux souterraines mises en liberté par un tremblement de terre, et surtout effondrement tectonique d'un compartiment terrestre (l'Egéide, la Tyrrhénide, l'Antillide, la Lémurie, l'Atlantide, l'Antarctide, etc.) a-t-il ici ou là modifié un quartier limité de la surface du globe. Singulièrement plus continue, plus prolongée, plus efficace par sa pérennité est l'influence du ruissellement et de l'infiltration, dénudant le sol et rongéant le sous-sol. Mais sur ces deux agents eux-mêmes l'évolution a exercé



Fig. 32. — Crans de descente du Pertuis-Rostand (amont) sur la Durance (V. fig. 31).

Fig. 33. — Vallée Morte sur le Causse Mejean (Lozère).

sa puissance : pour des causes qui nous échappent, ou que nous ne pourrions formuler que beaucoup trop hypothétiquement, la décadence de leurs effets est nettement inscrite *devant les yeux de l'homme*.

Entre les vallées réduites et les cavernes rétrécies en profondeur, nous voyons que les *vallées mortes*, toujours privées d'eau, et les immenses abîmes, *morts aussi*, où ne tombent plus jamais les torrents d'eau qui jadis les ont taraudés, pullulent dans les pays calcaires. Objets maintenant de phénomènes non plus de creusement, mais, au contraire, d'obstruction (V. p. 84), ils témoignent à la fois d'une singulière diminution de l'usure qui les a affectées autrefois et de la disparition même de l'instrument de cette usure. Cette évolution rétrograde est flagrante. Seules, sa rapidité et ses causes, en aucune manière la réalité de son existence, peuvent être sujettes à discussion. Si les activités hydrologiques ont varié selon l'époque, si même elles ont eu de véritables *réurrences*, il me paraît indéniable que, dans l'ensemble, leur intensité a fini par évoluer vers une diminution croissante. Les causes actuelles sont, sans doute, les mêmes que les anciennes ; mais leur puissance est bien déchuée.

Pour moi, et contre toutes opinions contraires, je confirme que l'homme assiste, rien que depuis la période historique, à une accélération du dessèchement de la terre : la disparition ou la diminution des grands lacs dans l'Asie centrale et même de l'Afrique, — l'ensablement et la désolation des régions où fleurirent jadis les grands empires de Tello, Babylone, Ninive, Persépolis, Thèbes même, — la diminution des sources universellement constatée, — la nécessité de recreuser les puits en tous pays, pourraient remplir, si on en relevait avec soin tous les indices, des volumes de preuves, à l'appui de la rapidité très discernable du dessèchement de la

périphérie terrestre. Contre cette manière de voir, et pour établir que les manifestations constatées sont d'ordre local ou passager, et même que l'ensemble de la réduction hydrique terrestre évolue à une allure lentement géologique, inaccessible à toute mesure matérielle, on invoque diverses causes d'origine humaine (c'est-à-dire de caractère artificiel).

Le déboisement qui, découvrant la terre et ses fissures, permet une absorption plus grande de l'eau; la culture intensive qui, par la diminution des jachères, accroît la surface plantée et par conséquent l'évaporation au détriment du ruissellement (expériences de M. Houllier); la transformation des champs de céréales en herbages, qui retiennent la pluie et assèchent les rivières; la multiplication des fossés de routes et des canaux de drainage, qui enlèvent trop d'eau au sous-sol (théorie de M. Pochet). Et l'on dit alors qu'en modifiant ces abus ou pratiques, on remédiera à leurs inconvénients; ce sont là, certes, des considérations aussi fondées que salutaires, et on ne peut qu'applaudir à leur consécration matérielle. Mais elles ne sont pas les seules à invoquer.

Une autre cause, naturelle celle-ci, de la diminution des puits et sources, est l'affaiblissement des chutes de neige et même des pluies, au moins dans les zones tempérées de l'Europe. C'est sur ce point-là, sur des modifications sensibles et récentes de climat, qu'on discute avec le plus de véhémence.

Selon la théorie (1890) du professeur Brückner, cette réduction de la précipitation atmosphérique qui, en fait, a été patente en Europe depuis près de 20 ans, serait soumise à une réelle périodicité; sur 35 années environ (variant d'ailleurs de 20 à 50), il y aurait 17 à 18 années pluvieuses et autant de sèches. Trois fois par siècle, cette période, instituée par la *loi de Brückner*, se représenterait quasi-régulièrement. Son auteur l'a fondée sur de multiples séries d'oscil-

lations de la mer Caspienne, sur le niveau et les embâcles (depuis 1559) des cours d'eau que reçoit cette mer, etc., etc. Elle expliquerait des phénomènes comme le dessèchement (ou les oscillations) du lac Tchad, sur lequel les explorations récentes ont si vivement attiré l'attention, sans établir l'accord sur leurs causes.

Au delà du Rhin, beaucoup de météorologistes et géographes (Supan, Richter, Hann), vénèrent cette idée comme un dogme ; Lockyer l'a même rattachée à une périodicité des taches solaires ; malheureusement, ainsi que tous les dogmes, elle n'est pas, quant à présent du moins, vérifiable ; l'ensemble des constatations, suffisamment précises pour lui servir de base et de contrôle, ne dépasse guère un demi-siècle ; les autres sont sujettes à caution, et les esprits réellement scientifiques, qui ne se laissent pas emporter sans résistance par l'entraînement et la séduction des ingénieuses hypothèses, osent prétendre qu'il faudrait au moins cinq ou six siècles d'observations multiples et continues pour établir le bien-fondé de la périodicité imaginée par Brückner. En attendant la réalisation de ce délai, il est sage de ne pas tenir pour acquise une telle proposition. Bien des points formels la contredisent pertinemment : leur discussion nous entraînerait trop loin. J'y reviendrai dans un autre travail.

D'ailleurs le fait géologique des changements de climats, au cours des temps, a été prouvé par l'étude des végétaux fossiles (paléophytologie ou paléobotanique). Il apparaît une assez grande uniformité de la flore, sur toute la surface du globe, jusque vers l'époque crétacée. C'est alors surtout que commence à se dessiner, pour les plantes, le mouvement de descente de leurs formes tropicales vers l'équateur, affirmant le refroidissement progressif des régions polaires.

Les recherches de E. Nordenskjöld, O. Heer, Nathorst, les dépôts de fossiles rencontrés à l'île Seymour par l'expédition antarctique d'Otto Nordenskjöld ne permettent plus aucun doute sur la haute température des climats polaires d'autrefois.

Quant aux causes des changements de climat, Tyndall et Arrhénius les ont attribuées à des modifications dans la teneur de l'atmosphère en vapeur d'eau et en acide carbonique. Arrhénius vient même d'expliquer (1906) qu'une diminution de 40 à 60 p. 100 dans l'acide carbonique de l'atmosphère ramènerait la température glaciaire, et qu'une augmentation d'autant nous rendrait la chaleur des temps éocènes.

On a invoqué aussi les variations d'intensité de la chaleur du soleil, qui serait, croit-on, une étoile variable; la réduction considérable de son diamètre (hypothèse de M. Blandet); le déplacement de l'axe ou de l'orbite terrestre; la hauteur des terres émergées, etc., le tout sans parvenir à une explication satisfaisante.

Au surplus, pas n'est besoin d'invoquer de récentes altérations climatiques pour affirmer qu'une chose au moins paraît indiscutable, et superposable (en ce qui touche le terme évolutif de la dessiccation) à la réduction, tout au moins géologique, du ruissellement: c'est l'approfondissement matériel des fissures souterraines, où les eaux infiltrées continuent à creuser leurs lits caverneux; si déchuës soient-elles de leur abondance pliocène ou pléistocène, il n'en est pas moins certain qu'elles persistent à tracer leurs *traits de scie* dans l'intérieur du sous-sol. Bien que les *crans de descente* des thalwegs, extérieurs et intérieurs, à même leurs lits de pierre se montrent de plus en plus rétrécis, ils n'en persistent pas moins à abaisser le plan d'eau général vers les points les plus bas du réseau des fissures utilisées. Ainsi l'érosion et la corrosion continuent leur œuvre d'enfouissement vers des zones

de plus en plus éloignées de la surface : et, depuis longtemps, j'ai fait observer que, dans la prison des cavernes, où abondent les siphons et les conduites forcées, la pression hydrostatique concourt singulièrement à accentuer le même effet. Plus récemment, j'ai établi, corollairement, que la vitesse de l'usure torrentielle externe (et *a fortiori* celle des cavernes) est bien plus rapide qu'on ne le pensait. Les faits constatés à Bramabiau, au Verdon, au Niagara, etc., empêchent d'admettre que le pouvoir érosif des cours d'eau actuels soit devenu insignifiant.

S'il est des cas et des roches dures et homogènes, où les effets de l'érosion demeurent pratiquement non enregistrables par les mesures de temps *humaines*, il y a, par contre, nombre de sites, où la fissilité et l'inconsistance de la pierre permettent de constater matériellement ces effets, au cours même de quelques années.

Bien d'autres faits militent en faveur de la rapidité historique du dessèchement. Et De Launay lui-même a fait remarquer comment l'île de Pérégil (Maroc), renfermant la fameuse « grotte de Calypso », selon les déductions de M. V. Bérard, révélerait peut-être à un examen sérieux l'emplacement des quatre sources, aujourd'hui taries, dont l'absence est le principal obstacle à une identification formelle ; « ce qui fournirait l'exemple spéléologique le plus anciennement, le plus authentiquement daté de cette diminution des eaux superficielles, de cette disparition des sources dans les grottes, que la géologie nous permet de constater ».

En voici assez, je suppose, pour prouver comment on est forcé d'admettre maintenant que les rivières desséchées des régions calcaires se sont enfouies, ont disparu dans les profondeurs des cavernes qui, bien souvent, les ont fait changer de versants ; je pourrais multiplier les preuves formelles que ce processus universel des *captures*, encore vigoureusement à

l'œuvre à l'heure actuelle, fonctionne avec une célérité relativement grande, très accessible à l'observation humaine. (*V. C. R. Acad. Scienc.*, 2 mars 1903, et *la Science au xx<sup>e</sup> siècle*, 15 juin et 15 juillet 1903.)

Mais, pour être sincère, il convient d'avouer qu'on connaît des cas, où l'érosion est extrêmement lente, quand ses effets sont contrariés par la résistance du sol ou ne sont pas renforcés par la corrosion.

Moi-même, en juin 1904, j'ai enregistré en Angleterre un fait bien suggestif, quant à la lenteur de l'érosion souterraine, dans le massif de calcaire carbonifère des *Mendip-Hills* (Somerset), entre Bristol et Wells. La résurgence dite *puits de Saint-André*, sous la cathédrale de Wells, a prouvé, vers 1895, lors des travaux de consolidation de l'édifice, que, depuis l'époque de la construction (1242 à 1330), c'est-à-dire depuis six siècles et demi, l'érosion et la corrosion souterraines avaient approfondi de 12 à 15 centimètres seulement les aqueducs du calcaire, et provoqué une disjonction et un porte-à-faux de cette dimension dans les assises de l'édifice ; celui-ci n'ayant été préservé depuis longtemps d'un écroulement, que par l'extrême lenteur du creusement hydraulique.

Cet enregistrement historique d'un cas particulier montre combien la rapidité d'usure des roches, par l'eau en mouvement, doit varier selon les facteurs en présence (dureté, fissuration, pendage du terrain, débit, limpidité, température, composition de l'eau, etc.).

Et il fait envisager avec terreur l'incommensurable durée des temps qu'ont nécessitée les colossales démolitions, les arasements complets des chaînes montagneuses primaires (jadis hautes de plusieurs mille mètres) de l'Ardenne et de la Bretagne, démontrés par les beaux travaux de Bleicher et de Barrois.

On se gardera bien d'ailleurs de perdre de vue que les effets de l'érosion souterraine, renforcée par la corrosion et la pression hydrostatique, majorent

dans une formidable proportion ceux de l'érosion de surface.

Tantôt elle agit indirectement, par les infiltrations qui délayent des masses souterraines d'argile ou de sable, font glisser les roches compactes que celles-ci supportaient, et provoquent les éboulements souvent catastrophiques, dont toutes les montagnes et les côtes crayeuses de la Manche ont fourni tant de classiques exemples. C'est ainsi qu'au cap de la Hève (selon Lennier), le recul annuel de la falaise est évalué entre 18 et 25 centimètres (et non pas 2 mètres, comme on le dit couramment). Dans les Alpes, il n'est point de saison sans désastre de ce genre.

Tantôt son influence est directe, pour les vallées au creusement desquelles ont contribué des écroulements souterrains ; on a parfois (et moi tout le premier) exagéré (avec Fournet) les effets de ce processus. Mais, sans l'ériger en principe général, il importe de reconnaître que les manifestations s'en rencontrent très fréquemment. Et je ne puis que répéter, à ce sujet, ce que j'énonçais, en 1888, dès la première année de mes explorations souterraines.

« Les anciennes eaux courantes ont cherché leur voie parmi les fissures ou les dépressions des roches ; en pénétrant dans les litho-diaclases, elles ont élargi les cassures et évidé des cavernes ; sous l'effort des courants ramifiés, les polyèdres de roches limités par les fissures se sont, par endroits, amincis en piliers, à la mode de l'exploitation des carrières de gypse ; rongés au pied, ces piliers entraînaient dans leur chute des voûtes immenses.

« Dans leur descente, les eaux adoptèrent sous terre des directions générales (esquisses de thalwegs futurs), coudées suivant le sens des principales diaclases ou la disposition des failles. Souvent, des marnes sous-jacentes furent attaquées à leur tour ; la roche compacte, déjà toute corrodée, vint à perdre sa base

et s'effondra petit à petit comme un plafond dont on enlèverait un à un les supports. Alors, l'écoulement cessa d'être souterrain : l'érosion aérienne continua seule, par le délayement des marnes tendres, le travail commencé par le *cavernement* des roches résistantes, et l'approfondissement des *cañons* devint, de siècle en siècle, plus considérable.

« La première phase de cette formation de vallées étroites n'a donc pas consisté dans le simple sciage vertical des roches, par des rivières creusant leur lit de plus en plus, mais bien dans le développement, puis l'éroulement des cavernes. »

En définitive, si l'on peut encore discuter sur la possibilité de constater une diminution, d'échelle historique, des précipitations atmosphériques, les deux points suivants ne paraissent plus guère contestables :

1° La réduction des eaux courantes est pertinente au moins depuis les temps géologiques pliocènes ;

2° Leur travail d'usure externe, et souterraine encore plus, se poursuit de nos jours bien plus rapidement qu'on ne le croit.

De telle manière que, si la réalité du dessèchement atmosphérique n'apparaît pas, jusqu'ici, comme absolument démontrée, celle, du moins, de l'enfouissement graduel au sein des crevasses du sous-sol est surabondamment établie. Elle suffit pour faire conclure à la dessiccation progressive de l'écorce terrestre, la question de durée demeurant, si l'on veut, réservée.

Et maintenant, toute cette eau qu'absorbent les méats de la terre, que devient-elle ?

Nous avons vu que les sources thermo-minérales contribuent très probablement à faire remonter au jour des eaux perdues (quelquefois très haut dans les montagnes), qui ont pu descendre jusqu'à des profondeurs assez grandes, pour rejaillir sur le sol à 80° C. et plus. On ignore, en vérité, quelles sont ces pro-

fondeurs atteintes : surtout, l'on ne sait pas, au juste, si une certaine proportion de ces eaux n'est pas, bien loin de l'habitat humain, perdue tout à fait pour lui, étant employées aux réactions chimiques souterraines dont les volcans seraient une résultante !

Mais, plus près de la surface, on connaît maintenant, *de visu*, dans la limite de trois cents mètres tout au moins, l'allure générale et les lois principales de la circulation des eaux absorbées parmi les fissures des terrains calcaires, où l'on est arrivé à l'établissement, véritablement définitif, des principes suivants :

Dans une très grande partie des couches supérieures de l'écorce terrestre, le travail des eaux absorbées et devenues souterraines a pratiqué, par agrandissement des cassures préexistantes, tout un réseau de vides et de galeries communiquant parfois entre elles (*anastomosées* est le terme technique) en vrais labyrinthes ; bien que la proportion actuellement découverte de ce réseau soit sans doute faible par rapport à sa réelle étendue, il est certain qu'il se compose, essentiellement, des trois éléments suivants : 1° les abîmes, pertes, points d'absorption (vivants ou morts, hors de service ou fonctionnant encore), où les eaux superficielles s'engouffraient jadis ou continuent à s'infiltrer ; 2° les cavernes, poches, galeries de toutes formes, où leur circulation et leur emmagasinement furent bien plus abondants dans le passé que dans le présent ; 3° enfin les points d'émergence (sources, fontaines, résurgences) qui les rendent au jour plus ou moins intégralement, et après un trajet interne tantôt bref, tantôt très long.

En ces sommaires formules tient toute l'hydrologie souterraine des terrains calcaires et des craies, si répandus à la surface du globe. Les innombrables faits qui ont conduit à les établir ont fait justice en même temps, je le répète sans relâche (v. p. 60), de la fausse croyance (qui, elle aussi, était devenue un

dogme et qui ne se laisse, par conséquent, extirper qu'avec une opiniâtre résistance) aux vraies *nappes* souterraines dans les terrains fissurés. Ceux qui qualifient de *nappes discontinues* les récipients d'eau souterrains des calcaires, confessent implicitement la synonymie avec le *réseau* composé de *pleins* (de roches) et de *vides* (à eau) alternés; seulement, pour ne point renoncer au terme dogmatique, ils lui accolent un qualificatif qui en fait un non-sens: la caractéristique d'une nappe, en effet, c'est la continuité sur toute son étendue; dès que la discontinuité y met des mailles, c'est un filet, un réseau. Posez une *nappe* sur une table à manger: en l'enlevant, vous recueillerez toutes les miettes. Remplacez-la par un *filet*: au travers, les miettes resteront sur la table! La *nappe discontinue* est une entorse au sens des mots!

Je rappelle que la fameuse fontaine de Vaucluse est non pas le trop-plein « d'une vaste nappe d'eau souterraine », mais simplement le *débouché d'un fleuve souterrain*, dont l'écoulement a lieu par de longs et hauts calaux renflés au milieu, où de considérables variations de niveau se produisent sous la double influence: 1° du jeu irrégulier des précipitations atmosphériques et des infiltrations qui en résultent; 2° des rétrécissements, siphonnements et éboulements intérieurs, agissant comme des vannes retardatrices et transformant ces canaux en *réservoirs temporaires étroits*. Ces variations, engendrant de grandes différences de pression hydrostatique, provoquent une mise en charge plus ou moins considérable des *veines* liquides ramifiées sous terre; et la répercussion de cette pression variable sur le *dernier vase communicant* qui forme, dans une faille, l'émergence de Vaucluse, amène les écarts de niveau et de débit de la fontaine.

Tels sont les termes selon lesquels on doit s'exprimer maintenant en matière de circulation d'eaux sou

terraines non-thermales. Il est piquant de rappeler que Sénèque, déjà, l'avait bien entrevu (*Questions naturelles*, livre V, p. 14 et 15): « De nombreuses cavités traversent le globe suspendu sur de sombres abîmes; quelques-uns de ces abîmes sont vides et sans eau...; dans ces asiles sombres coulent aussi des fleuves semblables aux nôtres: les uns paisibles et lents, les autres roulant avec fracas entre des précipices ».

Un gros point de doute, relatif aux absorptions, demande maintenant à être examiné.

Les pertes d'eau ne se rencontrent pas seulement aux lieux de chute immédiate des pluies ou sur le trajet des cours d'eau; il est des gouffres dans le fond des lacs du Jura, des Alpes, etc. (V. les travaux de Magnin, Delebecque, Schardt, Lugeon, Fournier, etc.)

Les émergences aussi ont été reconnues dès l'antiquité, non seulement au creux des lacs, mais encore au large de bien des côtes, sous forme de sources, même de puissantes rivières sous-marines, dont l'origine terrestre n'est pas contestable.

Plusieurs lacs des îles et des côtes de Dalmatie paraissent communiquer avec la mer par des siphons.

Marsigli (*Histoire physique de la Mer*, 1725) cite celle de Port-Miou, près Marseille, etc... Elles abondent dans l'Adriatique, le golfe Persique, etc.

A Mosenica (golfe de Jelensica), une source de fond aurait été sondée jusqu'à 130 mètres de profondeur (?).

Dès 1858, Lorentz a démontré que beaucoup de sources des rivages illyriens sont froides, parce qu'elles sont alimentées par les infiltrations des hauts plateaux du Karst.

Le Yucatan au Mexique est environné d'eau douce sous-marine si abondante, que les habitants ont donné à cette contrée la dénomination caractéristique de *Ruo*. Il en est de même à Cuba, aux îles Bahama et à la Jamaïque. Au large de la Guadeloupe jaillissent des sources d'eau chaude, etc.

On a eu également la preuve de l'existence de véritables fleuves sous-marins, venant déboucher en plein océan (Atlantique et Pacifique) à des profondeurs considérables, et rejetant des objets divers provenant de pertes de rivières sur des continents éloignés. (Bennett, 1899.)

En contre-partie, rien ne permet de nier que, dans le creux des mers, même par de très grandes profondeurs, des pertes aussi n'existent pas : là aussi peuvent affleurer des lèvres de fissures agrandies par des absorptions, ou insuffisamment colmatées par les dépôts de vases et sables marins. Longtemps Maëlstrom et Charybde ont pu passer pour de tels gouffres, avant qu'on y eût reconnu le simple jeu de courants contraires, mis en antagonisme par la topographie des côtes voisines. Si l'océanographie ne nous a encore authentiquement rien révélé de pareil, c'est à cause de la difficulté de la constatation dans les grands fonds ; mais cela ne suffit pas pour contester une possibilité que le hasard peut tourner en certitude au cours de quelque exploration de demain. Quatre ordres de faits militent pour sa vraisemblance.

D'abord l'existence de ces anciens abîmes de Belgique, particulièrement les Abannets, etc. (V. p. 26), qui ont parfaitement pu être noyés jadis sous des eaux marines, les absorber pendant un temps, être comblés par des sédiments, émerger lors d'une régression, enfin se dénuder et se désobstruer de nouveau par l'effet des ruissellements extérieurs. Hypothèses, certes, mais que rien ne défend et que tout autorise.

Puis l'immersion miocène, intercalée entre les émergences éocène et pliocène. (V. H. Schardt dans le Jura, p. 92.)

Ensuite les récentes constatations faites aux soi-disant sources sous-marines de la rade de Tarente (Italie), où M. Perrone se demande (1906) si, en

vérité, on n'a pas affaire à des engouffrements d'eau de mer plutôt qu'à des venues d'eau douce.

Enfin et surtout la fameuse perte des *moulins de la mer d'Argostoli*, qui n'est pas la seule connue : Lorentz, Philippson et Fischer en citent d'autres dans l'Adriatique et en Péloponèse. Si classique qu'il soit, le phénomène mérite d'être rappelé ici.

C'est dans l'île de Céphalonie (îles Ioniennes), à la pointe de la presqu'île d'Argostoli, que des fissures du rivage calcaire absorbent l'eau même de la mer et la font *en permanence* écouler dans le sol.

Vers 1835 ou 1833, M. Stevens en effectua la découverte et y adapta une roue hydraulique mise en mouvement par le courant de l'eau.

En 1859, un second moulin y fut construit.

Les hypothèses suivantes ont été formulées :

1° Évaporation, par la chaleur centrale, de l'eau qui reviendrait au sol comme sources thermales ;

2° Aspiration de l'eau salée par une sorte de trompe formée, à l'image de l'injecteur Giffard, par une source d'eau douce entraînant l'eau de mer, pour la restituer sur le rivage sous forme de sources saumâtres ;

3° Communication avec une mer lointaine de niveau inférieur (mer Morte, mer Caspienne), etc., etc.

Mais voici tout ce qu'on peut dire de précis.

*Le courant d'eau de mer n'est jamais interrompu.*

*A l'origine des courants dans les fissures, aucun bruit n'est perceptible.*

*Aux fissures se développent de nombreuses bulles d'un gaz dégageant de mauvaises odeurs. On ne les observe cependant que lorsque la masse d'eau est faible.*

*Par de nombreuses fentes et crevasses, il s'écoule, dans la fosse, de l'eau douce qui semble venir dans une direction opposée à celle de l'eau de mer, et pénètre dans le sol après le mélange avec celle-ci.*

Lors de violents tremblements de terre, MM. Stevens et Issel ne purent constater aucun changement.

Sur l'autre rive du promontoire, trois ouvertures absorbent aussi l'eau de mer; il doit en exister un plus grand nombre.

Strabon et Pline citent un cas analogue sur la côte de Phénicie, à Arad; M. Fouqué un autre à Milo; au

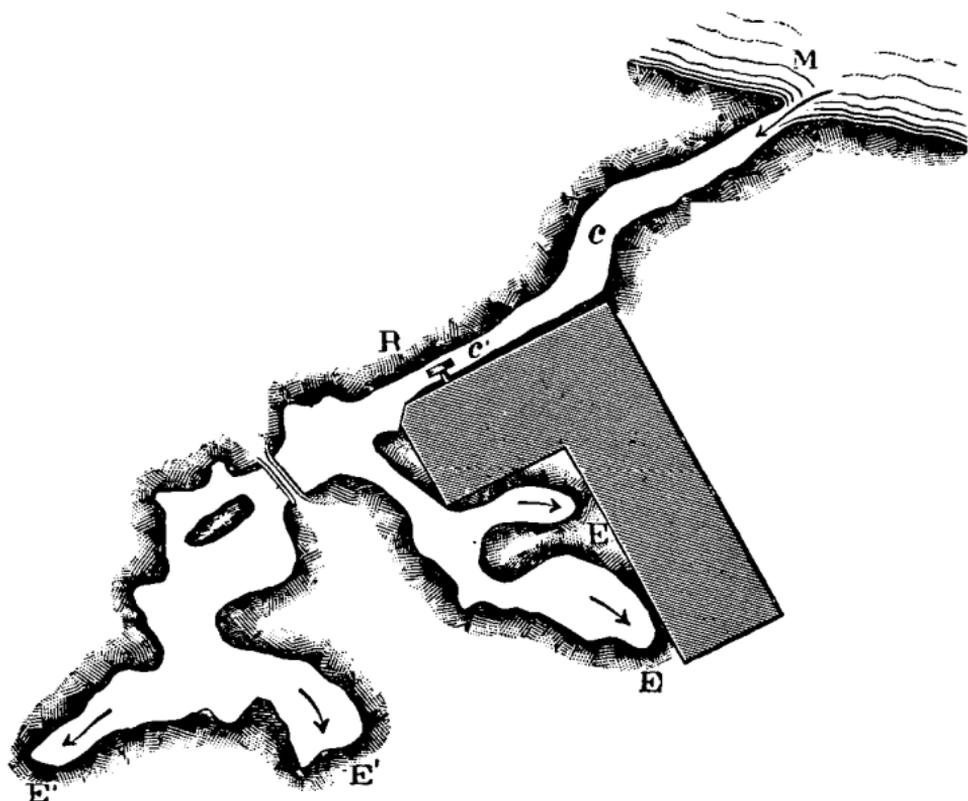


Fig. 34. — Plan des Moulins de la mer à Argostoli.  
(M, mer; C, canal; R, roue de moulin; E, E', points d'absorptions).  
(Cliché communiqué par M. Issel.)

sud d'Abbazia, sur la côte orientale d'Istrie, le puits du Diable absorberait 1.000 litres par seconde (V. VON KNEBEL, *Höhlenkunde*, 1906, p. 110), tandis qu'aux Moulins de la mer, on évalue l'absorption quotidienne à 58.300 mètres cubes, soit 675 litres par seconde.

M. Fouqué a pensé que l'eau, après sa pénétration dans le sol, ne ressort pas sur une terre émergée, mais très probablement au fond de la mer ou même dans l'intérieur du golfe de Lexouri (en face d'Argostoli), près du village de Samali, au bord de la mer, par des sources très abondantes d'eau saumâtre, qui se prolongent dans la mer.

Quant à moi, j'estime que le cas d'Argostoli est celui de beaucoup d'infiltrations superficielles, dont on ne connaît pas le point de réapparition, et que les explications du phénomène jusqu'à présent fournies sont toutes beaucoup trop compliquées.

On peut croire tout simplement que les fissures d'Argostoli mènent les eaux absorbées assez bas dans les profondeurs de la terre, et que là, ou bien elles remontent, en sources plus ou moins thermales ou salées, vers un point non identifié, ou bien elles concourent aux réactions du volcanisme.

Pour ma part, j'ai toujours pensé que les pertes marines d'Argostoli permettent de croire que certains abîmes, aujourd'hui à sec, ont constitué jadis des points d'engouffrements de mers anciennes; et que ce phénomène doit persister, à notre insu quant à présent, dans le fond des mers actuelles.

Dans ces pertes sous-marines *possibles*, que deviendraient les eaux absorbées? A de très grandes profondeurs, leur serait-il permis de remonter en sources thermales terrestres? Au contraire, sont-elles perdues au sein du noyau en quelque réaction inconnue, et concourent-elles alors au dessèchement terrestre qui nous occupait tout à l'heure; participent-elles ainsi à cet abaissement du niveau des mers, révélé par exemple par les terrasses du littoral méditerranéen et que jusqu'ici les géologues attribuent à des balancements alternatifs (mouvements eustatiques), qui trouveraient leur contre-partie dans la submersion des fjords et des vallées sous-marines au large de l'Europe

occidentale (Adour, Shannon), de l'Afrique (Congo) et de l'Amérique orientale du Nord (Hudson), voire dans l'affaissement de l'Atlantide? Nous ne sommes pas en mesure de résoudre de pareils problèmes; mais il est loisible de les énoncer.

Enfin faut-il admettre que ces pénétrations de l'eau sous-marine contribuent à provoquer les éruptions volcaniques, en atteignant non loin des côtes les magmas chauds, où la vapeur d'eau développe des paroxysmes chimiques et physiques qui déchirent la terre par points sporadiques: c'est la théorie de ceux des volcanistes qui s'expliquent ainsi l'alignement des volcans, le long de certains rivages continentaux et leur proximité ordinaire de la mer. Si elle était vraie, elle rendrait raison du retour à l'atmosphère, et par conséquent au ruissellement, des énormes masses d'eau expulsées par les vapeurs des volcans (fait d'ailleurs controversé): d'autant se trouverait affaiblie la théorie de la dessiccation de l'écorce.

Il est vrai qu'en 1882 les essais de tracé du tunnel sous la Manche ne révélèrent aucune infiltration d'eau de mer; ce qui prouve, comme les nappes artésiennes, l'étanchéité locale du *toit*; mais rien n'affirme que cette étanchéité ne soit pas interrompue çà et là.

Nous versons ainsi, on le voit, dans les incertitudes où doit nous maintenir le désaccord de trop d'hypothèses contradictoires.

Et de tout cela nous devons, avant tout, dégager, pour notre sujet, un principe fécond et supérieur.

A travers les fissures du sol, l'eau, depuis une très ancienne date géologique, impossible à préciser exactement, a *évolué souterrainement*, amenant des modifications continues, qui ont elles-mêmes provoqué et développé d'autres évolutions plus complexes: dans les réseaux de cassures agrandies, la matière, même minérale, a évolué en des phénomènes de métamorphisme, cristallisation, pseudomorphose dont le cha-

pitre VI nous dira un mot; — la vie ensuite a évolué avec les plantes, dont les germes tombaient aux gouffres; avec les animaux, dont les larves ou les œufs étaient entraînés aux rivières souterraines ou aux cavernes; et l'étude des modifications subies par ces formes, sous l'influence de l'obscurité, par l'adaptation au milieu, est un des côtés les plus instructifs de l'évolution souterraine: même cette vie, rentrée dans la matière par la mort, s'est, sous la terre, parfois combinée avec le minéral, pour produire les phosphorites du Quercy et les minervites de l'Hérault; curieuse régression de l'organique vers l'inorganique (si tant est qu'ils doivent être distingués!); — la pensée enfin a évolué au fond de ces cavernes où l'homme dit primitif (en attendant qu'on découvre son ancêtre) a inventé, pratiqué l'*art*, gravé, sculpté, dessiné et peint sur les outils et les parois des antres d'Altamira, de la Mouthe et de Niaux, des Pyrénées et du Périgord.

Dans le labyrinthe de ses corridors, — et de ses hypothèses aussi, — suivons donc maintenant l'évolution souterraine de la matière, — de la vie, — et de la pensée.

## CHAPITRE V

### L'Air souterrain.

Pénétration naturelle de l'air atmosphérique dans les fissures. — Formation des concrétions. — Évaporation des eaux d'infiltration. — Précipitation de la calcite. — Aragonite et Ktypéite. — Les plus grandes stalagmites. — Les tufs. — Les anémolithes ou concrétions excentriques. — Inaptitude des concrétions à servir d'élément chronologique. — Nitrification, salpêtre. — Radio-activité de l'air souterrain. — Le grisou. — Rôle évolutif des concrétions; remplissages et éboulements. — Colonnes rompues. — Météorologie souterraine. — Inégalité et variation des températures dans les cavernes. — Chute de l'eau et de l'air froids dans les profondeurs; glaciers naturelles; anomalies géothermiques. — Les abîmes et les calcaires froids. — Conclusions fournies par les eaux du Simplon. — Conséquences possibles de l'évolution météorologique souterraine sur les sources thermo-minérales, les éruptions volcaniques et la descente de l'eau libre dans l'intérieur de la terre. — Les trous qui fument et les brouillards souterrains. — Anomalies barométriques.

« Le livre de la nature est un roman d'une si passionnante lecture, que le plaisir d'en déchiffrer quelques pages suffit à récompenser de la peine que ce déchiffrement demande. »

(GUSTAVE LE BON, *Évolution de la Matière.*)

Dans les fissures du sol terrestre, l'air pénètre non moins facilement que l'eau extérieure et les émanations profondes. Et avec une aisance qui répond catégoriquement à cette universelle question publique : « Comment respire-t-on dans les cavernes ? » Tout simplement par l'air atmosphérique, qui traverse les moindres fentes du sol. Nous verrons à la fin de ce

chapitre ce qu'on a appris de ses fluctuations barométriques et thermométriques qui, même sous la terre (du moins dans les limites accessibles à l'homme), dépendent étroitement de celles de l'atmosphère.

Pour nous en tenir d'abord aux faits d'évolution souterraine imputables à l'action de l'air, de l'oxygène, de l'azote, de l'acide carbonique, nous dirons seulement qu'il est assez difficile de les séparer catégoriquement des manifestations relevant du domaine de l'eau, le rôle de celle-ci étant toujours plus ou moins concomitant dans les constatations ci-après.

Un des produits immédiats de la circulation de l'air atmosphérique dans les cavernes est (si singulier que cela puisse nous paraître tout d'abord) la construction des *concrétions* ; ce sont ces cristallisations capricieuses (de calcite, en général), trop connues sous le nom de *stalagmites* et *stalactites*, pour que nous nous arrétions à décrire ici les diversités de formes de leurs revêtements (gours, nappes, colonnes, rideaux, pendeloques, dentelles, etc.). Assurément leur origine première est dans l'infiltration des eaux de surface qui, chargées d'acide carbonique (surtout par leur traversée de la terre végétale), dissolvent le carbonate de chaux le long des fissures calcaires qu'elles parcourent, avant d'atteindre par là les plafonds des grottes : c'est le travail spécial de *corrosion* chimique qui contribue, nous l'avons vu, page 58, à la formation des cavernes, mais auquel, selon moi, les spéléologues belges actuels, comme beaucoup d'anciens géologues, veulent accorder une part trop prépondérante ; aussitôt parvenues à ces voûtes, les gouttes d'eau de suintement ou les filets d'infiltration se comportent de deux façons différentes : ou bien ils tombent tout de suite sur le sol et glissent le long des parois, ils s'y étalent ou s'y dispersent en mince couche humide ; ou bien (à l'issue des fissures étroites) ils demeurent suspendus par un effet de capillarité ou d'adhérence.

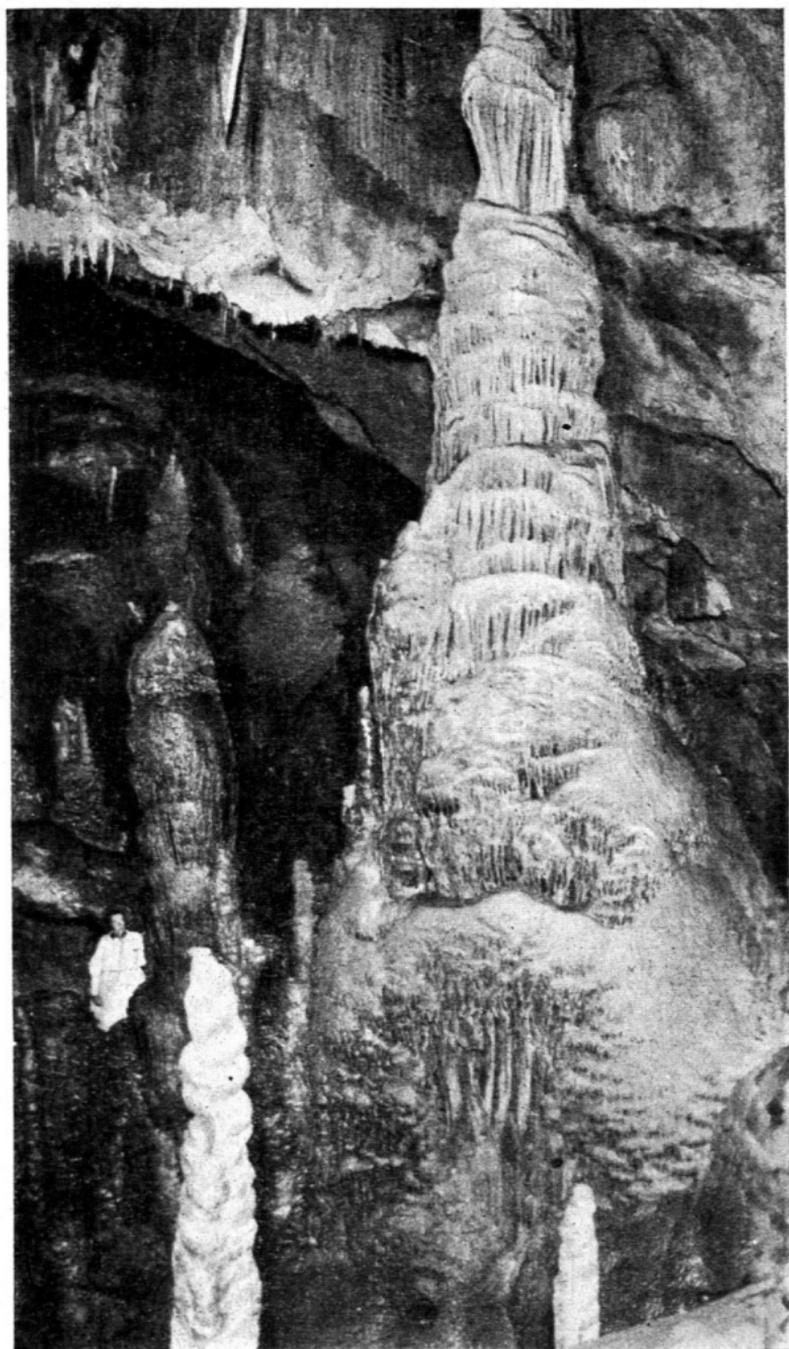


Fig. 35. — Stalagmite (hauteur 18 mètr.) du Minaret, grotte de Dargilan (Lozère).

Dans les deux cas, c'est alors l'air qui intervient pour séparer, physiquement et mécaniquement, l'eau même des gouttes et les parcelles de carbonate de chaux dont elle est saturée; cette séparation, ce *départ* est provoqué par l'évaporation souterraine qui, avec une activité qu'on a longtemps méconnue, résout l'eau en vapeur, met l'acide carbonique en liberté, et reprécipite le carbonate de chaux en suspension sous la forme de cristaux de calcite; ceux-ci, agglomérés ensemble selon les lois géométriques de la cristallisation, arrivent à faire pendre aux voûtes des stalactites parfois de plusieurs mètres de longueur, — à dresser sur le plancher, ou à superposer sur les parois, des stalagmites — dont les plus puissantes arrivent à 20 et même 30 mètres de hauteur et à plusieurs décimètres d'épaisseur<sup>1</sup>, — enfin à édifier en travers des rivières, ou cascates souterraines, des barrages ou *gours*, dont j'ai expliqué ailleurs la formation par le double jeu des oscillations de niveau des eaux et de l'évaporation. En dehors de la calcite, forme la plus habituelle du carbonate de chaux cristallisé, on rencontre parfois une autre variété, l'*Aragonite*, qui s'agrège en fibres fines (Dargilan, salle du Tombeau) dans des eaux chaudes ou encore saturées; la *Ktypéite* (découverte par M. Lacroix dans les dépôts des sources thermales de Carlsbad, et à Hammam-Meskoutine) a des propriétés cristallographiques spéciales et détone quand on la chauffe au rouge.

Les *tufs* ne sont pas autre chose que des concrétions extérieures : abondants à l'issue de presque

1. Les plus grandes concrétions connues sont le *clocher* et le *minaret* de Dargilan (Lozère) hauts de 18 à 20 mètres; la *Tour astronomique* d'Agtelek (Hongrie) 25 mètres, et les immenses *arbres de pierre* de l'aven Armand (Lozère), dont le plus haut s'élève à 30 mètres. Dans la rivière souterraine de Padirac, les parois du Pas-du-Crocodile et du Grand-Dôme sont revêtues de calcite sur 60 mètres de hauteur (V. fig. 25, p. 83).

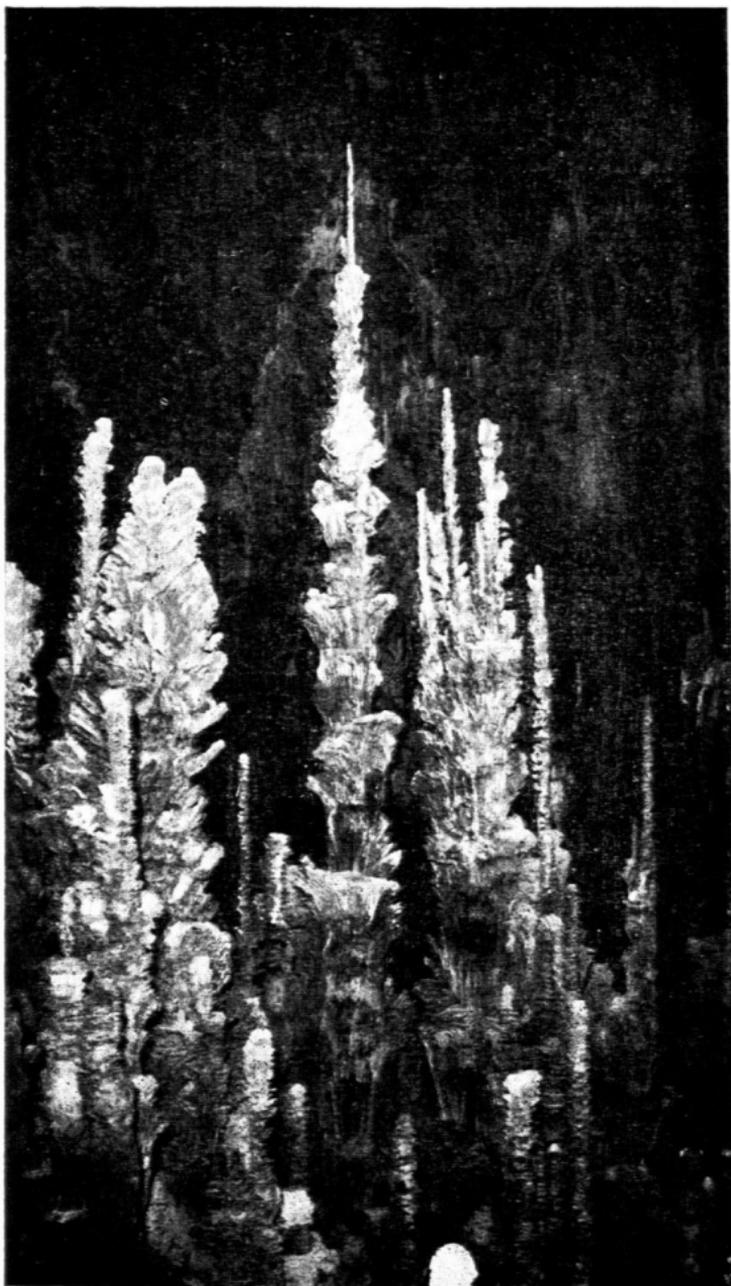


Fig. 36. — Grande stalagmite (30 mètres de haut) et forêt vierge de l'Aven Armand (Lozère).

toutes les rivières souterraines qui jaillissent en cascades, et même aux pieds et aux bords de toutes les chutes de cours d'eau chargés de carbonate de chaux, ils sont aussi provoqués par l'intervention de l'air : ils se forment dans les brusques dénivellations, où il y a à la fois sursaturation en carbonate de chaux et émiettement de l'eau en écume ; celle-ci, éparpillée en infinies gouttelettes, s'évapore avant de retomber sur le sol, où se précipitent seules les particules de carbonate de chaux en excès de suspension, quelquefois sur une grande étendue quand le vent développe ce procédé. — M. Weed a invoqué aussi l'influence d'algues, qui précipiteraient le calcaire en fixant l'acide carbonique.

Une forme spécialement bizarre de concrétions n'a pas encore été bien expliquée ; c'est celle où la calcite figure non plus des rideaux, lustres ou piliers verticaux, mais des saillies ou pointes obliques, renversées et même horizontales souvent très proéminentes. C'est en Amérique, à la Wyandotte-Cave (Indiana), que M. Collet paraît les avoir signalées le premier (1878) ; le Dr Brezina les expliquait par des changements de sens des courants d'air qui poussent tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, les gouttelettes d'eau soumises à l'évaporation. Mais cette interprétation<sup>1</sup> est contredite par l'existence et la croissance actuelle de ces concrétions *ex-centriques* (tel est le vrai nom adéquat à leur défaut d'axe vertical) en des endroits dépourvus de tout courant d'air ; dans les autres cavernes où on les a constatées (bien plus fréquemment qu'on ne le croit), il semble même que le calme absolu de l'atmosphère souterraine soit nécessaire à leur formation.

1. Qui a suggéré à MM. Barnes et Holroyd (1893) le nom d'*anémolithes* pour ces sortes d'accidents à la Blue John Mine (Derbyshire, Angleterre).

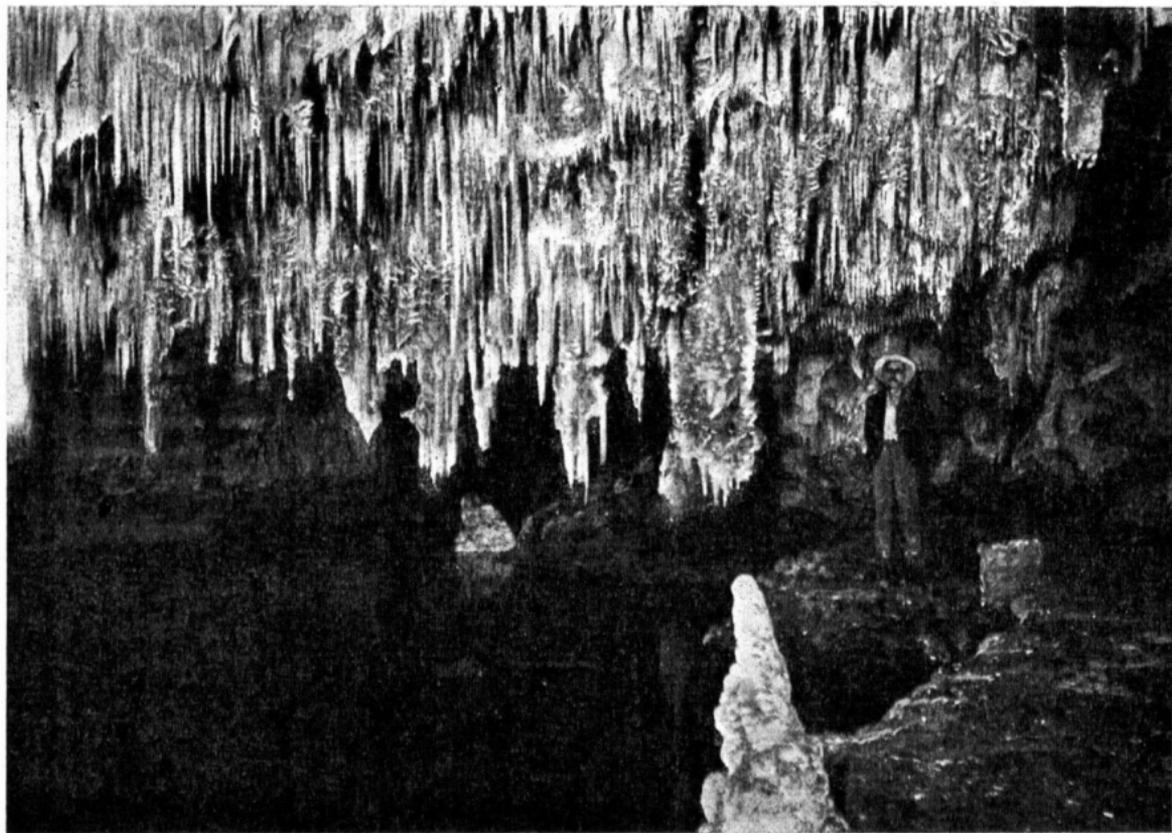


Fig. 37. — Stalactites excentriques. Lac Victoria, grotte du Pont à Majorque (iles Baléares).

M. G.-P. Merrill (1893) a fait remarquer combien celles de Wyandotte « défiaient les principes de la gravité ». De même, selon M. Van den Broeck (1906), celles de la grotte de Rozée (à Engihoul) semblent « avoir été soustraites aux lois de la pesanteur, en présence d'une lutte entre celles-ci et les forces de l'action cristallisante, qui l'a emporté haut la main ».

M. W. Prinz a développé cette théorie d'une prédominance de la force de cristallisation (1907). Elle serait, selon lui, motivée en partie par la présence d'une certaine quantité de silice gélatineuse dans le calcaire. Ne serait-ce point alors la résultante d'un phénomène *colloïdal*, le produit spécial de cet état, encore si mal connu, de la matière, qui n'est ni tout à fait solide, ni véritablement liquide, mais analogue à une solution de colle épaisse. On sait combien, depuis peu d'années, les savants sont intrigués par ces mystérieux colloïdes, où des *particules* ultra-microscopiques, suspendues dans un *solvant*, paraissent jouer dans la *vie* de la matière un rôle encore inexpliqué.

Enfin les concrétions excentriques peuvent être dues aussi à des effets d'*osmose*<sup>1</sup>.

1. L'osmose, incomplètement expliquée par les expériences de Nollet, Jolly, Van t'Hoff, déplace des molécules malgré leur inertie et en dépit de la pesanteur : l'état colloïdal favorise cette anomalie. Les phénomènes osmotiques sont la résultante des attractions et répulsions moléculaires : ils peuvent faire équilibre dans les plantes à des pressions de 10 à 160 atmosphères; ils produisent deux courants en sens inverse (exosmose et endosmose) dont l'un peut l'emporter sur l'autre; dans une solution colloïdale (gélatine, etc., etc.), la forme du cristal peut se modifier et la cristallisation agit en sens inverse des attractions osmotiques.

L'aspect de notre figure 38 impose fatalement l'idée d'un rapprochement avec les végétations cellulaires artificielles de Leduc, Burke, R. Dubois, Traube. On sait qu'en 1849 Reichert découvrit les *cristaux* organiques de l'albumine (*Cristalloïdes* de Nægeli, Cohn, etc.) qui se gonflent par osmose. Ici donc, le phénomène déconcertant des concrétions excentriques nous fournirait-il, comme on l'a prétendu pour les cristalloïdes, un trait d'union entre les

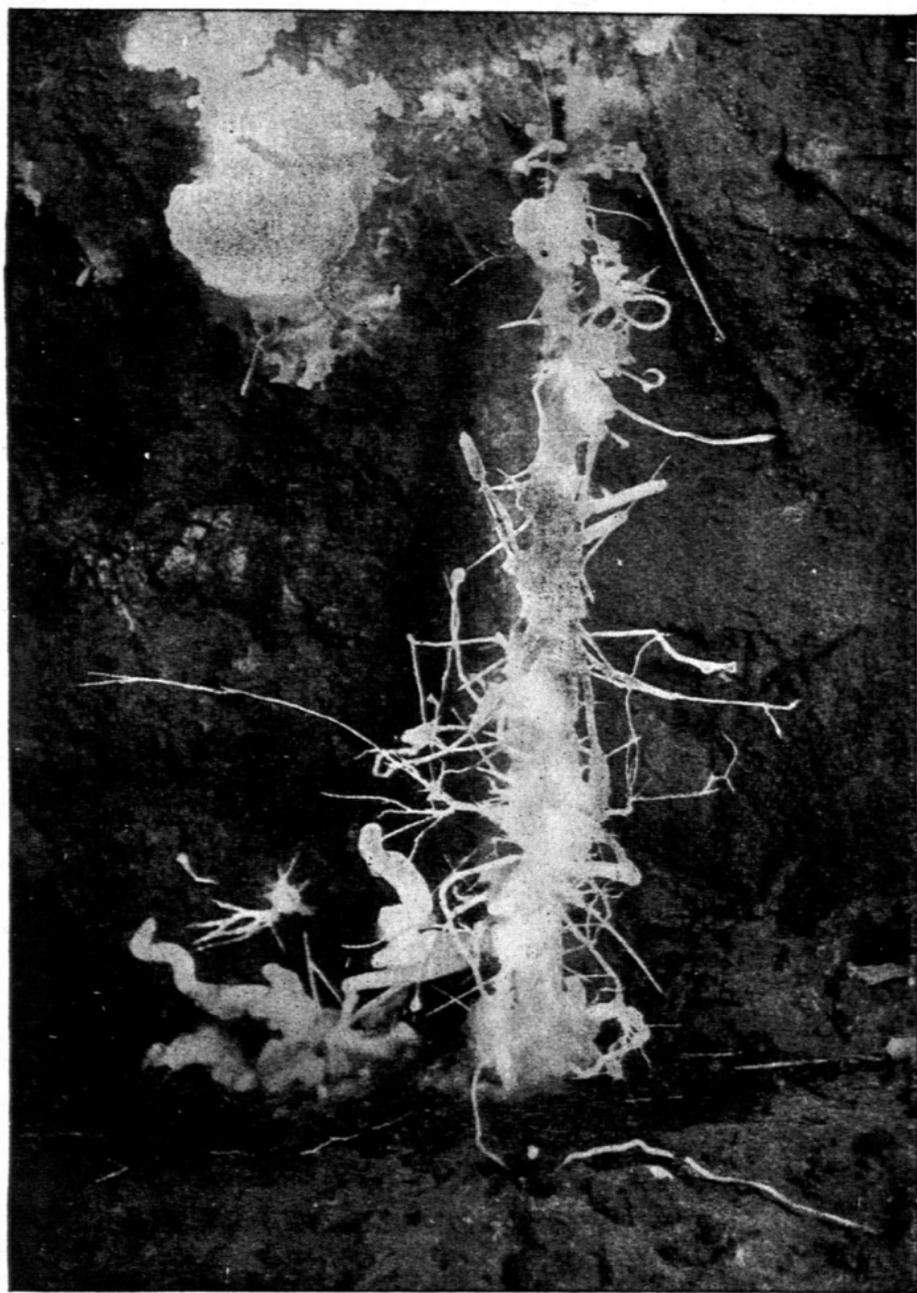


Fig. 38. — Stalagmite excentrique.  
Le Mystère, grotte de Jenolan (Australie). (Phot. G. Fritsch.)

Pendant longtemps on a considéré l'épaisseur et la hauteur des stalagmites comme susceptible d'une évaluation chronologique. Cependant Desnoyers (1847), Boyd-Dawkins (1874) en Angleterre, Claussen au Brésil, avaient déjà reconnu l'irrégularité de leur formation. J'ai montré (1902) que cette évaluation est matériellement impossible, à cause des conditions infiniment variées (topographiques, météorologiques, hydrologiques, physiques, chimiques même) qui les régissent.

On a vu des stalactites de 0<sup>m</sup>,60 à 0<sup>m</sup>,80 de longueur se construire en vingt-deux ans à la voûte des réservoirs d'eau potable de Bayreuth. Certaines mesures semblent indiquer que des milliers d'années, au contraire, ont été nécessaires pour l'édification de grandes stalagmites. De très minces revêtements peuvent être fort anciens ; d'autres, très épais, tout à fait modernes !

Bref, il importe, particulièrement en matière de fouilles paléontologiques et préhistoriques, de n'attribuer *aucune valeur absolue* à l'épaisseur des couverts de calcite ; je les ai vus manquer parfois même au-dessus des dépôts d'*Ursus Spelæus* (grottes des Rouquettes à Montpellier-le-Vieux, Aveyron ; de Nabrigas, Lozère ; de Miremont, Dordogne) ; ils ne doivent jamais être considérés comme un élément de chronologie dans les cavernes.

Aux effets de l'air souterrain, il faut encore rappor-

cellules dites organiques et celles dites *inorganiques* ? Leurs fantaisies nous ramènent à la fameuse *végétation des pierres* par laquelle Tournefort, il y a deux cents ans, expliquait les stalagmites d'Antiparos ! Nous y trouvons un assemblage de carbone, gélatine, colloïde, qui couvre assurément une genèse bien plus complexe et mystérieuse que l'effet des courants d'air, des caprices de cristallisation provoqués par des *fungi* (Hovey, 1882), des incrustations de toiles d'araignée (Dolley, 1887), ou des accidents de capillarité (Merrill, 1894). Tout cela est à rechercher et à étudier avec précision !

ter la production des nitrates dans les grottes. L'origine de ces nitrates, du salpêtre, si abondants dans certaines cavernes d'Amérique (Mammoth, Wyandotte, Luray), qu'ils donnèrent lieu pendant les guerres de 1812 et de Sécession, à une active exploitation pour la fabrication de la poudre, était attribuée à la décomposition de matières animales, notamment au guano de chauve-souris.

En 1900, M. Hess a établi au contraire que les nitrates souterrains, extérieurement formés par la décomposition de matières végétales, sont simplement entraînés à travers les fissures des voûtes par les eaux d'infiltration, qui les déposent dans les cavernes en s'y évaporant, et en précipitant à nouveau la substance, exactement comme la calcite.

Récemment on s'est demandé quelle pouvait être l'origine de l'émanation radio-active renfermée dans l'air du sol. MM. Elster et Geitel ont fait (1903) des expériences sur la richesse anormale en émanation radio-active de l'air retiré d'une cave. L'air d'un terrain argileux ou calcaire s'est montré bien moins actif que l'air d'un terrain riche en silice, et de semblables différences ont été constatées suivant la nature du sol dans tous les autres cas soumis à l'essai.

Ces recherches ont établi l'existence d'une certaine radio-activité propre au sol lui-même, mais n'ont pas réussi à séparer ni à isoler cet agent actif.

Nous avons vu, page 43 ce qui concerne l'acide carbonique et les gaz irrespirables des cavernes. Quant au *grisou*, c'est en somme une émanation artificiellement provoquée par l'exploitation des mines. En 1898, sur l'initiative de M. E. Van den Broeck, la Société belge de géologie en a repris l'étude méthodique, et synthétisé les précédentes recherches de Bruck (1851-1869), de Rossi (1880-1883), de Chancourtois (1883), Milne (1884-1093), Chesneau (1886-1888), Forel (1887), Le Châtelier (1892), etc., etc. Elle a montré que le terrible

gaz (qui tue en moyenne 2.000 personnes par an) demeure une énigme *entière et non résolue*; que les relations entre ses dégagements et les variations barométriques n'ont point la portée qu'on a voulu leur attribuer; que leurs rapports avec les séismes et mist-poeffers paraissent bien plus étroits (V. p. 12); que les accidents ne se produisent jamais les jours de chômage et de fêtes, que les influences électriques et magnétiques ne sont pas négligeables, etc.

D'ailleurs le grisou n'est pas limité aux mines de charbon; il s'est manifesté aussi parfois aux exploitations métallifères, aux soufrières de Sicile ou aux salines (Bex, Suisse; Szlatina); de même que dans les percements des tunnels alpestres: le 14-15 novembre 1902 un coup de grisou mit le feu aux chantiers du tunnel du Bosrück (Pyrhn-Bahn, Styrie, Autriche); au grand tunnel des Karawanken (Carinthie, 7.973 m., 1901-1907) le grisou a tué plusieurs hommes; au début de 1907 il s'est rencontré encore (avec un excessif accroissement de température) vers le milieu du tunnel (en construction, 8.604 m.) du Ricken (Suisse); sur la ligne de Parme à la Spezzia (Italie) au tunnel de Borgallo un coup de grisou a eu lieu « en plein terrain éocène, sans trace de charbon apparente ». (De Launay.)

C'est un mystère souterrain complet.

Dans le domaine de l'évolution, le rôle des concrétions n'est nullement négligeable; car elles constituent (nous l'avons vu, p. 84) un des nombreux éléments de remplissage des cavernes qui, pour celles du moins où le travail agrandisseur des eaux courantes est arrêté, tendent à réparer les brèches et à combler les vides excavés par celle-ci: après la sape, — qui a dilaté les cassures, fourni des voies d'enfouissement aux eaux perdues, diminué l'épaisseur des voûtes et la résistance des pieds-droits, préparé ainsi les effondrements de bas en haut, — vient le remblai concrété-

tionné, qui construit de nouveaux piliers ou murs de soutènement, qui édifie des barrages de retenue des eaux (gours), qui tamponne des bouchons aux points de perte précédemment agrandis. Ainsi l'évolution, en grande partie atmosphérique, des stalactites ou sta-

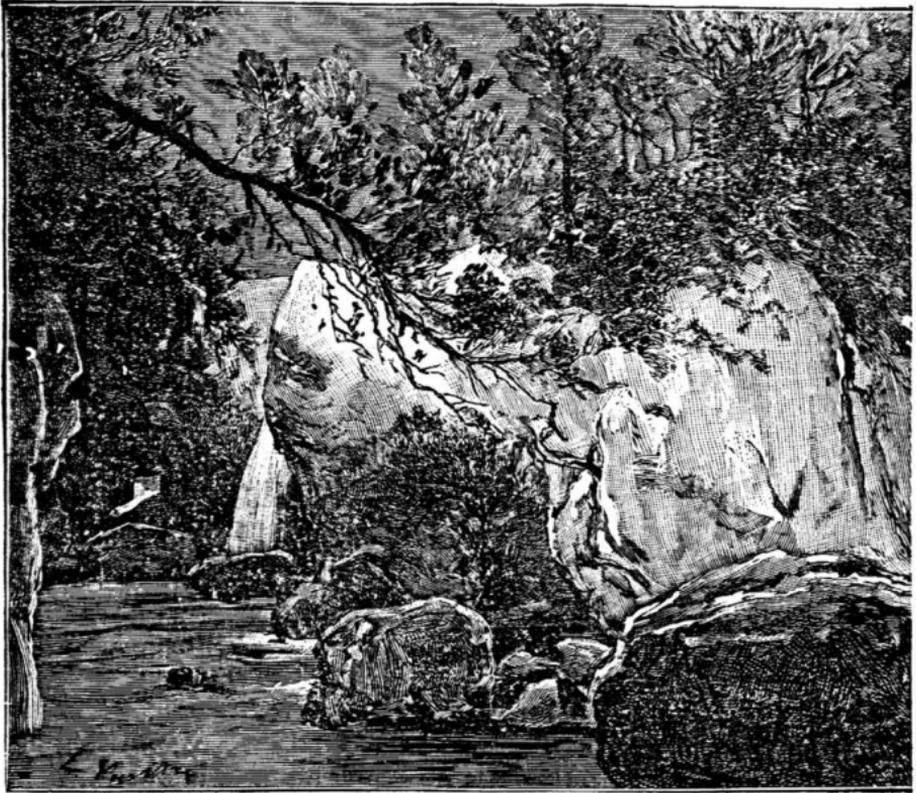


Fig. 39. — Dépôt et creusement du tuf par les cascades. — Pont naturel de l'Argens (Saint-Michel-sous-Terre, près Vidauban, Var). — (Cliché communiqué par le Club Alpin.)

lagmites tend, çà et là, à corriger quelque peu les effets d'usure provoqués par l'eau. Je dis quelque peu seulement, car il n'apparaît pas que cette restauration soit suffisamment compensatrice : tout ce qu'on a observé jusqu'ici ne permet de la considérer que comme très partielle, presque limitée aux souterrains

où les courants d'eau n'ont plus accès. Partout où les rivières souterraines ont conservé une certaine force vive, un écoulement notable et permanent, le dépôt de calcite ne se réalise pas; trop vite pour laisser à l'évaporation le loisir d'exercer sa lente influence, les gouttes d'eaux sont entraînées avec toutes leurs particules minérales; et alors c'est seulement au dehors, plus bas ou plus loin, quand les sources (ou plutôt les résurgences, v. p. 76) ramènent le tout au jour, que naît, réelle stalagmite extérieure, le tuf (V. p. 126); celui-ci même se caverne à son tour, par le fait de la fissuration et des infiltrations qui ne tardent pas à l'intéresser (fig. 39).

De nombreux et récents éboulements ont montré comment cette formation est beaucoup moins consistante qu'on ne le pensait jadis, et quelles précautions doivent être prises pour la construction sur des masses de tufs et pour leur exploitation en carrières. Là aussi l'évolution de l'eau souterraine est en activité permanente, pour la modification graduelle de ses propres dépôts externes; et j'ai signalé ailleurs le danger qu'elle présente pour le sous-sol du site célèbre de Tivoli (Italie) qui, un jour ou l'autre, s'effondrera dans les aqueducs naturels minés de ses fameuses cascades (fig. 40)!

Même il arrive que, dans le fin fond des cavernes, les concrétions soient dérangées de l'emplacement où elles ont poussé; toujours sous l'action approfondissante des courants internes, il se produit non seulement des éboulements de grande portée, mais encore de légers glissements de terrain, qui suffisent à renverser ou à disloquer des stalagmites; la plupart des grottes (Adelsberg, Dargilan, Bédeillac, Proumeyssac (Dordogne), etc., etc.) présentent ainsi d'épaisses colonnes de calcite brisées et abattues, souvent resoudées après leur chute, et surtout hérissées de nouvelles concrétions qui ont crû dessus depuis la rupture. Dans la rivière souter-

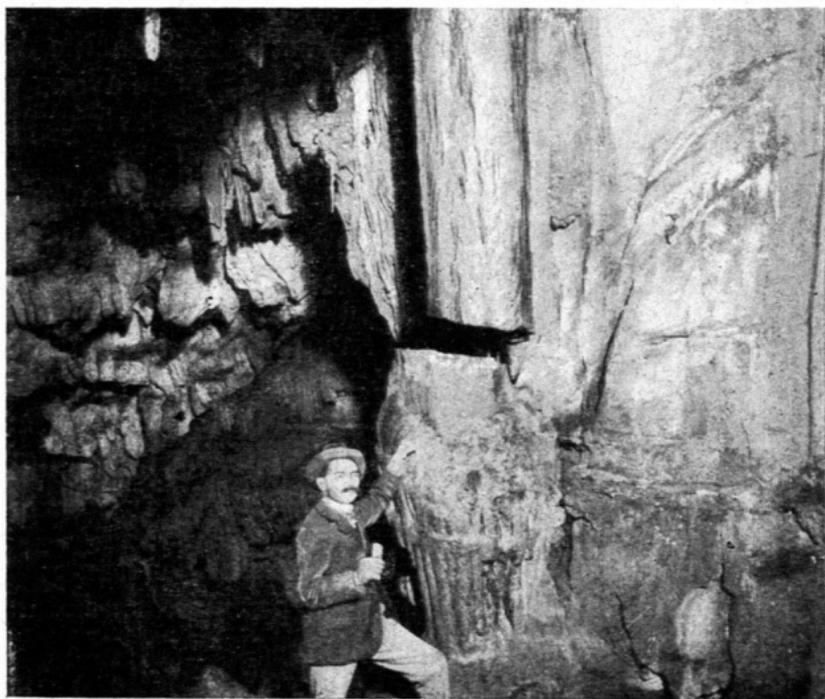
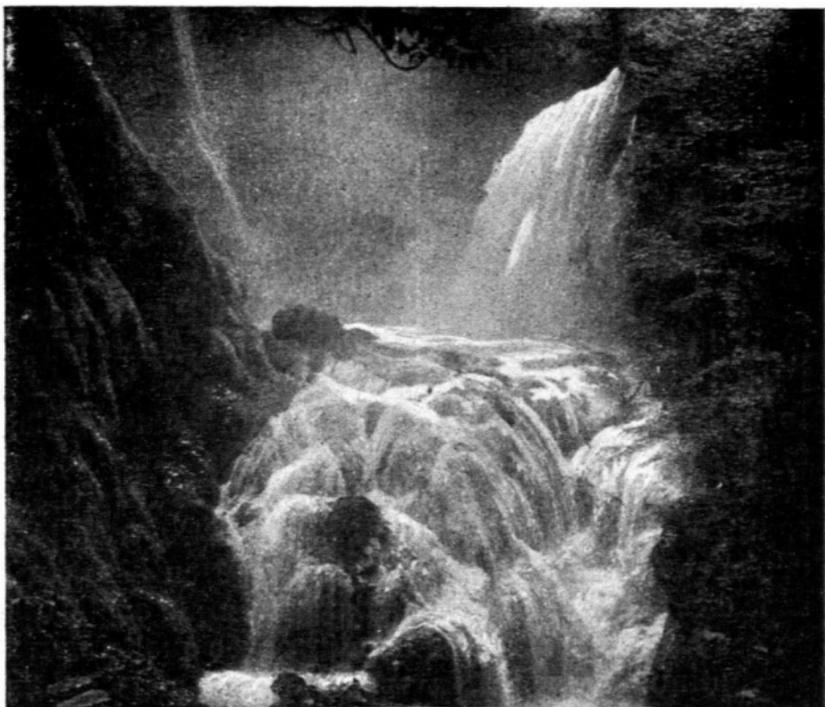


Fig. 40. — Cascade en partie souterraine dans les tufs de Tivoli (Italie).  
Fig. 41. — Colonne rompue du Trou-de-Calel (Tarn).

raïne de Padirac un affaissement de voûte, d'aspect très récent, a constitué ainsi un barrage, qui a relevé le plan d'eau de la rivière sur plus de 450 mètres d'étendue (entre deux biefs naturels) et immergé, c'est-à-dire transformé en siphon, une voûte très basse.

Fréquemment aussi (aux cavernes du Pirate, Majorque ; du Trou de Cael, Tarn ; de Jenolan, Australie ; de Proumeyssac ; de Lacave, Lot, etc.), des colonnes, formées par la réunion d'une stalactite et d'une stalagmite, se sont rompues en deux parties sans tomber, parfois avec séparation, et déviation d'axe de plusieurs centimètres entre les deux tronçons. Un très léger déplacement de leur support, entraîné en bloc par la sape d'eaux souterraines, est la fort simple explication de ces faits. Rien n'indique mieux avec quelle activité se continue dans les cavernes le lent, mais efficace labeur des eaux infiltrées.

La météorologie souterraine n'est pas affranchie des conséquences de l'évolution terrestre ; nous avons vu (p. 32) comment elle est influencée de bas en haut par la chaleur interne (géothermique).

D'autres variations, étroitement subordonnées à celles de l'air et de l'eau extérieurs, l'affectent beaucoup plus qu'on ne le pense en général. Il en résulte que les oscillations atmosphériques actuelles se font sentir, atténuées assurément, mais encore des plus notables jusqu'à une certaine profondeur souterraine.

Dès 1894 j'ai démontré, d'après un millier d'observations, que, contrairement aux opinions jusqu'alors reçues et enseignées, la météorologie des cavernes est gouvernée par les principes suivants :

1° La température de l'air n'y est pas constante ;

2° La température de l'air n'est pas uniforme dans les mêmes parties d'une cavité.

3° La température de l'eau est sujette à des variations et dissemblances, tout comme celle de l'air ;

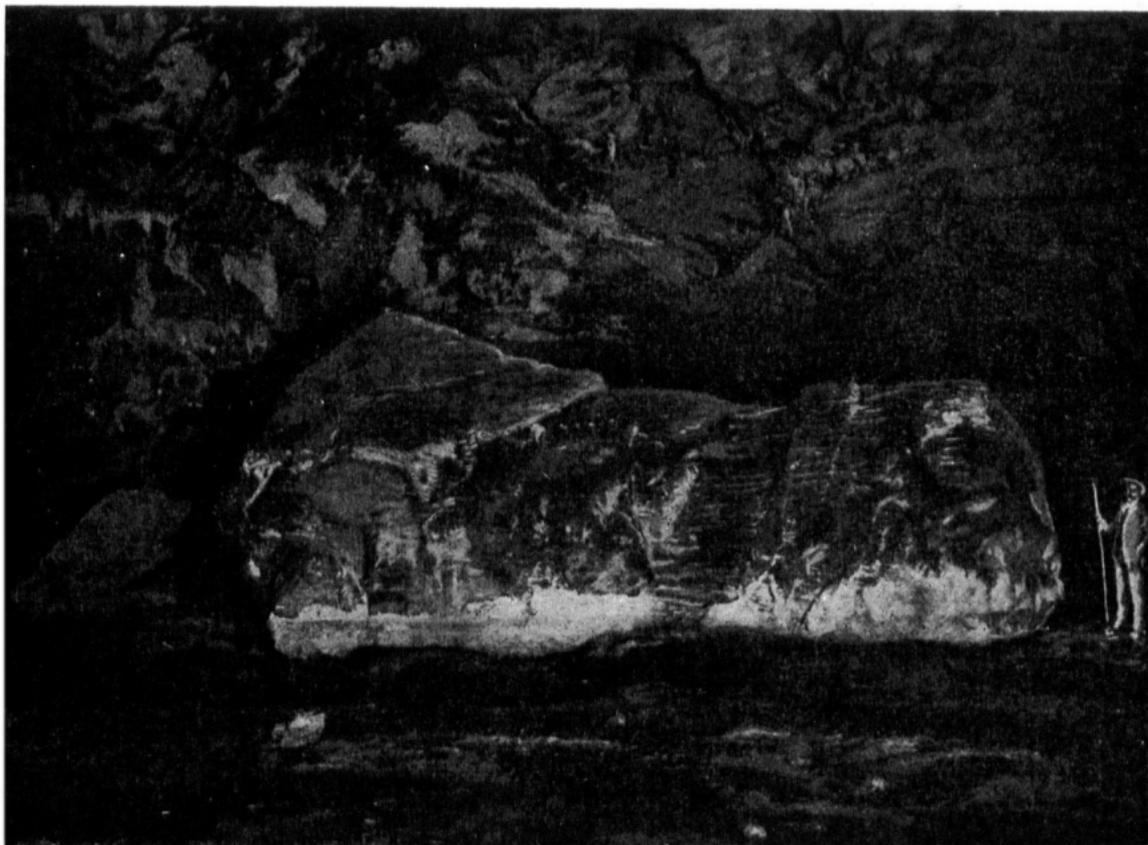


Fig. 42. — Stalagmite renversée. — Tombeau de Roland, grotte de Bèdeillac (Ariège) (p. 134).

4° La température de l'eau et celle de l'air y sont souvent discordantes.

Parmi les causes de ces anomalies, j'indiquais tout d'abord les suivantes :

1° La *fissuration* des terrains, où sont creusées les cavernes, qui facilite l'introduction de l'air extérieur, au même titre que celle des eaux d'infiltration ;

2° La *forme des cavités* ;

3° La *densité* de l'air froid, qui l'attire et l'emmagasine dans les profondeurs<sup>1</sup>.

En effet, les rétrécissements et les dénivellations provoquent des appels et courants d'air, qui peuvent troubler l'équilibre de température ; les abîmes à double orifice et en forme de sablier (deux entonnoirs superposés par leur pointe) favorisent la chute et l'emprisonnement de l'air froid en hiver, et entravent son remplacement par l'air chaud ;

4° *L'influence de l'eau*, qui peut se faire sentir de deux manières différentes, soit en refroidissant l'air par un effet d'évaporation, quand elle suinte lentement, soit en y apportant toutes les variations de l'air extérieur, en y pénétrant sous forme de rivières venant du dehors, froides en hiver et la nuit, chaudes en été et le jour.

Depuis lors, des milliers d'autres observations n'ont fait que confirmer ces idées ; et il est permis de dire maintenant que la météorologie des cavernes a donc fourni à la géologie quatre notions nouvelles :

A. — La première, c'est que la température de l'air n'y a pas du tout la constance qu'on lui prêtait jadis, et que diverses circonstances, généralement d'ordre topographique, arrivent à la faire varier de plusieurs degrés, non seulement suivant les saisons,

1. Sans oublier qu'à titre exceptionnel le voisinage d'eaux thermales ou de foyers volcaniques (même éteints) peut, d'autre part, réchauffer des cavernes, à Monsumano (Toscane), à Montels (Hérault), à Matsetsa (21<sup>e</sup>, v. p. 45), etc.

mais encore d'un point à l'autre d'une même caverne.

B. — La seconde, c'est qu'il en est de même pour les eaux des cavernes, et que, par suite, les *résurgences* (sources des calcaires) sont fort loin de présenter toujours une température égale à la moyenne annuelle de celle du lieu où elles émergent.

C. — La troisième, c'est que la formation des *glacières naturelles*, objet de si longues controverses et de si nombreuses théories, a pour cause principale l'action du froid hivernal, et pour causes accessoires par ordre d'importance, les quatre suivantes : 1° forme de la cavité ; 2° libre accès du froid ou de la neige d'hiver ; 3° altitude ; 4° refroidissement par évaporation due aux courants d'air.

D. — La quatrième, enfin, c'est que les soi-disant principes de la géothermique ont été singulièrement battus en brèche par la facile pénétration de l'air au fond des plus creux gouffres naturels que l'on ait explorés jusqu'ici (V. p. 56) : dans les abîmes de 200 à 300 mètres de profondeur, on n'a point trouvé que la température augmentât, au fur et à mesure de la descente, comme dans la plupart des mines.

Dès 1889, j'avais été très frappé de trouver au fond du gouffre de Rabanel (Hérault), à 212 mètres sous terre, 9°,5 centigrades, alors que la moyenne annuelle du lieu est d'environ 15° à l'extérieur et que la géothermique eût dû fournir 21° ! De même à l'aven de Jean-Nouveau (Vaucluse) à 163 de profondeur il y avait 9° au lieu de 14° ; à la Kačna-Jama (Istrie), à 285 mètres sous terre, M. Marinitsch a observé 6° au lieu d'environ 20°, etc. ; et il trouvait, 20 mètres plus bas au fond du gouffre, à 305 mètres, 11°,5 à cause du réchauffement provoqué par la rivière souterraine de la Recca, qui coule tout près et qui est perdue dans le sol depuis une brève distance ; j'ai établi aussi comment les *puits à neige* du Dévoluy abaissent de 3° au-dessous de la normale la température de la fontaine des Gil-

lardes (6° au lieu de 9°) qu'ils alimentent, etc.! Dès 1894, j'avais énoncé (*Les Abîmes*, p. 563) que « grâce à la fissuration, l'air extérieur accède bien plus aisément dans les cavernes naturelles que dans les galeries artificielles ». L'événement du Simplon (V. p. 46) ne m'a donc nullement étonné; il achève d'établir que, même à une grande profondeur, le calcaire reste une *roche froide*, parce que ses fissures y laissent descendre librement les eaux; cela institue, entre ces apports froids et la chaleur interne, un conflit qui, pour le Simplon, a communiqué aux eaux du tunnel et même à la roche une température de 11° à 19°, intermédiaire entre les 3° et 5° de la zone subaérienne d'absorption et les 35° à 38° que voudrait la géothermique. Aussi ne pensais-je pas, comme le faisait M. Schardt, que dans l'avenir la température des eaux se relèverait!

Le percement du tunnel a provoqué la vidange de canaux réservoirs plus ou moins vastes, qui alimentaient auparavant les sources de Nembro, débitant 100 litres par seconde; si, par conséquent, les eaux étaient destinées à diminuer de volume, il devait en résulter, pour les infiltrations, un séjour moins long dans les anciens réservoirs, — une arrivée plus rapide de la surface, — et, par suite, un moindre réchauffement; c'est pourquoi je croyais plutôt à un abaissement qu'à un relèvement de la température. En fait, c'est bien ce qui est survenu. Quant aux différences de température et de dureté observées dans les diverses venues d'eaux du tunnel du Simplon, elles proviennent simplement des accidents de leur circulation, qui rendent prépondérante tantôt l'influence des apports froids, tantôt celle de la chaleur profonde, et qui les mettent en contact avec des lentilles de gypses, le tout selon les capricieux dispositifs de la fissuration souterraine.

Par suite de la rapide descente des eaux de surface,

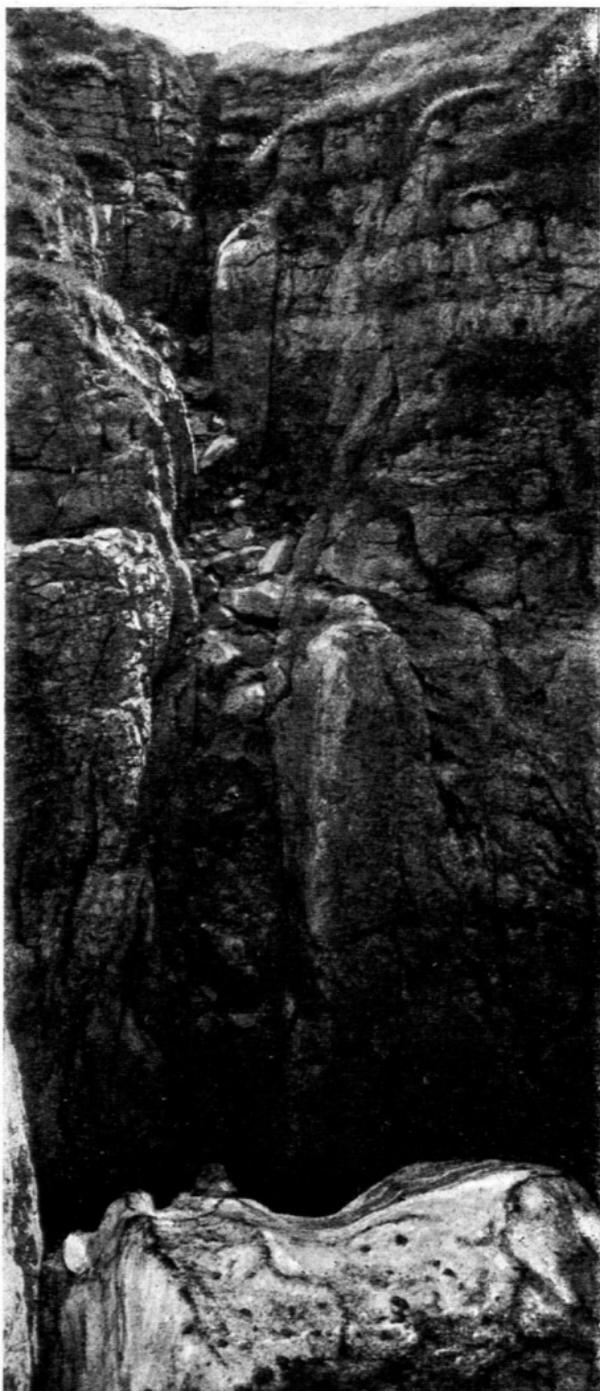


Fig. 43. — Puits à neige du Parnelan (Haute-Savoie);  
névé permanent à 25 mètres sous terre.

les incidents du Simplon corroborent donc, de la plus probante manière, tout ce que j'avais précédemment déduit des sources froides des Alpes françaises et que Lorenz avait déjà noté pour le lac de Vrana (île de Cherso, Dalmatie) et les sources du golfe de Quarnero; il est désormais *prouvé, sans discussion possible*, que l'action réfrigérante des infiltrations des hautes altitudes s'exerce, à travers les roches calcaires, non seulement jusqu'au niveau des résurgences dans les vallées basses, mais encore plus profondément que ce niveau, au point d'annuler totalement les effets normaux de la géothermique.

Ainsi, la température de l'air et de l'eau dans l'intérieur de la terre, ou du moins des parties supérieures de son écorce, est bien loin de posséder la fixité qu'on lui a trop longtemps attribuée. Ceci n'est point dépourvu d'importance évolutionniste et donnera peut-être la clef de certains faits.

Il est admis que, soit par suite d'un plus grand diamètre apparent du soleil qui parallélisait l'arrivée de ses rayons, soit grâce à une enveloppe de brouillards terrestres répartissant également sa chaleur diffuse, les climats étaient semblables sur toute la surface du globe, au moins jusqu'à la période secondaire.

Nous avons vu que la fissuration de l'écorce paraît s'être ouverte aux infiltrations et remplissages extérieurs dès l'époque secondaire, précisément au moment où les climats vont cesser d'être uniformes. En rapprochant ces deux ordres de considérations, on est amené à se demander, tout naturellement, si l'absence (ou la rareté) d'infiltrations superficielles aux époques primaires n'est pas précisément la cause de l'antériorité, attribuée aux filons métallifères proprement dits, sur les sources thermo-minérales qui manquent le long des cassures les plus anciennes (V. p. 49); en effet, si l'on remarque que, depuis l'époque tertiaire tout au moins, les climats chauds se

sont de plus en plus rétrécis vers l'équateur, tandis que la glaciation plio-pléistocène envahissait graduellement les pôles, on est bien obligé d'admettre (sous réserves des soi-disant glaciations permienne, carboniférienne et même cambrienne fort hypothétiques), que, dans la zone tempérée, les infiltrations de surface, surtout celles des montagnes, amenaient des eaux de plus en plus fraîches dans les fissures de plus en plus approfondies du sous-sol; nécessairement, cette propagation interne des variations météorologiques extérieures suscite une différenciation forcée dans les réactions chimiques souterraines, assujetties au conflit de la géothermique et du refroidissement aérien; les conditions physiques où l'eau fraîche du dehors venait au contact du magma fluide chaud, ou tout au moins de ses injections fissurales, se trouvaient en perpétuelle modification: n'est-ce point de là que proviendrait l'évolution soi-disant reconnue dans les sources thermo-minérales, et celle qu'il ne faut pas tout à fait nier dans la composition des laves volcaniques? La lente diminution de température des eaux d'infiltration, introduites dans le sol, peut très raisonnablement être regardée comme une cause efficiente d'altération progressive, dans l'allure des phénomènes thermo-minéraux et volcaniques; en profondeur, ces eaux, de moins en moins chaudes, dissoudraient de plus en plus faiblement les éléments du magma (qui sait même si, par places, elles n'en favoriseraient pas l'agglutination); en même temps, elles donneraient naissance à une production graduellement majeure de vapeurs d'eau, grâce à l'écart croissant de leur température par rapport à la géothermique; en somme, n'y aurait-il point lieu de rechercher là l'origine de l'explosivité grandissante, dit-on (V. p. 39), des éruptions au cours des temps?

Certes, je n'esquisse ainsi que des hypothèses, et je ne me permettrai point de les développer plus ample-

ment ; mais, d'une part, je ne crois pas que cette influence du refroidissement des infiltrations extérieures sur les réactions souterraines ait encore été proposée à l'examen des spécialistes ; d'autre part, elle ne me paraît pas indigne d'examen, car la notion de l'inégalité des températures souterraines est véritablement nouvelle, et ses conséquences ne sauraient être, en aucune façon, négligeables. Le fait qu'au Simplon des eaux infiltrées, à la température de 3° à 5° et descendues de 700 à 1.200 mètres, ne se sont réchauffées que de 8° ou 11° (au lieu de 30° à 35°, que prévoyait la géothermique théorique), avec un *accroissement moyen de 1° seulement par 100 mètres, est de la plus capitale importance*. Un pareil degré géothermique (s'il demeurait constant en profondeur) permettrait, aux eaux d'infiltration des neiges fondues, une descente de 10.000 mètres dans l'écorce terrestre (à laquelle on prête de 30 à 180 kilomètres d'épaisseur). Et même, comme la pression hydrostatique, la mise en charge doit contribuer à ralentir considérablement la vaporisation de l'eau, il est *possible* que l'eau libre ou liquide puisse descendre beaucoup plus bas que les 18.500 mètres de Delesse.

Joint aux règles établies ci-dessus, à propos de l'inégalité de température des cavernes et aux anomalies observées aux mines de Przibram et de Calumet et Hécla (V. p. 33), tout ceci établit péremptoirement combien est efficace la participation des infiltrations à météorologie variable (dans l'espace et le temps) aux phénomènes complexes de l'évolution souterraine ; et cela impose la remise à l'examen ou la position nouvelle des diverses questions, dont j'esquisse ici les trop vagues et flottants contours, sans m'y appesantir davantage.

Deux mots me restent à dire de la vapeur d'eau et de la pression barométrique.

C'est une croyance universelle qu'en hiver certains

orifices de gouffres ou de cavernes émettent des fumées, d'où le mot fréquemment rencontré de *trous qui fument*. Le fait est exact, mais bien simple et des plus accessoires : dès que la température extérieure est voisine du point de congélation, l'air, plus chaud et *plus léger*, des cavités librement ouvertes au dehors tend à s'en échapper; et, comme il se trouve, intérieurement, à plusieurs degrés de différence, sa condensation, dès sa sortie, le résout en une simple vapeur d'eau, d'autant plus visible que l'écart thermique est plus notable. Il n'y a point lieu de s'arrêter davantage à une manifestation tout à fait dépourvue du *merveilleux* qu'on lui attribue partout!

Sous terre même, et particulièrement dans des cavernes à rivières souterraines, on observe parfois de véritables *brouillards*. Ce fait, comme le précédent, est des plus secondaires et d'explication facile.

Il suffit d'une notable et passagère différence, entre la température de l'air de la grotte et celle de l'eau qui y pénètre (très froide en hiver et très chaude en été), pour qu'une temporaire condensation provoque de véritables buées. L'active évaporation d'ailleurs qui assure la formation des concrétions peut aussi ne pas demeurer étrangère, dans certaines conditions en quelque sorte hypertrophiques, au fait en question.

Enfin, il est matériellement vérifié que les variations de la pression barométrique extérieure se transmettent aux fissures et mines les plus profondes.

Schmidl à Adelsberg (1852) et moi-même à Padirac (1899), avons similairement établi que, sous terre, l'amplitude des variations est très légèrement, plus grande qu'au dehors, mais exactement de même valeur.

Il reste à expliquer et même à observer avec précision des troubles barométriques bien plus bizarres, énigmatiques, et qui paraissent n'avoir été constatés jusqu'ici qu'à Dargilan (Lozère), par moi-même, et au Höll-Loch (Suisse), par M. Rahir.

Enfin, les *puits qui soufflent* de l'air, quand la pression atmosphérique baisse, ont été signalés en Suisse par M. E. Sarasin (1905) et au Puy-de-Dôme par MM. B. Brunhes et P. David (1907). Ils ont éclairci le phénomène de la forte ionisation de l'air dans les cavernes.

On voit que l'air atmosphérique joue son personnage, et non des moindres, dans l'évolution souterraine à bien des titres. Certains sont dès maintenant fixés, comme la genèse des concrétions, d'ordre plutôt pittoresque que philosophique (sauf pour les *excentriques*); mais d'autres demeurent bien mystérieux, au premier chef les résultats matériels du conflit entre la fraîcheur (descendue du dehors) et les effluves du chaud magma souterrain; j'insiste sur les recherches à reprendre, sous ce rapport, relativement aux sources thermales et aux éruptions.

## CHAPITRE VI

### Les Minéraux.

- I. — Apports intérieurs. — Relations entre les filons, les cavernes et les fissures. — Or du Klondyke. — Diamants d'Afrique. — Remaniements et remises en mouvement. — Influence des eaux d'infiltration. — Cuivre. — Plomb. — Fluorine.
- II. — Apports extérieurs. — A. Introductions dans les fissures. — Kaolin. — Epsomite. — Terra Rossa. — Fer. — Manganèse. — Bauxite. — Phosphates. — Brushite. — Minervite.
- A. Dépôts recouverts ou dénudés. — Charbons. — Gypse. — Fontis. — Effondrements de France, d'Allemagne, d'Angleterre, des Alpes, de Thuringe. — Cavernes du gypse en Italie, etc. — Le sel. — Son origine dans les mers. — Salines de Cardona. — Dissolutions souterraines du sel.
- B. Pseudomorphoses. — Gypse. — Calamine. — Grès.

Les substances minérales elles-mêmes ont évolué parmi les cassures mises à leur disposition par le crevassement de l'écorce terrestre.

Pour la commodité des idées, il est permis de les partager, sous ce point de vue, en trois catégories :

- I. — Les effets ou apports intérieurs.
- II. — Les effets ou apports extérieurs.
- III. — Les pseudomorphoses, combinaisons des deux premières catégories.

I. — **Minéraux provenant de l'intérieur du globe.**  
— Ils comprennent, cela va sans dire, tous les filons métallifères (V. p. 41), pour lesquels nous nous limi-

terons ici aux manifestations fort curieuses qui, au sein des exploitations minières artificielles, ont fourni dans les cavités *naturelles* de véritables preuves d'évolution minérale.

D'abord, on conçoit aisément qu'une relation ait pu s'établir entre les filons métallifères et les cavernes, puisque les crevasses du sol étaient ouvertes, en bas pour la réception des précipitations métallifères, en haut pour l'infiltration des eaux extérieures. Il était forcé que, dans de communes fissures, les effets des deux phénomènes se rencontrassent superposés, juxtaposés, combinés, parfois contrariés.

Les incrustations métalliques du Laurium et du Wisconsin se sont établies dans deux systèmes de diaclases rectangulaires entre eux.

Une des galeries de Bramabiau renferme un filon de fer en plein calcaire infra-liasique (V. p. 42).

En 1900, M. Vidal, de Mende, découvrit, entre le Bleynard et Villefort (Lozère), parmi d'anciens couloirs d'exploitation d'un riche filon de plomb argentifère, blende, cuivre, etc. (long de 12 kilomètres), une quantité de galeries, dont la principale — qui n'a pas moins de 300 mètres d'étendue — aboutit à la plate-forme d'un aven aux dimensions colossales. Divers objets d'origine romaine ont été recueillis dans ces mines.

On pourrait accumuler les exemples prouvant combien les eaux infiltrées sont disposées à côtoyer les filons, injectés eux-mêmes dans les fissures du sol.

L'or se récolte sous trois formes : en filons, alluvions, sédiments (au Transvaal).

Celui du Klondyke était originairement incorporé dans de petites veines de quartz, injectées dans les fissures de schistes anciens. Mais, comme la majeure partie se recueille maintenant dans d'immenses amas de sable détritique, il faut que la dénudation ait revêtu, là comme partout, une ampleur extraordi-

naire. L'infiltration des eaux y a certainement joué un capital rôle évolutif.

Les tellures d'or et d'argent de Cripple Creek (Colorado) ont été déposés (selon M. Ritter, 1907), par des émanations métallifères, dans le champ de fractures très compliqué d'un vaste volcan tertiaire, surtout au pourtour, au contact de l'encaissement de granit et de schistes cristallisés; conformément à ce principe que les fissures volcaniques et séismiques se forment surtout au contact de roches différentes.

Dans le même ordre d'idées, M. Beck (de Freyberg), en étudiant (1906) les relations de la pegmatite avec les veines métallifères, a supposé que les solutions aqueuses dans les fissures se refroidissaient avec une extrême lenteur; cela aurait favorisé la diffusion des substances en dissolution et expliquerait la fréquence d'amples cristaux dans les pegmatites; celles-ci auraient été retenues dans de grandes profondeurs, tandis que les eaux thermales s'élevaient jusqu'à la source; par conséquent, les minerais (étain, cuivre, or) connexes aux pegmatites n'auraient été mis à jour qu'après des dénudations (et, par conséquent, des infiltrations) extrêmement prolongées.

Le diamant de l'Afrique du Sud lui-même nous est octroyé par l'intermédiaire des fissures. C'est par centaines qu'on connaît maintenant les cheminées ou tuyaux (diamond-pipes) qu'a remplies la brèche volcanique empâtant le précieux cristal; ouvertes postérieurement aux éruptions du Drakensberg, elles seraient, selon M. Harger (1906), de la fin du trias ou du début du jurassique: par groupes de vingt ou trente juxtaposées, les unes sont de vrais goulots (necks), de section ovale ou circulaire; les autres, de simples bouffissures (swellings), le long de fissures étendues sur des kilomètres. On sait que le professeur Bonney regarde le diamant des « pipes » comme le résultat de la saturation charbonneuse,

provenant des grandes profondeurs d'où a jailli la brèche.

Mais, puisque les gangues de la plupart des filons sont très délitables par les eaux, il est, en général, fort difficile de distinguer les cas où le minerai est demeuré dans son gisement originaire, de ceux où des altérations hydriques, des *remises en mouvement* par ces eaux, ont complètement bouleversé l'état primitif de leurs dépôts. De Launay a montré comment, chargées d'oxygène, de nitrates, de chlorures, de fluorures, d'acide carbonique, les infiltrations superficielles ont agi sur la partie haute des filons (surtout parmi les calcaires) de deux manières : aux dépens du mur et du toit encaissants, elles creusaient des grottes par érosion et corrosion ; puis, dans ces grottes, elles redéposaient, plus ou moins modifiés par des réactions secondaires, les paquets de minerais dégagés lors du cavernement. C'est même généralement ainsi, beaucoup plus que par dépôt filonien, primitif et direct, que bien des grottes d'exploitations minières montrent leurs parois revêtues de blende, de galène, de cérusite (carbonate de plomb), de gypse, de calamine, de fluorine, d'argent même, etc.

Le cuivre a coloré en bleu des stalagmites dans les grottes naturelles des mines du Laurium (Grèce), de Schwatz (Tirol), de Mosso (Toscane), du Gard ; et surtout dans le gouffre de Bouche-Payrol, près Silvanès (Aveyron), où G. Gaupillat, à 120 mètres de profondeur, a fait (1892) la très curieuse découverte d'une ancienne mine de cuivre, d'époque inconnue, dont l'issue extérieure demeure ignorée ou oblitérée.

Dans le Taurus Cicilien (Asie Mineure), à Bulghar-Dagh, entre 2.000 et 2.400 mètres d'altitude, M. Brisse a reconnu que des gisements de plomb, modifiés et disloqués par la circulation de véritables rivières sou-

terraines, ont fait place à des grottes béantes, entre des calcaires et des porphyres quartzeux.

Les cavernes du Peak (Derbyshire) recourent aussi une quantité de filons plombifères.

Dans la Blue John Mine (Derbyshire), un célèbre gisement de galène et de fluorine n'est qu'un extraordinaire labyrinthe *naturel* de fissures, un réseau d'*avens* superposés et réunis par des couloirs plus ou moins inclinés ; — il absorbe encore de nos jours un ruisseau extérieur, qu'on peut suivre jusqu'à 90 mètres de profondeur, pour le voir se perdre plus bas encore dans un trou absolument impénétrable, sans qu'on ait réussi à identifier le lieu de sa *résurgence*.

Cette Blue John Mine paraît avoir recueilli primitivement la galène et la fluorine par une voie d'émanations profondes ; puis tout son réseau filonien a été, de haut en bas, complètement agrandi et bouleversé par les infiltrations ultérieures. Ce sont, d'ailleurs, les gisements de plomb sulfuré qui ont fourni les plus nets et les plus curieux exemples d'altération superficielle et de remise en mouvement, par les eaux creusantes (à Eureka, Névada ; à Leadville, Colorado ; à Mineral-Point, Wisconsin, etc.), de gîtes métallifères ayant ainsi perdu tout l'aspect de leur dépôt primitif.

La fluorine ou fluorure de calcium, ou spath fluor, ou *marmor metallicum* (dans lequel Scheele, en 1771, découvrit le fluor), mérite quelques lignes, parce que ses dépôts en grande masse sont fort rares : le gisement de la Blue John Mine fut longtemps le seul exploité, pour la confection de bibelots d'ornement (peut-être les précieux *vases murrhins* antiques de Pline étaient-ils en fluorine), et pour servir de fondant dans l'industrie métallurgique (son nom dériverait du latin *fluo*, je coule). Certains de ses cristaux s'emploient, en optique, à faire des objectifs apochromatiques. Depuis le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, on en a uti-

lisé aussi (principalement pour la mosaïque, en Allemagne) une petite veine dans une excavation du Sântis (Suisse), à 1.380 mètres d'altitude. Il y en a des filons en Belgique, dans les calcaires voisins de Givet : les recherches de E. Dupont (1865-1872), dans les cavernes de la Lesse, ont même fourni des fragments travaillés et perforés de cette substance, utilisés comme parures par les préhistoriques de Belgique.

M. Marlot l'a rencontrée aussi dans le carboniférien du Morvan (où elle serait d'époque triasique) ; mais jusqu'à présent trop sporadiquement pour avoir fait l'objet d'un trafic rémunérateur, etc.

Concurremment avec le quartz, la barytine et la calcite, elle constitue presque toujours la gangue des filons de galène, d'étain, etc.

La provenance profonde (au moins originairement) de la fluorine ne saurait plus faire de doute, depuis qu'il a été établi (après une longue controverse) et particulièrement par les travaux de M. Carles (1907) que le fluor existe dans les eaux minérales.

Pour l'argent, les mines de Cobalt, au Canada, se sont montrées riches surtout aux points de fractures, où l'infiltration des eaux extérieures a développé les remaniements.

On pourrait multiplier à l'infini ces exemples.

**II. — Les minéraux d'origine extérieure.** — Les minéraux d'origine extérieure peuvent eux-mêmes se subdiviser en deux classes.

A. — Ceux qui ont (comme les minéraux intérieurs) utilisé la fissuration préexistante.

B. — Ceux qui se sont déposés ou accumulés d'abord à ciel ouvert, pour être postérieurement enfouis sous des empilements successifs de sédimentation, mais qui, depuis lors, ont vu parfois, dans leur sein même, se produire des fissurations *posthumes*, en quelque sorte, avec leurs conséquences obligées.

A. — *Minéraux extérieurs introduits.* — Dans le centre de la France, des dépôts de kaolin, produits par la kaolinisation des feldspaths, ont eu pour cause une intense circulation des eaux souterraines, le long de filons de quartz recouvrant la granulite. Les sources abondantes qui, même en été, jaillissent de la couche ainsi kaolinisée, montrent que cette altération, saisie sur le vif, n'est nullement un accident profond (comme l'a pensé Daubrée), mais simplement le résultat de la fissuration des granites et granulites. (Fournet, 1852.)

L'epsomite ou sulfate de magnésie hydraté a été trouvé en cristaux par M. E. Fournier, dans la grotte des Caveaux, près Montrond (Doubs), en 1899, et, depuis lors, on l'a rencontré dans la rivière souterraine de Padirac. On la connaissait en efflorescences et petits amas circulaires à Epsom (Angleterre) et dans diverses mines ; sa grande solubilité dans l'eau rend sa présence curieuse dans les cavernes. M. Fournier en explique la formation par l'action, sur les calcaires magnésiens, d'eaux contenant des sulfates en solution et dérivés de la dénudation de roches calcaires, qui renfermaient du sulfate de chaux ou de strontium.

L'anhydrite ou sulfate de chaux anhydre a été rencontré dans le captage profond de la source remarquablement purgative de Cruzy, près Saint-Chinian (Hérault) : au fond d'une ancienne carrière de gypse, l'eau minérale suintait des fissures mêmes de l'anhydrite ; des travaux mal menés et l'intempestif emploi de la dynamite ont d'ailleurs fait perdre la source il y a quelques années. Les eaux souterraines du Simplon ont dissous aussi des amas internes d'anhydrite.

Il n'est plus contesté maintenant que la *Terra Rossa* du Karst, *terre rouge* des cavernes, soit avant tout le résidu de la *décalcification* atmosphérique et hydrique des roches calcaires. Le carbonate de chaux est dissous et entraîné ; le fer et la silice demeurent intacts.

L'hypothèse de son origine éruptive ou geysérienne est définitivement abandonnée depuis les capitales et démonstratives recherches de Van den Broeck (1881) sur l'infiltration des eaux météoriques.

Mais d'autres causes sont à invoquer. Gasperini pense que l'action des *chrenotrix* a provoqué des phénomènes bio-chimiques amenant la précipitation du fer. Les algues aussi ont pu fixer le fer. Enfin, selon Vinossa de Regny, le dépôt des sels ferriques peut avoir pour origine une solution colloïdale, etc., etc.

De leur côté, les gisements de minerai de fer de Lorraine sont, selon M. G. Rolland, d'origine continentale et sédimentaire; ils ne proviennent pas de sources ferrugineuses sous-marines; la circulation des eaux souterraines a contribué à les enrichir. Les minerais de fer sidérolithiques du Berry sont dans le même cas. Les magnétites de Suède seraient, selon De Launay et Vogt, des altérations de sédiments dues à des métamorphismes éruptifs.

Pour le manganèse, même genèse, dans les poches du Nassau, à la mine de Best-Friend (Colorado), etc.

On a appelé *schutzzrinde* (croûte protectrice), la pellicule noire ou brune, provenant de l'évaporation de l'eau de carrière, qui soutire des roches leurs sels de fer et de manganèse et les précipite à la surface; pour les roches cristallines des steppes kirghises, Itchwenko considère ce phénomène comme caractéristique d'un climat désertique. Mais il est bon de remarquer que, de par toute l'Europe, les parois verticales des calcaires et dolomies secondaires des cañons présentent aussi de longues traînées rouges et noires, de fer ou de manganèse; beaucoup émanent de trous ou fissures, comme si elles étaient le résidu, la trace d'écoulements d'eau maintenant arrêtés, le dépôt d'émergences taries. Elles peuvent aussi résulter d'une vraie exsudation des roches, favorisée par la fissuration. Dans les fameuses gorges du Tarn et de la

Jonte en Lozère, notamment, l'étage des dolomies supérieures (bathonniennes), haut parfois de 200 mètres, absolument verticaux, est zébré tout du long de pareilles traces, semblables à des écoulements de gouttières. Il en est de même le long des falaises de l'Ardèche, du Verdon, etc.

Pour les dépôts de bauxite, Collot et G. Dollfus croient au produit d'altération, sur place, des calcaires, exactement comme l'argile à silex dans le bassin de Paris, l'argile à chailles et le sidérolithique dans le bassin de la Loire; les divers facies de la bauxite correspondent à la composition résiduelle des calcaires sur lesquels elle repose.

Pour toutes ces formations, on ne saurait relever aucun témoignage d'origine interne.

Mêmes conclusions (après longues controverses) pour les dépôts à phosphorite du Quercy, mais avec intervention de matière organique animale (v. chap. X).

A propos des nodules phosphatés dragués au large du cap de Bonne-Espérance, de 180 à 1.840 mètres de profondeur, M. de Mercey et la vieille école pensent que la matière phosphatée des phosphorites est venue d'en bas, par voie filonienne ou hydrothermale; au contraire, MM. Lasne, Merle, Stanislas Meunier la croient dérivée de roches terrestres, auxquelles elle a été enlevée en dissolution par des eaux chargées d'acide carbonique, superficielles ou souterraines, qui l'auraient précipitée comme phosphate de chaux.

MM. Renard, Cornet et Strahan soutenaient la thèse d'une accumulation d'organismes fossiles, les *Globigerina*, *Cristellaria*, *Tertulleria*; et M. Ortlieb les rapprochait des phosphatés des guanos organiques.

En 1894, M. A. Gautier démontra que les phosphates de chaux naturels peuvent provenir de la putréfaction animale, transformant des sels organiques phosphorés en phosphate ammoniacal; celui-ci, dans un milieu liquide, et au contact des calcaires, passant aux phos-

phates de chaux basiques. Il établit ainsi que les phosphates d'alumine et de fer de la grotte de Minerve (Hérault) résultent de l'action pseudomorphique du phosphate d'ammonium <sup>1</sup>, dû à la décomposition des matières organiques sur l'argile (minervite et brushite).

En 1891 déjà, sir John Murray, M. R. Irvine et W. S. Anderson avaient reconnu qu'un corail plongé dans une solution de phosphate d'ammonium contenait, au bout de six mois, 60 % de phosphate de chaux.

C'est dans cette voie féconde que M. L.-W. Collet a suivi A. Gautier. Il a trouvé (1905) que le phosphate de chaux pseudomorphe du carbonate forme un centre d'attraction pour les précipitations ultérieures.

Il est donc fondé à proposer cette hypothèse pour la formation des phosphates sédimentaires marins, si riches en restes d'ossements, surtout dans les faibles profondeurs (l'Agulhas Bank). Les corps des animaux marins s'accumulent et se décomposent sur le fond, en n'y laissant subsister que les parties dures.

En résumé, le rôle principal dans la concentration des phosphates est joué par le *carbonate de chaux, matière attractive*, et nullement par la *matière organique, qui est toute passive*.

Ainsi, dans la décomposition souterraine des amas de matières organiques (végétales ou animales), le phosphore et l'azote ont été convertis, par l'oxydation et sous l'influence des eaux venant du dehors, en phosphate d'ammoniaque. Même, le produit de décomposition d'amas organiques extérieurs a pu être entraîné, par les eaux d'infiltration, dans les fissures des cavernes. L'azote s'est changé en nitrates, dont la

1. Un phosphate d'alumine analogue à celui de Minerve a été trouvé depuis lors à la grotte de la Tour-Combes (près Oran, Algérie). (V. Ad. Carnot, *C. R. Ac. Scien.*, 15 juillet 1895.)

solubilité empêche la conservation (V. p. 131); mais ce qui restait de matière organique, et surtout d'ammoniacque, s'est fixé à l'état de phosphate de chaux au contact du calcaire, ou d'alumine au contact de la simple argile.

De telle sorte qu'un phénomène de réelle évolution souterraine, une triple réaction d'eaux extérieures sur des dépôts intérieurs organiques, par l'intermédiaire des roches encaissantes, a conduit à la *surprenante modification d'animaux morts en une substance minérale* ! Éloquent exemple des transformations inattendues que peuvent élaborer les forces actives de la nature. Et cela en employant les mêmes procédés à des époques bien distinctes de l'âge de la terre, puisque les phosphorites du Quercy remontent à l'oligocène, tandis que les minervites sont quaternaires.

Le mot de *pseudomorphose*, qui vient d'apparaître ci-dessus, nous sera expliqué à la troisième catégorie des minéraux affectés d'évolution souterraine.

Le quartz s'est aggloméré dans les *grottes à cristaux* des Alpes, généralement fissures étroites et peu étendues, où la cristallisation s'est opérée comme dans de colossales géodes; en conséquence sans doute d'infiltrations aqueuses, sursaturées de silice et soumises à de hautes pressions et à de spéciales et lentes réactions. Le plus gros cristal de roche connu aurait pesé 700 kilogrammes et proviendrait de la grotte du Zinkenstock (près du Grimsel), découverte en 1720 (ou 1719) et dont deux magnifiques échantillons sont au Muséum d'histoire naturelle de Paris; celui de Berne possède les superbes spécimens de quartz fumé, trouvés en septembre 1868 (250 quintaux en tout) au glacier de Tiefen (massif du glacier du Rhône), et dont les plus forts pèsent de 67 à 134 kilogrammes et mesurent de 0<sup>m</sup>,60 à 0<sup>m</sup>,87 de longueur.

D'autres variétés de quartz (calcédoine ou agathe,

améthyste) ont cristallisé exclusivement dans les roches siliceuses d'origine éruptive ou volcanique (gneiss, granites, porphyres, etc.).

Le charbon n'a, pas plus que le sel, profité, comme l'ont fait les métaux, des cassures préexistantes ou agrandies. Son origine est réellement tout extérieure et dérive (sauf controverses de détails et sauf les lignites jurassiques) de la décomposition des amoncellements de forêts d'âge carboniférien, ultérieurement recouverts de sédiments plus jeunes. Mais, dans les milliards de tonnes de houille enfouie, dont l'homme épuisera un jour ou l'autre les précieuses réserves d'énergie, des mouvements tectoniques aussi ont, depuis l'ère ancienne des dépôts, exercé leur action fissurante ; de là, les coups d'eau, les inondations, les irruptions artésiennes mêmes, contre lesquelles luttent sans repos les plus formidables pompages, pas toujours avec succès ; là aussi, il existe une circulation souterraine (on y parle même d'eaux fossiles) dont nous ne savons presque rien ; car, aux profondeurs où elle évolue, parmi des contournements de couches, des fonds de bateau, des plissements, des failles, des interférences de strates perméables ou imperméables, au maximum de complications, la pénétration et l'étude des vides aquifères n'ont pas encore été permises, comme celles où nous sommes parvenus maintenant pour les trois cents premiers mètres des feuillets calcaires de notre écorce. Jusqu'ici, l'effort matériel a dû se borner à l'épuisement de l'eau ou *exhaure*, aux *serrements*, aux *cuvclages* : l'investigation empirique n'a matériellement pas eu lieu.

Le gypse ou sulfate de chaux, formé lui aussi par précipitation et évaporation des lagunes, — parfois aussi par dégagements d'eaux thermales sulfureuses et chlorurées (anhydrite, V. p. 153), — ou encore par l'attaque d'eaux sulfureuses sur des calcaires (Suisse, Dauphiné, Algérie), — est encore, pour la grande

majorité de ses gisements, un dépôt d'origine extérieure.

Mais sa solubilité dans l'eau a curieusement aidé la fissuration postérieure à y provoquer des vides, qui ont été la cause ou le théâtre de faits d'évolution souterraine trop souvent désastreux ; il en est résulté, sur quantité de points de la surface du globe, des changements qui n'ont rien d'anodin ; fondues et dissociées par le liquide, les masses de gypse se cavernent, créant des porte-à-faux, au-dessus desquels (quand l'épaisseur de terrain superposé n'est pas très grande, et surtout quand des exploitations les facilitent) se produisent des effondrements qui retentissent jusqu'à la surface : ce sont les *fontis* des plâtrières aux environs de Paris (Catacombes, Authil de Triel, gouffres de Montigny, etc.), leurs *cloches* mêmes formant de vraies grottes, comme celle de Taverny (Seine-et-Oise), leurs pertes de ruisseaux, comme celle du Trou du Tonnerre, dans la forêt de Montmorency, etc., etc.

Les excavations naturelles de gypse, où non seulement les eaux dissolvantes, mais encore la fissuration de tassement, évoluent avec tant de facilité, se révèlent de plus en plus innombrables ; il y a quelques années seulement, on citait comme des exceptions les cavernes de gypse d'Eisleben, en Thuringe, de Koun-gour, Barnoukova, Illetzkaya (Russie). Maintenant, les exemples abondent avec les entonnoirs d'effondrement et cavités d'érosion de la Maurienne (qui ont certainement contribué aux débâcles ruineuses de Bozel, 1904, et des Fourneaux, 1906), du mont Cenis, etc.

En Dauphiné, David Martin a décrit récemment les affaissements survenus en 1858, 1880 et le 23 décembre 1905 à Remollon (Hautes-Alpes) et dans le lit même de la Durance, ainsi que beaucoup d'autres en divers points du même département : jusqu'à des hauteurs qui dépassent 2.000 mètres (cols Fromage et

Saint-Simon, près Château-Queyras ; cirque de Dormillouze, près Val-des-Prés ; massif du Prorel, Briançonnais, etc.), on y rencontre de ces entonnoirs de plus de 100 mètres de diamètre et 20 à 50 mètres de creux, attestant que les évidements souterrains du gypse n'ont pas cessé d'être en activité (fig. 44).

Outre les bouleversements funestes qu'ils provoquent à la surface du sol, ces incidents évolutifs ont encore l'inconvénient de rendre certaines sources impropres à l'alimentation, par exemple au Cros de Réotier, près Mont-Dauphin (Hautes-Alpes), d'après D. Martin ; à Langensalza et Muhlhausen (Thuringe), etc.

En Thuringe, l'affouillement du sous-sol gypseux par les eaux infiltrées a abouti à de vraies catastrophes, notamment à Eisleben, ville de 23.000 habitants, en partie démolie, de 1892 à 1896, par l'effondrement de grandes cavernes ignorées, en des roches de gypse fissuré, et dissous par les eaux d'infiltration.

Daubrée a figuré, d'après M. Roche, de la mission Flatters, le grand entonnoir de dissolution gypseuse d'Aïn-Taïba, dans le Sahara, près d'Ouargla.

A travers toute l'Italie, en Piémont, dans les Alpes Vénitiennes, les Apennins, la Sicile, des pertes, gouffres, cavernes, rivières souterraines, résurgences de formations gypseuses extrêmement étendues, ont fourni des révélations innombrables à M. O. Marinelli, qui, depuis plusieurs années, dans de remarquables travaux, a montré comment l'association de la fissuration et de la corrosion (prévalant ici sur l'érosion à cause de la nature de la roche) a installé dans les gypses italiens toute une circulation souterraine : celle-ci, quotidiennement on peut le dire, agrandit ses réceptacles en réduisant proportionnellement la circulation extérieure. Même, selon M. Marinelli, les phénomènes sismiques, si fréquents en



14.

Fig. 44. — Gouffre d'effondrement de gypse, à Montigny-Herblay (Seine-et-Oise). (P. 159).

Italie, ont pu contribuer au cavernement de ces gypses. Des lacs entiers y sont dus à des effondrements provoqués par la dissolution de couches gypseuses profondes.

Ce sujet d'études est nouveau et fort important; car les effets de l'évolution souterraine dans ces masses solubles sont si rapides que, pour la prévision possible d'effondrements éventuels et désastreux, la question présente un intérêt pratique considérables.

Au tunnel du Simplon, les eaux froides souterraines enlèvent chaque année, selon M. Schardt, plus de 10.000 mètres cubes de gypse.

Le sel est toujours subordonné au gypse, tandis que la réciproque n'est pas vraie; on sait, depuis les travaux et hypothèses de M. Quinton, combien l'importance de son rôle biologique préoccupe vivement les physiologistes modernes. Retenons seulement ici qu'il s'est surtout concentré, par évaporation et en sédiments, au fond des lagunes et mers anciennes; il n'apparaît pas avoir précisément pénétré dans les cassures (sauf dans l'hypothèse et les cas, très controversés, où il aurait tiré son origine de sources chaudes chlorurées); ou bien, s'il l'a fait par places, il semble en avoir été réexpulsé par des infiltrations et dissolutions postérieures. Seulement, dans les amas qu'il a formés, que d'épais sédiments ont recouverts ou que des dénudations successives ont peu à peu ramenés au ciel ouvert, il s'est trouvé lui-même exposé, plus que le gypse, aux attaques des piissements et des infiltrations ultérieures. Le plus bel exemple à citer en ce genre est celui des mines de Cardona, près Manresa (Catalogne), avec leurs entonnoirs d'effondrement (bofias), leur ruisseau souterrain et leurs cavernes.

Krebs et Ule ont décrit les deux lacs célèbres du Mansfeld, entre Halle et Eisleben (Saxe prussienne), et étudié le phénomène d'abaissement des eaux qui s'y produisit en 1892-1893; un de ces lacs est salé et



Fig. 45. — Entonnoir dans les gypses du col Saint-Simon (Hautes-Alpes).

l'autre d'eau douce. Entre les deux, un effondrement a jadis creusé le *Teufelsloch* (Trou du Diable), profond de 20 à 40 mètres. En 1892, le niveau du lac salé commença à diminuer; en 1893, il s'était abaissé de plus de 4 mètres, ce qui réduisit son volume de 50 millions à 20 millions de mètres cubes. Aux environs, des maisons s'étaient crevassées, des ruisseaux desséchés, des sources tariées, des fentes ouvertes dans le sol, etc., le tout très probablement par l'effet de dissolutions souterraines de sel (V. p. 160).

Quant aux amas (et c'est la très grande majorité) exploités souterrainement, comme dans les classiques salines de Wieliczka-Bochnia (Galicie), d'Ischl (Autriche), de Berchtesgaden (Bavière), de New-York, du Michigan, du Canada (allant jusqu'à 300 mètres sous terre), etc., il en est où la circulation des eaux souterraines a produit et continue à produire des modifications locales assez notables, pour provoquer de vrais désastres dans leurs abords immédiats.

Daubrée a cité les mares de dissolution de Meurthe-et-Moselle et du Cheshire.

Bien d'autres conséquences de ces dissolutions souterraines ont attiré l'attention dans ces dernières années. Par exemple (en 1901), les éboulements de la ville de Northwich (Angleterre), dus à l'exploitation des masses de sel gemme sous-jacents. Aucune muraille n'y est restée perpendiculaire.

**III. — Les pseudomorphoses.** — Le pseudomorphisme ou la pseudomorphose est, par définition, le revêtement accidentel, par un minéral, d'une forme de cristallisation autre que celle qui lui est particulière. Très fréquent dans les filons, les mines, les carrières, il se rencontre fort souvent dans les cavernes naturelles. Les eaux d'infiltration en sont encore le principal artisan : c'est leur circulation à travers les fissures, où elles se chargent de diverses substances,

qui provoque soit des réactions réciproques des substances, soit des modifications de composition.

Les redissolutions, sursaturations, remises en mouvement ont produit les effets les plus inattendus : le gypse, plus soluble que le calcaire, la silice et la fluorine, sature l'eau plus aisément, et ces corps se redéposent avant lui, mais avec ses formes cristallines, à cause de l'ambiance du milieu gypseux prépondérant ; cela constitue la pseudomorphose, phénomène qui, dans un cristal, substitue une substance à une autre, tout en laissant au cristal sa forme primitive : molécule par molécule, un minéral est expulsé, puis remplacé, et cependant il n'y a changement ni dans l'aspect extérieur ni dans la forme cristalline, parce que le nouveau minéral se trouve en quelque sorte coulé en creux dans le moule évidé du précédent.

Nous venons de voir que la brushite et la minervite confinent en somme à une pseudomorphose.

A la Krausgrotte, près de Gams, en Styrie, du carbonate de chaux, se substituant au gypse, a pris la forme cristalline de ce dernier. Selon M. von Hauer, le changement est dû à une source sulfureuse qui, jadis, circulait dans la grotte et qui, maintenant, jaillit cent mètres plus bas, dans une vallée voisine.

Aux mines du Laurium (Attique), dans le puits Serpiéri, de Camaresa, on a rencontré, en 1891, une petite grotte naturelle, de 5 mètres de largeur sur 10 de longueur ; l'intérieur en était tapissé de carbonate de zinc (calamine) et de sulfate de chaux (gypse) en cristaux atteignant jusqu'à 1<sup>m</sup>,80 de longueur ; comme on exploite là du sulfure de zinc (blende), on suppose que l'acide carbonique des eaux d'infiltration a, par une double pseudomorphose, décomposé la blende et la calcite en calamine et gypse, cristallisé selon le système de la calcite. La calamine carbonatée,

par remplacement du minerai de zinc par la calcite, offre le même phénomène.

Aux mines d'argent d'Aspen (Colorado), le métal s'est substitué au calcaire, molécule par molécule.

Plus à notre portée, la petite grotte de Bellecroix, au rocher Saint-Germain, dans la forêt de Fontainebleau, a sa voûte constellée de *cristaux de grès* rhomboédriques comme la calcite. Ce sont (d'après L. Janet) des infiltrations calcaires qui ont constitué là ces cristaux, ne comprenant que 30 p. 100 de carbonate de chaux et composés pour le surplus de quartz et silicate. Delkeskamp (1903) ne les considère pas comme de réelles pseudomorphoses : il leur attribue de 37 à 43 p. 100 de carbonate de chaux, qui enveloppent simplement 57 à 63 p. 100 de silice ou grains de sable quartzeux, *sans* modification de ceux-ci, et par suite de la dilution de l'acide carbonique sous l'action des infiltrations. Il cite des grès cristallisés semblables en Allemagne, en Afrique, etc., etc. De même, les cristallisations sableuses de barytine seraient très fréquentes en Allemagne.

Ainsi la circulation de l'eau dans les fissures a imposé aux minéraux eux-mêmes de véritables évolutions ; il est bien probable qu'elles ne sont pas terminées<sup>1</sup>,

1. Le RADIUM est là pour nous l'affirmer. On a imaginé son action pour expliquer les anomalies de température du tunnel du Simplon (V. p. 140), et même la géothermique, tandis que Strutt limite sa présence à 72 kilomètres de profondeur. Ramsay, le grand chimiste anglais, vient de réaliser la transmutation du radium, non seulement en hélium mais aussi en néon et en argon, suivant les circonstances, et celle du cuivre en lithium, peut-être même en sodium et en potassium. Et les expériences du Dr Bordas (1907) ont montré que son contact modifie les couleurs des corindons ; faut-il en conclure que leur teinte relève de la radio-activité du sol ? On a voulu voir aussi dans les radiations (rayons Röntgen, Becquerel, etc.) un *quatrième état de la matière*, l'état radiant, de Crookes. Aux trois autres (solide, liquide, gazeux), Gustave Le Bon ajoute l'état cristallin ; un sixième serait l'état colloïdal. On dit

et que d'autres se trouvent en cours de réalisation au sein des infiltrations et des réseaux souterrains actuels!

que des fakirs indiens prétendent en connaître sept! 1 gramme de radium durerait 1 milliard d'années pour Becquerel, 1 million pour Curie, 1 millier pour Rutherford, 0,1 (cent ans) pour Crookes et Gustave Le Bon; peut être n'existe-t-il pas isolé mais seulement en sels (chlorures et bromures). On se demande d'ailleurs s'il n'y a pas de la radio-activité partout, et quels métaux inconnus peuvent bien composer le centre du globe (la barysphère de Posepny)? Vers quelles évolutions inconcevables les radiations vont-elles nous pousser?

## CHAPITRE VII

### Magnétisme et Pesanteur.

Énigmes et anomalies du magnétisme terrestre. — Influence des dislocations. — Modifications magnétiques. — Expériences de Folgheraiter, Brunhes, David, sur les vases antiques, les argiles métamorphiques et les laves. — Influences orogéniques. — Eaux magnétiques. — Anomalies de la pesanteur. — Isostasie. — Rôle probable des cassures.

S'il est quelque chose à la fois évolutif et souterrain, c'est bien le magnétisme terrestre, avec ses variations diurnes, annuelles, séculaires, et avec les courants électriques intra-terrestres dont on le suppose constitué, maintenant qu'on croit à ses étroits rapports avec l'électricité et la lumière.

Mais, de toutes les énigmes de la terre, le magnétisme reste une des plus obscures. Depuis qu'on a constaté l'existence d'un pôle magnétique boréal, dans la presqu'île Boothia-Felix, au Nord de l'Amérique, par 71° latitude N. environ, on cherche la relation entre la mobilité vraisemblable de ce pôle et les variations inexplicables de la déclinaison<sup>1</sup>. La récente expédition

1. Les points d'égale *déclinaison* (angle du pôle Nord de l'aiguille aimantée avec le méridien local) sont réunis par les lignes *isogones*; — les points d'égale *inclinaison* (angle du pôle Nord de l'aiguille sous le plan de l'horizon local) par les lignes *isoclines*. — Les *isodynamiques* sont les lignes d'égale *composante horizontale* ou d'égale intensité. — Les isogones sont parfois si capricieuses sur de faibles étendues de pays (autour de Paris, notamment ;

de Roald Amundsen (1903-1906) dans ces parages nous éclairera sans doute beaucoup. Mais il requiert trois ans de travail pour les calculs de ses dix-neuf mois d'observations. Déjà il aurait confirmé la mobilité continue du pôle magnétique boréal.

Il est permis de dire que les variations et les orages magnétiques sont en corrélation non seulement avec les aurores boréales, les taches solaires, et leur présumée périodicité de onze ans (ou trente-trois ans), les cyclones, les foyers magnétiques locaux, tels que les gisements de fer magnétique (Suède), mais aussi avec les tremblements de terre et la fissuration terrestre. Naumann surtout, depuis 1887, a montré que les anomalies du magnétisme terrestre concordent avec les failles et accidents tectoniques, qui mettant en contact, les roches différentes, provoquent peut-être des courants locaux perturbateurs. Plus récemment M. Mathias (de Toulouse) a fait des recherches sur les profondes vallées et les cassures des cavernes; il a examiné (1901) l'influence du relief du sol sur l'aiguille aimantée dans les gorges du Tarn, en un point où la direction de la gorge est sensiblement celle du méridien magnétique. La perturbation des courants par une telle solution de continuité permettrait d'expliquer certaines différences observées dans la déclinaison entre les lèvres Est et Ouest de la gorge; sous terre, M. Mathias a entrepris aussi, en 1903, une étude spéciale dans la rivière souterraine de Padirac.

V. carte de 1896 dans l'*Ann. du Bur. des Long. pour 1906*, p. 354, d'après M. Moureaux) que les phénomènes magnétiques en sont tout troublés; la cause en est inexplicée et sans doute multiple (v. ci-après). Aux Hébrides, un foyer magnétique repousse l'aiguille de 11 degrés; en Nouvelle-Zélande, la déclinaison diffère de 56 degrés entre deux points distants de 10 mè.; à Viborg, l'aiguille, en 1890, s'est *retournée* de 180 degrés; ailleurs, l'inclinaison atteint 90 degrés, aiguille verticale, etc.

« Là se posait l'importante question de savoir si les éléments magnétiques de la surface étaient ou non identiques à ceux de l'intérieur du gouffre. Le résultat de toutes les mesures est que la composante horizontale paraît s'accroître d'un peu moins d'un millième de sa valeur, quand on passe de la surface du sol au fond du puits, tandis que l'inclinaison a sensiblement la même valeur en haut et en bas, la composante verticale s'accroissant dans la même proportion que la composante horizontale. »

Une diaclase, même étendue, n'a donc qu'une faible étendue sur les anomalies magnétiques.

Il y a là un ordre de questions sur lesquelles les recherches sont loin d'être achevées.

Quant aux modifications des composantes magnétiques avec le temps, elles ne se bornent nullement au déplacement de  $26^\circ$  environ qu'on a constaté (pour la France du moins) dans la déclinaison de l'aiguille aimantée de 1580 à 1815. (Depuis cette date, l'aiguille rétrograde de nouveau vers l'Est.)

L'inclinaison, également, décroît depuis 1671 (à  $74^\circ$ ); en 1800,  $69^\circ 44'$ ; actuellement environ  $65^\circ$ .

M. B. Brunhes a établi ainsi que de l'année 1666 à l'année 2114 l'inclinaison en France aura diminué d'une dizaine de degrés et augmentera ensuite de nouveau. Mais on ne saurait dire si ce cycle de 900 ans est régulièrement périodique!

Quant à présent, ces variations sont inexplicables.

De récentes expériences montrent que, dans le passé, la distribution magnétique du globe était totalement différente de ce qu'elle est maintenant.

G. Folgheraiter a cherché à se renseigner sur l'inclinaison dans l'antiquité en étudiant l'aimantation des poteries étrusques et pompéiennes: il avait trouvé que l'argile cuite des briques est très légèrement, mais très fixement, aimantée, c'est-à-dire qu'elle conserve la direction d'aimantation du champ magné-

tique dans lequel elle a subi la cuisson. De même un récipient, posé verticalement dans le four, possède une orientation oblique égale à l'inclinaison de l'aiguille de la boussole au moment et au lieu de l'opération, et il la conserve (même brisé) à travers de longs siècles. Dans une série de vases du VII<sup>e</sup> au I<sup>er</sup> siècle avant notre ère, Folgheraiter a constaté (1899) que l'inclinaison, voisine de zéro, au VI<sup>e</sup> siècle av. J.-C., a dû être négative (par rapport à son sens actuel), au VII<sup>e</sup> siècle ap. J.-C. ; c'est-à-dire qu'alors, en Italie centrale, l'inclinaison aurait été australe et faible.

Plus récemment encore (1906), M. P.-L. Mercanton (Lausanne), en appliquant la méthode de Folgheraiter à onze vases, attribués à la période de Hallstatt (800-600 av. J.-C.), a trouvé une inclinaison positive boréale et forte, analogue à sa valeur actuelle pour leurs pays de fabrication (Franconie, Haut-Palatinat).

Cette contradiction remet tout en question et impose de nouvelles investigations sur l'aimantation des vases antiques.

En s'adressant à des produits naturels et non plus artificiels, c'est-à-dire à une carrière de *brique naturelle*, ou d'argile cuite et transformée par la coulée de laves qui l'a recouverte, près de Saint-Flour, MM. B. Brunhes et P. David ont, il est vrai, reconnu à l'argile et à la lave un même sens d'aimantation ; et il diffère considérablement de celui qui affecte actuellement l'aiguille aimantée, puisque, sous le basalte, d'âge miocène, de cette coulée (au pont de Pontfarcin), l'inclinaison est négative (pôle Sud en bas) et considérable (75°). Si aucune autre explication ne peut être fournie de ce fait, on serait autorisé à en conclure que, depuis le miocène, le sens de l'inclinaison s'est complètement retourné en Auvergne !

Enfin M. David a étudié la direction d'aimantation des grandes dalles domitiques du temple de Mercure, au sommet du puy de Dôme. Il a trouvé que

la déclinaison, constante pour une même dalle, varie irrégulièrement d'une dalle à l'autre, voisine; l'inclinaison, au contraire, reste constante, pour les diverses dalles, autour de  $54^{\circ}$ , mais tantôt négative (pôle Nord en haut), tantôt positive (pôle Nord en bas).

Or, au puy de Clerzou, à 4 kilomètres du puy de Dôme, dans les carrières de domite, d'où viennent les dalles, l'inclinaison magnétique est précisément de  $54^{\circ}$  et constante.

Cela conduit à admettre que certaines dalles ont été retournées sens dessus dessous, par rapport à leur position primitive dans la carrière et que, dans le plan horizontal, toutes ont été placées au hasard; de plus, cela démontre que, depuis plus de deux mille ans, l'action du champ magnétique terrestre n'a pas pu uniformiser l'aimantation des dalles de domite, pas plus que celle des vases antiques dispersés sous terre en sens divers.

Si isolées et préliminaires que soient encore ces suggestives observations<sup>1</sup>, elles n'en tendent pas moins à établir que le magnétisme terrestre lui-même a évolué au cours des périodes géologiques. Pour quelles causes? Il faut avouer que nous l'ignorons.

Toujours est-il constant que les mouvements tectoniques ne sont pas étrangers à ces modifications. Nous avons vu ce qu'on suppose de l'influence des dislocations, et voici que M. Senouque a montré (1907) que l'intensité du champ magnétique terrestre se réduit en fonction de l'altitude. De bas en haut du mont Blanc, il a trouvé, à l'observatoire Janssen, que les deux forces de la composante verticale et de la force totale diminuent quand l'altitude augmente.

Enfin n'omettons point que les eaux souterraines

1. Sur des poteries néolithiques (peut-être pas assez riches en fer) le résultat a été négatif. (Dr P. RAYMOND.)

elles-mêmes interviennent dans ces énigmes, puisque M. Leighton (Chicago) a signalé (1903) des eaux qui aimantent l'acier. Ce sont les trois sources de Cartersburg Springs, de Lebanon, du Fort-Wayne (Indiana). Elles contiennent une forte proportion d'acide carbonique et souvent un dépôt très dense de fer magnétique. Dès que le dégagement du gaz est terminé, l'eau perd sa propriété magnétique. Le fer en solution existerait donc à l'état de carbonate. Plongées dans ces eaux pendant cinq minutes, des aiguilles, des couteaux y acquièrent l'aimantation, et la boussole, au-dessus du liquide, dévie immédiatement.

A ce chapitre des anomalies évolutives du magnétisme, on peut adjoindre ce qu'on sait des anomalies de la pesanteur (déviations du fil à plomb et complications dans la durée de l'oscillation du pendule) qui, selon M. de Lapparent, accompagnent aussi les brusques dislocations terrestres<sup>1</sup>.

On sait que l'astronome anglais Airy confirma, en 1854, la théorie de Newton sur la gravitation, par de célèbres expériences de pendule dans la mine d'Harton (près South-Shields), où, à 360 mètres sous terre, il prouva que l'intensité de la gravité est aussi manifeste au fond d'une mine qu'à la surface du sol<sup>2</sup>.

D'autre part le commandant (aujourd'hui général) Defforges a démontré, dès 1893, que l'intensité de la pesanteur est diminuée dans les montagnes et accrue au bord de la mer et dans les îles.

A la 15<sup>e</sup> conférence de l'Association géodésique internationale (Buda-Pesth, septembre 1906), le baron Eötvös (expériences de Hongrie) a établi qu'il ne subsiste plus aucun doute quant à l'influence de la

1. D'après M. Platania, une très grande anomalie de la gravité se rencontre près d'Acireale, au flanc oriental de l'Etna, le long d'une très importante cassure.

2. Résultats confirmés à Prizbram, à 1.000 mètres de profondeur.

nature et de la diversité des terrains sur les variations de la pesanteur; — MM. Brillouin et Ch.-Ed. Guillaume ont fait voir, dans le tunnel du Simplon, que la sensibilité des appareils employés maintenant permet d'indiquer les espaces vides qui, à chaque kilomètre, sont ménagés le long de la voie; — enfin MM. Tittmann et Hayford (du Coast-Survey des États-Unis) ont affirmé que l'état isostatique de la terre implique pour l'écorce terrestre une épaisseur comprise entre 80 et 160 kilomètres, probablement 114 kilomètres<sup>1</sup>.

L'*isostase* peut être considérée comme une loi d'équilibre de l'écorce terrestre, résultant d'une compensation entre l'excès de gravité sous les mers et sur les rivages, et la diminution de cette même gravité sous les montagnes. Ou encore elle représente les différences de densité de l'écorce qui, par suite de ses inégalités, donnent lieu aux divergences dans l'intensité de la pesanteur, une moindre densité correspondant à une montagne, et une densité supérieure à une mer. Tittmann et Hayford ajoutent que « la présomption « que la terre est complètement solidifiée est inadmissible ». (V. p. 32.)

Complétant les vues de Dana (1846), H. Faye avait supposé (1895) que le refroidissement de la terre, et par conséquent l'épaississement de son écorce allaient plus vite sous la mer que sous les continents, ce qui amenait une moindre densité sous ces derniers. Il en concluait que le fond des mers, de plus en plus pesant, s'enfonçait peu à peu sur le noyau fluide, provoquant ainsi, par réaction compensatrice, l'exhaussement des continents et les dislocations orogéniques.

Mais cet excès de matière sous les mers (dont le fond serait plus dense) et ce défaut sous les montagnes

1. Seulement 48 kilomètres, selon MELLARD READE, et 30 à 50 selon d'autres auteurs.

(qui seraient creuses) ne semblent pas, quant à présent, s'être vérifiés d'une façon générale.

La notion de la prépondérance des dislocations tectoniques apparaît comme plus juste.

Enfin Oldham a suggéré (août 1907) que les dépressions océaniques et les reliefs montagneux ne sont pas seulement des accidents de surface, — mais qu'ils correspondent à des différences (de nature inconnue) dans la composition du substratum, jusque vers 1.500 kilomètres.

Et une fois de plus nous voyons qu'en tous les sujets, même pour le magnétisme et la gravité, la fissuration intervient partout dans l'universalité, si grandiose et si variée, de l'évolution souterraine.

## CHAPITRE VIII

### Hygiène publique.

Influence de l'évolution souterraine de l'eau sur la santé publique. — Hygiène et problèmes de l'eau potable. — Théorie de l'origine hydrique des maladies transmissibles. — Les bactéries et la fissuration du sol. — Les fausses sources. — Contamination des eaux souterraines par les pertes de rivières et les abîmes — Évolution souterraine des bactéries pathogènes. — Inexistence du filtrage. — Remises en mouvement par les eaux. — Conservation des bactéries archéologiques. — Action curative des eaux salées. — Perforation des argiles. — La faillite des sources. — La lutte pour la soif. — Vraies sources et résurgences. — Puits et nappes d'eau. — Dessèchement et déboisement. — Microbiologie des eaux potables. — Températures. — Fluorescéine, etc. — Protection des eaux potables. — Épuration et stérilisation. — La lutte pour l'eau.

Une des plus graves conséquences de l'évolution de l'eau souterraine, et de l'évolution humaine à la fois, est celle que l'absorption et la circulation des eaux dans l'intérieur du sol entraînent pour l'hygiène et la santé publiques. Je veux parler de la pollution trop fréquente des *soi-disant sources* et des puits, ainsi que des épidémies ou maladies qui en résultent. Elles dérivent conjointement de la fissuration du sous-sol (dont le rôle devient ici capitalement préjudiciable) et de divers facteurs sociaux (accroissement des populations agglomérées ; extension des moyens artificiels de culture ; développement des industries, etc.).

Ceci est un ordre de faits si nouveau, qu'en 1890 on ne le soupçonnait même pas.

Son importance et sa complication méritent de nous retenir spécialement. D'autant plus que c'est en France qu'il a été véritablement mis en lumière<sup>1</sup>.

Le gigantesque programme d'adductions d'eaux nouvelles (Vanne, Dhuis, Avre, Loing-Lunain), conçu et entrepris par Belgrand pour l'alimentation de la ville de Paris n'était pas encore exécuté entièrement, lorsque deux révélations scientifiques vinrent, pendant le dernier quart du XIX<sup>e</sup> siècle, jeter le trouble le plus profond dans les notions jusqu'alors reçues sur l'*hygiène des eaux potables*.

La première fut, comme conséquence de la découverte, — par Pasteur et son école, — du rôle et des dangers des bactéries (improprement appelées *microbes*), la théorie de l'origine hydrique de certaines maladies épidémiques (*transmissibles* plutôt, selon l'expression nouvelle) : fièvre typhoïde (dothiénentérie), choléra, dysenterie, voire peste et diphtérie; de cette théorie, le regretté professeur P. Brouardel fut le principal protagoniste (Congrès de Vienne, 1887; choléra de Hambourg, 1892).

La seconde a été la découverte du réel mode de circulation des eaux souterraines à travers les terrains fissurés si répandus sur toute la surface du globe (V. p. 60); — elle contraignit à admettre que, dans les sous-sols de cette nature, les *venues d'eau* ou *émergences* considérées jusqu'alors comme des *sources* très pures, très saines (en raison de leur limpidité, fraîcheur et composition chimique), n'étaient la plupart du temps pas de vraies sources : simples réapparitions de ruisseaux ayant déjà coulé au dehors et momentanément perdus en terre, — ou bien provenant directement des infiltrations pluviales à travers les fissures du sol, elles jaillissent trop souvent char-

1. Une partie de ce chapitre est la reproduction d'un article paru dans la *Presse Médicale* du 6 avril 1907.

gées de toutes les impuretés qu'elles ont pu recueillir avant de pénétrer dans le sous-sol; il en est ainsi parce que, d'une façon générale, les crevasses de ce sous-sol sont trop larges pour retenir ces impuretés, en un mot, parce que les terrains fissurés ne sont pas filtrants comme le sont les sables.

Déjà, en 1889, M. R. Moniez, se rendait compte de « la très insuffisante filtration que subissent les eaux

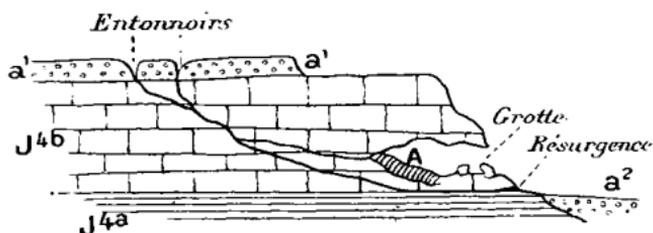


Fig. 46. — Infiltrations des pluies vers les résurgences (d'après E. Fournier).  
(Cliché de la Société de Spéléologie.)

de la surface, qui viennent alimenter les nappes souterraines, en examinant (à Lille) le dépôt du fond des puits les mieux fermés ».

Et dès 1890, M. Ed. Dupont, le géologue belge, indiquait que des rivières, d'abord extérieures, puis englouties, comme la Lesse, dans la grotte de Han, ne pouvaient pas ressortir des cavernes à l'état filtré, mais qu'elles devraient être tenues pour suspects et nuisibles, quant à l'alimentation humaine. La même année, Brouardel et le D<sup>r</sup> Thoinot suspectaient aussi les eaux du Havre, à cause des épandages de fumier sur les plateaux cauchois et de la fissuration de la craie, déjà signalée par Meurdra, en 1877.

C'est en 1891 que j'ai définitivement fixé la question, et montré le danger universel des sols fissurés, en l'étendant aux abîmes et à tous les points d'absorption, par la constatation et la note suivante (*Acad. des Scien.* 21 mars 1892) que je reproduis en partie :

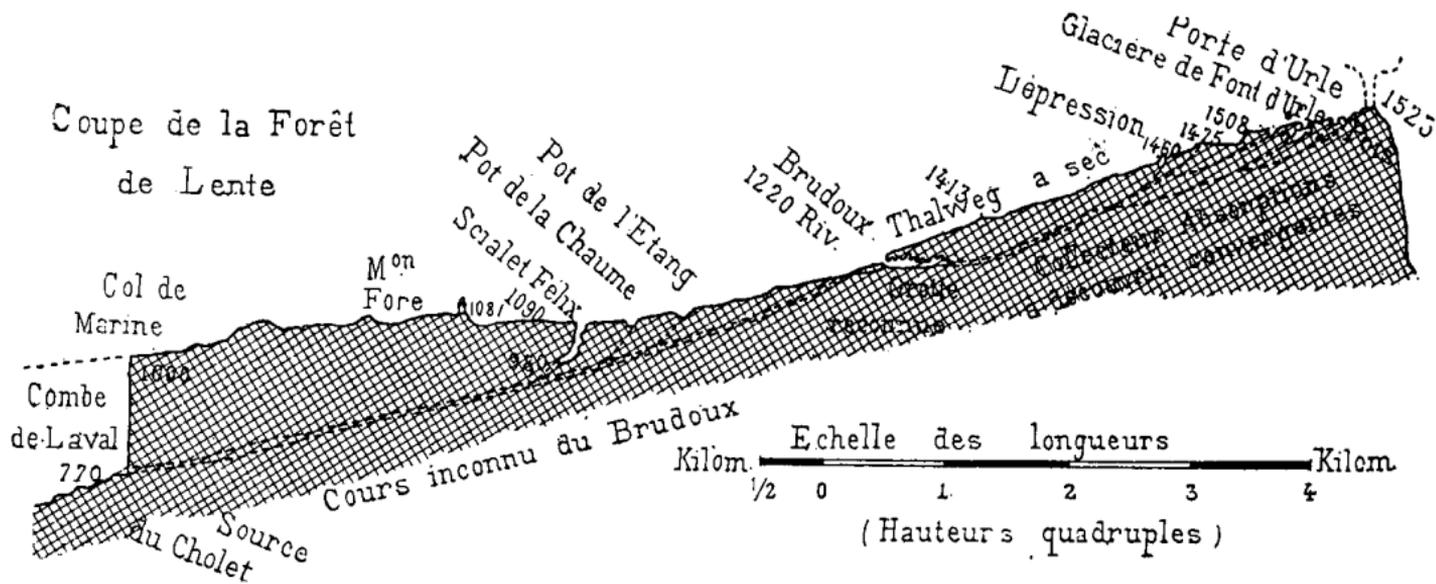


Fig. 47. — Absorptions, circulation souterraine et résurgence du Cholet-Brudoux, plateau de Lente, Vercors (Drôme) (coupe verticale).

« Les terrains calcaires sont souvent percés, à leur surface, de trous plus ou moins larges, origines de puits verticaux naturels, nommés : *avens*, *abîmes*, *gouffres*, *igues*, *eydzes*, *tindouls*, *bétoires*, etc.

« Les explorations auxquelles je me suis livré depuis 1888, à l'intérieur de ces abîmes, ont démontré que sur les quarante gouffres visités à fond jusqu'en 1891, dix communiquent plus ou moins directement avec les courants souterrains, qui drainent les eaux de pluie à travers les fissures du sol, et les font reparaître dans les vallées, sous forme de sources généralement considérées comme très pures.

« Or, les habitants des campagnes ont l'habitude de se servir de ces trous comme de dépotoirs, et d'y jeter toutes sortes d'immondices, notamment les bêtes mortes ; les carcasses de chevaux et de bestiaux se décomposent ainsi, loin des habitations, à des profondeurs qui varient entre 25 et 200 mètres.

« Mais, quand un ruisseau circule ou prend naissance dans le fond du gouffre, il peut arriver que l'eau, délavant ces cadavres, devienne le *véhicule de leur décomposition*, et qu'elle parvienne *dangereusement souillée* à la source où elle voit le jour.

« Le 14 juillet 1891, nous rencontrions une carcasse de veau, à moitié pourrie, au milieu même d'un ruisseau souterrain, dans le gouffre de la Berrie, près de Cahors, profond de 34 mètres.

« Quelques heures après l'exploration de cet abîme, et sans réfléchir à la constatation que nous venions de faire, nous nous désaltérions à la source voisine de Graudenc, qui correspond d'une façon sûre (distance à vol d'oiseau : 250 à 300 mètres) avec le ruisseau intérieur de la Berrie (que l'on ne peut suivre que sur quelques mètres sous les voûtes trop basses du fond du gouffre). Deux ou trois jours après, nous fûmes, G. Gaupillat et moi, atteints

d'une sorte d'empoisonnement ptomaïque, qui nous indisposa fort pendant plusieurs semaines.

« Cette expérience involontaire était convaincante.

« On voit que cette cause de contamination éven-

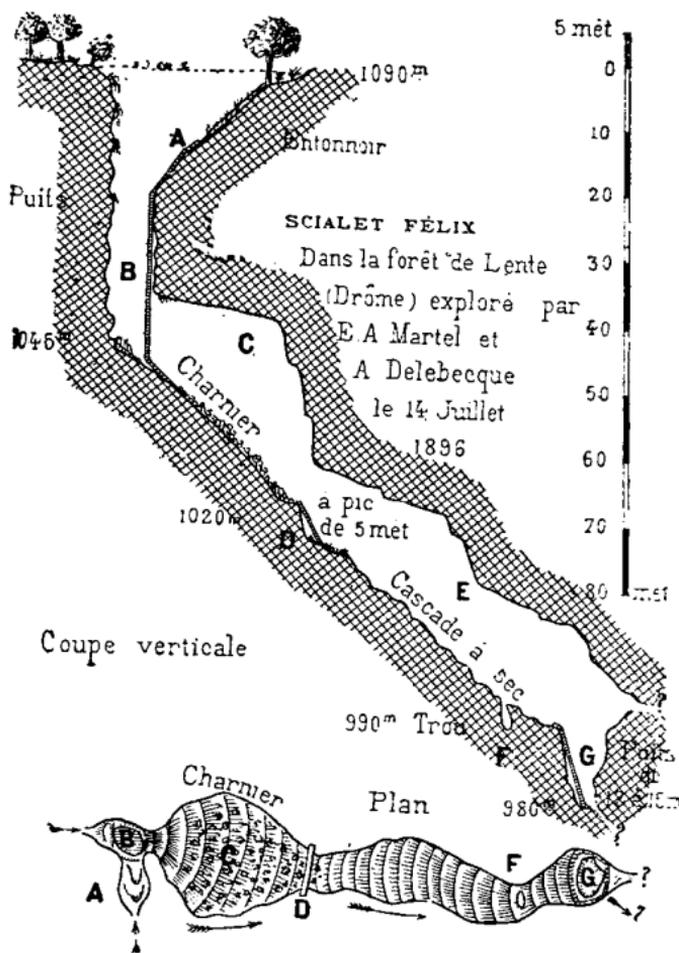


Fig. 48. — Coupe d'un abîme transformé en charnier.

tuelle des sources, dans les pays calcaires, intéresse l'hygiène publique; en conséquence, il paraît opportun de formuler les deux vœux suivants :

« 1° Connaître quels sont, dans les régions calcaires

de France, les puits naturels susceptibles de communiquer plus ou moins directement avec les eaux souterraines qui alimentent les sources ;

« 2° Interdire, soit administrativement, soit par des dispositions légales nouvelles, le jet des immondices et des bêtes mortes dans les gouffres où une communication aura été reconnue. Pratiquement, on pourrait voûter ceux dont l'orifice est étroit et entourer de clôtures ceux qui sont trop largement ouverts.

« Accessoirement même, on évitera encore de cette manière : 1° les accidents fréquents qui résultent des chutes fortuites de bestiaux ou de personnes dans ces trous souvent béants au milieu des champs ; 2° l'essaimage des mouches et insectes venimeux que la présence des carcasses attire au fond et aux abords des abîmes. »

Depuis lors, les faits de ce genre se sont multipliés par centaines et dans tous les pays du monde. Et leur démonstration universelle constitue le principal et le plus utile résultat de mes vingt années de recherches souterraines.

Dès 1892, M. A. Certes avait indiqué que les germes des espèces banales de microbes pénètrent partout, et que leurs spores se conservent longtemps dans les sédiments humides. Enfin, l'expérience a prouvé (par les soins du D<sup>r</sup> Paul Raymond, en 1895-1896, à la rivière souterraine de Midroï, Ardèche), que les bactéries pathogènes se développent et se reproduisent aussi à profusion, dans les antres les plus obscurs où s'écoulent les rivières souterraines.

On avait pensé que la prolongation du séjour des bactéries dans l'eau des noires cavernes, — et surtout le passage à travers certains amas de galets, graviers, argiles, que cette eau peut rencontrer dans son parcours, — pourraient atténuer ou détruire la nocivité des bactéries infiltrées sous terre ; deux expériences

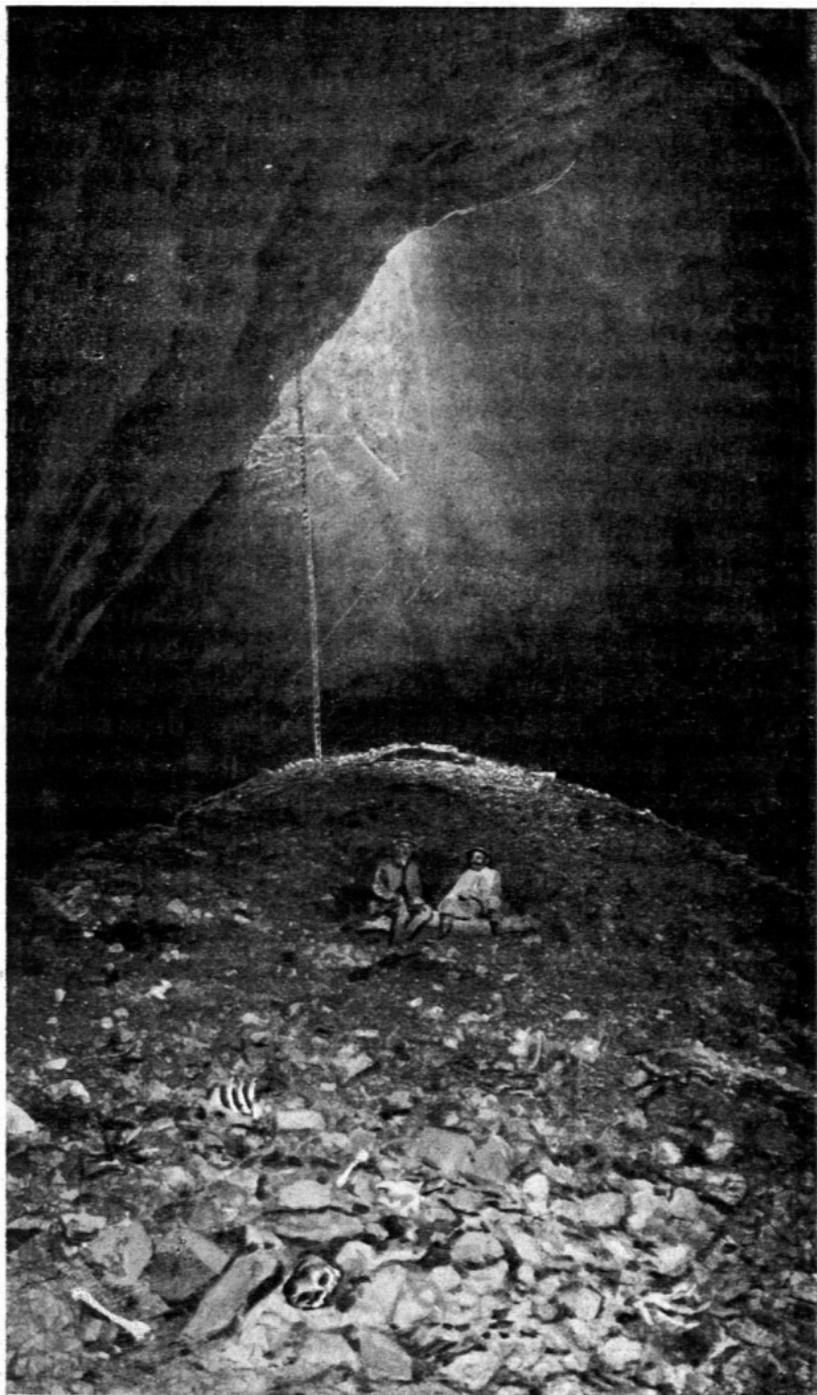


Fig. 49. — Fond d'un abime charnier (Aven de lou Cervi, Vaucluse).  
(V. fig. 1.)

affirmatives en ce sens avaient même été effectuées par M. Maheu dans la rivière souterraine du Trou de Calel, à Sorèze (Tarn), et dans celle de la Cèze, à Baume-Salène (Gard). Malheureusement, une conclusion opposée est résultée de l'analyse (par M. Bonjean, en 1905) de l'eau du Creux-de-Souci (Côte-d'Or), où il y avait plus de germes en aval (21.500 par centimètre cube) qu'en amont (17.475) d'un talus d'éboulis, interceptant le courant placé sous l'orifice et rempli d'ossements pourris. L'épuration, au moins partielle, espérée, demande donc confirmation.

Elle est entièrement contestée par M. E. Fournier, d'après lequel on ne saurait « compter sur une épuration sérieuse, quelque long que puisse être le « parcours ». Le même auteur et M. Maréchal ont prouvé aussi, au moyen de la fluorescéine (v. ci-après), qu'après les pluies, les eaux souterraines provoquent de véritables remises en mouvement des *laisses* ou *réserves bactériennes*, immobilisées par l'étiage dans des poches ou bassins latéraux; même dans des boues de décantation, les bactéries pathogènes peuvent ainsi être amenées au dehors, au moindre gonflement des résurgences, qui provoquent des épidémies dès qu'elles commencent à grossir. En ce qui concerne l'obscurité, ces derniers résultats ne sont que trop naturels, puisque c'est surtout la lumière qui est bactéricide.

Ajoutons que MM. Marcel Baudouin et Lacouloumère, dans les puits funéraires romains de Troussepoil (Vendée), contenant des squelettes d'animaux domestiques, ont fait analyser (1904). par M. J. Lièvre, des boues riches en microbes : ceux-ci étaient conservés « à l'état de vie ralentie, depuis l'enfouissement des cadavres d'animaux, d'où ils proviennent, en vase clos, pendant près de dix-huit siècles ».

Ainsi, l'évolution souterraine des bactéries est surabondamment démontrée.

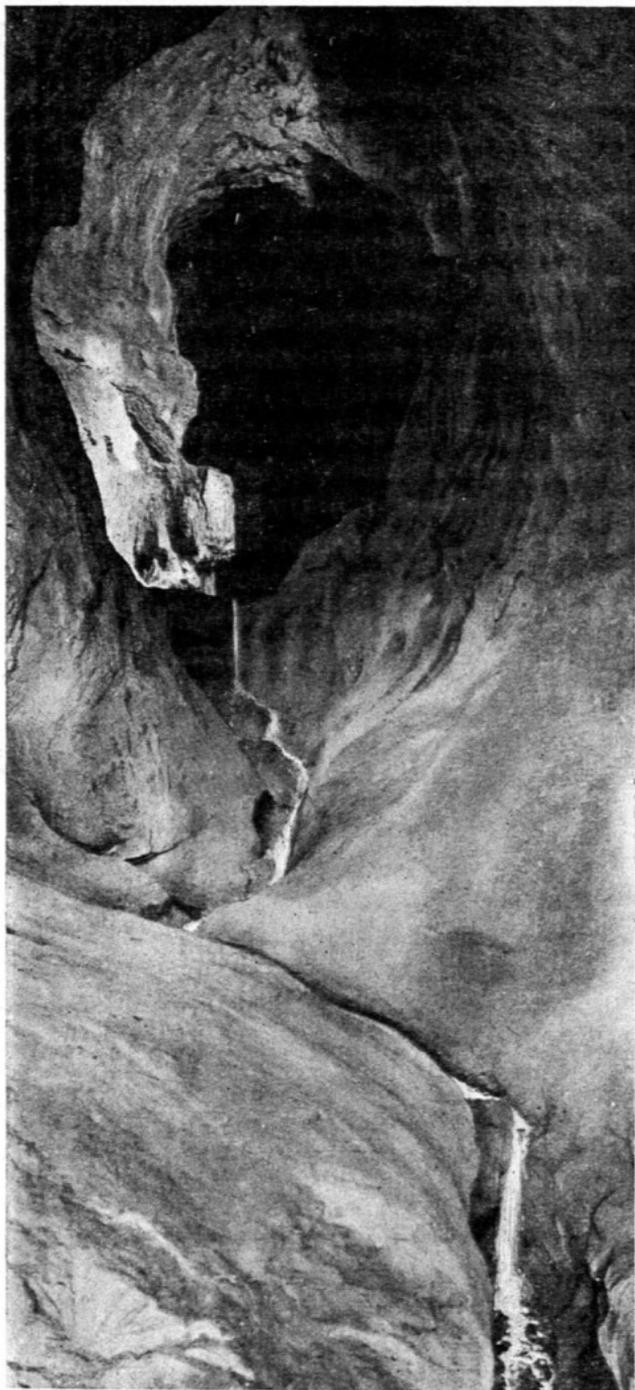


Fig. 50. — Descente libre, et *sans filtrage*, des eaux d'orages *actuelles* dans l'intérieur d'un abîme (à lit de ruisseau réduit). Grottes de Baudinard (Var),

On sait que l'ankylostomiase est cette terrible maladie, que les mineurs contractent en buvant l'eau souterraine des mines. A la séance du 30 mai 1905, de l'Académie de Médecine, M. Manouvriez (de Valenciennes) signale à cet égard le rôle préservatif des eaux salines; Perroncito avait montré leur action contre les larves d'ankylostome. Boycott et Haldane ont prouvé qu'à Saint-Just-en-Cornouailles, dans des mines de houille près de la mer, renfermant de l'eau contenant 1 % de chlorure de sodium, les larves d'ankylostomes ne se développent pas.

Or, certaines houillères dans l'intérieur des terres, à Dinant et Anzin, réalisent aussi cette cause d'immunité, car les eaux du fond renferment du chlorure de sodium (1,5 % à 2 %), provenant du lessivage de masses de sel triasique par les eaux d'infiltration.

A Anzin, jamais il n'y a eu d'anémie ankylostomiasique dans douze fosses à eaux salées; mais dans douze autres fosses sans eau salée, l'ankylostomiase est très fréquente. La conclusion paraît formelle.

En présence des difficultés hygiéniques souvent insurmontables auxquelles se heurtent actuellement les projets de captage d'eau potable dans les régions calcaires, on s'était pris à espérer que, dans certains cas, les résurgences pouvaient être naturellement protégées contre les infiltrations polluantes, par des intercalations de zones marneuses *au-dessus* du gisement géologique des émergences; on avait pensé que ce *toit* imperméable, analogue à celui des eaux artésiennes, pourrait éviter, au moins par places, les contaminations proximales.

Malheureusement, cette hypothèse de l'étanchéité des marnes intercalaires est contredite par la matérialité des faits, au moins pour les masses calcaires dont le niveau dépasse celui des plans de drainage extérieurs. Dès 1889, d'ailleurs, avec M. G. Gaupillat (*Comptes rendus Ac. Scie.*, 25 novembre 1889),

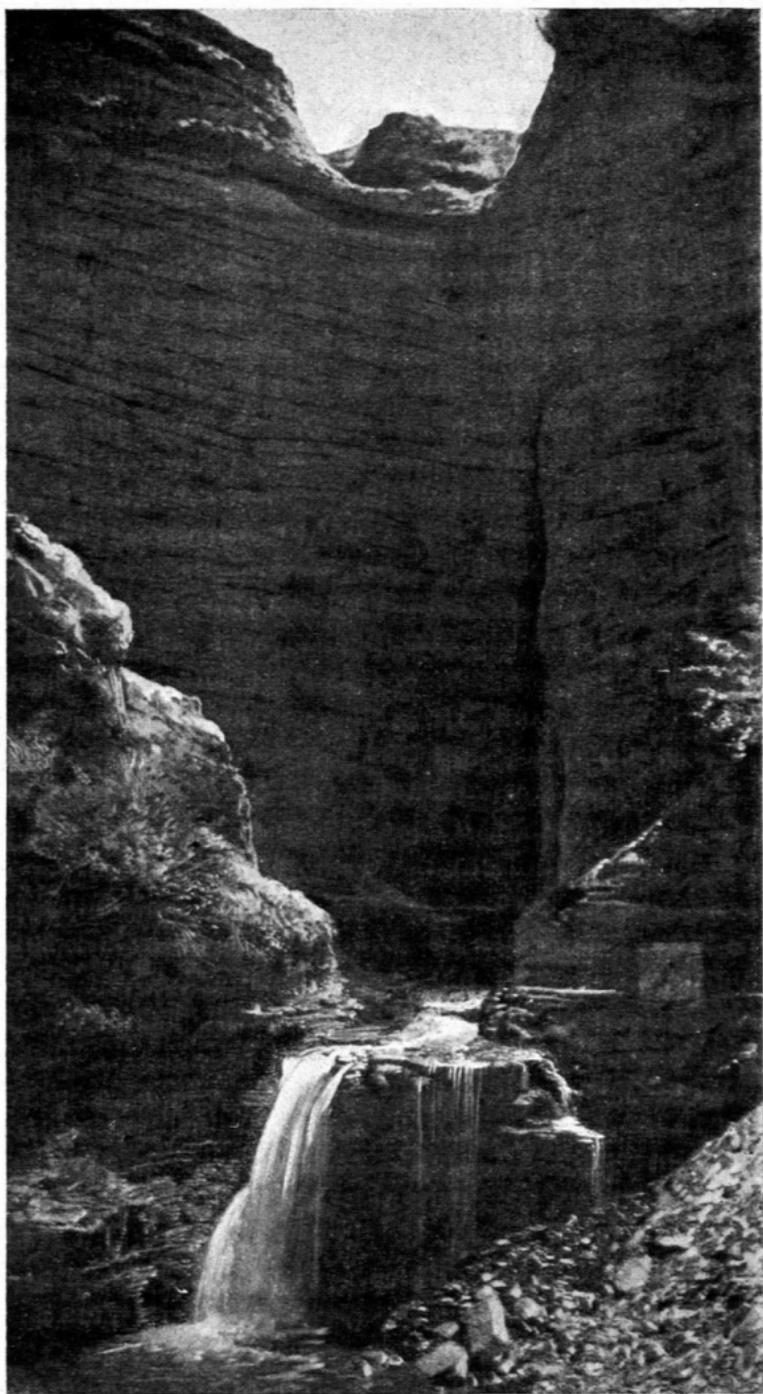


Fig. 51. — Résurgence, non filtrée, par une caverne (pénétrable de part en part. — Sortie de Bramabiau, Gard)

j'énonçais (pour les Causses) « qu'à travers la zone marneuse, le contenu des innombrables petits réservoirs se déverse en suintant par les gerçures naturelles » ; le développement des investigations souterraines a de plus en plus confirmé que, même dans les régions les moins disloquées, la continuité protectrice des marnes ne saurait être affirmée nulle part. La plupart du temps, au contraire, les cassures des calcaires, inférieurs ou supérieurs aux zones marneuses, ont intéressé celles-ci au point de les pourfendre sur toute leur épaisseur.

Dans les grands avens des Causses, des Alpes, etc. (profonds de 100 mètres à 500 mètres), le creusement des vallées soutirantes, en abaissant le niveau de base général, et corrélativement celui des eaux souterraines, a produit la perforation successive de diverses zones marneuses (oxfordienne, calloviënnne) théoriquement imperméables, intercalées dans les calcaires compacts ou les dolomies. Ces perforations de *planchers* marneux ont été constatées dans nombre de grottes, où la rivière est descendue jadis ou descend actuellement d'un étage plus bas.

Si bien que, à cause de ces *défauts*, beaucoup plus répandus qu'on ne le croit, les soi-disant zones imperméables sont plutôt, en principe, non pas un *filtre de colmatage*, mais simplement un *défectueux percolateur qui laisse passer le marc*. S'il en était autrement, il y aurait, du haut en bas des falaises des cañons calcaires, des étages superposés de cascades émergentes (comme celles de la Save, au Terglou ; de Heyle, au ravin de Cacouette, Basses-Pyrénées ; du Cholet, forêt de Lente, Drôme ; du Petit-Rhin au Walen-See, Suisse, etc.), correspondant à chacune des récurrences marneuses de la formation. Or, ce phénomène est, au contraire, assez rare ; presque tous les affluents souterrains de ces cañons se manifestent au niveau du thalweg, jusqu'auquel



Fig. 52. — Résurgence impénétrable (source intermittente de Fontestorbes, Ariège).

ils ont pu descendre grâce aux craquelures intérieures. Aussi, peu d'obstacles les empêchent d'amener aux soi-disant sources tout le *marc* des vallées fermées et des plateaux d'amont : nitrites, matières organiques, toxines, ptomaines et bactéries, germes des maladies transmissibles.

La conclusion est aussi facile que formelle : *dans les régions dépourvues de terrains réellement filtrants et, par conséquent, de vraies sources, la recherche et l'application d'un efficace et définitif procédé de filtrage ou de stérilisation s'impose absolument, comme une inéluctable nécessité hygiénique et sociale.*

Or, précisément, les sources de la *Vanne*, de la *Dhuis* et de l'*Avre* (pour nous en tenir à Paris seul et sans parler de celles du Loing et du Lunain qui paraissent meilleures) offraient ce caractère, de provenir de terrains jurassiques ou crétacés, fréquemment incapables de les purifier de leurs contaminations éventuelles.

On juge de quel effondrement (et la presse quotidienne s'en est faite l'écho, parfois trop acrimonieusement) fut atteinte la croyance publique à la pureté des eaux dites de sources.

Aussi, depuis une quinzaine d'années, les recherches les plus difficiles en fait de bactériologie et d'explorations souterraines, — les enquêtes les plus minutieuses — les polémiques les plus passionnées, et les prescriptions les plus rigoureuses occupent-elles les savants et les pouvoirs publics, pour résoudre le quasi insoluble problème suivant.

C'est précisément au moment où l'accroissement des populations urbaines — et le grand besoin de bien-être général, — exigent, dans l'intérêt de l'hygiène publique, une plus considérable disponibilité d'eau potable absolument saine, que la double constatation est faite : 1° du danger présenté par les mauvaises eaux comme véhicules des plus graves maladies; — 2° de l'incapacité d'une grande partie des

terrains à fournir des eaux naturellement saines et pures.

Si l'on ajoute à ces cruels embarras que les réserves du sol en eaux (sources et puits) semblent à l'époque actuelle décroître dans une proportion matériellement sensible (v. p. 100), on conçoit quelle poignante anxiété doit étreindre tous ceux qui s'occupent d'étancher la soif humaine aux meilleures conditions hygiéniques.

Cette nouvelle bataille à la fois naturelle et sociale : la *lutte pour la soif et pour la sauvegarde de l'eau potable* se déroule selon les thèmes que voici :

1° **Théorie hydrique.** — Préparée par les travaux de Bouchard (1877), Arnould (1881), Rübner (1885), la théorie de l'*origine hydrique* de certaines maladies transmissibles (particulièrement la fièvre typhoïde) fut définitivement consacrée en 1887 (Congrès de Vienne) par le professeur Brouardel, qui, depuis lors, la développa considérablement : le choléra de Hambourg, en 1892, et nombre d'épidémies de dothiéntérie en démontrèrent la justesse. Sans méconnaître d'ailleurs que d'autres causes pouvaient propager lesdites maladies, on était arrivé dans ces dernières années à soutenir que l'eau s'en faisait le vecteur pour 90 % des cas. Beaucoup de médecins et d'hygiénistes ont, il est vrai, toujours affirmé qu'avec cette proportion on faisait trop grande la responsabilité de l'eau : et maintenant on tend à augmenter celle qui incombe (surtout dans les casernes) à la contagion directe par l'air dans les milieux malsains — au surmenage — au terrain (origine tellurique) — soit même à des vers intestinaux (état de l'organisme humain), etc. Bref, de nombreux auteurs ont tout récemment affirmé que la théorie hydrique avait eu le tort d'être trop absolue, — qu'en voulant lui donner le rôle prépondérant, on avait risqué de faire

oublier tout le reste, — et que de nouveaux travaux sont nécessaires pour bien déterminer les voies de propagation autres que l'eau. Celle-ci n'en reste pas moins la plus fréquente de ces voies : dans quelle mesure exacte par rapport aux autres, c'est là un préjudiciel et délicat point insuffisamment éclairci.

2° **Les vraies sources.** — La définition et les recherches de *vraies sources d'eau potable*, c'est-à-dire de l'eau suffisamment *claire, fraîche et pure* (chimiquement et bactériologiquement) pour être consommée *avec agrément et sans aucun risque pour la santé*, n'est pas une moindre difficulté ; car, il faut le répéter et

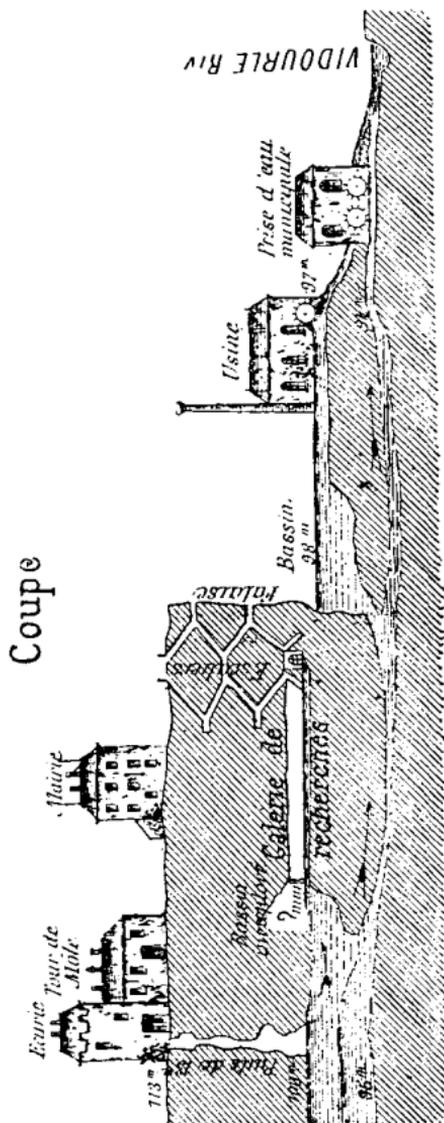


Fig. 53. — Coupe de l'alimentation de Sauve (Gard), buvant son propre égout, à cause des puits naturels, qui drainent ses rues et écuries et qui contaminent sa source!!

y insister : malgré certaines oppositions jusqu'à présent aussi irréductibles que mal fondées, la géologie force désormais à admettre que les grandes fontaines natu-

relles issues des terrains fissurés (Vaucluse, la Loue, la Touvre, le Loiret, la Vigne, l'Avre, etc., etc.) ne sont généralement *pas de vraies sources*; en tant du moins que le mot *source* est, selon l'universelle croyance et

## SOURCE DE SAUVE (GARD)

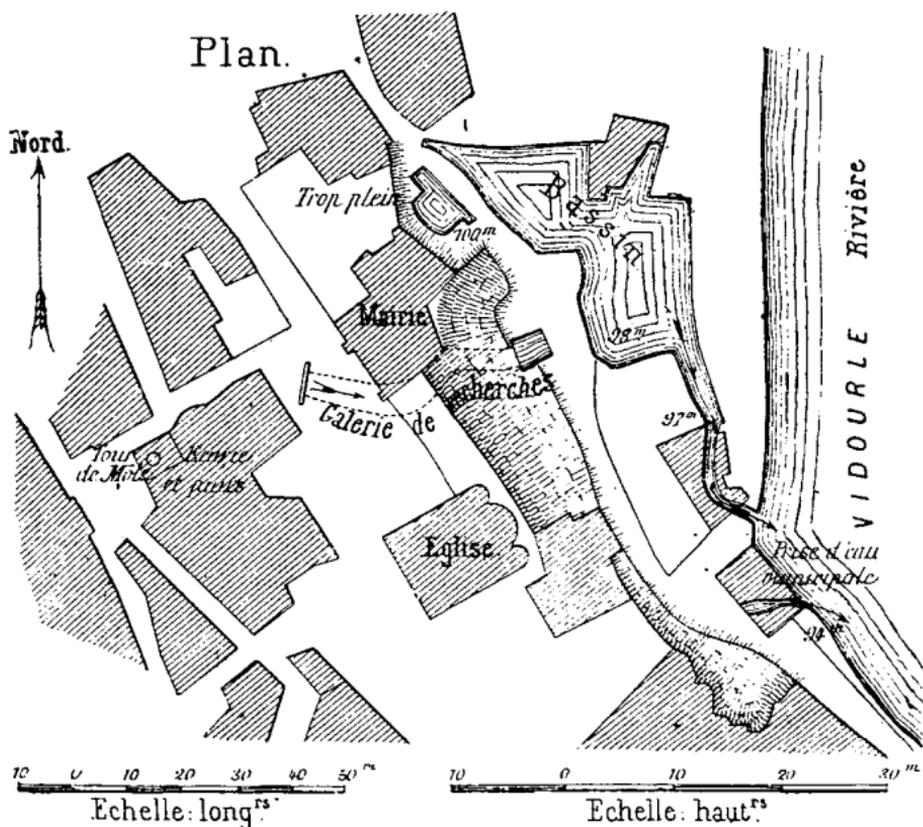


Fig. 54. — Plan de la source de Sauve (Gard).

l'usage courant, employé pour désigner des sorties d'eaux vraiment pures et en tant qu'il implique l'idée de garantie sanitaire; il est dès maintenant établi que la plupart de ces flots cristallins, s'échappant à gros bouillons de crevasses des montagnes et plateaux cal-

caires, ne sont trop souvent qu'en apparence et fallacieusement « pris comme de l'eau de source ». Presque tous constituent en fait des *résurgences* (*resurgere*, réapparaître), des *retours au jour* de ruisseaux ou de pluies, engouffrés plus haut dans des pertes ou des gouffres, en amont et dans l'intérieur desquels elles récoltent et amènent toutes sortes d'impuretés, de ptomaïnes, de toxines, de bactéries; parce que (cela ne peut plus être contesté) *les calcaires ne sont pas filtrants*, contrairement à ce que l'on professait encore il y a quinze ans. D'où cette conséquence que, par le *canal* des eaux engouffrées, les maladies transmissibles d'origine hydrique peuvent passer d'un pays à l'autre, à travers de longues étendues de sous-sols et de gouffres, cavernes et rivières souterraines d'accès plus ou moins difficile.

C'est pour faire adopter aux hygiénistes cette vérité géologique flagrante, qu'au Congrès de Bruxelles (1903), je n'ai pas hésité à soutenir que, dans les terrains calcaires fissurés, *il n'y a point de vraies sources*; présentée sous une forme aussi absolue, cette thèse ne pouvait manquer de soulever des protestations, qui ont été développées surtout par MM. Bechmann, Babinet, Janet, etc., etc. Mais la discussion n'a pas été stérile, car elle a abouti à cette conclusion du Congrès que : « les alimentations au moyen d'eaux issues de terrains calcaires doivent être l'objet d'une attention particulière, en raison des imperfections *possibles* du filtrage dans les terrains fissurés ».

A cette formule, je n'ai qu'un mot à ajouter, c'est « *toujours* » devant possible : car, dans les calcaires, l'insuffisance du *filtrage* (qu'il faut se garder de confondre avec l'infiltration) est *à peu près universelle*; les exceptions favorables sont beaucoup plus rares qu'on ne le croit. J'affirme une fois de plus que, presque partout, *les terrains fissurés ne sont pas des filtres, mais des cribles*.

3° **Eaux souterraines de la craie.** — On ne sait pas encore bien quel est exactement le rôle de la formation calcaire spéciale désignée sous le nom de craie, et surtout de la craie blanche, par rapport à l'épuration naturelle des eaux qui y circulent; pendant longtemps on a cru que la craie était *poreuse*, c'est-à-dire qu'elle *exsudait* l'eau par ses interstices capillaires et qu'alors le filtrage s'y réalisait; Prestwich, Meurdra, Daubrée (1872-1887) ont successivement établi que, là aussi, c'est la fissuration qui préside à la circulation souterraine. Plus récemment, MM. Gosselet, Whitaker, Van den Broeck, etc., ont avoué combien il reste encore à apprendre sur ce point particulier : depuis plusieurs années, je l'étudie moi-même en Champagne et en Normandie, et je compte prochainement formuler certains résultats plus positifs que ceux acquis jusqu'à présent. Il en est un que j'énonce tout de suite : *en principe, la craie n'est pas plus filtrante que le calcaire.*

4° **Puits et nappes d'eau.** — Il est impossible d'ouvrir n'importe quel ouvrage d'hydrologie sans y rencontrer presque à chaque page le terme de *nappe d'eau* appliqué aux réserves hydrauliques de l'intérieur du sol. Depuis des années, je fais la guerre à la fausseté de cette idée et de cette expression à la fois, en ce qui concerne les terrains fissurés (V. p. 61 et 113); sans reproduire une fois de plus toutes mes discussions là-dessus, je me borne à souligner leur portée pratique qui est la suivante : c'est que, forts de leur croyance aux nappes, les hydrauliciens font trop souvent, dans la craie et le calcaire, creuser des puits qui, selon leur pensée, sont toujours *sûrs* de tomber, plus ou moins bas, sur l'eau désirée; les insuccès, les déboires, les pertes d'argent qui en résultent sont bien plus fréquents qu'on ne consent à l'avouer; pour les communes pauvres, cela mène à

des désastres financiers : en effet, si le forage ne rencontre pas de fissure aquifère, si, comme le disait Arago en 1835 : « une mauvaise chance vous fait tomber sur une portion de la roche bien compacte, vous avez exécuté un travail inutile ». Malgré toutes les contestations qu'on persistera à soulever, cette parole du grand savant est la vérité absolue : à moins qu'on ne se mette à la discrétion des fameux *sourciers* ou *hydropathes à baguette divinatoire* (ce qui n'est peut-être pas aussi absurde que l'a proclamé Chevreul en 1854), c'est surtout le hasard qui régent les forages de puits en terrains calcaires ou crayeux. Partout où je passe et de plus en plus, je constate chaque année que les échecs et déconvenues se multiplient. Une meilleure notion de l'allure des eaux souterraines et des détails de leur circulation atténuera certainement ces difficultés.

**5° Dessèchement et déboisement.** — Une autre considération n'est pas moins troublante que celles qui précèdent ; c'est la dessiccation progressive de l'écorce terrestre, la diminution des cours d'eau, la disparition des sources. Iront-elles jusqu'au dessèchement complet de notre globe, qui serait alors condamné à mourir de soif ? Pour lointaine que soit, de toutes manières, cette échéance, si réellement elle est inévitable, elle reste assez terrifiante pour qu'on la prévienne et qu'on la retarde, s'il y a moyen. Sur ce problème qui sera, non pas dernier, mais *final*, les opinions sont loin d'être concordantes et fixées, et je me suis expliqué, page 100.

Une chose seulement demeure assurée et n'a point soulevé de contestations (sauf de la part des intérêts privés) : c'est la désastreuse influence des déboisements inconsiderés sur le régime des eaux en général. Cela devient un lieu commun que de prôner les reboisements et la reconstitution des sols montagneux.

Malheureusement, en France, le ministère de l'Agriculture, si bien gagné maintenant à la cause des eaux souterraines, et si pratiquement dévoué à cette cause, se heurte dans le rétablissement de l'*armature* forestière (selon l'heureuse expression de M. J.-H. Fabre) à deux terribles écueils : l'absence de crédits suffisants et l'inimitié des populations pastorales, deux problèmes encore dont le titre fait comprendre la quasi insolubilité !

Si l'on voulait, selon la méthode allemande, catégoriser le présent aperçu, on pourrait prétendre que les cinq sortes de considérations qui précèdent, représentent, pour ainsi dire, les difficultés *nécessaires* ou *objectives* que la nature elle-même oppose aux hydrologues ; — et l'on ajouterait que, dans les moyens que l'homme a su trouver jusqu'à présent pour les combattre, il rencontre d'autres écueils *contingents* ou *subjectifs*, que l'évolution de la science tend chaque jour à faire disparaître. Bref, c'est dans les procédés mis en œuvre, que se présentent et que doivent être tournés les obstacles qui nous restent à examiner. Certes, nous sommes contraints d'accepter que, dans l'évolution future de la terre, les premières ne feront qu'empirer ; mais il n'est pas défendu d'espérer, que l'intelligence et l'activité humaines feront progresser les secondes assez vite, pour que le remède parvienne peut être à surpasser le mal en rapidité.

**6° Microbiologie des eaux potables.** — Il y a peu de temps encore, une eau était réputée bonne quand on la trouvait bleue, claire, sans saveur spéciale, sans substances chimiques, fraîche et peu *dure* (c'est-à-dire avec une assez faible proportion de calcaire pour bien dissoudre le savon et cuire les légumes). C'étaient les *caractères organoleptiques*, sensibles aux organes humains. A ces qualités trop connues pour y insister ici, il a fallu ajouter l'absence de ces microbes nocifs,

dont la théorie hydrique et la connaissance des sous-sols fissurés ont si gravement amplifié le rôle.

La complication matérielle des analyses microbiennes est prodigieuse : là, plus que n'importe où, dit-on, la spécialisation s'impose pour la spécification de ces infiniment petits. Et le bon bactériologiste doit emprisonner toutes ses forces, toutes ses facultés, toute sa vie, dans le cercle intime de son laboratoire. Peu de carrières sont aussi ardues, plus dévouées à la science pure et à l'utilité publique.

Puis, c'est l'embarras de préciser la part exacte de tel ou tel microbe dans l'étiologie de telle ou telle maladie : pour la dothiénentérie, entre autres, l'accord n'est pas établi encore sur la véritable influence du *Bacille Coli* : inoffensif, selon les uns, et, selon les autres, virulent, presque à l'égal du trop célèbre *Bacille d'Eberth* typhoïdique, de si délicate identification.

Enfin, détail bien terre à terre et simple en apparence, mais qui prime tout le surplus : la suspicion qui s'impose vis-à-vis de tout échantillon d'eau envoyé à l'analyse. Malgré les instructions détaillées fournies aux communes, il est bien rare que le *prélèvement* soit exécuté, à la venue d'eau que l'on veut capter, dans les conditions normales pour l'analyse efficace. Il est vrai que ces instructions précisent des précautions d'une minutie infinie. On remplirait bien des pages à citer les maladroites (conscientes ou non), les biais, les irrégularités, qui ont été parfois jusqu'à expédier aux laboratoires des échantillons d'eau *préablement bouillie* ! Certes, les bactériologistes ne sont point dupes de ces ignorances ou de ces manœuvres ; mais ils en arrivent à n'avoir plus confiance que dans les échantillons qu'ils ont eux-mêmes prélevés etensemencés sur place. Dans le nombre des travaux à effectuer, cela est complètement irréalisable.

**7° Observations de température.** — J'ai montré

qu'il était faux de considérer, au moins dans les terrains fissurés, que la température des sources est constante et égale à la moyenne annuelle de la localité où elles émergent; d'après des milliers d'observations, j'ai même établi ces principes: que les venues d'eau dont la température est constante ont seules la chance (et même pas toujours certaine) d'être de vraies sources; que les variations (supérieures à 1° C.) de température des émergences sont d'autant plus amples, que l'influence des infiltrations extérieures s'exerce sur l'eau plus rapidement et plus directement; et qu'en conséquence une émergence court d'autant plus de risques d'être polluée, contaminée, que ses oscillations thermométriques sont plus grandes, et que l'écart est plus ample entre la température rafraîchie de l'hiver et celle réchauffée de l'été.

Appliquées (concurrément avec les observations géologiques) à l'étude de l'origine des émergences, ces règles empiriques peuvent rendre de grands services dans l'étude des captages d'eau. Mais les observations thermométriques demandent, elles aussi, beaucoup de soin et des précautions.

8° **Expériences à la fluorescéine.** — Personne n'ignore plus, que, pour révéler les relations, plus ou moins rapides et directes, entre les points d'absorption d'eaux dangereusement polluées et les résurgences, on utilise, depuis bientôt trente ans, la plus puissante connue de toutes les substances colorantes, la *fluorescéine*. Un récent traité complet a été publié sur son emploi par la Société belge de géologie<sup>1</sup>, et

1. 218 pages gr. in-8°, avec 24 figures et divers tableaux. Avril 1904, Bruxelles. Voir aussi les études spéciales exécutées par la Commission des eaux de Paris, de 1899 à 1902, dans les trois gros volumes in-4° (non mis dans le commerce) publiés par la Commission scientifique de perfectionnement de l'Observatoire de Montsouris.

en a montré à la fois les avantages et les défauts. Deux de ces derniers sont bien fâcheux : le premier, c'est que la délicatesse des observations, dès qu'on se sert de l'instrument appelé *fluorescope* (Trillat) et destiné à en amplifier la portée, est considérable ; elle exige une longue pratique et des mieux exercées.

Le second, c'est qu'on ne peut jamais rien conclure des *résultats négatifs* d'une expérience à la fluorescéine ; trop de facteurs se liguent pour l'entraver. Et c'est seulement quand elle est *positive* qu'il est permis de tirer des déductions d'une pareille expérience : aussi n'est-ce en fait qu'un demi-moyen, mis à la disposition des hydrologues.

**9° Autres modes d'expérimentation.** — Pour rechercher les mêmes correspondances, de perte à résurgence, le sel marin et le chlorure de calcium sont moins probants encore, toujours à cause des risques d'erreur qui annulent en fait toute donnée négative.

La méthode des cellules organiques (levure de bière, Miquel), — celle de la résistivité électrique (Diévert), — du degré de minéralisation des eaux (Cayeux), semblent plus sûres, mais aussi combien plus difficiles encore à pratiquer : elles ne peuvent être employées que par de véritables savants et ne sauraient entrer dans le domaine des applications pratiques. Je ne les note que pour ordre.

**10° Mesures officielles de protection de la santé publique.** — Plusieurs volumes déjà ont été publiés sur les dispositions légales et administratives, adoptées depuis 1899, pour assurer la défense hygiénique des eaux potables et qui sont :

a) Enquête sur les eaux de Paris, prescrite le 1<sup>er</sup> mars 1899 par le Préfet de la Seine, et qui a surtout consacré le principe (posé par Duclaux), et fait établir la pratique de la *surveillance médicale* des régions à infiltrations éventuellement dangereuses.

b) Circulaire du Ministre de l'Intérieur du 19 décembre 1900, prescrivant, pour tout captage d'eau potable, l'étude géologique du bassin d'origine des eaux, et l'analyse chimique et bactériologique.

c) Loi du 15 février 1902 sur la protection de la santé publique qui stipule enfin l'établissement d'un *périmètre de protection* pour les captages d'eaux (art. 10), et qui interdit le jet des bêtes mortes et ordures dans les abîmes et pertes (art. 28). (V. p. 180.)

d) Commissions, mesures, études instituées par le Ministère de l'Agriculture, et particulièrement par M. Ruau, pour tout ce qui concerne l'investigation des eaux souterraines et le perfectionnement des adductions (depuis 1905).

Si heureuses que soient déjà toutes ces prescriptions, si louables que soient l'initiative et la clairvoyance de ceux qui les ont proposées et fait promulguer, il n'en est pas moins vrai qu'elles sont bien loin d'être suffisantes. Surtout, elles se heurtent à des entraves d'application souvent lamentables.

**11° Lacunes et inconvénients de la législation hygiénique actuelle.** — A titre d'exemples, je citerai quelques-uns des *desiderata* formulés.

L'établissement des périmètres de protection est presque toujours impossible pour les communes pauvres; elles reculent devant les dépenses qu'entraînent les exigences des propriétaires qu'il faudrait déposer des portions de terrains nécessaires; il importerait ou de subventionner plus largement encore les municipalités, ou de simplifier considérablement les trop longues et complexes formalités de l'expropriation.

La défense de jeter les résidus de voirie dans les points d'absorption des eaux, — la surveillance médicale, — la déclaration des maladies transmissibles, demeurent à peu près illusoire : de ce chef, la loi est,

pour ainsi dire, lettre morte, par l'incurie, le mauvais vouloir, les intérêts personnels de ceux-là même qui devraient l'imposer !

L'application aux sources d'eaux potables (si sagement préconisée par MM. Imbeaux et L. Janet) des procédés de captage (en gisement géologique profond), usité pour les sources thermo-minérales, est presque toujours incompatible avec les ressources des petites communes, et surtout avec les connaissances techniques des entrepreneurs chargés de leurs travaux.

Sur la tolérance ou l'interdiction des puisards ou puits absorbants (dont M. Moniez, de Lille, demandait la fermeture dès 1889); sur l'emplacement des cimetières; sur l'incinération des ordures ménagères; sur la crémation des morts (indispensable, et à laquelle des préjugés religieux font seuls obstacle); sur le tout à l'égout (qui empoisonne les rivières); sur la pratique de l'épandage (absolument funeste dans les terrains fissurés), la loi est muette : ou bien elle laisse trop de latitude à des maires insuffisamment éclairés, ou bien elle a redouté de faire front contre des libertés, des préjugés, des habitudes, des réputations fâcheusement cristallisés, etc., etc.

**12° Épuration et stérilisation.** — Enfin, je ne note que pour mémoire les batailles que Dibdin, Fiddian, Calmette, etc., livrent aux eaux d'égout, pour ne les envoyer aux rivières qu'après les avoir *épurées* dans les septic-tanks et à travers les lits bactériens; ainsi qu'aux innombrables systèmes de *stérilisation* qui tentent de filtrer les eaux de boisson : les uns exigent de véritables usines scientifiques (ozone), les autres ne peuvent purifier que les eaux possédant déjà un degré d'impureté suffisant, pour assurer la destruction des microbes les uns par les autres. Tout cela constitue autant de diaboliques énigmes.

C'est ainsi que l'hygiène, la biologie, la géologie,

l'hydrologie, la météorologie semblent se liquer pour rendre de plus en plus difficiles toutes les études et tous les travaux relatifs à l'eau potable ; partout, en effet, la lutte devient suraiguë, non seulement contre la pollution croissante (point de vue *qualitatif*), mais aussi contre la diminution, accentuée par le concours de multiples causes naturelles (point de vue *quantitatif*) des eaux potables véritablement saines et pures. Aussi est-il nécessaire de traiter ces vitales questions, à la fois avec une circonspection, une minutie, une pondération et une impartialité toutes particulières. Assurément, il conviendra souvent de faire quelque peu fléchir, devant les impérieuses exigences de la pratique matérielle, les rigueurs des nouvelles théories scientifiques, extrêmement salutaires, mais qui, si on les appliquait avec trop d'absolutisme conduiraient, en l'espèce, à une abstention exagérément préjudiciable et, par conséquent, déraisonnable. Il importerait surtout désormais que, lorsqu'un projet sérieux d'adduction d'eau potable aura pris corps et sera définitivement mis en avant, la discussion, l'étude et l'exécution en fussent conduites par les participants ou intéressés, avec une grande largeur de vues ; il faudrait que nul mesquin intérêt local ne se mit en travers (comme c'est généralement le cas) de la réalisation de ces travaux de si grande utilité publique.

Là surtout, on devrait appliquer la vraie *philosophie philanthropique* dont les exemples sont si rares !

Dans les présentes conjonctures géologiques et hygiéniques, qui régissent la décrépitude progressive du globe terrestre, la *lutte pour l'eau* est devenue un péril réellement trop angoissant, pour que toutes les volontés et tous les efforts humains ne se plient pas à l'absolue nécessité de s'unir résolument, en vue de soutenir le bon combat, avec la plus sage abnégation, c'est-à-dire avec l'efficacité nécessaire pour en sortir pleinement victorieux.

## CHAPITRE IX

### Flore souterraine et transformisme.

Évolution souterraine de la matière dite organique. — Évolution souterraine régressive. — Progression et descendance. — Flore fossile. — Influence capitale du milieu. — Enchainements du transformisme. — Négation du déluge. — Adaptation et hérédité de Lamarck. — Continuité et sélection naturelle de Darwin. — Sélection artificielle. — Jordanisme; fixité des petites espèces. — Mutations de De Vries. — Hérédité mendélienne. — Saltation. — Flore souterraine. — Étroite dépendance de la flore envers la lumière. — Absence d'espèces propres aux cavernes. — Origine toujours extérieure. — Suspension de la reproduction. — Rapidité des modifications. — Altération régressive et passagère. — Réapparition brusque des types normaux et de la reproduction dès le retour à la lumière. — Confirmation des mutations. — Réfutation de la sélection naturelle. — Prédominance de l'hérédité sur l'adaptation. — Flore souterraine à l'étranger. — Les fleurs, forçage des lilas.

« Avec l'idée de création, il n'y a plus de place pour la discussion scientifique. »

(KEPLER.)

« L'hypothèse transformiste apparaît de plus en plus comme une expression au moins approximative de la vérité. »

(H. BERGSON.)

« La matière, c'est ce qui ne pense pas. »

(BINET.)

« La matière, c'est ce qui se pèse. »

(GUSTAVE LE BON.)

Pour traiter de l'évolution souterraine des plantes et des animaux, il nous faut toucher à l'immense problème de l'évolution de la vie terrestre!

Ainsi surgissent, en tournant cette page, les redoutables mots de : *transformisme, variation, adaptation,*

*hérédité, sélection naturelle, mutation, saltation*, que je ne prononce point sans terreur ! Car c'est dans un abîme d'incertitudes, de controverses et d'enfiévrées disputes qu'il faut jeter des regards éperdus, quand on ose en scruter le pourtour, avec l'espoir d'en voir jaillir quelque faible rayon lumineux.

Plus encore que la matière inorganique ou brute, la matière organique ou vivante (si tant est qu'il faille continuer à les distinguer !) des végétaux et des animaux a subi, çà et là, sous la terre (du moins par rapport aux perceptions humaines) des altérations singulières, nullement générales, mais subordonnées à des circonstances toutes particulières.

Leur étude, relativement récente, relève étroitement des doctrines évolutionnistes ; car ces altérations sont surtout dues à l'influence du milieu spécial obscur où, dans des conditions que nous allons exposer, se sont produites certaines *formes* nouvelles, végétales et animales. Je dis *formes* et non *espèces*, à cause de la confusion antiphilosophique, qui règne encore parmi les naturalistes, dans tous les essais de définition distincte des termes *espèce* et *variété*, depuis Linné.

Ces altérations paraissent bien avoir définitivement prouvé quelle est, pour le développement de la vie, l'influence capitale du *milieu où elle évolue*, et quels obstacles ou au contraire quels concours ce milieu peut lui offrir ; elles ont confirmé les vues géniales de Lamarck sur l'*adaptation*, c'est-à-dire sur le rôle des circonstances extérieures ou de l'*ambiance*, par rapport aux modifications successives ou transformations des êtres vivants. Sous terre, nous allons le voir, c'est plutôt d'obstacles qu'il s'agit et d'évolution véritablement régressive et rétrograde : mais l'argument *a contrario*, que fournissent les animaux surtout, s'est montré plus probant, peut-être, plus nettement vérifiable, que les arguments positifs plus ou moins hypo-

thétiques invoqués jusqu'à présent dans les études évolutionnistes.

Par exemple, c'est seulement une théorie qui a supposé qu'aux temps précambriens, prélaurentiens, les gaz atmosphériques n'étaient pas encore favorables à la vie animale et même végétale, ou que du moins les premières flores et faunes ont pu être incolores; car on sait fort peu de chose en somme de la flore avant le dévonien et de la faune avant le cambrien; suppositions aussi de penser, ou bien que les plus anciens animaux, ancêtres des rares fossiles précambriens n'ont pas encore laissé découvrir leurs traces, ou bien que celles-ci ont été effacées par les recristallisations et les métamorphismes des premiers sédiments terrestres. Voici un spécimen de nos permanentes indécisions: pour la végétation de l'époque carbonifère, on croyait que ce sont des plantes vertes, mais sans fleurs, qui ont accumulé les milliards de tonnes de houille que l'homme actuel épuise sans merci. Or, G. Bonnier vient de nous apprendre (*le Monde végétal*) que les fougères de la houille ne sont pas des fougères; que leurs feuilles portent non pas des sporanges, mais de véritables graines; qu'elles se rapprochent donc des phanérogames ou végétaux à fleurs; qu'ainsi les fougères seraient les descendantes et non les ancêtres des cycadées et « qu'il est impossible de déterminer dans quel sens se sont effectuées les variations »!

Deux points cependant sont acquis, c'est que, au cours des âges géologiques, la paléontologie et la paléophytologie (étude des plantes fossiles) non seulement lèvent tous les doutes sur les modifications et les *perfectionnements* progressifs des organismes, mais encore tendent à établir entre eux de réels rapports de succession et de descendance.

Oswald Heer, de Saporta, R. Zeiller, Grand-Eury, etc., ont montré comment beaucoup de végétaux tertiaires, et même crétacés, sont tellement semblables à ceux

de nos jours qu'on est forcé de les considérer comme leurs ancêtres. Cope et Gaudry ont magistralement établi la progression régulière (esquissée par Buffon), réalisée depuis les coelentérés primaires, fixés captifs au sol sous-marin par de véritables racines, depuis les annélides précambriens, jusqu'à l'homme. Ils ont fait voir comment la vitesse s'est développée, chez les oiseaux, depuis l'*archæopteryx* jurassique, faible voilier, jusqu'aux ailés très rapides actuels, — chez les grands mammifères, depuis le lourd *coryphodon* ou *cohippus* éocène aux cinq doigts gros et courts, jusqu'au cheval *solipède* pliocène et actuel, en passant par l'*hipparion* miocène à trois doigts.

De même pour la vue, la sensibilité générale, etc.

La transformation progressive est prouvée, il ne reste plus qu'à l'expliquer; ce à quoi de grands génies s'épuisent vainement depuis un siècle.

Car, ce qu'on n'a pas encore clairement établi, c'est s'il faut voir, dans les *formes* qui se sont ainsi succédé, des modifications graduelles insensiblement enchaînées, ou des variations accidentelles, brusques même, d'un type originaire, maintenant la constance de certains caractères, et acquérant par soubresauts le perfectionnement et l'addition de certains autres.

En un mot la chaîne évolutive du *transformisme* est-elle continue ou discontinue ?

Voilà ce qu'on discute depuis cent ans !

En fait, c'est précisément *sous* la terre que le transformisme ou théorie de la modification des espèces (*l'humiliante doctrine de l'évolution*, comme certains l'appellent encore) est né, de par la paléontologie.

L'examen, par l'histoire naturelle, de la double série dite vivante (animale ou végétale) à partir des *amibes* (protozoaires réduits à une unique cellule de protoplasma) a démontré aussi la réalité de l'*enchaînement des formes de la vie*, depuis que celle-ci est apparue sur le globe.

Vaguement préparée par de Maillet (1748), Robinet (1766), Buffon (1788), Goethe et Erasme Darwin (1794-1795), la doctrine évolutionniste a été nettement formulée, pour la première fois, par Lamarck (en 1809, dans sa *Philosophie zoologique*), qui expliquait la transformation des espèces par l'*adaptation* au milieu extérieur; il admettait aussi que la prolongation de l'adaptation rendait les nouveaux caractères acquis héréditaires.

Lamarck est parti de cette double idée : 1° que le changement de milieu exerce une influence modificative sur l'organisation des individus; 2° que les organes s'atrophient par défaut d'usage et s'hypertrophient par accroissement d'usage, par *excitation fonctionnelle*<sup>1</sup>, autrement dit que *la fonction crée l'organe* (principes développés par Geoffroy-Saint-Hilaire, Cope, etc.).

L'*adaptation* au milieu produit ainsi des différences qui, dans la suite des générations, aboutissent à la transformation (par l'*hérédité des caractères acquis* ou *hérédité d'exercice*, par l'appropriation de la forme aux besoins) d'une espèce originaire en une espèce nouvelle et distincte, mais conservant parfois les rudiments d'organes devenus inutiles et dont les ancêtres avaient besoin<sup>2</sup>. Lamarck en concluait que les espèces n'étaient point constantes « et qu'il n'y a réellement dans la nature que des individus ».

Cuvier eut le grave tort de bafouer la profonde idée de l'évolution, et de retarder de plus d'un demi-siècle le parti qu'il y avait à tirer; et cependant, il avait trouvé la *coordination des parties*, leur dépendance mu-

1. Voir les ouvrages de EDM. PERRIER, sur le Transformisme et le Darwinisme, et CH. DEPÉRET, *Les Transformations du Monde animal*.

2. Chez l'homme, Widersheim aurait « compté 107 organes « héréditaires avortés, vestiges irrécusables d'organes utiles à nos « lointains ancêtres animaux, atrophies au cours des temps. » (DASTRE, *la Vie et la Mort*.)

tuelle sous le moindre changement, et songé aux renouvellements par migrations, vraies idées transformistes.

Notons en passant que Nægeli alla même (1884) jusqu'à refuser à l'adaptation toute influence dans la production de nouvelles espèces, et à soutenir que les changements se manifestaient dans l'œuf lui-même, en vertu « d'une tendance innée à un développement progressif » (principe d'*isagité*).

Darwin reprit pour son compte, dès 1837, les principes de Lamarck (sans lui rendre justice d'ailleurs) et les fit en somme renaître modifiés en 1858.

Pour Darwin l'évolution des espèces s'était opérée de façon *très lente*, insensible, mais continue : *natura non facit saltum*; les très légères transformations successives avaient eu lieu par transitions et variations probablement insensibles, s'additionnant l'une à l'autre. Une fois manifestées, elles *se fixèrent* par l'hérédité (transmission, par descendance, des caractères spécifiques), quand elles étaient de nature à supporter la *lutte pour la vie*.

Darwin ne s'est pas risqué d'ailleurs à rechercher la cause et l'origine des variations mêmes, pas plus que la manière dont elles se produisent. Il a seulement proposé sa *sélection naturelle*<sup>1</sup> (qu'Herbert Spencer appelait *persistance du plus apte*), comme l'agent qui ne laisse survivre et se perfectionner que les êtres de supérieure qualité, les plus aptes, les mieux armés en vue de la *lutte pour la vie*. Pour lui les variations se manifestent AU HASARD (au lieu de résulter avant tout des changements d'ambiance); les plus favorables ne font que s'accroître par l'hérédité au cours de générations successives, et avec une longueur de

1. On sait par suite de quelle curieuse coïncidence Wallace et Darwin émirent *ensemble* les mêmes idées et comment, dans une même séance (1<sup>er</sup> juillet 1858) de la *Linnæan Society*, ils publièrent, d'accord et simultanément, leurs deux mémoires identiques sur la *Tendance des espèces à former des variétés*.

temps excédant toutes les bornes de l'expérience (ce qui permettait d'éluder la réponse à l'objection tirée jusqu'à ces derniers temps de la non-constatation empirique des transformations).

Donc Darwin avait vu dans la lutte pour l'existence, dans le combat sans trêve que nous montre partout la nature, la cause même du progrès perfectionnant graduellement les êtres, précisément parce que les plus aptes, les mieux armés pouvaient seuls survivre. Comme Wallace et Malthus, il pensait que la vie croît suivant une progression géométrique, et les ressources de l'alimentation suivant une progression arithmétique : d'où la nécessité de suppression d'une partie des nouveau-nés. Aussi lui a-t-on reproché de proclamer ainsi le triomphe immoral de la force. Mais jamais dans son idée, *plus apte* n'a signifié *plus fort*. « Il y a des cas où le plus fort est le moins apte à réussir. »

Il pensait d'ailleurs que si la sélection naturelle (que Flourens a justement qualifiée de téléologie ou *providence déguisée*) ne s'exerce que peu à peu, lentement, elle est du moins définitive ; tandis que la sélection artificielle est rapide, mais ne produit d'effets durables que si on a soin de l'entretenir. Ça été le tort supplémentaire de beaucoup de disciples de Darwin de diminuer indûment l'influence du milieu (que Darwin ne niait pas du tout, mais croyait d'un effet lent et réduit), au profit injustifié de la sélection naturelle ; aussi celle-ci, combattue par les plus éminents philosophes et zoologistes, a-t-elle maintenant perdu singulièrement du terrain. On est même arrivé à « l'idée que les variations d'une espèce à une autre ont pu, dans le temps, être très rapides », ce qui explique les lacunes paléontologiques. (E. PICARD, *la Science moderne*.)

Au fond, la réelle différence entre le Lamarckianisme et le Darwinisme, c'est que Lamarck fait agir le milieu

sur l'ensemble du mécanisme des êtres vivants<sup>1</sup> (ce qui est vérifié par l'expérience et par la faune des cavernes); tandis que Darwin fait agir le milieu (ce qu'on n'a pas encore pu prouver) sur les infimes molécules ou cellules indépendantes, les *gemmules*, particules représentatives dont il suppose l'être composé<sup>2</sup>. De plus Darwin laisse *au hasard* une part inexplicable, et il ne constate les variations (destruction des disparus et conservation des préservés) qu'*après coup*. Il est difficile de voir dans ces conceptions autre chose que de simples vues de l'esprit!

Sans refaire le procès du Darwinisme, j'avoue humblement ne pas comprendre comment on a pu attacher quelque importance à la soi-disant *théorie* de la *sélection naturelle*. Certes, la *lutte pour l'existence* est indéniable, et l'évidence même exige que la concurrence vitale soit défavorable aux *moins aptes*. Mais quand Darwin nous définit la sélection naturelle comme « le principe en vertu duquel une variation se conserve et se perpétue, si elle est utile »; quand il ajoute que « chaque espèce se forme et se maintient à l'aide de certains avantages, *acquis sur celles* avec lesquelles elle est en concurrence », il décompose son *principe* pour y distinguer : 1° le discernement, la *sélection* de l'utilité du caractère; 2° l'accumulation des caractères ainsi mis à part. Or, comme il ne fait

1. Ce que Cope a appelé cinétogénèse et Edm. Perrier automorphose ou action indirecte du milieu.

2. Ce que Cope a appelé physiogénèse et Edm. Perrier allomorphose ou action directe du milieu. Les *gemmules* de Darwin sont les *déterminants* de Weissmann. Le Dantec a très justement objecté que cela revient à grouper des caractères *éternels*, c'est-à-dire à la *création spécifique*; et qu'ainsi on arrive à nier la possibilité de l'acquisition des caractères nouveaux, et, par suite, à annuler la doctrine même du transformisme; et H. Bergson observe qu'il ne sert à rien de considérer ce qui a disparu par concurrence vitale et sélection naturelle, et qu'il faut « regarder simplement ce qui s'est conservé ».

connaître ni la base de ce discernement, ni le mécanisme de l'accumulation, il se trouve que son soi-disant *principe* n'est même pas défini; de sorte qu'à chaque page de l'*Origine des espèces* il nous ramène à cette tautologie ou répétition perpétuelle, que les *faits* de sélection naturelle s'expliquent par la sélection naturelle. C'est un *postulat* accompli! Darwin a enregistré d'admirables observations: *il n'a pas découvert une loi*; le *trilage* que Darwin a nommé sélection naturelle est un *résultat* (celui de la concurrence vitale) et non pas une *cause*; il ne justifie nullement comment la disparition des moins bien armés a pu procurer aux plus aptes l'*acquisition d'avantages* autres que ceux d'un champ plus libre: ce *droit d'accroissement* est tout conventionnel, et l'erreur de Darwin a été de vouloir séparer en deux lois distinctes l'univoque notion de *combat-cause* (lutte pour la vie) et de *trilage-effet* (persistance du plus apte). C'est pourquoi il se contredit souvent et « perd contenance à chaque pas et rebrousse chemin devant l'inattendu et l'inconciliable » (Mæterlinck). La régression constatée par Cope de bien des formes supérieures, la persistance de petites espèces rudimentaires comme les lingules et autres foraminifères qui sont les mêmes de nos jours qu'aux temps siluriens, et le maintien de la vie chez la faible faune des cavernes, dans le défavorable milieu souterrain, établissent que les *faits* dits de sélection naturelle, sont réellement le résultat de la lutte pour la vie: ils éliminent ou conservent, mais n'additionnent pas. Les causes de la progression résident réellement dans les rapports combinés de l'hérédité et de l'ambiance de Lamarck, selon des règles « qui sont », avoue Darwin lui-même, « pour la plupart, inconnues, notre ignorance en ce qui concerne la variation étant bien profonde! » Ces règles sont, quant à présent, pour l'esprit humain *actuel*, de l'inconcevable, de l'inconnaissable, de l'inexprimable!

Entre temps, la croyance à la fixité des espèces conservait de tenaces partisans, d'Orbigny, d'Archiac, Barrande, Agassiz, de Quatrefages (selon lesquels les théories transformistes n'avaient aucun rapport avec la philosophie), Lacaze-Duthiers, etc., conformément aux principes de Linné, qui faisait des variations « des variétés dues à une *cause accidentelle*, telle que le climat, la nature du sol, la chaleur ou le vent ». Ce sont ces *accessoires linnéens secondaires*, que Lamarck et Étienne Geoffroy-Saint-Hilaire ont transformés en facteurs évolutifs principaux ou de premier ordre.

De 1852 à 1882 le botaniste lyonnais Jordan s'appliqua aussi à démontrer l'immutabilité de l'espèce (« hypothèse qui se débarrasse de l'inexplicable en s'interdisant de l'interroger », Mæterlinck), dont le fond essentiel, la substance, préexiste au développement et le produit ; il n'admit pas qu'une espèce pût se transformer en une autre, et il posa en principe que les caractères inconstants du milieu (topographiques, thermométriques, etc.), n'influent pas sur la distinction des espèces. Il aboutissait donc à nier et l'action du milieu (adaptation) et la variabilité de l'espèce, c'est-à-dire tout le transformisme.

Ce qui est resté des patientes recherches de Jordan n'a été reconnu applicable qu'aux *petites espèces*, contestables même en tant qu'espèces.

Or ces conclusions étaient précisément tirées d'expériences qui, par exemple, faisaient produire et isoler par Jordan plus de deux cents *formes* de la petite plante printanière dite *Draba verna* ; il les considérait comme autant d'*espèces* distinctes (alors que beaucoup ne sont que de simples variétés) ; et, sous l'empire d'une véritable obsession théologique, il les affirmait *créées* de toutes pièces, alors qu'au contraire il préluait inconsciemment aux mutations de De Vries.

Depuis lors, il semble bien que l'objection, longtemps faite au transformisme, qu'on n'a pu assister

à la formation d'aucune espèce nouvelle, se trouve, à l'heure actuelle, réfutée par les travaux et expériences de Mendel, De Vries, H. Nilsson, G. Bonnier<sup>1</sup>, Bouvier, Costantin, etc.

En 1901, Hugo De Vries, professeur de botanique à l'Université d'Amsterdam, proposa sa fameuse théorie des *mutations* (entrevue déjà par Ét. Geoffroy-Saint-Hilaire; Kölliker; Bateson, 1894, *Materials for the study of variation*), et suggérée par des faits patents et fréquents de découvertes de formes végétales véritablement nouvelles; formes qu'antérieurement on croyait simplement monstrueuses, alors que précisément leurs anomalies étaient de réelles variations: on les a appelées parfois *sportives*, d'après Darwin, qui les avait déjà considérées comme des *sports*, des fantaisies, incapables de se perpétuer par reproduction. Selon les nouvelles vues, l'évolution, au lieu d'être progressive et lente, se réaliserait au contraire par sauts brusques: l'adage latin cher à Darwin était ainsi totalement controuvé. L'apparition du caractère nouveau propre à chaque espèce surgissante serait subite; ce caractère trancherait nettement par rapport à ceux de l'espèce mère, et les intermédiaires transitionnels entre espèces, inexistant en fait, n'auraient plus besoin d'être si âprement recherchés.

Seulement, comme chaque caractère nouveau ne fait pas disparaître les précédents, l'évolution irait toujours en progressant, par adjonction d'un élément complémentaire de différenciation: chaque pas en avant est une mutation, qui se fait par à-coup, par variation brusque (*Explosions*, de Depéret).

Toutefois l'apparition n'est pas toujours si soudaine qu'elle ne soit précédée de certains symptômes, plus ou moins latents, d'ébauches (en allemand, *Anlage*), qu'on pourrait appeler *prémuation*. Même

1. Qui a obtenu des modifications héréditaires en cultivant des plantes de plaines sur les hautes pentes des Alpes et des Pyrénées.

il arriverait que certaines mutations (en horticulture surtout) pourraient devenir naturellement régressives.

Quant à l'origine de la mutation elle reste (comme toute explication du transformisme) mystérieuse : De Vries suppose l'évolution d'un caractère *latent* (?); Blaringhem croit à la conséquence de traumatismes ou blessures; Le Dantec et d'autres invoquent des parasites ou commensaux inconnus, qui provoqueraient de simples accidents. En somme, *on ne sait pas*.

Une conséquence de cette conception des mutations brusques, c'est que beaucoup d'entre elles avortent, si elles ne se manifestent pas dans une ambiance favorable; alors l'adaptation ne peut se faire, le nouveau type essayé échoue (c'est précisément, nous allons le voir, le cas de la flore des cavernes). Ainsi périraient de nombreuses espèces nouvelles, selon une sorte de sélection naturelle bien différente de celle qu'avait imaginée Darwin; c'est-à-dire par élimination des moins favorisées plutôt que par survivance des plus aptes. Enfin, une fois les soubresauts de la période de mutation heureusement traversés, l'espèce acquiert pour longtemps cette stabilité que n'expliquaient pas les Darwinistes dans leur hypothèse de la modification continue, si lente fût-elle. Et surtout l'acquisition rapide d'un caractère avantageux est bien plus favorable à la fameuse *lutte pour l'existence* que son éclosion ultra-lente.

C'est par des expériences et observations botaniques des plus soigneuses et troublantes (commencées en 1886 au jardin d'expériences de l'Université d'Amsterdam<sup>1</sup> sur la famille des *Oenothera Lamarckiana*), que De Vries s'est trouvé fusionner ainsi en quelque sorte les convictions anciennes de Linné, d'Orbigny, Agassiz, de Quatrefages, Jordan, sur l'immutabilité des

1. Et développées aussi depuis 1890 au laboratoire de Svåloff, près Malmö (Suède), par Nilsson; en 1904, on y avait déjà découvert cinq cents nouvelles sortes de céréales, dont cent onze stables.

espèces et leur création spécifique, avec la doctrine de Lamarck sur l'évolution transformatrice.

Il va sans dire que, réduite à ces termes extrêmes, la théorie des mutations n'a pas encore bataille gagnée, bien loin de là. Beaucoup de biologistes, et Le Dantec notamment, y font de nombreuses objections; ils estiment que les mutations ne fournissent pas de réelles espèces zoologiques, mais de simples variétés, de stabilité plus ou moins ferme. Assurément il paraît exagéré de dire, dès maintenant, avec M. Costantin qu'elle nous fait assister « au phénomène de la création », et que « De Vries a trouvé la solution d'un problème insoluble ».

Un nouveau conflit scientifique est donc né. Pour l'apaiser, certains biologistes se demandent si les mutations de De Vries et les variations de Darwin ne diffèrent pas uniquement en quantité et non pas en qualité; et si, tandis que certaines espèces ont évolué avec une réelle continuité, d'autres n'ont pas acquis en effet leurs caractères spécifiques par véritables *sauts*.

On rangerait ainsi dans les variations : la disparition (ou sa tendance) de la dent de sagesse, de l'appendice (?), des cheveux mêmes, chez l'homme; l'atrophie des yeux chez les animaux cavernicoles.

Au contraire, il faudrait regarder comme de vraies mutations l'unification des cornes et des sabots chez les animaux domestiques, le mimétisme, etc.<sup>1</sup>.

En tout cas, la théorie des mutations ne fait nullement échec à la notion de l'influence du milieu; elle y

1. Le mimétisme, qui transmet aux animaux la couleur et même la forme de leur support, a été découvert en même temps (1<sup>er</sup> juillet 1858), par Wallace et Darwin. Il est, selon eux, la preuve de la sélection naturelle, de la lutte pour l'existence, de la nécessité, pour l'animal, de se protéger en se confondant avec son milieu. Cette question des plus complexes a été résumée par LE DANTEC, *Lamarckiens et Darwiniens*, ch. XIII-XV.

superpose ses effets et concourt avec elle aux variations.

Une chose des plus frappantes est la corrélation entre la théorie de De Vries sur les mutations, et celle de Mendel sur l'hérédité.

En effet, la théorie de Mendel<sup>1</sup> se base sur l'idée darwinienne, qui prétend que le germe de toute espèce contient tous les caractères ou *déterminants* de cette espèce ; cela expliquerait pourquoi toute modification de l'espèce ne peut se faire que par sauts brusques, puisqu'elle implique l'addition (ou la suppression) d'un ou plusieurs de ces déterminants.

L'hérédité mendélienne peut être définie le retour au type des parents ; elle régit les caractères des individus, dus au croisement de deux variétés, et elle explique les faits suivants observés par Korschelt : le croisement de souris grise à yeux noirs avec la souris blanche à yeux rouges ne donne que des souris grises à yeux noirs ; le croisement des nouveaux produits entre eux fournit trois souris grises pour une blanche ; leur croisement avec des souris blanches fait obtenir autant de grises que de blanches. Arnold Lang, de Zurich, a provoqué des résultats semblables avec les escargots. Bref, dans tous les croisements, il ne survient aucun animal à caractère intermédiaire, aucun véritable métis ! D'après cela, Mendel a eu

1. Mendel (Jean ou Grégor), né en Silésie autrichienne, en 1822, fut ordonné prêtre à Brünn, vers 1850 ; de 1853 à 1867, il enseigna l'histoire naturelle à Brünn, et fit alors ses expériences d'hybridation botanique publiées en 1865 et 1869 dans le *Bulletin de la Société des Naturalistes de Brünn*, où elles demeurèrent à peu près inaperçues. On ne s'en occupa que vers 1900, lors des travaux analogues de Correns (à Tübingen), Tschermak (Vienne), De Vries (Amsterdam). De 1872 à sa mort (1884), Mendel fut malheureusement détourné de ses recherches par les luttes religieuses et monastiques. On ne trouve pas même son nom dans le grand *Larousse*, ni dans la *Grande Encyclopédie*. Les expériences sur le *mendélisme* sont activement poursuivies à Cambridge et en Allemagne, et leur interprétation donne lieu aux plus intéressantes discussions, notamment de la part de l'école *biométrique*.

l'idée géniale (que ses expériences sur les pois ont prouvé être juste) de deviner qu'il y avait disjonction complète des éléments reproducteurs mâle et femelle distincts (ou *gamète*, de *γαμος*, mariage), et par conséquent de deux caractères héréditaires symétriques mais différents, avec prévalence de l'un d'eux, chacun se transmettant de façon indépendante. C'est revenir aux idées de Nægeli sur les changements dans l'œuf et même aux déterminants de Weissmann. Voilà en deux mots ce qui constitue l'hérédité mendélienne, dont de plus récentes expériences ont montré, paraît-il, la généralité chez les animaux comme chez les plantes. Mais ce ne saurait être la loi unique des phénomènes de l'hérédité, qui sont soumis à bien d'autres éléments encore.

Il ressortirait de tout ceci que la mutation est applicable aux animaux comme aux végétaux. Aussi bien Cope et Herbert Spencer l'avaient déjà supposée chez les animaux, sous le nom de *saltation*.

Une des plus récentes et curieuses études sur la question est celle de M. Bouvier, relative au mécanisme de transformation des crustacés en milieu normal. Vers la fin de l'époque tertiaire, l'océan Pacifique communiquait (par Panama) avec l'Atlantique, et les mêmes animaux y vivaient, quand l'isthme séparateur émergea, au début du quaternaire<sup>1</sup>. Les faunes des deux Océans furent alors isolées les unes des autres et amenées à revêtir, sous l'influence de milieux différents, des formes diversifiées.

Si bien que, dans le golfe de Californie, on trouve une petite espèce de homards qui, dans les Antilles, est géante. De même pour certaines crevettes et autres animaux, récoltés dans le Pacifique par MM. Rivet et Diguët. Entre ces espèces, on constate une série de

1. Selon S. Gunther, 30 % des poissons des deux Océans leur sont encore communs de part et d'autre de l'isthme.

variations, montrant le passage très lent d'une forme à l'autre. Certaines ne produisent que des variétés; d'autres ont fourni de véritables espèces distinctes. Ces variations ont pu être tantôt brusques, par sauts réels, tantôt absolument lentes et continues. Celles-ci multiplient les espèces et les variétés; celles-là marquent les étapes de l'évolution et provoquent ces hiatus si discutés.

Bref, selon M. Bouvier, on ne pourrait plus prétendre aujourd'hui que les transformations spécifiques des êtres ne sauraient être directement observées par « les expériences de laboratoires, les plus longues et les plus patientes, qui sont trop courtes pour conduire à la transformation définitive d'un type spécifique », parce qu'elles ont « pour limites la faible durée d'une vie humaine ». On peut les mesurer depuis l'apparition de l'isthme de Panama et conclure qu'elles se produisent sous nos yeux, pour certains groupes, en divers points de la surface du globe<sup>1</sup>.

De récents travaux du D<sup>r</sup> C. Artom ont confirmé, selon l'opinion de Cope et les recherches de Schmankewitsch, que les divers degrés de salinité des eaux provoquent des variations spécifiques complètes chez le crustacé *Artemia salina* (limans d'Odessa et mines de Cagliari).

Enfin, M. Bonnier vient d'examiner les curieuses données de *transformisme expérimental*, qui, sous l'action du changement d'ambiance (température, régime, lumière, salure de l'eau), ont modifié des pelages de mammifères, des gésiers d'oiseaux, des couleurs de chenilles, de papillons, etc.

Donc, de toutes ces idées si contradictoires, souvent

1. EIGENMANN a repris cette idée aussi pour la faune cavernicole, où il admet la *saltatory variation* ou transformation par sauts brusques (*Cavernes du Texas*).

confuses surtout dans un si sommaire résumé<sup>1</sup>, celle qui, philosophiquement et scientifiquement, se dégage comme la plus vraie et la plus féconde, c'est la conception de Lamarck, attribuant à l'*ambiance* un rôle prépondérant dans l'existence (peut-être même sur la naissance, point sur lequel de sages réserves s'imposent encore) et la transformation des organismes : ceux-ci, sous l'étroite dépendance et la lente influence des modifications peu à peu survenues en l'état de notre planète (différenciation de l'atmosphère, changements de sens des courants marins, productions de rides montagneuses, submersions ou effondrements de continents, émergences nouvelles, altérations dans la distribution des mers, la sédimentation, les climats), se modifièrent aussi, au fur et à mesure de leur multiplication dans un milieu insensiblement mais sans cesse variable, qui élaborera les enchainements continus ou discontinus, lents ou brusques, selon les cas, de l'évolution.

Conformément à cette notion, la flore et la faune des cavernes vont nous prouver surabondamment

1. Pour mémoire seulement, je rappellerai que les *néo-lamarckiens* croient aux variations lentes et faibles (fluctuations), modifications dues directement aux agents extérieurs et surtout au changement de milieu, avec le concours d'un effort intelligent et conscient de l'espèce même (Cope). Ils proclament l'hérédité du caractère acquis.

Les *néo-darwiniens* (Weissmann, 1885; Plate, 1903) croient que l'action du milieu est tantôt utile, tantôt nulle, tantôt nuisible; ils professent surtout le *hasard* de l'adaptation; ils n'admettent pas (contrairement à Darwin) l'hérédité des caractères acquis, et ils attribuent les caractères aux différences inhérentes aux germes.

Fruwirth et Costantin distinguent : 1° les variations individuelles (lentes ou continues, graduelles ou fluctuantes); 2° les variations brusques (discontinues ou mutations) plus ou moins héréditaires; 3° la variabilité adaptative, etc. Bref, on peut souscrire à la formule suivante de Le Dantec : « Tous les caractères des êtres vivants sont le résultat de l'hérédité et de l'éducation », à condition de laisser au mot éducation le sens lamarckien d'*action de l'ambiance*.

combien Claude Bernard (suivi en cela par Weismann) avait tort de prétendre « qu'en changeant le milieu extérieur... on ne saurait modifier ni la forme, ni l'évolution, ni le caractère d'un être ».

La première et la plus haute conséquence de la théorie évolutionniste est la suivante : la concordance entre les résultats de l'investigation parallèle des flores et faunes passées et présentes, a abouti à l'une des certitudes les plus absolues que puisse maintenant formuler l'esprit humain ; c'est la négation du catastrophisme, du déluge universel, de l'indépendance réciproque des espèces, des créations spécifiques originaires propres à chaque milieu, dont (à la suite de Linné) Buckland, d'Orbigny, Agassiz, de Beaumont, Murchison, Barrande, etc., ont été les champions trop longtemps autorisés (jusqu'en 1860).

Après Lamarck, — Darwin, Lyell, Haeckel, Huxley, Gaudry, Cope et tant d'autres ont dégagé définitivement cette *vérité*, que tous les êtres ont été ou sont définitivement rattachés, dans le temps et dans l'espace, par des transitions plus ou moins sensibles, par des anneaux plus ou moins soudés d'une même chaîne<sup>1</sup>, qui fait descendre en somme les espèces végétales et animales actuelles d'espèces différentes et antérieures.

Il n'y a plus que des considérations d'ordre anti-scientifique, partiales, passionnées, qui puissent mettre en doute cette *révélation*, la seule vraie, et due tout entière à l'observation et à la pensée humaine, sous cette *spiritualiste* réserve d'ailleurs, que « l'adaptation explique les sinuosités du mouvement évolutif, mais non pas... le mouvement lui-même ». (BERGSON, *l'Évolution créatrice*.)

Maintenant que nous enseigne la flore souterraine ?

Un mot d'abord sur la flore fossile. Plusieurs classes

1. Pour H. Bergson, l'évolution s'est faite « sur des lignes divergentes en trois grandes directions » aboutissant à la vie végétative (plantes), à l'instinct (insectes), à l'intelligence (homme).

de végétaux, même dévoniens, sont encore représentés dans la flore actuelle. Certaines de nos petites lycopodiniées modernes et tertiaires (*Isoélées*) ont des caractères communs aux lycopodiniées arborescentes paléozoïques; mais la filiation est interrompue par une lacune complète aux âges secondaires, lacune qu'on cherche à combler en ce moment; au contraire, il y a des affinités plus directes, entre diverses plantes de nos jours et de l'époque houillère, pour lesquelles des « empreintes secondaires et tertiaires attestent la permanence ininterrompue du même type, depuis sa première manifestation; s'ils ne forment pas une chaîne vraiment continue, ils font du moins saisir des enchainements suggestifs, laissant entre eux des lacunes ». (R. ZEILLER.)

Au lieu de transformations, il y aurait là des substitutions, que M. Grand Eury a comparées aux métamorphoses des insectes.

Bref, les plus récentes observations aboutissent, d'après M. Zeiller, à favoriser la thèse des modifications brusques, survenant tout d'un coup et sans transitions, tout en maintenant les principaux caractères de filiation originale.

C'est la confirmation de la théorie des *mutations*.

Tout ceci exposé, avec le minimum de développements et surtout avec le vain effort d'être clair, appliquons-le à la végétation des cavernes.

La spécialité de la flore souterraine a été soupçonnée dès 1760, par l'Autrichien J. V. Skopoli dans les mines d'Idria et quelques autres de Carniole. Humboldt s'y intéressa.

Toujours en Autriche, le Dr Welwitsch étudia soigneusement, en 1835, la botanique des cavernes de son pays, et en forma un important herbier pour le musée de Vienne; le Dr Pokorny, en 1853, développa le même sujet, en l'étendant aux mines, ce que Hoffmann, en 1811, et Chevallier, en 1837, avaient

déjà fait en Allemagne et en France. Deschmann, de Candolle (1855), Géneau de la Marlière, Packard en Amérique (1886), doivent être au moins cités pour leurs recherches en ce genre.

Mais c'est en 1906 seulement que parut la plus importante *contribution à l'étude de la flore souterraine de France*, remarquable thèse de doctorat de M. Jacques Maheu qui, pendant sept ans (1899-1905), avait amassé, dans plus d'une centaine d'abîmes, cavernes, mines et carrières de France, Italie, Belgique, les matériaux de ce travail capital et si complètement original, qui comble une véritable lacune. Je ne peux qu'y renvoyer ceux qui voudraient se renseigner exactement sur l'historique de la question, et sur « l'origine de la flore souterraine, les modifications subies par les végétaux sous l'influence du changement de milieu, les variations morphologiques et l'action des différents facteurs cavernicoles sur les organes de reproduction ».

Pour les résultats acquis, en voici le résumé :

Dès 1853, Pokorny avait établi que la faune souterraine est bien plus indépendante de la lumière que la flore (ce qui est corrélatif de la plus grande influence des changements de climat sur les plantes que sur les animaux).

M. Maheu a confirmé cette notion, et surtout l'a complétée, en faisant voir que la flore souterraine n'a révélé, quant à présent du moins, *aucune véritable race susceptible de se reproduire*. Seuls les champignons présentent quelques types spécifiques propres aux cavernes ; les muscinées n'en ont pas fourni. Il est vrai que les champignons, dépourvus de chlorophylle (la matière verte qui s'assimile, sous l'action de la lumière, le carbone provenant de l'acide carbonique atmosphérique) sont les végétaux qui se passent le mieux de lumière. Il leur en faut cependant pour se reproduire efficacement.

Dans le grand nombre de *formes* nouvelles qui ont dû être créées, il ne s'agit que de *variétés*, provoquées par une *adaptation passagère*, et non point de caractères d'adaptation ancienne et fixée. Parmi cette ambiance défavorable, la principale modification est l'*allongement* souvent considérable.

L'origine première est *toujours extérieure* : dans les cavernes, les germes floraux sont amenés par le vent, les fragments de bois, les chauves-souris, les visiteurs, et même les eaux souterraines ; « les plantes des cavernes ne sont que des espèces de la surface, modifiées par leur vie à l'obscurité, à l'humidité, à la température basse et par la pauvreté des matières nutritives ».

Il en est de même des diatomées, puisque « la richesse des eaux souterraines en diatomées est en rapport avec la largeur des avens ».

En somme, la flore souterraine est d'autant plus restreinte qu'on s'éloigne davantage de la surface du sol ou de l'orifice des cavités. En fonction de la lumière extérieure, les phanérogames se désorganisent et disparaissent les premiers, puis les cryptogames vasculaires et ensuite les muscinées. Dans l'obscurité complète, ne se développent plus que les champignons et quelques algues.

Les modifications qui affectent les plantes supérieures phanérogames, au moins jusqu'à une certaine distance dans les grottes et une certaine profondeur dans les abîmes sont les suivantes : la structure interne change et amène des déformations ; la chlorophylle, cette mystérieuse régisseuse (encore si mal connue) du monde végétal vert, se distribue autrement, gagnant surtout les extrémités ; celles-ci s'allongent comme en un effort désespéré vers ce qui manque à la plante ; la nature chimique de la chlorophylle paraît s'altérer ; la floraison s'arrête ; *et surtout toute la faculté reproductrice est suspendue* : répétons-le bien, toutes les graines ou semences, qui alimentent la flore obscu-

ricole, descendent ou tombent absolument de l'extérieur.

Pour des plantes inférieures seulement (champignons), la propagation peut se continuer quelque temps par multiplication (spores), mais non par véritable reproduction (graines). Celle-ci, en somme est paralysée, comme si l'effort excessif réalisé pour subsister, *malgré* le milieu, avait étouffé toute autre faculté et conduit à l'impuissance!

Lès recherches et expériences de M. Maheu ont établi en outre que les modifications de la flore interviennent *très vite* sous terre. Il a pu rapidement rendre cavernicoles des végétaux lucicoles et inversement.

En faisant germer à la pleine lumière du jour des graines, recueillies sur des plantes déjà déformées à leur dernière limite au fond des gouffres, il a obtenu d'*emblée*, et sans aucun caractère transitionnel, la forme normale de la plante.

Voici donc des observations à la fois précises et naturelles, rentrant directement dans ce domaine de « l'expérience qui est la cause unique de la vérité ». (H. POINCARÉ). Or que nous enseignent ces observations par rapport aux théories qui viennent d'être exposées?

D'abord l'influence du changement de milieu est flagrante; elle modifie les plantes au point de leur enlever la faculté de reproduction, mais cependant sans provoquer d'*espèces* nouvelles (sauf pour les champignons); ensuite ces modifications sont *rétrogrades*, *régressives* puisque le principal caractère de la vie, la faculté génétique, leur est retiré; puis elles n'apparaissent que comme quantitatives (hypertrophie, déplacement de la coloration) et non comme qualitatives; enfin elles sont très rapides<sup>1</sup> et surtout passagères,

1. A Padirac, dans le puits de la Fontaine, au point déjà obscur (80 mètres sous terre) où se trouvent les premières lampes élec-

puisque les graines ramenées au jour, et qui ne peuvent fructifier sous terre, rendent tout de suite les formes normales, sans aucun caractère remémorant les types altérés.

Il semble bien qu'il y ait là des confirmations formelles, non seulement de l'adaptation lamarckienne mais aussi des mutations brusques. En revanche les variations lentes et faibles des néo-lamarckiens, et la continuité hasardeuse de Darwin sont controuvées.

Enfin et surtout, il se dégage de la suspension du pouvoir reproducteur cette conséquence (qui ressortira plus éloquente encore de la faune souterraine, v. chap. XIII), qu'en matière d'évolution, l'hérédité ou permanence des caractères acquis (soutenue par Lamarck) l'emporte sur l'adaptation : il est capital en effet de voir l'ambiance faire échec à la continuité des transmissions héréditaires, de la façon *temporaire* qu'a révélée la flore souterraine; confinée au gouffre ou à la caverne, la graine ne germe plus, par l'influence défavorable du milieu; mais si celui-ci redevient propice, c'est-à-dire si la graine est ramenée dans un *dehors* normal, elle recouvre toutes ses capacités ataviques et de descendance. Son hérédité, suspendue seulement, non détruite, anesthésiée en quelque sorte, était demeurée latente, elle couvait : rendez-lui son milieu favorable, voici de nouveau qu'elle va éclore et continuer son rôle reproducteur.

Il paraît donc permis de penser que, si la sélection naturelle était une loi, une force naturelle, et non pas une simple constatation de faits et combinaison de mots, elle n'aurait point manqué de communiquer une plus notoire déchéance, une *moindre aptitude* aux

triques, celles-ci, depuis leur installation (1899), ont rendu des feuilles *vertes* à de petites plantes qui les avaient perdues.

Cela confirme les belles expériences de M. Bonnier sur la croissance des plantes à la lumière électrique.

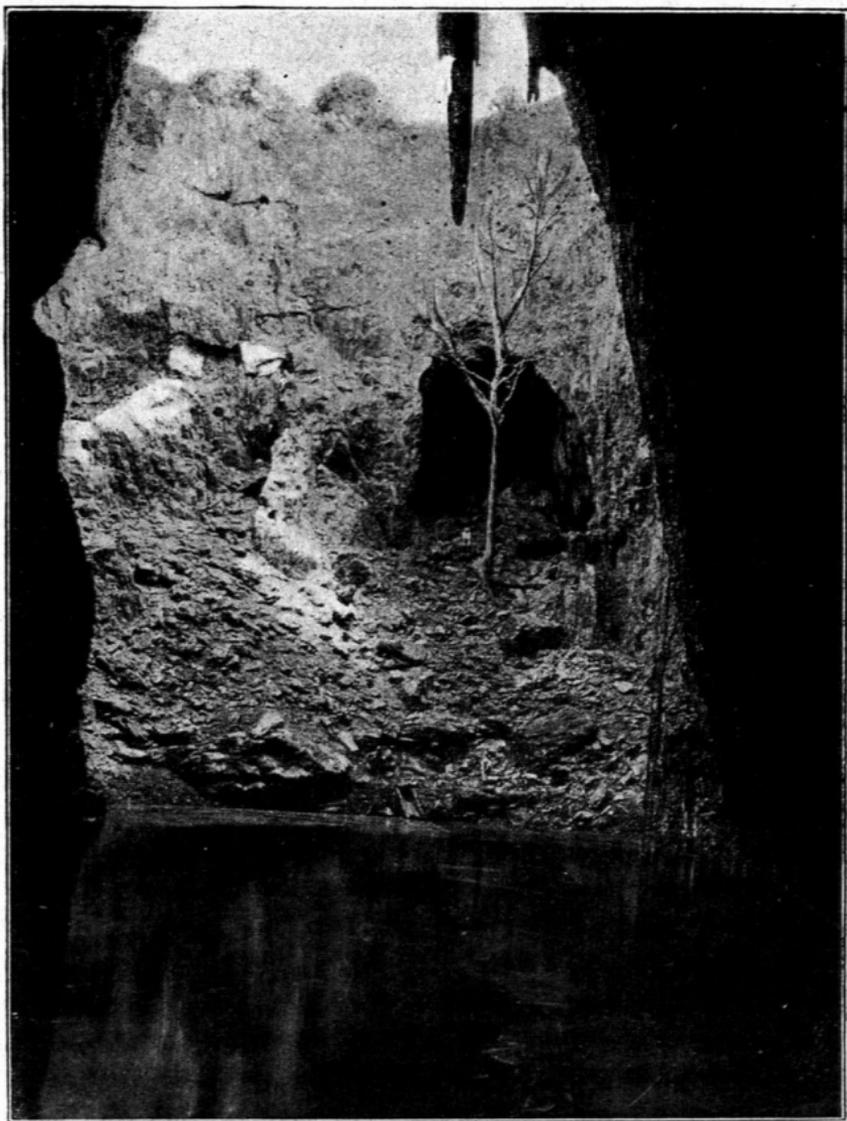


Fig. 55. — Végétation dans un abîme. (Gouffre dans la Rhodesia, Afrique.)  
(Phot. communiquée par MM. Rutot et Rahir.)

plantes affectées matériellement par le milieu régressif des cavernes. D'où cette idée s'esquisse déjà, que le *principe* de la reproduction spécifique est plus puissant, chez les êtres organisés, que les *mécanismes* du développement individuel. Cependant il ne faut pas perdre de vue que nous raisonnons ici sur des êtres, dont le milieu changé ne fait pas des espèces nouvelles, et surtout sur les individus eux-mêmes, qui ont subi les changements et non pas sur leur descendance ; de telle sorte que l'hérédité proprement dite n'est pas encore en cause. Mais les animaux nous instruiront davantage sur ce point, que je me borne à faire sentir ici.

Dès maintenant en somme la flore souterraine *tend* à faire croire que les idées de Lamarck et de De Vries apparaissent mieux fondées que celles de Darwin<sup>1</sup>.

Il faudra demander à la faune souterraine de nous confirmer que *c'est l'hérédité qui conserve les caractères, et l'adaptation qui les transforme.*

En Italie, Autriche, Moravie, d'autres travailleurs sont à l'œuvre pour l'étude de la flore souterraine. En Amérique, à Mammoth Cave, on avait cru trouver des espèces réellement souterraines. Le sujet ne paraît pas y avoir été examiné avec un soin suffisant.

Il y aurait lieu de l'étudier aussi dans les cavités (à peu près inexplorees), à grands orifices des cénotés du Yucatan, des Hoyos de Colombie, etc.

Quant aux fleurs, à l'obscurité, elles ne se développent pas dans la plupart des cas. M. Vœchting a étudié l'influence de la lumière atténuée, à distance d'une fenêtre, ou avec un éclairage limité à quelques heures

1. Un fait demeure mystérieux, et je ne le mentionne que pour ordre : c'est que certains champignons et mousses des cavernes et des mines peuvent devenir phosphorescents et « illuminent de « magnifiques reflets d'un vert émeraude les cavités obscures ». (MAREU.)

dans la journée. Il a obtenu ainsi des modifications très nettes.

Le forçage du lilas réalisé ainsi, d'abord dans les carrières de Paris, ensuite dans des établissements horticoles, alimente toute une industrie parisienne. La combinaison d'une quasi-obscurité, d'une température de 28 à 30° et de divers autres soins artificiels permet de *fabriquer* le lilas blanc, par l'aménagement du milieu nécessaire.

Il est vrai que l'arbuste épuisé par la martyrisation qu'il a subie, meurt et devient fagot! Là aussi l'excès d'effort d'adaptation l'épuise!

Comme l'obscurité, la latitude et l'altitude font surtout varier la couleur des fleurs sous l'influence du milieu. En Norvège l'éclat augmente avec la latitude. De même, et toujours selon M. Bonnier, la nuance s'accroît avec l'altitude.

Enfin les mutilations provoquent aussi de curieuses modifications dans les fleurs. Et Blaringhem a montré que les transformations provoquées par traumatisme dans le maïs peuvent devenir héréditaires!

## CHAPITRE X

### Faune souterraine. — Les Fossiles.

Fossiles directs et indirects (nécessaires et contingents). — Vues de Buckland. — Origine de la paléontologie. — Phosphorites. — Remplissages pliocènes. — Faunes chaude et froide. — Évolution pléistocène. — Refroidissement glaciaire. — Inégalités géographiques de l'évolution. — Patagonie, Neomylodon. — Effondrements. — Afrique, Lémurie. — Les survivances. — L'Okapi. — Réaction des fossiles indirects. — Adaptation régressive souterraine des petites espèces. — Influence modificatrice, mais *rétrograde*, du milieu souterrain.

C'est absolument *dans le sol* que les plus anciennes formes de *la vie animale terrestre* ont pu être rencontrées et recueillies ; et cela, selon deux modalités, en deux sortes principales de gisements :

1° A l'état de *fossiles proprement dits*, ou *directs*, empâtés, incrustés, incorporés, souvent aussi minéralisés ou pétrifiés au sein même des sédiments ; de façon si intime que certaines roches, comme les *lumachelles*, sont uniquement constituées par un agrégat de coquilles d'huîtres et que d'autres, comme les calcaires à entroques, sont faites de fragments de crinoïdes et d'oursins<sup>1</sup>, etc. C'est pendant la constitution des sédiments, et *contemporainement* avec eux,

1. De même le tripoli n'est qu'une agglomération de diatomées silicifiées, et les combustibles minéraux sont composés presque uniquement de végétaux.

que se sont réalisés le dépôt et l'incrustation de ces *témoins* de la vie passée ;

2° A l'état d'éléments de remplissage des crevasses ou cavernes : *fossiles indirects ou accidentels* en quelque sorte, tombés ou parvenus fortuitement dans les fissures, *postérieurement* à la formation des terrains.

En langage philosophique, il serait permis de qualifier les premiers de fossiles *nécessaires*, ayant toujours et forcément fait partie de la gangue où nous les récoltons, et par conséquent *datant* cette gangue de manière absolue, par rapport aux autres assises antérieures ou postérieures. Les autres seraient les fossiles *contingents*, qui auraient parfaitement pu se déposer ailleurs qu'aux points où nous les trouvons, et qui n'y sont rassemblés que par le hasard de circonstances capricieuses de lieu et de temps.

Dès 1823, Buckland (quoique partisan du déluge universel), avait judicieusement vu, que les ossements d'animaux sont parvenus dans les grottes et abîmes de quatre façons :

1° Par la circulation des animaux qui en faisaient leurs repaires et y mouraient ;

2° Introduits par les hyènes et carnassiers qui venaient les y dévorer ;

3° Par chute directe dans les fissures verticales ;

4° Entraînés par les eaux (de ruissellement, et non diluviennes).

C'est dans les cavernes de Franconie (Gaileureuth, Muggendorf, Rabenstein, etc.), entre Bamberg et Bayreuth, que la paléontologie est réellement née, à la suite des recherches d'Esper (1774) et du mémoire de Cuvier sur les têtes d'ours fossiles (1792).

Les plus anciens fossiles *de remplissage* qu'on ait collectionnés seraient les iguanodons (V. p. 24). La controverse qu'a soulevée ce sujet montre l'intérêt qu'il y a à distinguer les fossiles *en place* des fossiles

*accidentels*. Ensuite viennent, presque au début des âges tertiaires, les formations spéciales connues sous le nom de phosphorites (V. pp. 25 et 157).

Le très complexe sujet des phosphorites montre deux sortes d'évolution souterraine différentes : l'une affectant la matière seule, l'autre intéressant la vie même.

L'origine et la constitution des phosphorites, — sur lesquelles on a si longuement discuté, jusqu'à ce que l'important travail de M. Thévenin (1903) eût enfin et récemment mis les choses au point, — ont, en ce qui touche la matière, révélé des échanges et réactions réciproques entre le minéral et les organismes animaux, absolument analogues à celles réalisées par les nitrates et les minervites des cavernes (V. p. 156); seulement, dans les phosphorites, le phénomène est de beaucoup plus ancien et voici ce qu'il faut en penser.

L'hypothèse hydro-thermale ou d'une origine éruptive est complètement inexacte (de même que pour la terre rouge ou *terra rossa*. V. p. 154).

Les poches à phosphates sont bien des abîmes, où sont tombés des animaux entre l'éocène et le miocène.

La décomposition de leur matière organique a produit du phosphate d'ammoniaque, puis du phosphate de chaux; mais cette provenance du phosphate n'est que partielle : la plus forte proportion dérive, de la décomposition chimique ou *décalcification* de la roche calcaire elle-même, qui renferme 0<sup>gr</sup>,42 pour 1.000 d'acide phosphorique, tandis que la terre résiduaire entraînée au fond des cavernes de la région (à Padirac par exemple) en possède jusqu'à 4 et 5 grammes pour 1.000. Dissous dans les eaux chargées d'acide carbonique, les phosphates d'alumine et de chaux de ces terres auraient pris ainsi la plus grande part à la constitution des phosphorites, où le phosphore (qu'on

trouve dans presque toutes les roches sous forme d'apatite) a joué le rôle de minéralisateur.

Certaines poches présentent au surplus des dépôts d'âge très différents : à la partie supérieure, on trouve parfois des amas d'ossements quaternaires dans une argile brune de cet âge ; dans ces cas, les poches ne seraient que des *fonds* d'abîmes ou de cavernes, dont le haut aurait disparu, par dénudations postérieures au premier remplissage (Boule et Thévenin) ; les dernières de ces dénudations auraient produit tantôt des réouvertures et déblaiements complets de gouffres (les avens actuels, selon M. Fournier), tantôt de nouveaux comblements quaternaires : en un mot, une série *récurrente* d'évolutions diverses.

Pour l'évolution de la vie, les phosphorites ont révélé à M. Thévenin « les caractères obscuricoles et « cadavéricoles des insectes » qu'elles renferment et confirmé ainsi « l'analogie avec les cavernes actuelles ». Prudemment, cet auteur ne s'aventure pas jusqu'à dire que la faune oligocène des phosphorites possède, comme la faune cavernicole actuelle, des représentants aveugles, mais il semble bien près de le laisser entendre ; ce point serait curieux à élucider : non seulement il *prouverait*, ce qui n'aurait rien d'extraordinaire, que, dès ces âges reculés, des animaux, subissant l'influence du milieu souterrain (probablement assez nouveau alors), ont subi une adaptation à l'obscurité ; mais encore il nous fournirait sans doute d'importants éléments sur l'origine réelle de notre faune actuelle des cavernes (V. chap. XII). Toutefois c'est là un point insuffisamment étudié.

Ajoutons que les phosphorites ne sont pas limitées à l'âge éocène ou oligocène, et que de beaucoup plus jeunes se rencontrent, entre le pliocène et le quaternaire, à Quissac, sur le plateau d'Uzès (Gard), et d'autres, probablement même plus modernes, dans certains avens et grottes de l'Ardèche, du Lot, etc.

Nul remplissage miocène n'a révélé jusqu'ici de formes animales enfouies à cette époque : au lieu de tirer de ce fait aucune conclusion, forcément prématurée, il faut simplement dire que rien n'empêchera, rationnellement, des recherches et trouvailles postérieures, de combler la lacune, sans doute provisoire.

Même dans les dépôts *pliocènes* indubitables, les remplissages de cavernes n'ont fourni, quant à présent, qu'un petit nombre de fossiles préquaternaires : aux Dove Holes, à la carrière Victoria, près Buxton (Angleterre, Derbyshire), une grotte a livré (1903) les restes de mammifères du pliocène supérieur.

Aux grottes de Montmaurin (Haute-Garonne), (fouillée par M. Cartailhac), Montsaunès (fouillée par M. Harlé), il semble, selon M. Boule, « que la faune « fossile s'éloigne à peu près autant de la faune du « pliocène supérieur qui l'a précédée, qu'elle s'écarte « de la faune quaternaire qui l'a suivie ».

Elle est représentée par des espèces de climat chaud, antérieures aux espèces de climat froid habituellement recueillies dans les grottes pyrénéennes (V. p. 311).

Ainsi, nous enregistrons le passage à peine sensible des dernières espèces pliocènes aux premières pléistocènes ; il y a des *Machairodus* tertiaires et d'autres quaternaires ; les proboscidiens évoluent, se *transforment* de l'*Elephas meridionalis* pliocène à l'éléphant actuel, par l'intermédiaire du mammoth.

Il faut parvenir à la période franchement pléistocène (première partie de cette époque quaternaire où nous sommes encore engagés), pour ramasser, dans les remplissages des cavernes, les très nombreux représentants des espèces de plus en plus analogues à celles qui vivent dans nos climats présents.

Considéré d'abord comme une espèce distincte (ni lion ni tigre), le *Felis Spelæa* est tenu maintenant pour une variété plus robuste du lion actuel, parce que,

selon Boyd Dawkins, il était moins pourchassé par l'homme (?).

Les bovidés aussi évoluent, se *transforment*, et l'époque historique assiste en Europe à la disparition de l'*Urus* ou *Bos Primigenius* et même du bison, qui *fuit devant l'homme*, et n'est conservé de nos jours qu'artificiellement dans les forêts de Biélovège (Russie) et du versant N.-O. du Caucase. Même la race du Caucase, dans des conditions d'habitat très difficiles, est déjà plus petite que celle de Biélovège, tant il est vrai que le milieu surtout régit l'évolution.

D'ailleurs la lumière est loin d'être complète, et les paléontologues et géologues ne sont pas toujours en harmonie absolue, tant entre eux-mêmes qu'avec les ethnographes archéologues (préhistoriens), sur la complexe question des espèces éteintes et des espèces émigrées ; ce sont certainement des raisons évolutives, insuffisamment dégagées jusqu'ici, qui ont partout supprimé le véritable ours des cavernes et le mammoth (auquel le froid glaciaire aurait procuré sa toison), le *Machairodus*, le glyptodonte, tandis que le renne de Laponie et le bison russe demeurent identiques à ceux dont on trouve les restes, et aussi les dessins, parmi les cavernes du Périgord et des Pyrénées. Mais ces espèces ont *émigré*, parce que le renne a vu reculer vers le Nord un lichen, la *Cladonia Rangiferina*, dont il faisait sa nourriture, et qu'il est remonté avec elle des Pyrénées et de Menton jusqu'à Tromsø où il subsiste (D<sup>r</sup> Scharff) ; de même le bison américain n'a pu survivre à la disparition de son principal aliment, une graminée dite *Buffalo Grass*. Certes, des modifications climatériques, provoquées peut-être par des effondrements de vastes territoires, ont accentué ces régressions ; mais le pourchas humain surtout a contribué à refouler le bison, tant américain qu'euro-péen, dans des habitats défavorables à son existence. Il en alla de même du glouton, hôte aujourd-

d'hui des plus froides régions boréales, et, il y a peu de temps encore, commensal de l'Allemagne centrale, alors qu'à l'état de fossile pléistocène on l'a recueilli dans les cavernes d'Italie, France et Belgique.

Depuis peu de siècles ont disparu les oiseaux géants de l'île Maurice (Dronte), Madagascar (Epiornis), Nouvelle-Zélande (Moa-Dinornis); et tout indique la diminution actuelle de la baleine, du lion, du castor, même des séquoias ou arbres géants de la Californie.

En ce qui touche l'influence et le jeu des changements de climat, Lartet, Nehring, Harlé ont cherché à établir la distinction des faunes dites de forêts (Allemagne), — des steppes (Russie et Asie), — des toundras (Sibérie et Amérique du Nord); ensuite on a tiré des conclusions diverses de leurs rapports supposés avec les anciens phénomènes de glaciation quaternaire. Mais il semble bien qu'aucune division précisément arrêtée ne saurait être acceptée, tant les exemples de pénétrations mutuelles abondent.

Dans l'Europe occidentale, on distingue : 1° faune chaude, *Elephas antiquus*, *Rhinoceros Merckii*; 2° faune froide humide, *Elephas primigenius* (Mammouth) et *Rhinoceros tichorhinus*; 3° faune de froid sec et adouci, *Cervus Tarandus* (renne), mais se « fondant insensiblement les unes dans les autres ».

M. Scharff considère que le froid n'a pas été l'unique cause de la migration des espèces; il fait grand état de leur multiplication trop ample pour la nourriture disponible. Il conteste même que les formes fossiles puissent être considérées comme « les thermomètres du passé », à cause du mélange complet et inextricable des faunes chaude (méridionale) et froide (septentrionale) que présentent les cavernes d'Irlande.

Les inégalités zoo-géographiques de l'évolution animale dans les diverses parties du monde, et la survivance avérée de certains types, qu'il y a peu de temps

on croyait absolument fossiles, sont encore deux questions fort complexes et d'ailleurs solidaires.

Depuis moins de dix ans, on a découvert, dans les cavernes de Patagonie et de la Terre de Feu, *la peau encore garnie de poils* et les excréments d'un animal connu jusqu'alors seulement à l'état de fossile pléistocène, le *Glossotherium* ou *Neomylodon* (grand édenté parent du *Megatherium*).

D'après les recherches d'Ameghino, Otto Nordenskjöld, Tournouër, Lehmann-Nitsche, etc., on a acquis la preuve que cette espèce, malgré son aspect archaïque, est d'une extinction récente, et constitue un véritable cas de survivance paléontologique. M. Gaudry en a conclu que la marche de l'évolution n'a pas été la même en Patagonie que dans le surplus de l'Amérique; les cavernes à *Neomylodon* ont retardé sur celles du Brésil (fouilles de Lund en 1844) et de la République Argentine : les ossements qu'elles fournissent ont un *facies* nettement tertiaire et témoignent d'une « séparation profonde du monde austral »; pour l'expliquer, on a invoqué à la fois l'effondrement d'un ancien continent, l'*Antarctide*, au Sud, et, vers la zone médiane du globe terrestre, les récurrences d'une immense Méditerranée centrale (Téthys triasique, Mésogée crétacée, etc.).

Cette notion d'effondrements partiels de l'écorce terrestre, par compartiments plus ou moins vastes (V. p. 8), et avec retentissement *réacteur* sur les climats et l'évolution vitale, paraît assez définitivement acquise; l'accord est général pour admettre la production récente (pliocène et pléistocène) de la *fosse* adriatique, de la mer Égée, des Dardanelles et du Bosphore (unissant l'archipel à la mer Noire), de la Manche (entre la France et l'Angleterre), de l'Atlantide et de l'Antillide (en un ou plusieurs fragments entre l'Europe, l'Afrique et l'Amérique), etc., etc.

Il va sans dire que les suppressions de communi-

cations terrestres intercontinentales, l'établissement au contraire de certaines autres (Panama, etc., V. p. 219, ont eu, sur les migrations animales ou végétales, et par conséquent sur leur évolution, les répercussions les plus retentissantes.

Dans cet ordre d'idées, il y a certainement mieux qu'une ingénieuse hypothèse à considérer, selon les vues de E. Van den Broeck, les *transgressions* marines comme provoquant une *migration de milieu*, susceptible de produire des espèces nouvelles.

Ainsi la faune et la flore d'Australie seraient d'apparence secondaire ou crétacée, tout au plus éocène, parce que, depuis cette époque, ce continent étant isolé, la concurrence vitale y a été moins vive (?) (Darwin), ou plutôt parce que l'évolution y a été très lente, et même y a subi un arrêt de développement (Gaudry).

Madagascar a posé le problème de la *Lémurie*, un grand continent à faune caractérisée par les Lémuriens ou Makis et qui aurait, selon les théories en conflit, relié l'île soit à l'Inde, soit au contraire à l'Afrique, à une époque qui est diversement appréciée (trias, secondaire ou tertiaire).

Sans pénétrer dans le détail de ces incertitudes, il est constant qu'à Madagascar la faune, d'aspect archaïque, présente encore des éléments remontant tout au moins au tertiaire.

Et les cavernes y ont fourni tout dernièrement de curieux renseignements à M. G. Grandidier, précisément sur les Lémuriens disparus.

Ils formaient, encore à une époque récente, toute une faune qui a été contemporaine de l'homme (comme le prouvent certains ossements entaillés et les poteries de silex recueillis à côté d'eux). Aussi l'homme a-t-il dû contribuer à la disparition de cette faune *subfossile*, dont les caractères anciens (oligocènes) établissent aussi un arrêt de l'évolution.

En Afrique encore, on constate un aspect plutôt miocène (conservé peut-être par la chaleur du climat). Et c'est ici qu'intervint tout récemment le plus remarquable de tous les faits de survivance : la découverte sensationnelle (1901) d'un animal africain l'Okapi, partie cheval, partie girafe, très rarement vu, mais dont l'analogie est assez complète avec l'*hella-dotherium* fossile du miocène supérieur découvert, en 1860, par M. Gaudry, en Grèce.

On en connaissait trois en 1903. On a cru le retrouver figuré sur certains monuments d'Égypte.

Au commencement de 1907, trois autres dépouilles ont été remises au British Museum. On en possède maintenant une vingtaine de squelettes ou peaux. Enfin, en avril 1907, M. Ribotti a pu voir et photographier un petit *Okapi* vivant, âgé d'un mois.

Déjà un poisson du trias, le *Ceratodus*, avait été retrouvé dans les rivières de l'Australie actuelle, et les explorations sous-marines ont remonté, des profondeurs de l'Océan, des organismes qu'on croyait éteints depuis l'époque secondaire. Et nous verrons que des formes tertiaires de crustacés paraissent exister encore dans les eaux souterraines de l'Europe.

Il subsiste isolé, près de Biarritz, un mollusque (*Clausilia Pauli*) parent des *Laminifera* oligocènes et miocènes d'Allemagne et de Bohême ; ses plus proches analogues ne se retrouvent que dans l'Amérique du Sud.

De même l'*Elona Quimpernia* (semblable aux Planorbes) des côtes Cantabriques et du Morbihan, est probablement un survivant « de terres submergées depuis de longs âges ». (SCHARFF.)

Dans les lacs du Nord de l'Italie, von Martens et Paresi ont trouvé une faune, témoin d'origine marine : *Blennius vulgaris*, poisson ; *Palæmonetes varians*, crustacé. Ce seraient « les survivants de la mer pliocène qui couvrait jadis cette partie de l'Italie ».

De même, au lac Victoria Nyanza, on a trouvé une méduse d'origine marine secondaire. Le lac Tanganyika renfermerait aussi des descendants d'êtres marins, et le lac Baïkal les restes d'une faune tertiaire (V. p. 265).

Ainsi, les cas constatés de *survivances* paléontologiques se multiplient, depuis peu, au point de suspendre toutes les conclusions définitives<sup>1</sup>.

Voici, ce me semble, une accumulation suffisamment convaincante des preuves de la longue survivance, mais aussi de la réduction quantitative énorme, des formes positivement tertiaires qu'hier, encore, nous considérions comme éteintes par l'effet de l'évolution. La notion des enchainements modificateurs tend vers une vérité matériellement constatée.

Éloquente affirmation du non-achèvement des conquêtes scientifiques, que nous réservent encore les futures recherches et explorations, elle laisse à peu près entière, par suite des récentes complications rencontrées, l'énigme du véritable *mode* de l'évolution organique! Et notamment, « on ne saisit pas, dit M. Gaudry, pourquoi l'hémisphère boréal a été aussi favorisé comme hémisphère du progrès ».

Dans le domaine de l'évolution souterraine, où les modifications progressives des espèces s'enregistrent chez les fossiles des cavernes ou contingents, comme chez les fossiles nécessaires des stratifications sédimentaires, les carcasses des animaux des fissures ne témoignent point (sauf l'exception incertaine soulevée

1. Notamment sur la *théorie de la vieillesse* ou *gératologie* de Hyatt, qui veut faire repasser les espèces, avant leur disparition, par des formes dégénérées ou anciennes; — sur celle de la *translation*, qui cherche à expliquer l'existence simultanée de faunes diversement évoluées, en faisant remonter leur origine à des périodes différentes (Suess); — et même sur cet énoncé de Darwin que la « rareté est le précurseur de l'extinction ».

pour les phosphorites oligocènes, page 233) d'une existence exclusivement souterraine.

Pas plus les espèces éteintes (ours, hyènes, *felis*) que les espèces émigrées (renne, bison, glouton) ne présentent de caractère réellement cavernicole ; les fissures ont été leurs antres ou leurs charniers de fortune, mais nullement leur habitat normal, leur réel milieu biologique. Ils ne se sont pas laissé capturer ou adapter par lui ; ce n'est pas sous son influence qu'ils ont évolué, soit vers la transformation, soit vers la disparition. Toujours ils ont réagi, sauf à se modifier ou à survivre en vertu d'autres facteurs. Il faut, pour enregistrer les effets absolus de l'ambiance souterraine, interroger les petites espèces, mal armées pour la réaction, moins aptes que les mammifères à lutter contre la nature et qui, cependant, sont parvenues à subsister et à se multiplier, malgré la *défaveur* du milieu. La zoologie souterraine va nous raconter que les moins forts ont seuls subi et enduré les réductions de la nouvelle adaptation.

De telle sorte que le milieu souterrain proprement dit, caractérisé par l'obscurité, l'humidité et la *quasi*-uniformité de température des cavernes, apparaît, dès maintenant, comme défavorable à la progression normale de l'évolution vitale.

Dès lors, on est en droit de penser que ce sombre milieu, tout en prouvant si éloquemment la puissance modificatrice de l'ambiance, s'est borné à provoquer des changements rétrogrades, régressifs, une évolution tout à fait négative<sup>1</sup>. C'est ce que vont démontrer les chapitres suivants.

1. Sur les faits d'évolution régressive étudiés par COPE et sur l'œuvre de M. NEUMAYR. (V. CH. DEPÉRET, *Les Transformations du Monde animal.*)

## CHAPITRE XI

### La Faune souterraine actuelle.

Abondance et caractères de la faune souterraine : atrophie des yeux, hypertrophie des sens, dépigmentation. — *Proteus anguineus*. — Étude, composition, origine extérieure, introduction, évolution négative de la faune souterraine. — Absence de création spécifique. — Espèces extérieures aveugles et souterraines voyantes. — Altérations de la vision. — Pigments. — Mimétisme. — Hétéromorphose. — Faune phréatique. — *Gammarus puteanus*. — Absence de nappes d'eau. — Faune et filtration. — Faune des canalisations. — *Chrenotrix*. — Faune des catacombes. — Faunes intermédiaires. — Faune des mines. — La vie sans lumière. — Faune des lacs et océans profonds. — Animaux phosphorescents. — Loi supérieure de l'ambiance.

Dans les cavernes, la vie animale se révèle avec une abondance qui fut longtemps ignorée<sup>1</sup>.

Le premier animal spécial aux grottes fut découvert par Laurenti, en 1768 ; c'est le curieux *Olm*, des cavernes de Carniole, ou *Proteus anguineus*, ou *Hypochton*<sup>2</sup>, sorte de salamandre sans couleur, aveugle, amphibie à branchies persistantes pour la respiration sous

1. Et dans un « chaos inextricable de faits, de théories, d'erreurs d'où l'on sort, après lecture, littéralement affolé, avec la conviction qu'il est impossible de faire œuvre synthétique actuellement ». (Racovitza.)

2. Il importe de remarquer qu'il fut trouvé d'abord au *dehors* dans les eaux issues des cavernes.

l'eau et à poumons pour la respiration aérienne. A la place des yeux, il n'y a, sous la peau, que deux minuscules taches noires<sup>1</sup>.

L'intérêt suscité par la trouvaille de l'*Olm* conduisit

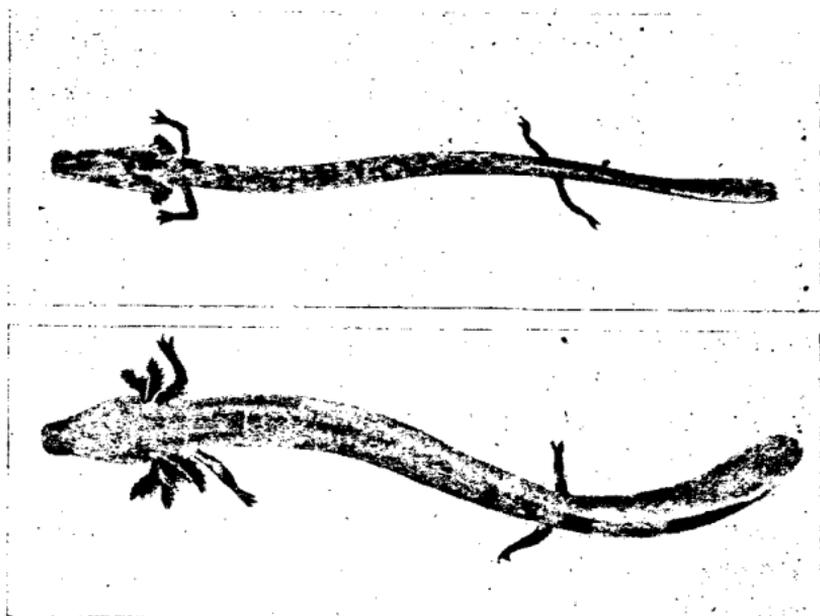


Fig. 56. — I. *Proteus Xanthostictus* (Fitz).  
 II. *Proteus Schreibersii* (Fitz).  
 (Phot. du Dr Ant. Valle.)

rapidement à reconnaître de nombreux animaux souterrains affectés des *trois* caractères suivants :

1° Atrophie, plus ou moins complète, rarement totale, des organes visuels : constatation conforme à ce grand principe de Lamarck, que « tout organe qui ne fonctionne plus tend à disparaître<sup>2</sup> » ;

1. Le plus grand exemplaire connu (32 cent.) a été trouvé en 1906 par M. Mühlhofer dans la Piuka, à la Magdalena-Schacht. Fitzinger en a distingué sept espèces. La plus complète étude en a été faite par M<sup>lle</sup> de Chauvin (1878-1882).

2. Si l'on compare entre eux les courts passages consacrés par

2° Hypertrophie, ou extension considérable des organes du tact, de l'odorat et de l'ouïe<sup>1</sup> ; c'est une prévoyante loi naturelle de *compensation* (excitation fonctionnelle de Lamarck ; principe du *balancement des organes* de Geoffroy-Saint-Hilaire 1832), qui triple ou quadruple (décuple parfois) la longueur des pattes, antennes, tentacules, cils, poils, etc., et multiplie des conditions de *tactisme* dont les animaux *épigés* n'ont pas besoin ; ainsi, comme les chats dans la nuit avec leurs moustaches, les cavernicoles se dirigent en palpant tout ce qui les entoure<sup>2</sup> ;

3° Dépigmentation ou décoloration de la peau, de l'œil, des poils, par disparition du pigment (cutané, oculaire, pileux) ou matière organique particulière colorée du noir au rouge. Elle demeure inexplicée. Racovitza indique même qu'il y a des colorations non pigmentaires, et il explique ainsi que certains cavernicoles aient conservé leur coloration<sup>3</sup>.

Si, depuis une quinzaine d'années, les procédés modernes de la spéléologie ont donné à la zoologie souterraine une nouvelle impulsion, il y aurait inexac-

Lamarck et par Darwin à la taupe, au protée et aux animaux aveugles, on est surpris de voir à quel degré le second a reproduit les idées du premier.

1. On a récemment encore contesté que l'ouïe se soit développée par compensation ; mais Cope (1871), Hovey (1882), Fruwirth (1883), Packard (1886) affirment déjà que la faune cavernicole se sauve au moindre bruit. Les expérimentateurs subséquents l'ont confirmé ; notamment Viré, d'après les *bâtonnets olfactifs* et l'ouïe des crustacés aveugles ; Piochard de la Brulerie a voulu attribuer aux poils et cils la faculté de percevoir à grandes distances, par voie de vibrations, les moindres mouvements de l'air et des objets.

2. Selon Mæterlinck, les antennes des abeilles ouvrières, avec leurs 12.000 poils tactiles et leurs 5.000 cavités olfactives « palpent et comprennent les ténèbres » de la ruche.

3. A ces trois caractères, Racovitza (1907) ajoute : 4° l'allongement des formes des cavernicoles, obligés de passer par des fissures étroites ; 5° la sensibilité aux variations de température ; 6° le défaut de périodicité dans toutes les fonctions vitales.

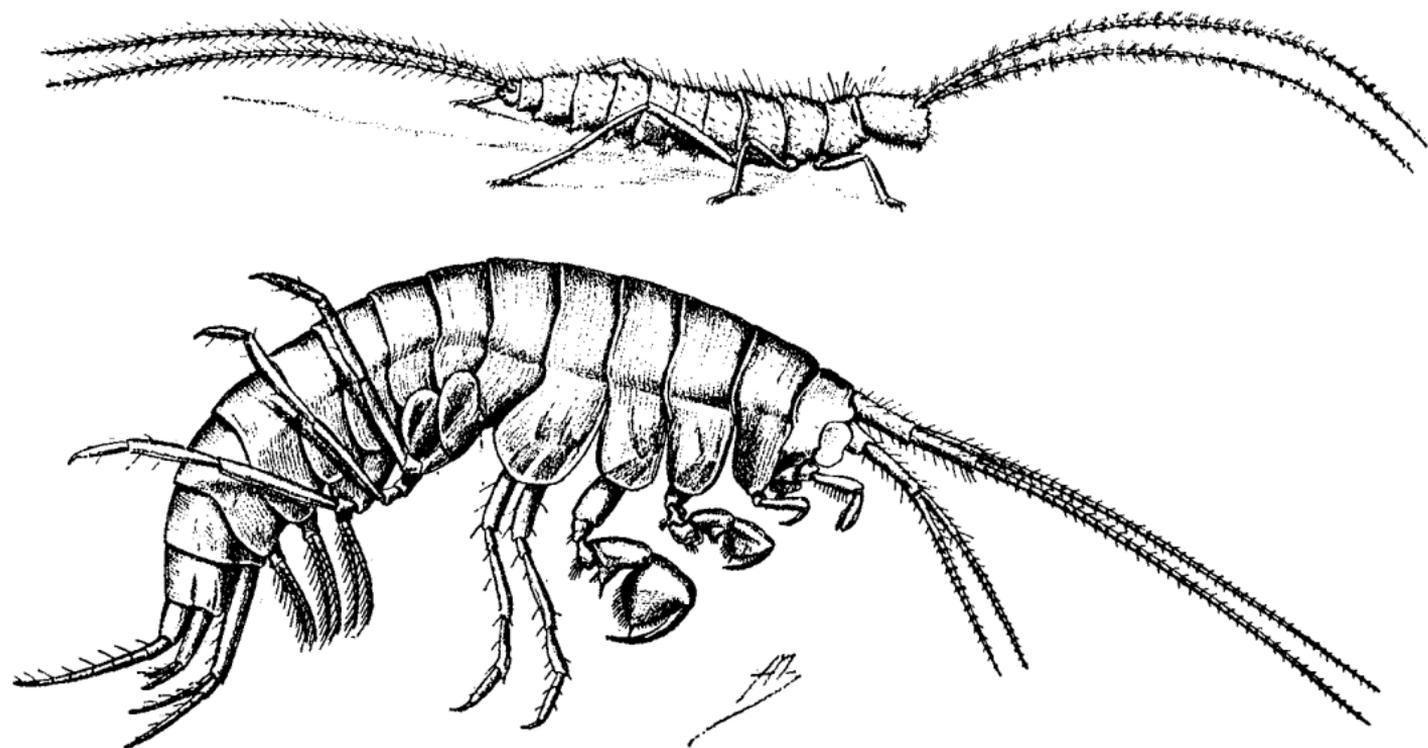


Fig. 57. — *Campodea Staphylinus*, var. *Cavernicola* (Jura, Catacombes, etc.).  
Fig. 58. — *Niphargus Virei* (Jura). — Dessins de Millot, d'après A. Viré.  
(Développement des tentacules. — Grossissement, 4 fois.)

titude et injustice flagrantes à ne pas reconnaître les efforts développés et les résultats obtenus auparavant par d'innombrable naturalistes obscuricoles de tous pays<sup>1</sup>.

Le danois Schiödte (1845), qu'on peut considérer comme prééminent, parmi les révélateurs de la faune souterraine, avait proposé de la subdiviser ainsi :

- 1° Les animaux de l'ombre (entrée des grottes) ;
- 2° Les crépusculaires (avec petits yeux, dans les premières salles) ;
- 3° Les obscuricoles, décolorés, aveugles ;
- 4° Ceux des concrétions, aveugles et de couleur claire.

Schiner (1854) n'admet que trois groupes :

- 1° *Troglobiens*, réellement cavernicoles et vivant exclusivement dans les cavernes ;
- 2° *Troglophiles*, qui fréquentent aussi l'extérieur ;
- 3° Accidentels (*Trogloxènes* de Racovitza).

Depuis la publication d'Hamann (1896), on a abandonné ces noms, et on ne considère plus comme réellement *cavernicoles*, ou représentant la faune souterraine caractérisée que les troglobiens<sup>2</sup>.

On sait maintenant que la faune cavernicole actuelle comprend, depuis les protozoaires jusqu'aux

1. En 1888, Fruwirth estimait qu'on connaissait 90 espèces cavernicoles en Europe et 60 en Amérique. En 1886, Packard nomme 300 espèces d'Europe et 100 d'Amérique, selon lui réellement cavernicoles. Mais beaucoup ne sont sans doute que de simples variétés, surtout parmi les coléoptères.

2. C'est M. Moniez qui, en 1893, ranima en quelque sorte les recherches sur la faune souterraine de France, en découvrant à Dargilan (Lozère) trois nouvelles espèces de thysanoures, et des arthropodes à la grotte des fées aux Baux (Bouches-du-Rhône). Ensuite, après la publication de mes *Abîmes* (1894), la faune aquatique des cavernes a été l'objet de recherches et de révélations particulièrement intéressantes, de la part d'un de mes plus fervents disciples en spéléologie, M. Armand Viré, attaché au Muséum d'histoire naturelle ; initié aux explorations souterraines dans le Jura, en 1894 et 1895, par le regretté Edmond Renault, — associé par moi-

vertébrés, toutes sortes d'espèces, mollusques<sup>1</sup>, crustacés, insectes, batraciens<sup>2</sup>, poissons<sup>3</sup> et un seul mammifère, un rat spécial, le *Neotoma*<sup>4</sup>, découvert

même à mes investigations de 1896 et 1897 dans les Causses, — et instruit alors dans la pratique de la descente des grands abimes, il s'est voué spécialement à l'étude de la zoologie souterraine. M. Séverin fait de même pour la Belgique. Depuis vingt ans, le sujet a été exposé, dans son intégralité actuelle, par les quatre principaux ouvrages suivants :

1° A.-S. PACKARD. *The Cave Fauna of North America, Memoirs of the national Acad. of Scienc.*, vol. IV, 9 novembre 1886, in-4°.

2° HAMANN (Dr Prof. OTTO). *Europäische Höhlenfauna*, Iéna, H. Costenoble, 1896, in-8° (avec excellente bibliographie).

3° A. VIRÉ. *La Faune souterraine de France*, in-8°, Paris, J.-B. Bailliére, 1900.

4° E. G. RACOVITZA. *Essai sur les problèmes biospéologiques, Archives de Zoologie expérimentale*, 4<sup>e</sup> s., t. V, n° 7, 15 mai 1907, 118 p. (complété par Jeannel et Racovitza, *idem*, t. VI, n° 8, 15 mai 1907), t. VII, n° 4, août 1907; 80 p.

Racovitza et Pruvot distinguent les *cavernicoles* des *endogés* (*vers*, etc.), qui vivent dans la terre même, et les réunissent sous le nom commun d'*hypogés*, par opposition aux *épigés* (sur la terre).

1. On a cru longtemps que les mollusques étaient peu représentés. Les recherches d'Arnould Locard (1904, France et Italie) et de Séverin (Belgique, depuis 1900) ont établi le contraire.

2. Depuis peu de temps on voit circuler dans les articles de revues un soi-disant *reptile*, existant dans les cavernes d'Amérique; j'ai vainement cherché la source de cette information et Racovitza n'a pas su la rencontrer non plus!

3. Les poissons aveugles sont, quant à présent, limités (4 ou 5 espèces) aux cavernes de l'Amérique du Nord (où l'on en a trouvé d'ordinaires, pourvus d'yeux et amenés par les eaux des rivières voisines), aux puits artésiens de Californie, aux grottes de Cuba (décrits dès 1856 par Poey, comme descendant d'espèces océaniques interceptées dans les cavernes, on ignore à quelle époque; le South Kensington de Londres en aurait reçu des spécimens en 1904), des îles Bermudes (grotte du Diable), de la Jamaïque et de Bosnie-Herzégovine (yeux rudimentaires; Apfelbeck, 1895).

MM. F. Mazauric et Guiraud en ont trouvé (1900) dans les eaux souterraines de la grotte de Trabuc ou de Mialet (Gard); mais ils n'étaient nullement modifiés, soit que leur introduction y fut récente, soit que, remontant du Gardon par le canal d'une source, ils aient conservé une libre circulation avec la rivière extérieure.

4. L'ouïe du *Neotoma* est extrêmement fine. Malgré la cécité,

à Mammoth Cave, et trouvé depuis dans d'autres grottes américaines.

Des faits singuliers ont été constatés, sans qu'on



Fig. 59. — *Neotoma* (rat aveugle des cavernes américaines).  
(Phot. Ellsworth Call.)

puisse affirmer qu'ils soient définitifs. On a prétendu que les cavernes des régions tropicales seraient

les yeux ne paraissent pas atrophiés. En somme, c'est le rat des forêts de la Floride adapté à l'obscurité et tout différent du rat importé d'Europe. Son infirmité est héréditaire. Il a été baptisé, en 1818, par George Ord, en 1869 par Silliman et redécrit en 1893 comme *Neotoma Pennsylvanica*. M. Ellsworth Call a expérimenté (1902) qu'en captivité il suffisait de lui effleurer un des longs poils de la face ou de la moustache pour l'éveiller en sursaut; il parut alors, au bout de quelques semaines de séjour au dehors, devenir légèrement sensible à la lumière, mais il mourut avant qu'une réelle modification de l'œil fut intervenue.

stériles en faune cavernicole; mais les recherches d'Eug. Simon aux Philippines, au Transvaal, à Madagascar, ont prouvé le contraire; jusqu'à présent, les grottes de France et d'Europe (sauf celles du Karst) manquent de poissons et de batraciens<sup>1</sup>.

Cope et Packard ont fait remarquer (1881) que la faune aquatique de la caverne de Nickajack (Tennessee) différait de celle des grottes de Mammoth (Kentucky) et de Wyandotte (Virginie), « fait d'intérêt « considérable, au point de vue évolutionniste, car il « montre que ces formes cavernicoles sont les descendantes d'espèces extérieures différentes ». Mais pour les poissons aveugles « *Typhlichtys subterraneus* », Samuel Garman revendique, au contraire, une commune origine quant aux cavernes du Kentucky, du Tennessee, de l'Indiana.

On s'explique mieux l'absence d'animaux supérieurs dans la faune cavernicole; et j'ai déjà dit (p. 241) qu'au lieu d'être forcés de s'habituer, de s'adapter au milieu, ils ont réussi à l'éviter ou tout au moins à réagir contre lui.

C'est ainsi qu'il faut séparer entièrement les espèces cavernophiles, ne passant qu'une partie de leur existence sous la terre et sachant encore accéder au dehors (la chauve-souris, par exemple, les diptères et les lépidoptères, dont aucune race n'est franchement souterraine, puisqu'ils peuvent à volonté sortir des grottes), des espèces véritablement caver-

1. Les localisations ne sont pas admises par M. C. Alzona, qui (1903) souligne au contraire les analogies de faunes cavernicoles et la corrélation de types entre les régions les plus distantes; notant en particulier, que depuis peu l'on aurait pêché, dans les puits de Californie, des *Tiphlomolge Rathleni* homologues des protégés du Karst.

Racovitza attache la plus haute importance à l'humidité, ayant trouvé les grottes complètement sèches (en Algérie) sans aucune faune, et il ne croit pas d'ailleurs à la *constance du milieu* des cavernes, dont Viré fait grand état.

nicoles, confinées ou emprisonnées dans les grottes; les premières n'ont pas le moins du monde les caractéristiques des secondes.

Toutes les modifications constatées ont définitivement prouvé l'origine *exclusivement* extérieure de la faune cavernicole.

Il n'y a pas eu *création spécifique* pour ce milieu, mais introduction accidentelle; il n'y a pas eu évolution normale d'espèces autochtones, mais bien plutôt échec au développement régulier des espèces immigrées; le milieu fortuit a provoqué des transformations anormales, ce que nous avons déjà constaté pour les plantes (p. 225); cela est prouvé sans réplique par ce fait que les organes visuels, si atrophiés, si recouverts de membranes qu'ils se présentent, ne sont presque jamais entièrement détruits, ni complètement insensibles: la plupart du temps il en demeure la trace ou le noyau, sauf chez certains mollusques où tout l'appareil paraît supprimé.

De même les organes du tact et de l'ouïe, auxquels les cavernicoles demandent le remplacement de la sensibilité qu'ils ont perdue avec la vue, ne sont pas modifiés mais seulement exagérés en dimensions.

Et puisque, parmi les animaux cavernicoles, les espèces inférieures seules sont représentées dans la faune actuelle, n'est-ce pas, en somme, parce que leur lutte pour la vie (exercée tout autrement que ne le concevait Darwin) les conduit, *malgré* le milieu contraire, à des transformations désespérées, en quelque sorte, vraiment réductrices de leurs formes primitives; bien plutôt que leur épanouissement *grâce à un milieu favorable* ne les porte vers le transformisme évolutif et normal, qu'exigerait la thèse de la sélection naturelle.

Les modifications de la faune cavernicole se réduisent donc à un *épisode négatif*, à un *pseudo-transformisme*; mais cet épisode met dans le plus

vigoureux relief la loi biologique de l'*adaptation*, ou de la faculté pour l'être vivant de transmuier certains de ses caractères, quand l'ambiance d'un nouveau milieu l'exige pour la continuation de l'existence. C'est bien ici Lamarck qui triomphe contre Darwin <sup>1</sup>.

Quant au mode d'introduction des ancêtres (quels que soient leur âge et leur espèce) des cavernicoles actuels dans les grottes, abîmes, etc., il a pu être infiniment varié : par pénétration directe dans les crevasses (même les plus petites) ou gouffres, par entraînement dans les eaux d'infiltration ou de perte, par apports parasitaires de plus gros animaux extérieurs, etc., et selon le diamètre des fissures combiné avec les états divers d'œufs ou de larves, qui se sont ensuite développés sous terre, ou même d'animaux parfaits qui n'ont pas pu regagner la surface ; le tout ayant abouti aux changements provoqués par l'*adaptation*, notamment à la perte de la vision dont les ancêtres avaient la jouissance.

On reste assez embarrassé d'expliquer pourquoi certaines espèces extérieures sont cependant dépourvues d'yeux, comme Schiner le constatait dès 1854 et comme l'ont confirmé tant d'auteurs <sup>2</sup>.

Hamann s'est très ingénieusement demandé si la

1. Von Lendenfeld a voulu expliquer par une *sélection économique* la lutte des cellules germinales entre elles, lutte qui reporte l'énergie vers celles qui peuvent continuer à évoluer, au détriment de celles que le milieu défavorable fait entrer en régression. Mais ceci est revenir aux fantaisistes *gemmules* de Darwin, qui avait déjà imaginé une *économie de croissance* épargnant les matériaux destinés à un organe qui devient inutile!!

2. C'est pourquoi au lieu d'invoquer l'adaptation, Joseph (de Breslau, un des plus féconds mais pas toujours des plus logiques zoologues souterrains) avait supposé qu'autrefois les animaux aveugles avaient été bien plus nombreux à la surface du globe, mais que, succombant à l'attaque des animaux mieux armés qu'eux grâce à la vision, ils auraient trouvé dans les cavernes le refuge où ne pouvaient les poursuivre leurs ennemis ! Cette conception de la cécité préexistante est abandonnée.

lumière des cavernes est bien absolue, et si les animaux ne peuvent pas se diriger par quelque perception photo-tactique inaccessible aux sens humains. Ce que nous savons des rayons calorifiques infrarouges et photogéniques ultra-violetes ne permet pas de rejeter systématiquement cette idée <sup>1</sup>. Cependant, elle ne paraît guère applicable <sup>2</sup> aux quelques animaux chez lesquels le ganglion et le nerf optique manquent; mais pour les atrophies moins complètes, elle mérite d'être approfondie.

D'ailleurs, l'insensibilité à la lumière de la faune dite aveugle ne paraît pas absolument complète <sup>3</sup>.

En effet, bien que les protées soient matériellement aveugles, les guides des grottes d'Adelsberg ont toujours constaté que, pour déposer les appâts dans les bassins d'eau où on veut les capturer, il faut opérer sans aucune lumière et sans le moindre bruit, sinon les animaux se sauvent au loin. Depuis longtemps il est acquis aussi que les flambeaux approchés des insectes même aveugles les mettent en fuite. Quant à la lueur du magnésium, qu'on n'emploie communément que depuis vingt ans, elle provoque la panique et la déroute affolée de tous les cavernicoles qu'elle surprend.

1. « Des êtres vivants émanent sans cesse des radiations infrarouges, que notre œil ne perçoit pas, mais que les animaux nocturnes voient peut-être. » (GUSTAVE LE BON). D'autre part, les ourmis perçoivent les rayons ultra-violetes.

2. Racovitza la considère comme inutile et cherche à préciser les éléments du problème. Il note aussi qu'il y a des cavernicoles dépourvus de compensation des autres sens.

3. G. Joseph attribue cette sensibilité à une sensation de changement de température, l'animal cherchant à échapper aux rayons calorifiques. Viré la rapporte aussi à « une sensation vague, bien qu'intense, d'origine tégumentaire ou pigmentaire, que l'on doit rattacher aux phénomènes microchimiques, qui se passent sous l'influence de la lumière dans les cellules pigmentogènes ». Depuis longtemps, G. Pouchet et Cope ont établi la dépendance des *chromoblastes* ou éléments des pigments vis-à-vis du système nerveux.

Mais, on ignore à quel *tactisme* il faut rapporter cette sensibilité. (Le tactisme est la manifestation de l'influence des agents extérieurs sur les cellules animales vivantes : phototactisme, lumière; thero-tactisme, chaleur; chimicotactisme, substances chimiques, etc.)<sup>1</sup>.

M. O. Nepveu a montré (1907) que le tissu de l'iris (ce diaphragme de l'œil, contracté par la lumière, relâché par l'obscurité, qui règle la somme d'éclairage arrivant à la rétine) est directement excitable à la lumière, non seulement chez les poissons et les batraciens, mais encore chez les céphalopodes, poissons et oiseaux. En revanche, *aucune réaction ne s'y manifeste chez les mammifères!* — *Y aurait-il une relation entre cette constatation et l'absence de mammifères souterrains?*

Quant au mécanisme de l'atrophie de l'œil, on discute encore pour savoir s'il provient d'un arrêt de développement pendant l'état larvaire, ou de la réduction progressive chez l'adulte.

La dépigmentation ou décoloration (appelée jadis albinisme) de la peau, des yeux, des poils, n'est pas expliquée jusqu'à présent<sup>2</sup>: évidemment, et en gros,

1. On sait seulement que, chez beaucoup d'animaux inférieurs (ver de terre, par exemple), qui ne distinguent pas l'obscurité de la lumière, ce sont les téguments qui se montrent sensibles à la lumière (sensation dermatoptique) « sans aucune trace de nerf optique ». (Darwin).

2. Il y aura sans doute beaucoup à apprendre des expériences de M. A. Magnan (1907) sur la peau des batraciens; outre les quatre pigments noir, jaune, blanc, rouge, de *Rana temporaria*, il en a reconnu deux nouveaux, le *vert* et le *brun jaunâtre*.

Au traitement dissolutif par les acides, le pigment noir disparaît le dernier. Il est abondant chez les batraciens. Le pigment *vert* est au contraire le plus soluble.

« En résumé, ces divers pigments ne sont pas sans relations les uns avec les autres. *Les plus foncés peuvent progressivement passer au plus clair sous diverses influences. En aucun cas, on n'observe la transformation inverse.* » V. aussi D<sup>r</sup> MANDOU, *Recherches sur les colorations tégumentaires*, Paris, Masson, 1903.

elle dérive de l'absence de lumière, du défaut d'absorption des rayons lumineux, dont la suppression entraîne celle de certaines réactions physiologiques. Mais par quel phénomène exact ? on l'ignore !

A noter aussi que la dépigmentation ne s'observe pas chez les coléoptères souterrains, si ce n'est dans leur œil. Chez certains crustacés, elle arrive à une transparence complète.

On s'est demandé pourquoi certains animaux, sur les concrétions jaunâtres ou rousses, présentent une légère coloration analogue (Fruwirth), qui les confond si bien avec le support habituel de leur existence, que leur présence ne s'y révèle qu'au moyen de l'ombre de leur corps projetée par une lumière artificielle. Est-ce du mimétisme ?

On ne paraît pas avoir recherché encore la connexité qui pourrait exister entre le principe du balancement des organes (compensation) et l'*hétéromorphose* de Jacques Lôeb ; sous ce nom, on désigne l'apparition et la croissance d'un organe, en un point du corps qui ne lui est pas habituel.

C'est ainsi que Herbst a vu, chez un crabe, un tentacule pousser à la place d'un œil enlevé avec le ganglion optique ; mais si le ganglion était demeuré en place, la régénération faisait naître un nouvel œil ! L'hétéromorphose semble provoquer des formes ou des organes anormaux, parce que ceux qu'ils remplacent sont défectueux ou inutiles. Il est probable que quelque chose d'analogue se passe, quand les organes du tact se développent exagérément chez les animaux aveugles des cavernes ; ce point encore est à vérifier.

Quant à la nutrition des cavernicoles, on a dit que les plus forts mangent les plus faibles (parfois une même espèce s'entre-dévore, comme Schiner l'a constaté pour les insectes) ; mais alors pourquoi n'y a-t-il que de si petites espèces ?

En réalité, les plus menus des crustacés et coléop-

tères vivent de détritiques organiques, tombés par les fissures et amenés par les eaux d'infiltration, ou même de champignons, algues, diatomées entretenus par ces matières organiques. Si les grands vertébrés manquent, c'est, d'une part, à cause de leur réaction personnelle, et, d'autre part, parce que les végétaux supérieurs font défaut ; ceci entraînant l'absence des herbivores, pâture eux-mêmes des carnassiers. Bref, dans les cavernes, toute la vie vient du dehors.

Ici se présente un récent conflit : on a dit qu'il existait des cavernes sans communication avec l'extérieur, où aucune trace de vie n'aurait pu être recueillie ; par exemple, M. Bonnier cite comme telle la nouvelle grotte de Dinant (Belgique), découverte à la fin de 1904. Et M. Viré vient de m'affirmer (juillet 1907) qu'à la grotte de Lacave (Lot), close avant ses travaux d'aménagement, il n'aurait pu recueillir aucune faune, celle-ci commençant seulement à survenir depuis la découverte de la grotte (1905).

Je me demande si cette conclusion n'est pas prématurée : nulle caverne n'est, en principe, privée de toute communication avec le dehors, aucune ne ressemble aux géodes ou aux *inclusions* hermétiquement fermées de certaines roches.

Grâce à l'universalité de la fissuration, les eaux d'infiltration y pénètrent (ou y ont jadis pénétré) plus ou moins aisément. Séverin et Racovitza pensent qu'en toute caverne, où l'on n'a pas recueilli jusqu'ici la moindre trace de vie, cela tient à ce que les recherches ont été incomplètes.

Tout au plus peut-elle être moins développée dans les cavités, où les communications avec l'extérieur sont restreintes, c'est-à-dire que « *l'importance de la faune souterraine est en raison directe des facilités d'introduction externe* ».

La vie souterraine pullule dans quatre autres milieux, présentant des analogies et aussi des différences

avec les cavernes proprement dites et leurs eaux courantes ou stagnantes :

1° Les vraies nappes d'eau phréatiques et artésiennes des terrains d'interstices, où la circulation est bien plus lente que dans les terrains fissurés ;

2° Les conduites ou canalisations d'eaux ;

3° Les excavations artificielles, catacombes, carrières, mines, etc.

(En ces deux milieux, le facteur temps est singulièrement réduit et son action a dû être moindre) ;

4° Les profondeurs des lacs (au delà de plusieurs hectomètres) et de l'Océan, jusqu'à plusieurs kilomètres de la surface.

1° **Nappes d'eau.** — On a cru longtemps que, dans les réelles *nappes d'eau* phréatiques et artésiennes, la vie n'existait pas. Mais de multiples observations ont controuvé cette opinion.

Daubrée citait déjà, en France et en Allemagne, le rejet d'animaux *normaux* par les eaux souterraines. G. Rolland et Ed. Blanc ont confirmé le fait pour les puits artésiens du Sahara algérien, crachant des poissons, crabes et mollusques, vivants, ni aveugles ni décolorés.

Dans les *Chrias* de Touggourt, les *Cénotés* du Yucatan, les puits artésiens du Texas, de Californie, les eaux souterraines ont livré aussi des êtres vivants absolument superficiels et nullement modifiés. Dans le Boubioz (source sous-lacustre), du lac d'Annecy, les thermomètres de Delebecque ont ramené, de 74 mètres de profondeur, une nouvelle espèce de *Gammarus* (*G. Delebecquei*) pourvue d'yeux. Et Moniez a cité, dans les puits de Lille, des formes en tous points semblables à celles de la surface, et même à peine décolorées, « ce qui montre bien que leur arrivée dans la nappe aquifère se fait d'une manière « continue et non point accidentellement ».

Il est désormais permis d'affirmer à ce sujet :

1° Que ces individus avaient été entraînés du dehors par les points d'absorption extérieurs alimentant les nappes d'eau ;

2° Que ces points ne doivent pas être à de très très grandes distances ;

3° Que le séjour sous terre des individus en question n'a pas été assez prolongé pour les aveugler.

En comparant la faune des puits de Prague (Bohême) et de Lille (Nord), Vejdovsky et Moniez ont trouvé qu'il y avait plus grande abondance à Prague (où la faune vient directement des eaux superficielles par des puits mal construits) qu'à Lille, où la provenance est plus indirecte et le captage plus profond : et surtout ils ont vu des modifications adaptives flagrantes. Chez certains vers, les yeux manquent.

Les cyclopes et d'autres crustacés y sont transparents (dépigmentés) avec des yeux tantôt normaux, tantôt rudimentaires. Dans les amphipodes, Döflein a reconnu aussi (1903), pour le *gammarus puteanus* (crevette d'eau douce, aveugle et décolorée, possédant une aire de dispersion considérable, commune aux rivières des grottes et aux eaux des puits), une très grande ancienneté de l'espèce et sa descendance assurée du *gammarus pulex*, oculé et extérieur ; même remarque pour l'*asellus cavaticus* souterrain et l'*asellus aquaticus* ou cloporte d'eau douce dans les puits d'Helgoland et les citernes de Venise.

Une chose certaine, comme pour les cavernes, c'est l'origine superficielle de la faune des eaux phréatiques et artésiennes. Ses ancêtres y ont pénétré par des fissures plus ou moins profondes.

M. Kemna s'est étonné que cette introduction, cette survivance, ces modifications aient pu se réaliser dans les terrains à nappes aux interstices capillaires.

La réponse est bien simple et c'est notre chap. V qui nous la fournit. Adeptes de la fausse hypothèse de l'uni-

versalité des vraies *nappes*, M. Kemna a été conduit à méconnaître la prépondérance générale de la circulation en cassures, à grands intervalles disjoints, où des organismes de notable taille peuvent pénétrer, se mouvoir, s'alimenter, évoluer même (négativement) en toute aisance.

Or, voici que la méthode, si essentiellement philosophique de la synthèse, juxtaposant les résultats de l'observation zoologique à ceux de l'empirisme hydrologique, achève de réfuter le faux dogme des *nappes filtrantes* (V. p. 194) et supprime du même coup une anomalie animale prise pour inexplicable.

Si la faune des *nappes* phréatiques et même artésiennes est si abondante, c'est précisément parce qu'elles ne sont pas de vraies *nappes* : dans leurs absorptions d'alimentation originaires, comme dans leur parcours souterrain, comme dans les points où les captages les recourent, le crevassement prédomine ; certes, en plus d'une des couches de terrain où se réalisent leur infiltration, leur circulation, leur rencontre, il existe des zones sableuses, que je crois filtrantes et qui, alors, doivent être infranchissables pour la faune souterraine, sinon pour ses germes. Mais autour, au-dessus ou au-dessous de ces zones, les tranches crevassées abondent et s'entre-mêlent, anastomosant à l'infini les eaux souterraines, en des conduits où la vie est entraînée, entretenue, altérée avec la plus grande facilité<sup>1</sup>.

De telle sorte qu'une conclusion s'impose, spontanée, automatique : c'est qu'une distinction doit être faite dans l'étude des faunes phréatiques et artésiennes ;

1. Aux faits ci-dessus, il y a lieu d'ajouter ceux constatés en Nouvelle-Zélande, par Chilton qui, dans les puits de Canterbury, a reconnu nombre de crustacés obscuricoles, et a conclu ainsi à la circulation de réelles rivières souterraines même dans les graviers. *The subterranean Crustacea of New-Zealand* (Trans. Linn. Soc. de Londres, t. VI, p. 163-284).

parmi celles de ces eaux où le filtrage est compromis par la nature crevassée des terrains aquifères, par la perméabilité de fissuration, la faune doit être abondante; dans celles où des formations meubles et fines assurent mieux la purification naturelle, la vie doit se montrer plus restreinte: je ne dis pas absolument nulle; car, même dans les sables aquifères, il existe des vides, mobiles sans doute, à cause du mouvement de l'eau, où les organismes, petits en somme (rarement supérieurs à 2 centimètres de longueur) de la faune obscuricole peuvent, sans périr, être transportés d'un point à l'autre. Plus d'une fois, parmi des sources sortant des sables (et de graviers, encore mieux), j'ai pu enfoncer sans résistance, des thermomètres de 2 ou 3 décimètres de longueur, dans le réel *tuyau*, que le mouvement seul de l'eau (sous légère pression) maintenait libre dans la masse si meuble. Il n'est point vrai, comme le prétend Kemna, que le tassement ne laisse que des interstices capillaires. Et, dans ces tuyaux, ondoyants et instables, mais néanmoins réels, les crustacés crochus, cuirassés, résistants, et les vers onduleux, souples, rampants (et leurs larves surtout) ne trouvent point impossible la translation de leurs individus. Pas plus impossible est la conception, que je viens de formuler, d'une divergence zoologique entre les eaux de divers puits: ne venons-nous pas de voir que la faune de ceux de Lille était moins abondante que dans ceux de Prague, sans doute parce que l'alimentation y est moins *fissurale*.

Par suite, il y a lieu de rechercher désormais, dans l'étude faunique des soi-disant nappes, la relation entre la nature, l'abondance, les caractères de cette faune et l'origine géologique de l'eau.

Tant il est vrai que les faits, mieux que les mots, doivent servir à guider les idées!

Passons aux conduites d'eau artificielles:

**2° Tuyaux d'adductions.** — Lorsque les eaux superficielles ont introduit leur faune dans les canalisations, les organismes paraissent subir peu de changements; les *adaptations* spéciales qu'on a parfois cru y reconnaître s'y sont toujours résolues, après un examen approfondi, à de simples *variétés* d'espèces congénères habitant au dehors.

Afin de savoir si le temps a été trop court pour provoquer de durables modifications, M. Kemna avait suggéré l'idée d'étudier les distributions d'eau antique les plus intactes, celles de Rome par exemple.

Précisément, il y a peu de temps, on aurait trouvé, paraît-il, dans la « Cloaca Maxima » de Rome, une anguille avec des yeux considérablement hypertrophiés. On a supposé qu'ayant vécu jeune dans les eaux du Tibre, elle n'a remonté que plus tard vers l'égout et a *forcé*, en quelque sorte, son organe visuel dans ce nouveau milieu obscur.

En 1831, Eudes Deslongchamps aurait constaté la même particularité chez une anguille provenant du fond d'un puits.

Sur une anguille conservée cinq ans dans le laboratoire souterrain du Muséum (V. p. 28), M. Viré a vu de même l'œil doubler de volume, tandis que le nerf optique, au contraire, se réduisait.

Il est probable que, pour percevoir les moindres rayons de lumière pénétrant dans le milieu obscur, l'organe visuel de l'anguille *se forçait*, comme je viens de le dire, au point de parvenir à une dilatation matérielle, mais qu'en même temps cet excès de travail, ce *surmenage* aboutissait à l'affaiblissement et à l'épuisement du principe même de la vision, du nerf optique. (V. p. 253, *Relâchement de l'iris à l'obscurité.*)

Il est évident que, dans les canalisations artificielles, la faune introduite demeurera privée, quant à la différenciation en espèces distinctes, d'un facteur, sans l'aide duquel l'obscurité ne saurait exercer ses effets :

c'est l'isolement. L'arrivée constante de nouveaux individus extérieurs, normalement constitués, tendra à maintenir les caractères du dehors, et c'est ici que de bien curieuses expériences pourraient être faites, au sujet de la théorie mendélienne. (V. p 218.)

On expliquerait ainsi comment Darwin a pu prétendre que « l'isolement contribue puissamment à la production de nouvelles espèces ». (*Origine des espèces*, chap. IV.)

En somme, la faune des adductions ne diffère pas profondément, quant aux espèces, de la faune superficielle d'où elle dérive. Mais les individus peuvent subir une adaptation, comme l'ont montré les études de la faune des conduites d'eau de l'Elbe, à Hambourg, qui ont fonctionné jusqu'en 1894.

Petersen (1877) prétend que, là, certaines espèces ne sont pas uniquement entraînées par l'eau, mais qu'elles émigrent dans les conduites.

Kröepelin (1885) y a trouvé des anguilles, parfois longues de 30 centimètres, transparentes, dépourvues de pigment, particularités dues à l'arrêt de développement, au maintien de ces caractères larvaires. Il n'aurait point recueilli les *Niphargus* et *Asellus* aveugles des puits obscurs, parce que, dit-il, la canalisation n'existait que depuis une trentaine d'années, délai trop court « pour qu'un organe aussi important que l'œil ait pu entrer en régression », et aussi parce que de nouveaux individus proviennent constamment du fleuve.

D'autre part, Arnould Locard a fait voir (1893) que certains mollusques peuvent s'adapter aussi à l'obscurité absolue et devenir aveugles. Dans les conduites d'eau de Paris, il a trouvé souvent une diminution de taille, « sorte de rachitisme qui ne tarde pas à devenir héréditaire », l'atrophie au moins partielle du système oculaire et une atténuation de la coloration. Il a même cru reconnaître plusieurs nouvelles espèces,

ayant « pris naissance dans les conduites d'eau de la ville de Paris! » Mais on a contesté que ce fussent réellement des espèces nouvelles, et surtout que leurs modifications fussent fixées par une descendance assez longue, pour ne pas faire retour à la forme normale, si on rendait les individus à leur milieu d'origine.

On a observé aussi qu'en voûtant les réservoirs d'eau, c'est-à-dire en en excluant la lumière, on réduit la végétation au minimum ; on empêche la pullulation des algues, dont l'appareil chlorophyllien a besoin de jour pour décomposer l'acide carbonique. On arrête aussi la production de ces flagellés (*Uroglena*, *Synura*, etc.), dont les colonies communiquent à l'eau une si désagréable odeur d'huile de poisson ; de nature plutôt animale, ces organismes ne peuvent pas cependant se passer non plus de lumière, parce que leurs plaques pigmentées fonctionnent de même que la chlorophylle des végétaux.

Comme intermédiaires entre les deux ordres vivants, il faut citer les *Chrenotrix*, si gênants pour les eaux potables. Cet organisme, pourvu de caractères microbiens, tend morphologiquement vers les algues, physiologiquement vers les bactéries : il se développe de préférence dans les eaux souterraines, ferrugineuses. A Berlin et à Breslau, ils sont, dès 1878, devenus un fléau pour l'alimentation publique. La lumière leur est plutôt défavorable, comme aux bactéries.

**3° Excavations artificielles.** — Héricart de Thury, dès 1813, paraît avoir tenté les premiers essais (aux Catacombes de Paris, creusées du III<sup>e</sup> au XIV<sup>e</sup> siècle) avec quatre *poissons rouges* (*cyprins dorés*) : au bout d'un an, ils ne s'étaient pas reproduits et un seul présentait quelques nuances différentes.

En 1892, dans son ouvrage sur les Catacombes, M. Gérards dit que ces cyprins devinrent, *paraît-il* (?) aveugles, et ajoute que l'expérience ayant été renou-

velée en 1885-1886 avec deux cyprins et une tanche, ceux-ci vécutrent plus de deux ans sans se reproduire et sans devenir aveugles.

En 1896, Viré y a recueilli des animaux d'introduction originaire accidentelle, parfois considérablement modifiés, mais surtout pourvus de caractères absolument transitionnels ou intermédiaires remarquables<sup>1</sup>.

Les parties des souterrains disposés en ossuaire ont donné une faune bien plus riche, et surtout plus grande, que les autres, à cause de l'abondance de la matière organique nutritive.

D'autres carrières assimilables aux Catacombes de Paris sont les souterrains refuges de Naours (Somme), mis à découvert et explorés depuis 1887 par l'abbé Danicourt; la faune n'y manque pas non plus, tantôt peu transformée, tantôt complètement aveugle et décolorée. Celles de Saint-Martin-le-Nœud (Oise), près Beauvais, datant d'au moins six siècles, ont fourni à MM. Mary et Démaretz des arachnides et des batraciens aveugles, à côté d'autres non modifiés.

Il est donc acquis que, dans toutes les excavations artificielles, la faune actuelle requiert le plus sérieux examen comparatif, et rapporté avec soin à leur âge historique: la discussion des éléments recueillis et des facteurs chronologiques est de nature à expliquer plus d'un point demeuré douteux de la zoologie souterraine. Aussi Racovitza me paraît-il mal fondé à dire que « les cavernes artificielles jouent un rôle à peu près nul en biospéologie. »

Je n'ai point vu qu'on ait beaucoup recherché jusqu'à présent la *faune des mines*. Il est vrai qu'en raison du bruit, du mouvement et de la chaleur qui y règnent, l'ambiance y manque du calme et de la

1. Notamment, l'*Asellus aquaticus* (extérieur) déjà assez blanc et avec l'œil assez atrophié, pour être considéré comme en voie de transformations vers l'*Asellus cavaticus* (souterrain), ce que Forel avait déjà remarqué au lac Léman.

régularité nécessaires à l'adaptation. Cependant, aux mines de Clausthal (Hartz), Schneider a étudié (1885) le *Gammarus pulex*, var. *subterranea*, et trouvé dans leurs eaux un turbellarié (*Polycelis nigra*) d'une coloration noire intense, par conséquent non dépigmenté. Cette investigation mérite d'être développée, pour ses rapports avec l'ankylostomiase (V. p. 186).

En résumé, la faune cavernicole démontre que la lumière n'est pas indispensable à la vie animale ; seulement, les êtres qui en sont privés se trouvent, par là même, dépourvus de certains attributs, peut-être même de certaines fonctions, et cela les conduit à un réel état d'imperfection. Autre raison de les considérer comme des accidents rétrogrades ou négatifs tant d'origine que de transformation.

4° **Faune profonde des lacs et océans.** — Il y a cinquante ans, on pensait encore à peu près généralement, d'après les affirmations d'Edw. Forbes, qu'au delà de 200 à 350 mètres sous les flots (limite de la pénétration de la lumière, sans laquelle on ne croyait pas la vie aquatique possible), les profondeurs de la mer ne contenaient plus d'êtres vivants. Wallich, Milne-Edwards, Pourtalès, Agassiz, etc., considéraient cette négation comme trop absolue.

De 1868 à 1870, les premières explorations du fond des mers par les vaisseaux anglais le *Lightning* et le *Porcupine*, conduits par M. Wyville Thomson, donnèrent raison à ces doutes clairvoyants, fondèrent l'*Océanographie* et prouvèrent que la vie abonde à toutes les profondeurs.

Depuis longtemps, au cours de ses beaux travaux sur le Léman, Forel avait reconnu qu'au fond du lac de Genève, des vers aveugles (*Dendrocælum*) vivent avec d'autres individus doués de vision.

Or, toutes les explorations sous-marines depuis 1868 ont rencontré, dans les abîmes de la mer, une

faune bien spécialisée par l'évolution de fort longues périodes. Pour les espèces qui la composent, l'adaptation provoquée par la pression, la température, la nutrition, l'obscurité, etc., a produit, souvent, et exactement comme dans les cavernes, l'atrophie plus ou moins complète des organes visuels, le développement de ceux du tact, la dépigmentation, etc.

D'autre part, Korotnev, dans son exploration (1877) zoogéographique du lac Baïkal (Sibérie), profond de 1.610 mètres, a établi qu'on y recueille des organismes de l'époque tertiaire, c'est-à-dire qu'on ne trouve ailleurs qu'à l'état fossile, — trois cents espèces différentes de gammarides, — et, parmi celles-ci, des formes entièrement aveugles à partir de 600 à 700 mètres de profondeur : de plus, l'atrophie des yeux, l'allongement des antennes et la dépigmentation s'accroissent graduellement selon la profondeur des couches d'eau. La progression est telle, que certains gammarus sont privés d'œil d'un côté de la tête et en conservent un rudimentaire de l'autre côté !

Déjà Humbert, en 1876, estimait que les individus du fond du Léman descendaient d'une forme particulière aux eaux souterraines, avant la période glaciaire, et qui se serait adaptée aux profondeurs lacustres obscures, tandis que la forme originaire se serait éteinte à la surface. Forel, au contraire (1877), attribuait le peuplement des eaux profondes à l'immigration et à l'évolution d'espèces riveraines post-glaciaires. Nous verrons au chapitre suivant que la première opinion doit être la vraie.

Quant aux mers profondes, on y a rencontré aussi des crustacés, dont les yeux sont à la fois très grands et pourvus d'innombrables facettes ; et, comme on a constaté, — surtout d'après l'auto-épuration des rivières, d'après la disparition graduelle des bactéries dans les cours d'eau les plus contaminés, — que la lumière solaire exerce sur la matière vivante une cer-

taine action destructive, on a émis l'hypothèse que l'origine de la faune obscuricole des abîmes océaniques pourrait être une sorte d'émigration volontaire d'animaux, fuyant l'action nocive de la lumière.

Je n'incline point vers cette thèse. Car la faune abyssale révélée par le *Challenger*, le *Travailleur*, le *Talisman*, l'*Hirondelle*, la *Valdivia*, etc., comprend, parmi les espèces littorales descendues dans les grands fonds, nombre de types très anciens, qui vivaient sur les rivages des âges géologiques passés. Ils ont trouvé au creux des océans la constance de milieu, qui a permis la fixation des nouveaux caractères résultant de l'adaptation, et qui demeurent, là aussi, l'atrophie des yeux, le développement des organes tactiles (auditifs et olfactifs), et la décoloration.

Bref, il est acquis que, de même qu'on trouvera *peut-être* des fossiles aveugles dans les phosphorites oligocènes, de même, et plus ancienne encore, on connaît une faune abyssale privée de vision. Le cambrien, déjà, a fourni des trilobites aveugles (d'époque primaire par conséquent) en même temps que d'autres, pourvus d'yeux très développés. (V. les récents travaux de Döflein, Caullery, Bohn.)

On n'a point fini, bien loin de là, de rechercher les causes et les conjonctures de cette juxtaposition d'animaux aveugles et voyants des mers profondes<sup>1</sup>.

*A priori* il n'est pas permis de nier que les êtres marins atteints de cécité puissent procéder d'êtres terrestres ignorés, jadis adaptés dans les fissures hydrauliques du sous-sol, par où l'infiltration aurait poussé, puis fait surgir leurs ancêtres au fond des océans par des résurgences sous-marines; ceci est

1. Pour ordre, je rappelle les débouchés d'eaux souterraines reconnus au fond des mers (V. p. 115). Il importerait de rechercher (comme pour les lacs) s'il n'y a pas là quelque cause originaire de la faune aveugle profonde.

plus qu'une hypothèse, il importe de l'approfondir.

Ace propos, Mac-Culloch et Coldstream ont prétendu que la faune abyssale est tantôt aveugle, tantôt voyante à cause de la circonstance spéciale des animaux phosphorescents, céphalopodes et poissons (*Leachia cyclura*, *Pterigioteuthis*, *Thaumatolampus diadema*, *Atrialopsis*) ; en effet, les dragages profonds en ont récolté des quantités, pourvus d'yeux ou organes lumineux par eux-mêmes ; on demeure fort loin d'avoir expliqué l'origine et le mécanisme de ces éléments photogéniques, de cette *lumière froide* qui est « un des plus difficiles problèmes de la physique ». (GUSTAVE LE BON, *Évolution des forces*, p. 222-248.)

On est cependant autorisé à en tirer, dès maintenant, les conclusions suivantes : les animaux phosphorescents des grandes profondeurs y répandent une part de lumière, faible sans doute, qui rend encore possibles certaines sensations lumineuses ; c'est pourquoi divers types non phosphorescents présentent des yeux hypertrophiés. On a précisément constaté que ces types sont les plus mobiles, les plus agiles, ceux qui peuvent se diriger vers les animaux phosphorescents, lesquels les attirent ainsi, parfois pour les capturer. Au contraire, les types aveugles vivent plutôt immobiles, dans la vase qui les masque.

En tous cas, le fond des mers nous affirme, comme le dessous de la terre, l'étroite relation entre le genre de vie et le milieu, entre l'usage et la modification des organes des sens !

*L'ambiance est bien une supérieure loi naturelle et l'adaptation de Lamarck reste une triomphante vérité !*

Si les abîmes de la mer possèdent des animaux phosphorescents chargés d'éclairer (partiellement du moins) leurs commensaux, pareille chose n'existe point dans les cavernes, où nul animal n'émet de lueurs, où le noir est *absolu*, pour l'homme tout au moins (dès qu'il est suffisamment loin des orifices) et

où seules quelques plantes, toujours assez peu distantes de l'extérieur, sont douées, dit-on, d'une légère phosphorescence. (V. p. 228.)

Donc, si la lumière a été répartie de vivante manière, au fond des mers, milieu biologique par excellence (et peut-être même originaire de la vie, si l'on en croit MM. Quinton et Pelseneer), tandis qu'elle fait défaut dans les cavernes, c'est bien (comme je ne saurais trop le répéter) parce que l'existence animale ne représente dans celles-ci qu'un *accidentel et régressif intermède*, tandis qu'au sein des flots salés elle a suivi la norme et les lois de l'universelle évolution.

## CHAPITRE XII

### Origine de la faune souterraine.

Absence de création spécifique. — Descendance extérieure. — Transitions et modifications graduelles. — Âge de la faune souterraine. — Probabilité d'une origine tertiaire. — Les Sphæromiens des cavernes. — La Salamandre et le Protée. — Problème des localisations.

« Toute la doctrine de l'évolution des espèces se trouve intéressée à cette sorte de recherches, relativement peu avancées. »

(*Les Abîmes*, p. 573.)

Partisan convaincu des doctrines catastrophiques de Cuvier, de Jussieu, d'Orbigny, etc., L. Agassiz avait adopté (1851) et propagé (1862) la croyance à la *création spécifique* de la faune cavernicole, à la fixité et à l'immutabilité des espèces; avec lui et avec Forbes, on a longtemps pensé que les représentants de cette faune *cavernicole* avaient été particulièrement créés pour les grottes privées de lumière. Comme toute la théorie des cataclysmes, des destructions totales réitérées, suivies de *re-crétions* multiples, cette opinion n'est plus admissible devant les preuves accumulées de l'évolution universelle<sup>1</sup>.

Deux points longtemps indécis semblent s'être pré-

1. Schiödte et Joseph ont les premiers étudié et constaté des transitions dans l'atrophie graduelle de la vision.

Packard (1875) a trouvé dans *Carter-cave* des myriapodes (*Spirostrephon cavernarum* ou *Scoterpes Copei*) non pas blancs, mais brun-rouges : il en a conclu que cette espèce, conservant ainsi des

cisés depuis peu : le mode réel et l'époque probable de l'introduction sous terre de la faune actuelle.

D'abord on supposa que des larves ou œufs d'animaux terrestres extérieurs (sinon les adultes eux-mêmes) avaient dû être entraînés (surtout par les eaux) dans les grottes, d'où ils n'avaient pu ressortir : dans un milieu différent de celui de leurs auteurs, moins favorable, ils avaient évolué autrement et d'assez incomplète manière.

Puis, à propos des poissons des cavernes nord-américaines, Cope, Packard (1871), Putnam, Hubbard, émirent l'hypothèse de l'immigration d'une faune extérieure adulte, et de son adaptation aux nouvelles conditions localisées. Packard ajouta même, d'après l'*Amblyopsis spelæus* de Mammoth-cave et son parasite buccal le *Cauloxenus stygius*, que la faune originale n'était point la faune extérieure actuelle, mais une faune éteinte. Et Putnam observe (d'après les poissons habitant les eaux saumâtres des grottes de Cuba) et d'après les caractères marins du *Caul. styg.*, que les poissons des cavernes du Kentucky et de Virginie descendaient d'espèces marines, datant de l'époque où la mer couvrait les environs. De même M. Eug. Simon estime que les protées de la Carniole, les *Phalangodes* des Pyrénées et d'autres hôtes constants des cavernes, n'ayant pas « actuellement leurs similaires dans la faune européenne pourraient être des restants d'une faune antérieure ». M. Car-

rices de coloration terrestre, reste dans la période de transformation, et démontre l'origine extérieure de la faune cavernicole.

Vejdowsky a prouvé, dès 1882, que la faune des puits de Prague établit irréfutablement l'évolution des formes souterraines par modification graduelle des formes superficielles. (V. p. 257.)

A 200 ou 300 mètres de profondeur, dans le lac Léman, Forel a trouvé un crustacé amphipode (*Asellus Forelii*), qui tient le milieu entre l'*Asellus aquaticus* extérieur et l'*Asellus cavaticus* obscuricole. Celui-ci d'ailleurs, selon Moniez (1889) tire son origine de celui-là, ce que Fries en 1879 n'admettait pas.

penter (1896) a pensé aussi qu'une espèce de *Mitchelstown-cave* (Irlande) « serait peut-être le dernier reste d'une forme ancienne, qui a peu à peu disparu de la surface du sol et n'est restée que dans quelques cavernes ». Seulement, personne n'osait dater l'époque d'introduction de ces formes anciennes, bien que les exemples de survivance fussent nombreux et parussent formels.

Bien plus, Cope et Packard (en 1871 comme en 1886) s'accordaient à considérer (malgré les remarques ci-dessus) la vraie faune souterraine comme non antérieure au début du quaternaire (ou post-pliocène)<sup>1</sup>.

Ils expliquaient la présence des *Megatherium*, *Megalonyx*, *Myloodon fossiles* dans les grottes de Virginie par une extinction due à une période glaciaire; ils pensaient que les cavernes ont été réexcavées depuis, et que leur présente faune ne remonte pas à plus de 10 à 16.000 années (dont 5 à 6.000 appartenant à la période historique), et qu'elle est donc très récente.

La majeure partie de cette faune provenait ainsi (pour l'Amérique) des animaux actuels, antérieurs aux voyages de Christophe Colomb. Shaler (en 1874) alla jusqu'à dire que la faune des cavernes dérive de la faune actuelle environnante. Selon Packard, enfin, les cavernes des régions où s'est développé le phénomène glaciaire n'ont point de faune souterraine.

Ce dernier point mériterait d'être élucidé.

On sait que les animaux cavernicoles sont extrêmement sensibles aux changements de température. Jusqu'ici la faune des eaux souterraines n'a guère été étudiée que dans des milieux variant de 10° à 20° de température. En la cherchant parmi les cavernes des Pyrénées, des Alpes, du Caucase qui abondent

1. Cependant Packard admettait, dès 1871, que la faune des mers profondes peut avoir une origine tertiaire ou crétacée.

au-dessus de 1.100 et 1.500 mètres on trouvera peut-être bien des renseignements nouveaux<sup>1</sup>.

Dès 1886, Packard formulait ainsi les facteurs de l'évolution organique de la faune souterraine actuelle :

1° Changement de milieu, comportant disparition de lumière, réduction de nourriture et entraînant la perte de certains organes, l'hypertrophie compensatrice d'autres et la dépigmentation ;

2° Défaut d'usage de divers organes ;

3° Adaptation, permettant la survivance aux formes les plus aptes à s'approprier au milieu ;

4° Isolement, empêchant les croisements externes, mais assurant la permanence des nouveaux genres, espèces ou variétés ;

5° Héritéité perpétuant les nouveaux caractères, *tant que les conditions physiques ne changent pas.*

Il proclame donc l'origine extérieure, mais ne parle point de l'âge géologique de la faune cavernicole.

Il n'admet point la sélection naturelle de Darwin, dont Racovitza au contraire se montre très partisan.

La preuve matérielle de l'héritéité des atrophies souterraines a été constatée par le Dr Hagen, assistant en octobre 1871 à la naissance, dans un bocal d'expérimentation, de huit petits *amblyopsis* aveugles.

Je ne sais trop si l'idée de reporter, à une époque

1. Il est vrai qu'à ces hauteurs, les explorations spéléologiques sont sigulièrement compliquées ; et je n'ai pu, à cause des difficultés d'une première visite, m'engager dans des récoltes zoologiques parmi les froides rivières souterraines que j'ai trouvées au Brudoux (Vercors, 1.220 mètres, 5°5), au Guiers-Mort (Grande-Chartreuse, 1.300 mètres, 3°8), au Guiers-Vif (1.105 mètres, 5°5), pas plus que dans le lac glacé (0°5) de la glacière du Haut de l'Avernoz au Parmelan (Haute-Savoie) vers 1.600 mètres, etc. Innombrables demeurent les antres à interroger ainsi, dans des hauteurs remplies d'anciens témoignages glaciaires ou même voisines des neiges pérennes actuelles. Ils diront s'il existe une *faune cavernicole froide.*

plus ancienne que le quaternaire, l'origine de la faune souterraine n'est pas dans les mots « à la fin du tertiaire » que j'ajoutais moi-même en 1894 (*Les Abîmes*, p. 573) au résumé des vues de Putnam et Packard. Mais alors je n'exprimais que très sommairement, à cause de sa hardiesse, cette vague idée, plutôt intuitive que raisonnée ; or ma timide proposition paraît s'être vérifiée comme juste, bien plus rapidement que je ne l'eusse espéré ; car, depuis 1895, Viré, Raymond, Mazauroic, Galimard, Faucher, Valle, Alzona, Fabiani, Feruglio, ont recueilli, dans plusieurs rivières souterraines de France et d'Italie, des spécimens de crustacés spéciaux, les *Sphæromiens*, pour lesquels l'examen anatomique a révélé des caractères tellement archaïques, que Viré (qui en a fait l'objet d'études spéciales) les a considérés dès 1897 comme d'origine tertiaire : vrais résidus d'espèces marines ou saumâtres disparues depuis cette époque, ils imposeraient donc la conclusion que les grottes où ils se sont conservés étaient déjà ouvertes pour que leurs ancêtres aient pu s'y introduire. Or nous avons précisément vu (et ainsi s'établit une fois de plus la coordination surprenante des divers enseignements tirés de l'évolution souterraine), comment la géologie enseigne que le cavernement peut remonter même plus loin que le tertiaire, tout en se continuant encore de nos jours.

Il est donc absolument logique que des portions de la mer, introduites dans les fissures des rivages tertiaires (comme à Argostoli, v. p. 116), par le jeu des dislocations, y aient fait entrer les ancêtres de la faune cavernicole, ou tout au moins de certains de ses représentants. Au surplus, en 1894, Chilton a établi l'origine marine des *Cruregens* (crustacés phréatiques de la Nouvelle-Zélande).

Pour les crustacés isopodes des cavernes, assimilables aux sphæromiens (ainsi nommés à cause de leur faculté de se rouler en boule), aux *Cirolanellæ*

ou aux *Asellides*, c'est M. Bouvier qui, en 1897, attira l'attention de Viré sur le faciès archaïque d'un *Asellus* de Padirac<sup>1</sup> (*Stenasellus Virei*), dont les anneaux abdominaux ne sont pas soudés ensemble, caractère propre aux asellides marins tertiaires. Antérieurement un *Cæcosphæroma Virei* nouveau avait été découvert par Viré en 1895 à Baume-les-Messieurs (Jura). Et il ne faut pas omettre que, en 1856 déjà, Schmidt avait trouvé, dans une grotte de Carniole, un animal analogue décrit par Gerstæcker sous le nom de *Monolistra Cæca*.

Depuis 1896 les rencontres de ce genre se sont multipliées<sup>2</sup>; elles ont confirmé que tous ces isopodes font partie de groupes, dont la plupart des espèces connues sont d'eaux saumâtres ou marines.

Leurs représentants sont jusqu'ici très rares, sauf pour la *Vireia Berica*, récoltée par milliers dans une grotte près de Vicence (Italie, dès 1898 par Fabiani) et d'ailleurs beaucoup plus résistante que les autres. On en a conclu qu'ils sont en voie de disparition<sup>3</sup>.

Quelques-unes de ces formes très archaïques seraient

1. On me permettra de rappeler que ce singulier animal a été récolté en ma présence le 16 août 1896, lors de la première visite que fit M. Viré, et sur mon invitation, du gouffre de Padirac (alors ma propriété personnelle et où, en mars 1896, j'avais recueilli moi-même les premiers spécimens de faune aveugle): des deux individus trouvés, l'un fut perdu en remontant du gouffre. En 1904 seulement, Viré et Jodot ont pu en retrouver vingt exemplaires dans la même caverne, ce qui prouve combien chasses et pêches souterraines exigent de soin et de patience.

2. Dans l'Ardèche, Côte-d'Or, Gard, Karst, Italie du Nord.

V. DOLLFUS et VIRÉ, *Sur quelques formes d'isopodes appartenant à la faune d'Europe* (*Annales des Sciences naturelles, Zoologie et Paléontologie*, t. XX, n° 556, 1904; Paris, Masson, avril 1905).

3. Mais il ne faut pas oublier que la prolongation des recherches est toujours fertile en surprises. C'est ainsi qu'à Padirac, après les aménagements de 1899, qui ont tant facilité les investigations précises, Viré a constaté, à la date de 1904, la présence d'environ 54 espèces animales déterminées, et recueilli en cinq ans pour les *Niphargus* plus de 10,000 individus et pour la *Bythinella Padi-*

comparables aux *sphæromiens* ou *œgidés* fossiles marins ou saumâtres des marnes de Montmartre, d'eau douce ou des travertins de Sézanne.

Je note ici, en passant, que, relativement à l'arrivée de leurs ancêtres dans les cavernes (Padirac est à 350 mètres), il importe de tenir sérieusement compte des oscillations marines; on sait que les transgressions pliocènes méditerranéennes ont pu monter à 350 et même à 600 mètres, et la régression du pléistocène inférieur descendre à 100 ou 200 mètres. La question d'altitude des grottes devient ainsi primordiale, en ce qui touche l'origine de la faune, et c'est là un point sur lequel on ne saurait trop attirer l'attention.

Il faut confesser qu'une confusion fâcheuse résulte des modifications de la diagnose originale, imposées par l'étude plus approfondie de ces nouvelles espèces. C'est ainsi, selon Racovitza, que celles prises pour des *Sphæromidæ*, étaient des *Cirolanidæ*, « qu'on ignore encore la vraie filiation de ces crustacés cavernicoles » et qu'il y a beaucoup d'incertitudes et d'erreurs dans leurs déterminations.

A l'heure actuelle, un *flottement* se manifeste dans les idées relatives aux Sphæromiens cavernicoles: Viré est moins affirmatif qu'en 1897 et 1900. Le « *Stenasellus Virei*, proche parent des *Cæcidotei* d'Amérique et des *Cruregens* de la Nouvelle-Zélande paraît bien être une espèce fossile conservée chez nous » (A. Viré, *Le Lot*, p. 67, 1907).

Ailleurs, « sans vouloir faire un dogme de cette idée », il est seulement « tenté de voir là des descendants d'anciennes espèces luccoles tertiaires acclimatées sous terre ».

Adrien Dolfus croit « prématuré de chercher à for-

*raci* plus de 50,000 exemplaires. En 1903, Alzona connaissait aussi 54 formes animales dans les cavernes des *Colli-Berici*, près Vicence (Italie). En 1902, M. Banta aurait recueilli 66 espèces dans la seule caverne de Mayfield (Indiana), etc.

muler autrement que comme une assez plausible hypothèse, la séduisante théorie qui voudrait y voir les derniers vestiges d'une faune peut-être tertiaire ».

Enfin M. Bonnier trouve « un peu hasardée l'hypothèse que ce sont des êtres oubliés dans les cavernes, au cours de la destruction de certaines espèces de l'époque tertiaire ».

Ces réticences, que je rapporte à cause de la gravité du sujet, me paraissent des excès de prudence<sup>1</sup> et je n'hésite pas à considérer comme probable, conformément à la conviction que j'ai toujours eue, et que les survivances rendent si vraisemblable, la descendance tertiaire (sinon des Sphæromiens eux-mêmes) tout au moins d'une partie de la faune souterraine.

En résumé, l'origine de celle-ci doit être double : tertiaire pour quelques formes (déjà trouvées ou à trouver ?) ; actuelle, c'est-à-dire adaptée de la faune superficielle présente, pour la plus grande majorité.

Il ressort de tout cela la démonstration absolue, que l'importance des modifications reconnues dépend à la fois de la *durée* et de l'*isolement* ; elles sont d'autant plus complètes que l'introduction originale est plus ancienne ; et une eau souterraine disposée de manière à recevoir de nouveaux immigrants, montre une faune toujours moins différenciée. (V. p. 261.)

Pour le protée, on s'est demandé si, en raison de sa structure spéciale, il ne descendait pas, lui aussi, de quelque forme tertiaire. J'en doute, car on a vu qu'il possède beaucoup de points de ressemblance avec la larve de la salamandre ; or, j'ai déjà indiqué en 1894

1. Contrairement à ce que j'ai dit, page 735, de ma spéléologie au xx<sup>e</sup> siècle, Alzona s'est aussi rallié à l'hypothèse tertiaire du *Cæcosphæroma Bericum*. (*Monitore Zoologic. ital.*, déc. 1903, p. 330.)

Racovitza cite Garman (1892), Carpenter (1895), Lendenfeld (1896), Hag (1902) comme croyant à des formes anté-pléistocènes dans les cavernes. En 1906, il a découvert, dans une grotte d'Algérie, un *Spelæoniscus Debrugei*, isopode archaïque, représentant d'une faune disparue.

(*Les Abîmes*, p. 573), que celle-ci se rencontre à la surface du plateau, sous lequel s'est enfouie la rivière de la Piuka à Adelsberg<sup>1</sup>, et qu'il serait instructif de tenter dans ces souterrains l'acclimatation de la salamandre adulte et l'élevage de sa progéniture pour étudier leurs modifications physiques ! Il importerait d'effectuer ces expériences à la fois au laboratoire souterrain et dans les cavernes où vit le protégé ; qui sait si l'on n'assisterait pas, *plus vite qu'on ne le croit*, à la transformation de la salamandre en Olm ?

Pour la question douteuse de la *localisation* de certaines espèces (V. p. 249), la paléontologie, combinée avec la zoologie, en constatant les grandes inégalités de l'évolution dans diverses parties du globe terrestre (V. p. 238), permet d'énoncer qu'aux différen-

1. Il y a lieu de noter ici que Cope a trouvé (1881), près de l'entrée de la grande Nickajack-Cave (Tennessee) une salamandre du genre *Plethodon*, de coloration spéciale, analogue au *Spelerpes leprosus* du Mexique. De même, en 1884, Sacco a recueilli dans une grotte (*demi-obscur*e et où l'eau ne circule pas toute l'année) du Piémont, près Mondovì, cinq exemplaires de *Spelerpes fuscus* (Bonap.), batracien urodèle du genre *Plethodon*, fort peu commun, qu'Issel avait déjà rencontré dans des grottes de Ligurie et que l'on connaît au dehors (en Italie seulement) ; il n'est pas sans ressemblance avec *Salamandra maculosa* ; M. Sacco ne dit pas que ces cinq individus fussent modifiés, il attire seulement l'attention sur ce fait isolé. (Actes de l'Ac. d. Sc. de Turin, t. XX, 16 nov. 1884.) Les coïncidences n'étant pas toujours des hasards, je ne puis me défendre du simple rapprochement suivant : Le 22 juillet 1907, j'ai mesuré au gouffre de Heyle-Audiette, près Sainte-Engrâce (Basses-Pyrénées), vers 800 mètres d'altitude, une profondeur d'au moins 150 mètres (explorée seulement jusqu'à 35 m.) et reconnu une relation certaine avec la cascade souterraine de Cacouète, qui sort (280 mètres plus bas que l'orifice et à 400 mètres de distance) dans un ravin ou cañon voisin. Or, près du bord du gouffre, circulait, comme à Adelsberg, une magnifique salamandre tachetée ; quand on pourra descendre au fond du gouffre d'Heyle, et si on réussit à y découvrir la rivière souterraine, y recueillera-t-on des *Protès* ou quelque chose d'analogue, à une altitude et dans une région, où l'on ne sait à peu près rien de la faune souterraine ? Poser la question n'est pas la résoudre !

ciations extérieures ont pu faire écho tout naturellement des différenciations souterraines, puisque la faune cavernicole ne peut provenir que du dehors. De plus, sous la terre comme à la surface, les caractères géophysiques du milieu (nutrition, variation de composition et de température des eaux, etc.), interviennent aussi ; le milieu des cavernes n'étant pas et surtout n'ayant pas été, *dans le temps*, aussi constant qu'on l'admet en général, ce sont donc des facteurs biologiques très variés qui ont déterminé les divergences locales aussi bien que les modifications générales.

En revanche, si l'on reste embarrassé, malgré ce qui a été dit sur les animaux rejetés vivants, pour expliquer la présence d'animaux non aveugles dans les cavernes, et réciproquement d'animaux aveugles vivant dehors, on répliquera aisément par l'argument des circonstances accidentelles : par exemple, M. Jules Richard, trouvant, dans les lacs du Bois de Boulogne (1890), un copépode (crustacé) nouveau, d'un genre *marin* inconnu en France, et tout à fait aveugle, mais révélant naturellement son origine par ce fait que lesdits lacs reçoivent leur alimentation de la nappe souterraine du puits artésien de Passy, etc.

Quant au facteur temps, à la durée plus ou moins longue pendant laquelle les animaux ont séjourné dans les cavernes, pour réaliser leurs modifications, c'est la plus grave question peut-être, la plus importante en tout cas au point de vue philosophique, que nous réserve encore la zoologie souterraine.

Examinons-la spécialement !

## CHAPITRE XIII

### Philosophie de l'évolution (négative) souterraine.

Doutes sur la rapidité et la fixité des modifications cavernicoles. — Lente continuité de Darwin. — Premières expériences de Packard. — Les chiens des abîmes. — Laboratoire souterrain du Muséum. — Rapidité des transformations. — Animaux rejetés par les résurgences. — Réveil au jour des caractères ancestraux primitifs. — Survivance du principe visuel. — Résurrection de la vue au delà des générations aveugles. — L'hérédité résiste à l'adaptation. — Preuve du dualisme. — Réfutation du monisme d'Hæckel et de sa *loi de substance*. — Indépendance de l'énergie spécifique envers la matière individuelle. — Continuité *malgré la mort* des caractères provisoirement occultés par le milieu. — Distinction formelle entre la substance et le principe. — Hérédité des caractères acquis. — Loi d'évolution bénéficiaire.

- « La vie est avant tout une tendance à agir sur la matière brute. » (H. BERGSON.)
- « La vie n'est qu'un phénomène physique compliqué. » (LAMARCK.)
- « La nature renferme une force très réelle, la plus réelle de toutes. » (MÆTERLINCK.)
- « La vie n'est qu'une forme particulière de la mécanique. » (VIRCHOW.)

La durée nécessaire, en matière d'évolution souterraine zoologique, pour provoquer les modifications organiques des animaux cavernicoles, est une question sur laquelle on commence à peine d'être fixé.

S'il était acquis en effet que, sous l'influence du milieu obscur, certaines capacités héréditaires ou spécifiques déclinent peu à peu, et sont remplacées par l'hypertrophie compensatrice de certaines autres, on a ignoré jusqu'à ces derniers temps :

1° Si ces altérations et substitutions se produisent lentement ou rapidement ;

2° Si, une fois manifestées, elles sont définitives ou temporaires, c'est-à-dire si le retour au milieu normal, à la lumière du jour, provoque leur maintien ou leur disparition.

Bref, on ne savait pas dans quelle mesure le facteur *temps* accélérât ou retardait les effets du facteur *ambiance*. Voici comment le problème s'est peu à peu posé et *quasi* résolu :

Dès que les idées évolutionnistes eurent triomphé de la doctrine catastrophale, beaucoup de savants supposèrent *a priori* que les altérations n'avaient pas besoin des innombrables générations requises par Darwin, et qu'elles n'étaient pas aussi lentes qu'on aurait pu le croire ; les naturalistes de tous pays suggérèrent d'instituer des expériences à ce sujet.

En 1879, Fries proposa de faire sur les *gammarus* normaux des observations souterraines suivies, pour déterminer le temps nécessaire aux modifications.

En 1886-1889, Packard citait déjà un certain nombre de faits, selon lesquels l'atrophie des yeux, la décoloration et les modifications consécutives avaient pu se manifester « après peu de générations, peut-être une ou deux seulement, démontrant la rapidité relative de l'évolution des espèces cavernicoles ». Il requérait aussi les essais inverses pour voir « si les yeux ne peuvent pas être restaurés et l'espèce ramenée vers un type ancestral par des moyens artificiels ».

Selon G. Bonnier, les *gammarus* auraient une disposition à rentrer en possession de leurs yeux.

Déjà Darwin lui-même avait dit du *Neotoma* (V.p.248), d'après le professeur Silliman, que « ces animaux ont fini par acquérir une vague aptitude à percevoir les objets, après avoir été soumis pendant un mois à une lumière graduée ».

A la vérité, on n'avait point constaté d'altérations

chez des crapauds adultes, entraînés par les eaux à 1.800 mètres de distance dans les cavernes d'Adelsberg, dans celle de la Recca (Istrie), pas plus que chez ceux qui n'ont pu s'introduire qu'à l'état de larves ou têtards, et à travers de longues et étroites fissures, dans la rivière de Padirac (Lot, à plus de cent mètres sous terre). C'était un indice que l'altération ne s'établit guère *au cours de la vie d'un individu*.

En juin 1892, j'avais été fort surpris de trouver un chien vivant (et tombé ou jeté là depuis cinq semaines à deux mois) dans chacune des trois igues de Simon (prof. 45 mèr.), Marty (65 mèr.) et Calmon (60 mèr.) dans le Lot. Celui de Simon avait une sorte de taie blanche sur les yeux ce qui me faisait déjà croire à « la facilité avec laquelle les organes s'atrophient sous l'influence du milieu ». Aussi, dès le 1<sup>er</sup> juin 1893, j'adressais à M. Milne-Edwards, alors directeur du Muséum, une note sur la nécessité d'instituer relativement à ce sujet des expériences de laboratoire. Le 6 juin 1893, je reçus la réponse suivante, que je crois devoir reproduire en entier, parce qu'elle précise l'état de l'opinion scientifique contre laquelle il me paraissait indispensable de réagir<sup>1</sup> :

« J'ai lu avec intérêt la note que vous m'avez envoyée et qui semble indiquer le programme de nouvelles observations. Ne pourrait-on pas enfermer quelques animaux dans ces cavernes profondes, afin de se rendre compte de l'influence qu'aurait sur eux le milieu et surtout l'obscurité? Il y a là matières à expériences. Le fait que vous citez peut être interprété en faveur des actions biologiques ambiantes. Mais ne peut-on pas supposer que le premier chien avait déjà une taie sur les yeux quand il est tombé dans le gouffre? Peut-être est-ce la cause de sa chute.

1. Et parce qu'on n'a pas encore relaté exactement ce point de départ (inédit) des expérimentations actuellement en cours.

On a fait vivre des souris, des rats et des cobayes dans une obscurité profonde ; ils se sont reproduits et, au bout d'un temps très long et de plusieurs générations, on n'avait observé aucune modification appréciable de l'œil. Telles sont les réflexions que m'inspire votre note, et j'ai tenu à vous en faire part. »

D'autres observations du même genre s'étant manifestées, je me demandais formellement, en 1894, dans mes « Abîmes » si « les degrés dans la cécité ne proviennent pas de la différence entre les délais écoulés depuis l'emprisonnement des espèces » (p. 574).

J'insistais de nouveau (la *Nature*, 14 janvier 1895) sur la nécessité de « se livrer à des expériences pratiques sur les modifications physiques, que pourraient subir des animaux extérieurs enfermés au plus profond des cavernes ».

Enfin à propos d'une communication de M. le Dr Lannelongue, du 6 juillet 1896, à l'Académie des Sciences, sur la faune souterraine de la grotte de Dargilan, le professeur Émile Blanchard affirmait que les insectes cavernicoles rendus à la lumière sont susceptibles de récupérer la vue : « peu à peu, le nerf optique, le rouge rétinien se reconstituent et, au bout d'une ou deux générations, la faculté de voir revient complètement. » A ce propos, M. Edmond Perrier confirmait ce retour probable, au moins chez les descendants, des fonctions visuelles normales, pour l'espèce de nouveau soumise à l'action ordinaire de la lumière.

Tels sont *exactement* les faits et circonstances qui, les problèmes étant ainsi nettement posés, décidèrent M. Milne-Edwards, en 1897, à assurer l'aménagement d'un laboratoire souterrain dans une portion des Catacombes, retrouvées en 1896 au Jardin des Plantes, de Paris, sous le pavillon même du directeur.

A douze mètres de profondeur, M. Viré fut, sur ma recommandation, chargé par M. Milne-Edwards d'installer là tout un laboratoire de biologie souterraine et

d'y poursuivre les expériences réclamées. Elles ont donné déjà, grâce aux soins précis avec lequel elles sont conduites, des résultats beaucoup plus prompts et plus formels que ne l'escomptaient les partisans eux-mêmes de la rapidité de l'évolution souterraine.

Voici ce qu'on peut en dire d'après le peu qui en a été publié jusqu'ici.

Les expériences sont réalisées en deux séries contradictoires :

- 1° Animaux normaux soumis à la vie obscure;
- 2° Animaux cavernicoles replacés au jour.

Dans la première série, *gammarus fluviatilis* a montré une décoloration graduelle et sensible après six mois; une hypertrophie des organes de l'odorat, du tact, de l'ouïe en quelques mois; une légère modification de l'œil au bout d'un an seulement.

Pour l'anguille, nous avons déjà vu que l'œil a doublé de volume en cinq ans, mais que le système nerveux optique s'est réduit, ce qui conduira fatalement les générations suivantes à l'atrophie (V. p. 260).

Les cyprins dorés, en deux ans, sont devenus blanc rosé et leur taille a diminué.

Dans la seconde série, les protées, avec leur œil atrophié et recouvert d'un tégument, ont recouvré en quelques mois une légère repigmentation tachetée.

Les crustacés (*Niphargus Plateaui*, de Padirac; *Asellus cavaticus*), dépourvus de l'œil entier, même du nerf et du lobe optique, ont montré de légères taches noirâtres, conduisant à la réapparition du pigment.

Bref, chez les animaux soumis à l'obscurité, des modifications se sont produites dès la première génération, et assez vite pour être très observables.

Quant au retour de la vue chez les animaux ramenés au jour, s'il n'est pas encore *prouvé*, il s'esquisse au moins, quoique avec une extrême lenteur<sup>1</sup>.

1. Wolff (1895) et Fischer (1898) ont étudié et constaté chez la Salamandre tachetée et les Tritons la régénération, par l'iris, du

On n'est pas d'accord sur les modifications qu'éprouvent les animaux cavernicoles expulsés au dehors par des résurgences, fait nullement aussi rare qu'on le pense d'ordinaire. (V. p. 242, note *Protée*.)

Quelles conséquences peut-on, à titre d'essai, tirer déjà de ces quelques faits ? Si véritablement le retour à l'état *externe ancestral* se réalise (avec plus ou moins de rapidité, peu importe), il faudra en conclure, ce me semble, qu'il y a dans l'hérédité ou influence ancestrale QUELQUE CHOSE de plus puissant encore que l'ambiance et son adaptation. En effet, quand bien même un milieu défavorable aura fait échec à l'hérédité, l'aura empêchée de continuer la transmission d'un caractère aussi important que la vision, voire pendant un assez grand nombre de générations, cela ne l'aura pas mise, *pour toujours*, hors d'état de réveiller et de ranimer ce caractère originaire, dès que le milieu redeviendra favorable.

Donc, si la suite des expériences achève d'établir la restauration de l'œil (sinon sur l'individu même, du moins dans sa descendance), ne devra-t-on pas reconnaître à l'hérédité (principe mystérieux comme celui de la vie avec lequel il se confond peut-être), une puissance telle, qu'elle peut subir les obstacles du milieu, être influencée par eux *temporairement*, mais non pas y succomber définitivement.

Nous avons vu que les plantes, sevrées sous terre de leurs facultés reproductrices, les recouvrent sans délai et sans altération transitionnelle, dès qu'elles sont rendues au milieu normal. Mais ici, la conservation s'opère *dans l'individu*, qui peut donc être considéré comme n'ayant jamais perdu absolument des caractères *voilés* seulement. Or, pour la faune souterraine,

cristallin précédemment extirpé. Bergson voit là l'effet d' « un principe externe de direction », et la négation de la thèse darwiniste des variations accidentelles insensibles. « Il faut creuser sous l'effort lui-même et chercher une cause plus profonde. »

il en ira tout autrement, si l'expérience achève de nous affirmer demain que des animaux déjà élevés, comme le Protée et le *Niphargus*, une fois rendus au milieu favorable d'où est dérivée l'espèce ancêtre, recouvrent d'antiques facultés assoupies, même par delà maintes générations intermédiaires *rétrogradées* ; si l'œil, notamment, le merveilleux pouvoir de la vision, sort de sa torpeur, non pas hors de la matière de l'individu même qui l'avait altéré, mais hors de celui qui en est de très loin descendu, et *qui n'existait pas encore* quand l'atrophie ancienne est survenue. *C'est ce point qui me semble capital*, à savoir qu'un individu, *n'ayant jamais eu d'yeux*, dont la substance n'a jamais possédé la vision, est cependant capable, sinon de la recouvrer lui-même, du moins de la rendre à sa descendance, par le seul réflexe de sa propre ascendance, *dès que le milieu en permet le retour*.

Si bien que, malgré des siècles peut-être d'adaptation régressive *d'individu en individu*, le principe de la faculté visuelle *n'a pas été tué* ; sa transmissibilité s'est maintenue occulte, latente, enfermée dans l'essence de l'espèce, d'où elle rejaillira sous l'étincelle du jour rendu.

Là, je vois un fait, que la biologie, la physiologie, la philosophie, la métaphysique discuteront et interpréteront comme elles voudront, peu m'importe, mais qui me force à concevoir, dans l'animal tout au moins, *deux éléments*, se comportant de façon essentiellement différente vis-à-vis du milieu et du temps : l'organisme même, la substance, la matière, l'individu (quel que soit le nom qu'on lui donne), affecté, altéré par ce milieu et ce temps (dès que l'ambiance lui impose l'adaptation) de si pénétrante manière que sa descendance *en hérite* intégralement ; et le *principe vital*, l'essence, la *force vitale*, l'*impulsion*, l'*élan originel* (BERGSON), la *poussée intérieure*, le *mouvement initial*,

la *mise en train* (?) (je ne veux pas créer de mot; il n'y en a que trop !!) qui patiemment sommeille, sous le masque atrophié des générations successives, pour ranimer l'intégralité des capacités originaires, pour rééclore en son plein épanouissement, dès le premier retour du soleil.

N'est-ce pas un fait de réel *dualisme* à opposer au fameux *monisme* ou *unicisme* d'Hæckel ?

On sait que, dans ce système, le célèbre naturaliste et matérialiste allemand unit étroitement le corps et l'esprit, la matière et l'énergie, qui forment ensemble l'universelle substance. Hæckel nie la force vitale spéciale; comme Cabanis, Buchner, Vogt, etc., il localise matériellement l'âme humaine dans la substance grise du cerveau.

Il affirme (d'après Lavoisier) la *constance de la matière qui remplit l'espace* et (d'après Robert Mayer) la constance de l'énergie; puis, il réunit ces deux principes en un seul, qu'il nomme *loi de substance*, et qu'il définit ainsi avec une absence de modestie réellement désarçonnante: « Je considère comme la su-  
« prême, la plus générale des lois de la nature, la  
« véritable et unique *loi fondamentale cosmologique*,  
« la *loi de substance*; le fait de l'avoir découverte et  
« définitivement établie est le PLUS GRAND ÉVÉNEMENT  
« DU XIX<sup>e</sup> SIÈCLE, en ce sens que toutes les autres  
« lois naturelles connues s'y subordonnent. Par le  
« terme de *loi de substance*, nous entendons à la fois  
« deux lois extrêmement générales, d'origine et d'âge  
« très différents: la plus ancienne est la *loi chimique*  
« de la « conservation de la matière », la plus récente,  
« la *loi physique* de la conservation de la force ».

Or, voici que le radium, « ce grand révolutionnaire des temps présents » (H. POINCARÉ) et les suggestives recherches (non prévues par Hæckel) qu'il a suscitées, prétendent nous dire que « la matière, jadis « considérée comme indestructible, s'évanouit lente-

« ment par la dissociation des éléments qui la composent. » (GUSTAVE LE BON.) Voici que la loi de la conservation de l'énergie elle-même est mise en doute, d'après le même ordre de phénomènes, par Poincaré, Gustave Le Bon, Sabatier, B. Brunhes, etc.

Et voici qu'en outre, un caractère physiologique animal, la vue, qui repose, certes, au premier chef, sur des processus matériels, tend à montrer, par un accident de milieu, la différence absolue entre la *matière*, qui LAISSE supprimer l'œil pour un temps, et la *force* qui VEUT le ressusciter, dès que l'accidentelle ambiance a pris fin. Comment donc, en ces conditions, Hæckel et ses sectateurs pourront-ils soutenir que la vie (et *a fortiori* l'intelligence) ne sont que des propriétés de la matière, perfectionnée par l'évolution? Puisque, au contraire, quand la matière est atrophiée par une évolution négative, cette atrophie n'atteint point l'énergie vitale, qui préserve sa faculté de restaurer (dès que l'évolution positive lui est de nouveau permise) des caractères que la seule matière l'a *provisoirement* empêchée de continuer<sup>1</sup>. Devant l'adaptation qui altère la substance, l'hérédité fait semblant de fléchir, mais, au fond, elle ne cède pas; et, outrepassant les morts individuelles, elle n'attend que l'occasion propice pour sortir de sa léthargie, ressusciter les facultés dont elle réservait l'essence, et affirmer ainsi à nouveau sa supériorité manifeste et son indépendance absolue.

Certes, il ne m'appartient pas, — et j'estime d'ail-

1. Darwin, Hæckel, Bergson (ce dernier sans avoir pris la faune souterraine en considération), etc., ont tous été frappés de l'intérêt spécial de l'œil pour la philosophie biologique. Darwin dit en propres termes : « La pensée que la sélection naturelle a pu former un organe aussi parfait que l'œil est de nature à faire reculer le plus hardi. » Et encore : « La réapparition des caractères après des centaines de générations est très surprenante; elle dénote que le caractère se trouvait à l'état latent; elle se développe sous l'influence de conditions favorables. *dont nous ignorons la nature!* »

leurs qu'il n'en est pas temps encore<sup>1</sup>, — de prendre un parti définitif entre les spiritualistes religieux et les matérialistes scientifiques; les deux camps et leurs extrêmes théories me paraissent également écartés de la vérité philosophique.

Mais sur le terrain que nous offrent des constatations, qui sont plus qu'une hypothèse, ou tout au moins une hypothèse solidement basée sur des faits déjà précis d'observation, j'ose aller plus loin : et je prétends (sans me retrancher derrière « un pouvoir insaisissable dont la puissance dispense de chercher des explications », GUSTAVE LE BON), que le principe, « essence ou force vitale », capable de conserver et de transmettre, par l'atavisme, certaines de ses aptitudes, à travers et même *malgré* l'individu, est la *force qui se sert du milieu pour conduire l'évolution*. C'est elle qui explique et provoque le *progrès continu* des êtres, depuis l'apparition sur la terre des premiers rudiments de vie et d'hérédité.

Au fur et à mesure que l'ambiance s'est modifiée, ce principe de la force vitale, de l'influence ancestrale (quel que soit le nom qu'il plaise lui donner) l'a dominée et maniée à son profit, en se transformant lui-même dans une marche toujours ascendante (et sauf les échecs de détail qui ont été la suppression locale des espèces éteintes). C'est ainsi que l'être s'est progressivement haussé du trilobite (ou même de plus bas) à l'homme, par le double effet de sa résistance aux mauvaises conditions et de sa faculté à tirer parti, profit et progrès des bonnes, selon ce qu'on pourrait appeler une véritable loi *d'évolution bénéficiaire*; mais aux dépens, cela va sans dire, des nombreuses victimes de la *lutte pour la vie*, qui demeure un axiôme fondamental et qui sacrifie les *moins aptes*.

1. Principalement à cause des problèmes jusqu'ici non résolus du *rêve*, du *sommeil*, de la *folie*, de la *suggestion hypnotique*, de l'*anesthésie* (chloroforme), du *somnambulisme*, etc.

Et alors, où s'arrêtera l'ascension de cette incoercible force? Est-ce bien à l'homme qu'elle est limitée? Et même, si notre terre évolue vers une autre ambiance que celle où nous sommes actuellement plongés, pourquoi ce principe toujours progressif n'évoluerait-il pas, lui aussi, dans un milieu futur, comme il l'a fait pour le milieu passé, sous une forme de plus en plus élevée, qu'il ne nous est pas permis de prévoir à travers un trop hypothétique idéal<sup>1</sup>?

En définitive et de quelque manière que l'on observe, que l'on raisonne et que l'on discute, tout aboutit à ces deux constatations formelles : 1° influence *certaine* du milieu, positive ou négative selon qu'il est favorable ou défavorable ; 2° supériorité et réaction de l'hérédité, de l'influence ancestrale, de l'atavisme, de la force vitale, de l'essence originelle, etc., etc., par rapport à ce milieu, dont elle s'applique toujours à tirer profit, ce qui assure le croissant progrès des êtres, de par la *loi d'évolution bénéficiaire*<sup>2</sup>.

1. L'école *biométrique* de M. Johannssen a dernièrement formulé sur l'hérédité l'idée (dont je suis absolu partisan), que le progrès n'est pas limité et qu'il s'accroîtra indéfiniment (mais De Vries croit encore à un perfectionnement limité).

2. Il serait trop long de montrer comment la distinction, si subtile et si discutée, entre les caractères *acquis* et les caractères *héréditaires* perd ainsi tout intérêt.

## CHAPITRE XIV

### La préhistoire. — L'homme tertiaire. Les éolithes.

Fantaisies de la préhistoire. — Boucher de Perthes. — Classification de Mortillet. — L'homme tertiaire : aucun ossement connu. — Silex taillés *dits* tertiaires : Thenay, Otta, Puy-Courny, etc. — Controverses et indécisions. — Probabilité de l'homme tertiaire. Le *Pithecanthropus erectus* de Java. — Conclusions prématurées de Hæckel. — Les éolithes. — Classifications de Rutot. — L'objection des morpholithes. — Désaccord universel. — Nécessité d'un prélude aux *amandes* chelléennes. — Le singe et l'homme. — Réserve à observer. — Les classifications en préhistoire.

« Douter de tout ou tout croire, ce sont deux solutions également commodes, qui l'une et l'autre nous dispensent de réfléchir. »

(H. POINCARÉ, *Science et Hypothèse.*)

C'est dans les cavernes surtout qu'on a jusqu'ici trouvé les plus anciens ossements, indiscutables et incontestés, de l'homme.

L'étude spéciale de ce sujet a pris le nom de *préhistoire* ; recherchant les anciennes évolutions de l'homme, elle devrait constituer une des plus sérieuses et des plus importantes branches de la science générale.

Malheureusement elle s'est trouvée trop aisément accessible à tout le monde, trop à portée des plus irréfléchis amateurs, qui lui ont fait le plus grand tort, par un abus de fouilles trop souvent désordonnées, d'explications à outrance, de théories fantaisistes parfois inexcusables.

Le réel fondateur de la préhistoire fut (de 1836 à 1859) Boucher de Perthes (1788-1868), d'Abbeville, qui sut trouver à Saint-Acheul (Somme) des outils de silex *quaternaires* travaillés par l'homme.

Édouard Lartet, dès 1861, avait distingué, dans ces silex, les types de Saint-Acheul, du Moustier, de Laugerie-Haute (Solutréen) et des Eyzies (Magdalénien), dont Gabriel de Mortillet faisait bientôt les types cheléen, acheuléen, moustérien, solutréen et magdalénien, fond de toutes les classifications ultérieures.

En 1865, John Lubbock proposa, pour l'ensemble du préhistorique, la grande division générale du *paléolithique* (ou archéolithique), pierre ancienne ou taillée (comprenant les subdivisions quaternaires ci-dessus), et du *néolithique* (pierre nouvelle ou polie) appartenant à l'époque actuelle.

La question de l'existence d'un homme *tertiaire* fut soulevée, dès 1863. (Desnoyers, Saint-Prest, Eure.)

Bien qu'on n'en ait recueilli aucun ossement, G. de Mortillet a toujours conclu formellement à l'existence « dans les temps tertiaires d'êtres assez intelligents pour faire du feu, tailler des silex ou des quartzites » ; il a créé ainsi une période *éolithique* (ἔω-λίθος, origine ou aurore de la pierre). Il attribuait le rudiment de travail des *éolithes* à un intermédiaire (anthropopithèque) entre les singes anthropoïdes actuels et l'homme. Presque en tous pays on a signalé des soi-disant silex travaillés tertiaires.

Les plus *compétentes autorités* les discutent toujours dans un absolu désaccord, souvent empreint de la plus regrettable acrimonie.

Mais deux questions dominent toute la controverse :

1° Existe-t-il, comme antérieur aux plus anciens ossements humains jusqu'ici recueillis, un intermédiaire précurseur ou anthropoïde, qui rattache notre espèce au singe selon les vues de Huxley, Darwin, K. Vogt, D. Muller, Haeckel, etc.

2° Les éolithes sont-ils vraiment les premiers outils (intentionnels, utilisés ou même retouchés) dont cet être se soit servi ?

Le principal argument en faveur de la liaison entre l'homme et le singe est maintenant le fameux *Pithecanthropus erectus* de Java, découvert en 1891 par le médecin hollandais Eugène Dubois, qui l'a décrit en 1894; ce n'est pas un squelette entier, mais simplement quatre débris : calotte crânienne, un fémur, une troisième molaire et une autre molaire (trouvée plus tard), épars (et non juxtaposés, le fémur à 15 mètres du crâne) dans un conglomérat volcanique jugé pliocène.

Le crâne accusait une capacité de 850 à 900 centimètres cubes, plus grande que celle du gorille (550) et de l'orang-outang (600 au maximum), plus faible que celle de la race humaine la plus arriérée (Tasmaniens, 1020 à 1100 centimètres cubes au minimum) et que la moyenne 1300 à 1600.

Les dents étaient simiesques, mais la forme humaine du fémur dénonçait la marche debout. Une énorme excroissance pathologique se voit à sa partie supérieure, résultat sans doute d'un heurt violent.

Bien entendu, les transformistes conclurent sans coup férir au comblement de la lacune, qui les gênait tant entre l'homme et le singe. Leurs adversaires contestèrent l'âge du gisement, et invoquèrent surtout la disjonction des ossements, prétendant qu'ils ne provenaient pas du même individu.

Les plus ardentes polémiques n'ont rien appris de plus, car, depuis treize ans, le D<sup>r</sup> Dubois n'a pas encore étudié ni même déballé, paraît-il, les innombrables produits de ses recherches, remplissant des caisses encombrantes dans les hangars des musées de Java et d'Amsterdam. Renferment-elles d'autres ossements de *Pithecanthropus erectus* ?

Des missions scientifiques chargées d'étudier la

question n'ont rien porté de neuf à notre connaissance.

Naturellement Hæckel (l'inventeur de *l'homo alalus* pliocène, ou homme-singe privé de la parole) a affirmé

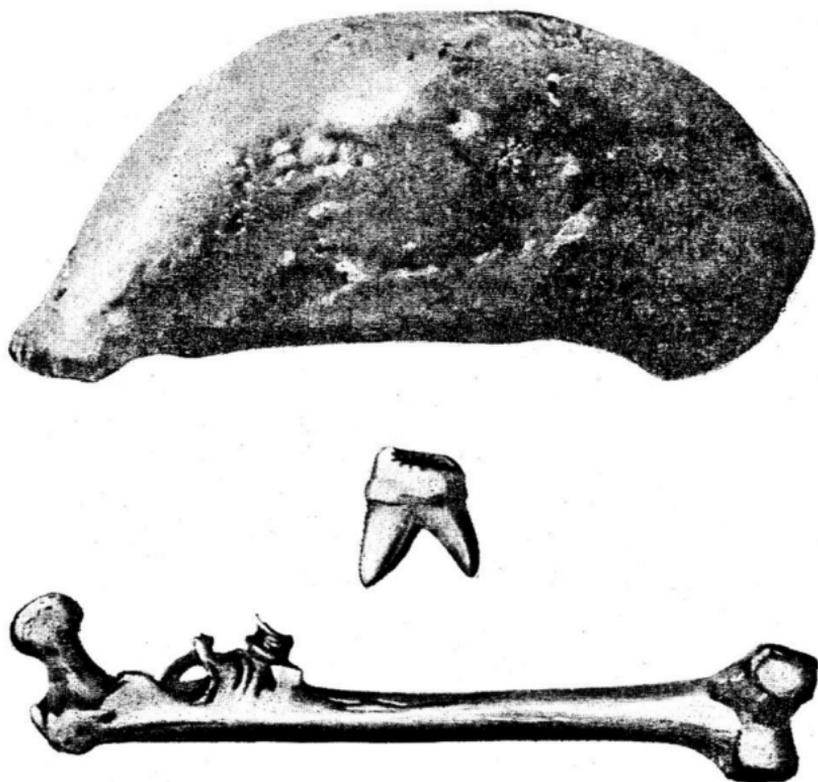


Fig. 60. — Restes du *Pithecanthropus erectus* (d'après le Dr Eug. Dubois).

que l'homme pithécoïde fossile de Dubois remplit l'anneau manquant (*missing link* de Huxley) de l'homme au singe<sup>1</sup>.

1. On avait essayé de baser sur le volume et le poids du cerveau l'échelle intellectuelle suivante : Orang, Australien, Nègre, Européen, mais d'autres recherches ont fait prétendre que le poids relatif du cerveau n'a pas toute l'importance qu'on lui attribue. (V. L. Lopicque, *C. R. Ac. d. Sc.*, 24 juin 1907.)

D'autre part, à propos des mutations de De Vries, Blaringhem a

Mais le savant professeur d'Iéna va, je crois, trop vite en besogne et triomphe trop tôt : un fragment de crâne, un fémur malade et bizarre, et deux dents sont trop peu de chose pour clore un aussi grave débat.

Cependant, il est au moins piquant que ces troublants restes aient été précisément découverts dans l'archipel malais, où beaucoup de savants suggèrent la recherche du berceau de l'humanité.

Quant à l'argument négatif tiré de l'écartement de 15 mètres entre les fragments du *Pithecanthropus*, il est permis de répondre que les dissociations sont quelquefois bien plus amples dans les trouvailles.

Ainsi en 1904 l'abbé Parat retrouva à Arcy-sur-Cure la vertèbre axis de cet homme d'Arcy, dont la vertèbre atlas et une portion de mâchoire avaient été recueillies au même lieu, en mai 1860 à une certaine distance par le marquis de Vibraye.

En réalité, si on ne saurait laisser dire que Dubois ait trouvé le squelette d'un homme singe, il importe de rappeler que, pour Linné, un singe à démarche droite est un homme, même s'il ne parle pas ; ainsi le le *Pithecanthropus erectus* pourrait être un humain vivant en Malaisie à la fin du tertiaire : le crâne le place entre l'Australien et le gorille, plus près de ce dernier que de l'*homo-sapiens*. Il est possible, il est probable, il n'est pas prouvé que le *Pithecanthropus erectus* représente l'anneau manquant.

Quant aux éolithes, toute une école de sérieux préhistoriens, guidés par le D<sup>r</sup> Krause, Prestwich, Rutot, Klaatsch, a affirmé y voir en de nombreux pays des

essayé de prouver que des traumatismes ont pu provoquer la variation brusque vers une nouvelle espèce (V. p. 229).

Si hardi que cela soit, me laissera-t-on poser seulement, sans commentaires, la question suivante : le fémur attribué au *Pithecanthropus* de Java est affecté d'une exostose formidable ; serait-ce ce traumatisme, qui aurait imposé à cet être énigmatique une modification dans sa démarche, et fait passer *accidentellement* de l'allure de quadrumane à celle de bipède ?

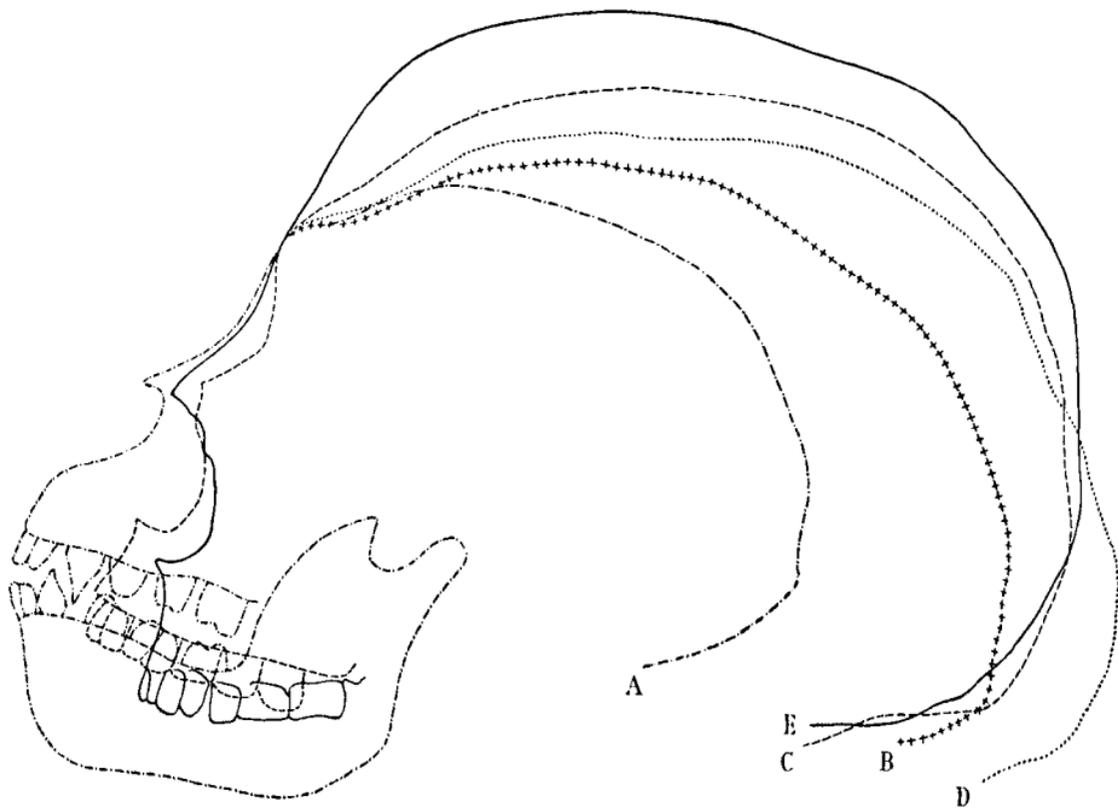


Fig. 61. — Profils de crânes : A. Jeune gorille. — B. *Pithecanthropus erectus*.  
 C. Australien. — D. Homme de Spy. — E. Européen.

outils, non pas éclatés au feu, mais « dérivant uniquement de rognons ou d'éclats naturels, directement utilisés à la percussion ou au raclage, avec retouches sommaires d'accommodation pour la préhension facile, et retouches successives d'utilisation s'il y avait lieu, c'est-à-dire, si l'outil était destiné à servir plusieurs fois de suite, grâce au ravivage des arêtes émoussées par l'usage ». (Rutot.)

A Strépy (Belgique), Rutot constate une formelle transition à la taille intentionnelle du paléolithique.

Dans les éolithes il distingue cinq types *précis* d'instruments : *percuteurs, couteaux, racloirs, grattoirs, poinçons* ou *perçoirs*, plus des *bâtonnets-retouchoirs*, antéstrépyiens et néolithiques, absents au paléolithique !

Sur ma demande, il a eu l'extrême amabilité de m'adresser des spécimens d'éolithes. J'ai bien cru y voir quelques coches ou pointes même, qui sont, *peut-être*, autre chose que des accidents ; mais, sans énoncer qu'*il n'y a rien*, je ne puis me déclarer convaincu. Ce qui embrouille singulièrement la question, c'est que M. Rutot professe maintenant la prolongation des *cinq* types fixes d'outils éolithiques à travers tous les âges de la pierre, jusqu'au début des âges du métal, et même entre les mains des Tasmaniens dans la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle. Il leur retire toute signification chronologique et résout le problème de l'âge relatif en le supprimant ! En fait nul critérium ne distingue les éolithes des différents âges, quand ils ne sont pas accompagnés de fossiles, *ce qui est le cas de presque tous les éolithes donnés jusqu'à présent comme tertiaires ?*

Dès 1887, Delvaux proposait la création du Mesvinien sous le Chelléen ; Rutot y ajoute le Reutélien plus ancien encore, et déclare que « le seul caractère qui différencie l'industrie éolithique du paléolithique et du néolithique, est que la première ne renferme aucun instrument intentionnellement taillé, alors qu'elle pos-

sède le fonds commun des outils non taillés de tous les âges de la pierre ». Ainsi, selon Rutot, l'éolithe, avant les belles amandes *taillées* chelléennes, était le *seul* outil, tandis que, depuis, il est devenu l'accessoire, le compagnon grossier et commun de tous les autres *instruments* soignés !

Il importe d'observer d'ailleurs que, dans l'esprit des partisans des éolithes, ce terme n'est pas du tout synonyme de tertiaire ; d'après eux, le Reutélien, le Mafflien, le Mesvinien, sont plutôt la base, l'aurore même du quaternaire ; et ils impliquent une sérieuse révision des limites du tertiaire et du quaternaire, où il est souvent très difficile de distinguer une assise pliocène d'une quaternaire.

Pour réfuter les éolithes, on en a fait des *morpholithes*, c'est-à-dire qu'on a attribué leur production aux effets accidentels des changements de température, de l'eau, des torrents, des glaciers, des courants de lave, des pressions, même des retouches *animales*.

Les silex taillés paléolithiques sont caractérisés en général par une saillie bombant une de leurs faces, *bulbe* ou *conchoïde de percussion* ; quoique tenu pour distinctif du choc volontaire et humain, il s'est rencontré, de même que des soi-disant *retouches*, sur des silex simplement éclatés par la gelée !!

M. Boule, en 1905, a déclaré formellement qu'il trouvait la preuve de l'origine naturelle des éolithes dans les rognons de silex (en tout pareils aux éolithes), sortant des cuves de la fabrique de ciment de Guerville, près Mantes (Seine-et-Oise). Partagée par MM. Cartailhac, Laville, Obermaier, cette opinion a suscité un débat plus qu'aigu que je me borne à signaler. Et le congrès de Monaco (1906) n'a fait qu'accentuer le désarroi.

M. de Lapparent rejette et les éolithes et l'homme tertiaire lui-même.

A mon avis, en somme, la prudence scientifique

permet de dire, tout au moins, que la *preuve éolithique*, n'est pas encore fournie, et que le scepticisme de beaucoup de géologues demeure, quant à présent, justifié. Ainsi, la question reste entière.

Car la négation absolue me paraît aussi prématurée que l'affirmation trop hâtive. Tout le monde, en effet, est à peu près d'accord pour reconnaître que les silex dits *chelléens* (v. ci-après), les plus anciens authentiquement recueillis, reconnus et incontestables, témoignent déjà d'une intelligence, d'une culture, d'une habileté fort avancées : elles ont su tailler l'outil *en vue des besoins* qu'on le destinait à satisfaire. Il y a là non seulement une intention, mais encore la réalisation de cette intention, tandis que, dans les éolithes, sauf les *indécises* retouches sur lesquelles on discute tant, le témoignage matériel de la manifestation humaine manque en fait intégralement. Cependant, à moins d'en revenir aux idées, caduques, de la création spécifique, on est bien contraint d'admettre que *quelque chose* de préparatoire a conduit à la *fabrication industrielle* des instruments chelléens, et que cette préparation a requis un certain temps. La succession suivante rentre dans les plus raisonnables des possibilités.

Un haut singe tertiaire (sans date) s'est trouvé amené, pour cueillir des fruits, à se dresser sur ses membres postérieurs, voire à manier une branche cassée comme canne ou gourdin ; puis, à cet anthropithèque ou *pithecanthropus* sont venues, *peut-être*, la compréhension du choc des cailloux, la notion de leur force contondante et la *mise en main* de cette force ; enfin, un autre précurseur, qu'on appellera au choix *homo primigenius*, ou le préhomme, ou un véritable homme tertiaire, aura distingué la dureté tranchante du silex (et, qui sait, l'étincelle de ses heurts, faisant inventer le feu), et imaginé les sommaires retouches rendant l'utilisation naturelle plus efficace.

Enfin, l'amande chelléenne à grands éclats, souvent si soignée, n'a été que le premier aboutissant, déjà très perfectionné, de ces étapes préliminaires.

En fait, la très grande majorité des géologues, anthropologistes et archéologues considèrent que nous ne possédons nulle trace matérielle de l'existence de l'homme tertiaire, pourvu de *la marche debout*, d'un *cerveau développé* et de *la parole* !

Mais la présomption en est singulièrement renforcée par le triomphe de la doctrine évolutioniste.

Et, si l'on a abandonné à peu près généralement les silex intentionnellement *étonnés au feu* (selon l'abbé Bourgeois, 1867) de Thenay (Loir-et-Cher), les éolithes miocènes du Tage et d'Otta (Portugal), du Cantal (Puy-Courny, Puy-Boudieu), et d'Angleterre, — pliocènes de Belgique, Angleterre, France, Égypte, etc., rallient beaucoup de suffrages !

Ce qui ne me paraît pas admissible, c'est que chaque spécialité distincte se croie le droit de résoudre de tels problèmes à elle seule : selon M. Boule, la stratigraphie et la paléontologie doivent primer l'ethnographie ; l'abbé Breuil demeure sceptique sur le parti que le préhistorien peut tirer des observations hydrologiques et géologiques. Puis, l'archéologue et l'ethnographe nous diront que, seuls, le style des dessins et la forme des outils, les mœurs présumées, seront les meilleurs points de repère. Enfin, l'anthropologue ajoutera que les mensurations crâniométriques ou osseuses sont les véritables critères. Avec un tel parti pris d'anti-synthèse, on n'atteint qu'à l'incertitude et à l'incohérence, où conduit fatalement l'exclusivisme du point de vue personnel.

Aujourd'hui, selon que l'on a pris pour plate-forme telle ou telle science, on est parvenu à des multiplicités de classifications entre lesquelles le choix est impossible. (V. le *Manuel* publié en 1906 par la Société préhistorique de France.)

## CHAPITRE XV

### L'Homme paléolithique.

Absence de synchronisme en préhistoire. — Le centre civilisé des Eyzies et de la Vézère : Acheuléen ; — Le Moustier ; — Laugerie-Haute (Solutré) ; — La Madeleine (Laugerie-Basse). — Déterminisme de l'évolution troglodytique : les changements de climats. — Périodes glaciaires : désaccord sur leur nombre. — Faune chaude (ancienne), et faune froide (plus récente) : leurs mélanges. — Le renne. — Causes et effets des migrations. Inanité absolue des évaluations chronologiques. — Avance de l'Orient sur l'Occident. — Principaux ossements humains quaternaires. — Néanderthal, Spy, Krapina, Taubach, etc. — Canibales muets et rayons Röntgen ! — La race de Cro-Magnon. — L'homme fossile d'Émile Rivière à Menton (1872). — Les nouvelles fouilles des Baoussé-Roussé : 16 squelettes quaternaires. — Les négroïdes de Grimaldi. — Oscillations de la Méditerranée. — La plate-forme des pachydermes. — Point culminant des discussions : l'homme de Grimaldi ancêtre des Vézériens (Verneau) ; les Vézériens souche des hommes de Menton (Rutot) ! — Confusion due à la multiplication des périodes glaciaires.

« La façon dont ces questions subtiles (pour l'étude desquelles des savants éminents ont déployé des merveilles d'ingéniosité) sont souvent abordées par les fouilleurs de rencontre les plus inexpérimentés, rend les résultats, soi-disant acquis, parfois des plus suspects. »

LAUNAY, *Histoire de la Terre.*)

L'idée de Lartet et de G. de Mortillet, d'édifier une classification méthodique sur les différences de formes des instruments de silex, et celle de Salmon et Boule de les combiner avec les modifications de la faune et du climat, ont conduit en somme à la succession

paléolithique suivante : *Chelléen* (silex en coup de poing, amande ou langue de chat), *Acheuléen* (idem, transitionnel), *Moustérien* (taillés sur une seule face), *Solutréen* (en feuilles de saule ou de laurier, avec crans, etc.), *Magdalénien* (instruments d'os et de bois, déchéance du silex). De Mortillet lui-même ne croyait cette classification exacte que pour la Gaule et l'Angleterre, et ne lui attribuait nullement l'universalité ni la succession régulière, qu'on a exagérées après lui.

La valeur toute régionale, locale même, de ces divisions et de leurs multiples subdivisions est prouvée par ce fait seul, qu'au xx<sup>e</sup> siècle il existe encore des tribus sauvages, qui n'ont pas d'autres armes que des haches ou flèches en pierre polie, et des couteaux en silex taillés.

On a abusé réellement du synchronisme. Il est évident que, sous l'influence d'une activité naturelle et d'une intelligence plus ou moins vives, de conditions d'existence plus ou moins aisées, d'éléments climatiques plus ou moins favorables, de la diversité des matériaux, du maintien plus ou moins prolongé de telles ou telles espèces animales, et avant tout de l'isolement géographique, etc., le développement de la *culture* humaine a certainement marché à des allures inégales dans les diverses régions de la terre. — Les unes ont avancé sur les autres et les termes classificateurs usités jusqu'à présent n'ont rien d'absolu d'un espace à l'autre, en un même temps donné.

On multiplierait à volonté ces avances de plusieurs siècles de certains peuples par rapport à d'autres; la belle civilisation de l'âge du fer d'Hallstadt (Autriche) est presque historique, vers 600-400 avant J.-C. selon Hørnes. A cette date, de combien l'Égypte, l'Assyrie et même la Grèce la surpassent-elle?

Hørnes encore admet que le néolithique européen est en partie contemporain des plus anciens âges méridionaux du métal.

Ce qui a fait le succès de la classification actuelle, c'est qu'on en a rencontré la superposition (l'évolution complète) précisément dans la région du monde, où les fouilles préhistoriques ont été jusqu'ici les plus fructueuses. Mais il faut reconnaître que cette région est fort limitée. Ce sont, autour des Eyzies, les bords de la Vézère, en Dordogne où, depuis 1865, les fouilles<sup>1</sup> ont révélé la succession complète des industries successives du *Chelléen* (grottes de l'église de Guilhelm, de la Micoque), du *Moustérien* (le Moustier), de *Solutré*<sup>2</sup> (gisement de Saône-et-Loire), dont on retrouve les similaires vézériens à Laugerie-Haute, et même dans le Lot à Lacave, du *Magdalénien* (La Madeleine, Laugerie-Haute, etc.).

Il ne s'ensuit nullement qu'on doive donner à cette classification un rayonnement général ; ni surtout qu'on doive considérer les Eyzies, ainsi qu'on n'a pas craint de le proposer, comme un centre religieux, attirant de lointaines peuplades, ou comme le berceau de plusieurs races préhistoriques. Ce qui est vrai, c'est que les alentours, si attractivement pittoresques, de cette localité ont dû exercer une séduction particulière sur des peuplades primitives, et favoriser leur

1. V. ÉDOUARD LARTET et HENRY CHRISTY, *Reliquiæ Aquitanicæ*, 2 vol. in-4° et 83 pl. publiés par T. R. JONES, à Londres, 1865-1875 ; — PAUL GIROD et ÉLIE MASSÉNAT, *les Stations de l'âge du Renne dans les vallées de la Vézère et de la Corrèze*, in-4°, 2 vol., Paris, J.-B. Baillière, 1900 et 1906. (Monographie de Laugerie-Basse, Magdalénien typique ; Laugerie-Haute, solutréen, etc.). — ED. PIETTE, *l'Art pendant l'âge du Renne*, in-folio, Paris, Masson, 1907.

Ces trois ouvrages sont *fondamentaux* et *originaux* à la fois.

2. Entre les niveaux du Moustier et de Solutré, Lartet avait introduit un *Aurignacien*, d'après la grotte d'Aurignac, trouvée en 1842, et perdue en somme pour la science (ses 17 squelettes ayant été enfouis dans la fosse commune du cimetière). M. d'Ault du Mesnil en a fait le *Menchecourien* dans la Somme, et l'abbé Breuil l'appelle maintenant le *pré-solutréen*. Pour beaucoup d'auteurs, le *Solutréen* n'est qu'une variété du *Magdalénien*, notamment dans le Lot.

évolution générale par les conditions biologiques, exceptionnellement favorables (altitude, climat, abris naturels, forêts à chasses, rivières à pêches, etc.) de leur *milieu*.

A quoi tient la différence de ces industries, la superposition de ces civilisations (que nous retrouverons aussi ailleurs), en un mot quel est le *déterminisme de l'évolution troglodytique*. Les modifications de climat sont, en général, envisagées comme une cause du changement de ses caractères. D'après les soi-disant quatre époques glaciaires des professeurs Penck et Brückner, on a tenté de classer les successions de plusieurs races humaines.

Mais, comme l'appréciation du nombre des périodes glaciaires varie, selon les auteurs et selon les pays, de 1 à 6 et comme, selon mes observations personnelles, on paraît avoir pris, trop souvent, pour des *témoins* de l'action glaciaire, de simples effets de l'érosion torrentielle, je renonce à résumer ici ce sujet, un des plus embrouillés et des plus vagues, où se dispute la science moderne.

Il en est de même des mélanges de faunes dans les cavernes, où les contradictions et les faits déroutants aboutissent à de vrais logoglyphes. (V. p. 236.)

L'animal le plus important peut-être des temps dits paléolithiques, le *renne* (*Tarandus rangifer*) aurait regagné le Nord à la fin du réchauffement magdalénien; mais peut-être pas définitivement, selon Klaatsch, qui pense que le *tarandien* des Français a pu se prolonger jusqu'au néolithique. Les Lapons actuels, exhibés aux touristes de Tromsøë, montrent à *peu près* ce que durent être les chasseurs de rennes du Périgord. Mais ce n'est nullement une raison pour qu'ils en soient les descendants, comme le prétend Boyd-Dawkins depuis 1866.

Le chamois et le bouquetin vivaient alors dans l'Europe occidentale, où ils ne demeurent plus que

près des glaciers, et les peintures des cavernes montrent aussi l'antilope *Saïga* des steppes russes actuelles.

César dit des Germains qu'ils se couvrent de *peaux de rennes*. S. Reinach croit même qu'en Allemagne centrale le renne a atteint l'époque historique, et il fait toutes réserves quant à sa domestication.

Quant au bison, très gros problème à lui seul, j'en parlerai à propos des peintures des cavernes.

Bref, les changements de climats, et par conséquent de milieu, les altérations physiologiques qu'ils entraînent, peuvent mettre en fuite ou éteindre sur place certains types ; il en est de même des migrations, quand ces types s'y résignent, parce que les croisements avec des espèces différentes conduisent à la fixation de caractères nouveaux, voire à la disparition de types primitifs.

« Les faits paléontologiques montrent des alternatives de température, mais la science actuelle me paraît encore impuissante à les expliquer et, jusqu'à nouvel ordre, elle doit se résigner à prononcer ce terrible *je ne sais pas* qui coûte tant à notre orgueil » (de Quatrefages, 1886).

C'est un terrain sans assiette que celui où l'on s'engage, quand on prétend supputer en années la longueur probable des âges préhistoriques<sup>1</sup>.

On voit que, si la période du renne d'Auvergne et des Pyrénées n'est close que depuis cinq à dix mille ans, et surtout si le renne existait encore en Germanie il y a moins de deux mille ans (César), il a été sûrement contemporain d'une civilisation déjà fort avancée

1. G. DE MORTILLET (*le Préhistorique*, 1885 et 1900), donnait du Chelléen au Magdalénien 220,000 ans.

Pour Rutot (1904) l'éolithique (Reutélien, Mafflien, Mesvinien seulement) a 50,000 ans, le paléolithique 89,000 ans ; le néolithique a commencé il y a 9 ou 10,000 ans.

Au Schweizersbild (Suisse) Nuesch parle de 24 à 29,000 ans (paléolithique compris). Krause accorde 500,000 ans aux trois périodes glaciaires et limite à 4,000 ans seulement l'âge des mé-

de la Babylonie et de l'Égypte, où l'on attribue formellement cinq à dix mille ans à certains objets.

Pendant l'hiver 1906-1907, M. J.-E. Gautier a trouvé à Suze une statue d'albâtre, que M. de Morgan identifie, d'après le texte qu'elle porte, au roi Manichousou, et croit vieille de six mille ans, « le plus ancien témoin artistique de l'Asie ».

Le professeur E.-J. Banks (Université de Chicago) affirme que ses fouilles dans le centre de la Babylonie viennent de lui faire reconnaître, à Bismya, les débris de la plus vieille cité du monde : un fragment de vase de stéatite bleue, avec figures humaines gravées et inscriptions d'ivoire et pierres précieuses, serait de quatre mille cinq cents ans av. J.-C.

L'*Allgemeine Weltgeschichte* date d'environ 5650, av. J.-C., Menès, le premier roi d'Égypte.

Avec plus de prudence, Maspéro qualifie Menès de fabuleux et pense qu'en Égypte « l'histoire réelle des premiers siècles échappe à nos recherches ». Comme date, il met un point d'interrogation à 4100-4076 pour Snoufrou (Soris de Manéthon) et 4075-4052 pour Khoufouï (Chéops). D'après les listes de Manéthon on arrive pour Ménès à près de 4900 av. J.-C.

Pour la Chaldée, bien des dynasties ont précédé le Naramsin, de 3750 av. J.-C. Les résultats des fouilles de M. de Sarzec à Tello ont fait reculer jusqu'à 4200-4500 les dates des princes Haldou et Our-Nina.

Il en résulte que des monuments de 6000 ans, la grande pyramide (moins ancienne que le grand sphinx Harmakhis, *déjà si expressif*) et les sculptures de Tello

taux. D'autres placent les grandes extensions glaciaires entre 240,000 et 850,000 ans.

Le Dr Capitan, l'abbé Breuil, Cartailhac ramènent de 8,000 à 15,000 ans les peintures des cavernes des Pyrénées.

Boule évalue la durée de la période du renne à environ 10,000 ans, et la croit vieille d'au moins 5,000 à 10,000 ans.

M. Ph. Glangeaud donne au moins 50,000 ans au Bison et au Mammouth du pléistocène supérieur, etc., etc.

(au Louvre) témoignent d'une civilisation et d'un art fort raffinés en Orient; alors que la Suisse et la France en étaient à peine aux stations lacustres ou palafittes (dont on évalue le début de 2000 à 3000 ans av. J.-C.), puisque les plus anciennes annales historiques d'Europe n'ont que de 2000 à 2500 ans. L'avance historique de l'Orient sur l'Occident est donc, pour l'Eurasie (ou ancien monde), tout au moins, indéniable.

Mais combien a-t-il fallu de siècles préparatoires pour arriver à l'éclosion monumentale de Chéops et sculpturale de Goudéa? C'est la *protohistoire* d'Égypte qui nous renseignerait là-dessus; nous en ignorons à peu près tout. On prétend seulement que le nombre  $\pi$  a été employé lors de la construction de la pyramide: quelle quantité de générations d'hommes s'est succédé, pour s'élever de l'*éolithe* (?) brut à la notion du rapport incommensurable d'une circonférence à son diamètre, et cela 38 siècles avant Archimède!

Ces considérations aboutissent à penser que l'avance de l'Orient a existé pour la préhistoire comme pour l'histoire.

Alors que deviennent les synchronismes, dont jouent les paethnologues, quand ils transportent en Syrie, en Égypte, au Transvaal, le Moustérien?

Est-il donc permis de dire, pour le Magdalénien des Eyzies, tout au moins, qu'il est l'œuvre de l'industrie humaine à une époque « prodigieusement reculée, antérieure de longs siècles aux pyramides de l'Égypte et aux palais des rois babyloniens »? (S. Reinach).

On m'étonnera beaucoup moins, le jour où l'on annoncera que l'art magdalénien du Périgord est contemporain des premières civilisations égyptiennes. Mais alors restera-t-il *fossile*, réellement pléistocène?

Les recherches de paléontologie préhistorique ont posé aussi, tout naturellement, la question du berceau des races humaines et des origines de l'humanité.

Là, on sait que le désaccord continue à régner entre

les *polygénistes*, qui croient à la multiplicité primitive des races humaines et les *monogénistes*, qui admettent l'unité originaire de l'espèce. (V. ch. XVI.)

Il y a trente ans, de Quatrefages et le Dr Hamy, dans un monumental ouvrage (*Crania ethnica*), avaient établi six races fossiles humaines : Cannstadt et Cromagnon (dolichocéphales, voir p. 317); Furfooz, mesaticéphale; Furfooz (brachycéphale); Grenelle et La Truchère (brachycéphales).

L'âge réel et la valeur anthropologique des crânes ou ossements *fossiles*, depuis Cannstadt (Wurtemberg, 1700) et Néanderthal (Westphalie, 1856, dont les caractères archaïques, quelque peu simiesques, ont provoqué de si passionnés débats et fait créer le type Néanderthaloïde, première transition prétendue de l'homme au singe) jusqu'à Petit-Puymoyen (Charente 1907) est très controversée. Des revisions critiques sévères (parfois discutables elles-mêmes) ont rajeuni ou rendu suspects nombre de ces débris célèbres, ce qui n'a pas simplifié les points de doute.

Plus fructueuses, à cause des progrès des méthodes de fouilles, ont été les trouvailles suivantes.

En 1878, Aless. Portis annonçait à Taubach, près Weimar (Saxe), dans un tuf calcaire, la preuve de la contemporanéité de l'homme, de l'*Elephas antiquus* et du *Rhinoceros Merckii*, avec des outils primitifs en silex et porphyrite, des œufs d'oiseaux et de reptiles, et une dent d'enfant.

Pour Klaatsch, ce gisement est d'une importance unique, et fournit « les plus anciens documents de la présence humaine sur le territoire allemand ». Il y trouve les traces d'un grand établissement et les restes d'une Pompéi du vieux diluvium. Malheureusement, il y interprète déjà des cornes de cerfs comme trophées de chasse et la cavité cotyloïde d'un bassin de rhinocéros comme une coupe à boire ! Il y voit des os traités au feu, il y suppose l'emploi d'outils de

bois, l'utilisation de griffes d'ours et d'os pointus pour le travail des peaux, etc.

Comme toujours, l'*hypothétisme* germanique se laisse entraîner au delà des interprétations raisonnables des données matérielles.

Selon Rutot, Taubach ne serait que de l'Aurignacien !

En 1886, MM. Marcel de Puydt et Sohét, devant la grotte de Spy près Namur (Belgique), recueillirent, dans une couche de terrains à faune du mammoth, les débris de deux squelettes humains, écrasés par un éboulement, et dont les crânes ressemblaient étrangement à celui du Néanderthal ; tandis que, dès 1879, M. Rucquoy trouvait à l'intérieur de la grotte des silex de type chelléen.

On en a conclu à leur étroit rapport et, par suite, à l'existence d'une race humaine primitive très inférieure (taille 1<sup>m</sup>,60), malgré des oppositions réitérées.

En 1888, M. Hardy déterrait sous l'abri *Raymond*, à Chancelade, près Périgueux (Dordogne), un crâne dolichocéphale à caractères néanderthaloïdes aussi.

C'est alors qu'apparut en scène l'homme fossile de *Krapina*, trouvé (1901-1902) en Croatie, par le professeur Gorjanowic-Kramberger (d'Agram), puis plus abondamment en 1905.

La caverne de Krapina a livré le *Rhinocéros* (*tichorhinus*, selon Kramberger, *Merckii*, selon Schlosser), l'*Ursus spelæus* et le mammoth, mêlés à des ossements humains du type Néanderthal ; le tout dans des foyers, avec de grossiers silex (type St-Acheul) et quatre-vingt dents. Wahlkoff (de Munich) et Klaatsch y voient *les plus anciens ossements fossiles humains actuellement connus*.

L'un des foyers renfermait les os brûlés et brisés d'au moins dix créatures humaines. On a imaginé une scène de cannibalisme de la part d'êtres, possesseurs du feu et d'outils, race humaine inférieure spéciale, à mâchoire inférieure très large et dents excep-

tionnellement fortes, capables, a-t-on dit, de mâcher des os ! Malgré ses caractères bestiaux, le *préhomme* de Krapina avait le nez et les yeux comme l'espèce humaine actuelle, et ses canines ne ressemblaient nullement à celles des singes anthropoïdes.

Wahlkoff a comparé les mâchoires de Krapina et celles de singes à celles d'hommes modernes, par un examen aux rayons Röntgen. Il aurait constaté une différence de structure dans les tissus osseux : ceux de Krapina étaient spongieux, dépourvus de certaines fibres fines ou spicules osseux, régulièrement implantés dans les mâchoires modernes ; ces spicules auraient un rapport intime avec l'attache et le mouvement des muscles ; Wahlkoff en a déduit même qu'ils assuraient la tension musculaire nécessaire à l'articulation de la parole, et que, par conséquent, l'*Homo primigenius* de Krapina (comme les singes et l'*Homo alalus* d'Haeckel) ne savait point *parler*, mais seulement émettre des sons divers plus ou moins compréhensibles ! Le développement du menton amenant le langage articulé aurait été, selon ces vues, le degré de plus franchi par l'*Homo sapiens* <sup>1</sup>.

La capacité crânienne des hommes de Krapina a été évaluée à 1.250 centimètres cubes. (Huxley a donné 1.220 centim. cubes au crâne du Néanderthal, et 550 centim. cubes au gorille. (V. p. 292.)

1. Sans rien conclure formellement de ces suggestives déductions, il paraît intéressant d'y juxtaposer les observations suivantes, tirées de l'anatomie comparée des races humaines, si intéressante pour l'étude des races. M. E. Fischer, en examinant les parties molles de la tête chez les Papous, a reconnu les particularités remarquables du muscle peaucier, qui double la peau de la moitié antérieure du cou y adhérent. Chez le blanc, les insertions supérieures se font à la peau de la commissure des lèvres et du bas de la joue. Pour l'un des Papous étudiés, le muscle monte au contraire jusqu'à l'orbiculaire des paupières. Cette conformation est rare chez l'homme, et présente un caractère très primitif, mais elle se rencontre chez tous les Lémuriens et quelques singes.

Tels seraient les débris des plus anciens hommes connus se rapprochant de nos ancêtres animaux.

Si l'on passe à des restes plus jeunes, il faut citer les fameux squelettes de Cro-Magnon, aux Eyzies (Lartet, 1868), dénotant une forte et belle race, avec un développement intellectuel des plus avancés; si bien qu'à l'encontre de De Quatrefages, ils ont été rajeunis jusqu'au néolithique. Mais, en 1872, Massédat, Lalande et Cartailhac trouvèrent, sous un rocher de Laugerie-Basse, un homme écrasé, de type Cro-Magnon, nettement magdalénien.

Quant à la race de Furfooz, en Belgique, on l'a décidément ramenée au néolithique.

Après le Périgord et les Eyzies, les découvertes et la localité capitales, en matière d'homme préhistorique, sont aux grottes des Baoussé-Roussé (Rochers-Rouges, Balzi-Rossi), près de Menton.

Elles doivent surtout leur réputation aux longues et heureuses fouilles d'Emile Rivière<sup>1</sup> : il y trouva, dès le 26 mars 1872, le squelette entier de l'*homme fossile de Menton* (grotte du Cavillon), puis cinq autres squelettes en 1873 et 1875.

L'âge *solutréo-moustérien* attribué à ces restes humains avait été contesté par G. de Mortillet, Pigo-rini, etc., qui crurent à un *enterrement* néolithique, dans des fosses creusées à même les dépôts anciens.

De nouvelles fouilles furent entreprises en 1881-1883 par le prince Albert de Monaco, M. Julien (un septième squelette, en février 1884), J. Abbo (cinq autres squelettes, de 1892 à 1894) et le Dr Verneau.

Pour élucider définitivement les questions demeurées douteuses, le prince de Monaco y a fait exécuter, de 1895 à 1905, par le chanoine de Villeneuve et

1. RIVIÈRE (ÉMILE). *De l'Antiquité de l'Homme dans les Alpes-Maritimes*, Paris, 1878-1887, in-4°, 338 p. et 24 pl. — F. FOREL, *Notices sur les instruments en silex et les ossements trouvés en 1858 dans les grottes de Menton*, Menton, 1860.

M. Lorenzi, dans toutes les parties demeurées intactes, des fouilles conduites avec un détail et une méthode scientifiques, qui n'ont certainement jamais été appliqués dans aucune recherche précédente.

Elles ont confirmé les principales conclusions d'Émile Rivière, quant à l'âge vraiment paléolithique (puisque tout le remplissage est quaternaire, sa partie supérieure montrant traces du renne); elles les ont complétées et corrigées, bien entendu, sur nombre de points de détail, auxquels l'éminent fouilleur en 1872, ne pouvait matériellement pas songer, avec les faibles ressources de son initiative isolée et en l'état préparatoire de la préhistoire d'alors.

Il a été distingué, selon MM. Boule et Verneau<sup>1</sup>, deux séries d'habitats quaternaires d'âge très différent: d'après la faune recueillie dans la *grotte du Prince*, la série inférieure dénote un climat chaud, et la supérieure (renne) un climat froid, mais « avec continuité évidente dans la faune et les dépôts ». La première correspondrait au pléistocène inférieur, époque *Chelléenne* du silex. La seconde serait du pléistocène moyen, (d'âge moustérien) de la Vézère. Or, les silex de la couche inférieure de la grotte du Prince sont, malgré leur gisement paléontologique (dans la faune à *Elephas antiquus*) de type nettement *moustérien* et non pas chelléen. Il en résulte que le synchronisme, trop longtemps admis, entre les données paléontologiques et les données archéologiques ne se rencontre pas ici, que des différenciations locales s'imposent ou même, selon la suggestion de l'abbé

1. *Les grottes de Grimaldi (Baoussé-Roussé)*, in-4° (1906-1907), t. I, fasc. I, Historique et description par le chanoine L. DE VILLENEUVE, 1 pl. et 70 p.; — fasc. II, Géologie, par MARCELLIN BOULE, 18 fig., 14 pl. et 86 p.; — fasc. III, Paléontologie, par M. BOULE (sous presse); — tome II, fasc. I, Anthropologie, par le Dr RENÉ VERNEAU, 45 fig., 11 pl. et 212 p.; — fasc. II, Industrie, par E. CARTAILHAC (en préparation), publié aux frais du Prince de Monaco.

Béroud, que les industries chelléennes et moustériennes seraient d'une même époque.

La grotte des Enfants a fourni six squelettes humains dont les deux (d'enfants) trouvés dès 1875 par E. Rivière, les quatre autres par l'abbé de Villeneuve.

Selon le D<sup>r</sup> Verneau, ces six squelettes appartiendraient à trois niveaux et à trois types distincts. Les trois plus élevés (une femme et les deux enfants de Rivière) ne permettraient pas de conclusions suffisamment précises pour M. Verneau, mais seraient magdaléniens pour Rivière et du pléistocène supérieur pour M. Boule.

Le quatrième (masculin, taille 1<sup>m</sup>95), du pléistocène moyen, pourrait être rapporté (comme les cinq de M. Abbo à la Barma Grande) à la race vigoureuse, dite de Cro-Magnon, des chasseurs de rennes de la Vézère; ceux-ci peut-être un peu moins anciens, car M. Verneau suggère qu'ils ont pu *émigrer des bords mêmes de la Méditerranée*. Contrairement à ce qu'on a pensé jusqu'ici, ils seraient l'intermédiaire entre les blancs actuels et les négritos dont il va être question. En dessous, un squelette de vieille femme et celui d'un jeune homme (taille 1<sup>m</sup>,56) présentent des caractères *négroïdes* tout à fait inférieurs, dont M. Verneau veut faire la *race de Grimaldi* (platyrrhinie, prognathisme accusé, longs bras, etc.). M. Boule les croit sensiblement de l'âge des squelettes de Spy.

Cette race serait du pléistocène moyen, c'est-à-dire postérieure même aux hommes (non retrouvés) qui ont laissé leurs silex, *de type moustérien*, dans le pléistocène (à faune chaude) de la grotte du Prince.

La couche inférieure de la grotte des Enfants est stérile, mais pleine de coquilles marines révélant, selon M. Boule, un dépôt de plage, antérieur peut-être même au plus ancien quaternaire; ce dépôt se trouve jusqu'à 28 mètres de hauteur, ce qui témoigne des oscillations successives de la mer en cet endroit.

La race négroïde précédant celle de Cro-Magnon, et révélée par les deux squelettes inférieurs de la grotte des Enfants, ajouterait un anneau à la chaîne encore incomplète entre l'*homo-sapiens* et le pithécantrope, comme les os du Néanderthal, de Spy, et de Krapina.

Ce type de négroïde d'ailleurs s'est perpétué par atavisme, au point qu'on retrouve ses traces sporadiques, à l'époque néolithique, dans les dolmens de Bretagne, et même actuellement dans la vallée du Rhône (selon Eug. Pittard) et l'Italie septentrionale.

Donc l'intérêt des nouvelles fouilles est double : d'abord à cause de la lumière qu'elles semblent projeter sur l'homme à l'époque chaude, car la plupart des trouvailles antérieures (sauf Krapina, Taubach, Spy) se rapportent à une phase glaciaire, tandis qu'une partie des grottes de Grimaldi appartient à l'époque chaude, celle du Chelléen, où l'on n'avait jamais trouvé de squelette humain *entier*. En second lieu, par la superposition de races qui, au-dessus d'un type négroïde, montre le type de Cro-Magnon, intermédiaire entre les négroïdes et les blancs.

On a noté, en outre, que la mer devait être alors plus basse de 200 mètres et éloignée de 5 à 6 kilomètres. En avant même du littoral actuel des Baoussé-Roussé, les sondages ont révélé l'existence d'une plate-forme marine qui, émergée à l'époque plio-pléistocène, laissait aux pachydermes une large zone de parcours et de pâture ; comparée au niveau actuel et aux dépôts marins de la grotte des Enfants, cette plate-forme témoigne de la répétition des transgressions et régressions de la Méditerranée.

Ces sondages ont même montré sur cette plate-forme des thalwegs aujourd'hui sous-marins.

Ce résultat concorde bien curieusement avec les observations faites il y a longtemps par M. Issel, etc., qui a trouvé aussi, sur toute la côte italienne, des indices d'émersion aux temps préhistoriques, tandis que,

depuis l'époque historique, une submersion générale se serait manifestée et continuerait de nos jours.

Tout cela paraît bien convaincant, surtout en considération du soin apporté aux fouilles et de la logique serrée des publications; mais voici que M. Rutot conteste l'importance prépondérante donnée à la faune chaude de la caverne du Prince : elle ne serait pas, dit-il, caractéristique du quaternaire inférieur, parce que M. Penck l'a retrouvée (par suite d'une récurrence) dans un de ses interglaciaires du commencement du quaternaire supérieur, assimilable au présolutréen : cela explique la présence de silex du type *moustérien évolué*. M. Rutot énonce donc que, durant l'*Aurignacien*, des hommes de la race du Néanderthal occupaient les grottes du Nord de l'Europe Occidentale, tandis que les négroïdes de Grimaldi et les Cro-Magnon s'abritaient dans celles du Midi; il en profite pour réfuter le principe « *imaginé* de la non-conformité de l'industrie à chaque époque déterminée », et pour affirmer « que l'homogénéité des industries primitives est d'autant plus complète et plus étendue, qu'elles sont plus anciennes ».

Pour moi cette proposition de M. Rutot est un véritable *postulat*, une règle *imaginée* elle-même sans preuves formelles; car on peut lui opposer les survivances actuelles des palafittes de la Nouvelle-Guinée, et même des âges de la pierre de l'Australie; et nous connaissons trop peu de chose des âges paléolithiques extra-français, pour nous permettre de poser dès maintenant d'aussi générales règles. Pourquoi l'unification aurait-elle existé anciennement? Parce que, dit-il, le matériel primitif était à peu près le même partout; cela est insuffisant pour établir que l'évolution humaine a atteint le même degré en tous les lieux de la terre en même temps. L'ethnographie (ou ethnologie) comparée nous dit le contraire.

Même si « le paléolithique inférieur est partout

semblable à lui-même », cela indique seulement que les phases évolutives ont été les mêmes, mais nullement contemporaines d'un lieu à l'autre.

C'est, au contraire, le principe de la dissemblance « des industries anciennes à la même époque » qui a le plus de chances d'être le vrai.

Quant à l'argument *interglaciaire* de la récurrence de Penck (qui doit aussi, selon M. Rutot, expliquer les contradictions et le rajeunissement de Krapina même et de Taubach), M. Boule l'avait réfuté d'avance<sup>1</sup>; à quoi bon le retenir, puisqu'on n'est pas fixé sur le nombre des périodes glaciaires ?

Avec des objections semblables pour la caverne du Prince, M. Rutot nous dit qu'elle « a été occupée la première par des populations, qui avaient quitté le Périgord à l'époque du Moustier ». L'immigration aurait donc eu lieu de la Vézère à la Méditerranée, hypothèse exactement opposée à celle de M. Verneau. Une fois de plus on nous rejette dans le labyrinthe des contradictions inextricables ! D'où je tire personnellement cette conclusion ferme : *Nul n'en sait rien.*

Sans précipiter les solutions, il faut se borner à exposer les résultats précisément obtenus, et ne pas en clore le procès-verbal que l'avenir seul peut compléter.

Il est d'ailleurs assez inexplicable, si les hommes des Baoussé-Roussé ont émigré jusqu'en Dordogne (ou réciproquement), qu'on n'ait presque pas retrouvé de stations paléolithiques en Provence. Des recherches s'imposent sous ce rapport.

1. « Il m'est impossible de comprendre sur quelles données MM. Penck et Brückner se sont appuyés, pour placer une faune à *Elephas antiquus* et *Rhinoceros Merckii* entre le Moustérien et le Solutréen. Les observations d'ordre purement paléontologique ne peuvent s'accorder avec une trop grande multiplicité de phases glaciaires et interglaciaires. » (*Grottes de Grimaldi*, fasc. II, p. 102.)

## CHAPITRE XVI

### Le berceau de l'humanité.

D'où vient l'homme? — Stéatopygie. — Dolichocéphales et brachycéphales. — La préhistoire en Europe, Asie, Afrique, Amérique. — Progression d'Est en Ouest. — La boucle évolutive. — Stagnation des pays d'origine.

« Les rapprochements avec l'anthropologie sont particulièrement sujets à caution :  
(DE LACNAZ, *Science géologique.*)

Le *berceau de l'humanité* a été placé dans les terres polaires arctiques (asiatiques surtout), par De Quatrefages, de Saporta, etc.; sur la côte d'Azur ou les bords de la Méditerranée, par Gaudry; en Australie, par Klaastch; dans l'Asie Centrale ou la Malaisie, par quantité d'auteurs; — dans l'Arabie méridionale, par Schweinfurth; — dans l'Afrique du Sud, par Piette — ou l'Afrique Centrale, — ou enfin dans l'Afrique du Nord, par Modestow (d'après le paléolithique sicilien), etc., etc.

Les fouilles de Brassempouy ont donné à Piette, l'émérite et heureux fouilleur, émule de Lartet, Christy, Rivière, Masséna, Daleau, des statuettes en ivoire, dont il a voulu assimiler la coiffure à celles de l'Égypte ancienne; elles montrent un développement anormal du bas des reins (et autres parties du corps), que Piette a nommé *stéatopygie*. Il y a saisi un rapport avec les races du sud de l'Afrique (Boschimen, la Vénus hottentote). Mais, pour pulvériser cette hypothèse, Cartailhac a opposé que « la soi-disant

stéatopygie proviendrait de l'inhabileté de l'artiste, etc., etc. Il n'y a point là de caractère anthropologique propre à dévoiler le mouvement des races à la surface de la terre ».

En somme, il apparaît bien qu'on puisse croire, *grosso modo* au moins, à trois races paléolithiques : ancienne, Krapina (?) ou un type non connu qui répondrait au reutélien-mesvinien-chelléen (?) ; moyenne Krapina (?), Néanderthal, Spy, Grimaldi (chelléen-moustérien) ; récente, Cro-Magnon, Laugerie-Basse (solutréen-magdalénien) ; mais sans rien d'absolument parallèle entre l'anthropologie, la faune et l'industrie, et dans les limites de l'Europe centrale et de la France !

Quant à l'origine de ces paléolithiques, l'état actuel des recherches préhistoriques en dehors de la France rend toute hypothèse *absolument prématurée*.

On est dérouteré surtout par l'espèce de faillite (selon une expression courante) des caractères ostéologiques, sur lesquels on fondait jadis tant de théories.

Au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, les anthropologistes avaient, d'après le suédois Retzius (1843), pris comme l'une des principales bases de classification des races humaines la forme du crâne ; selon le rapport entre les deux diamètres (antéro-postérieur et transversal), on appelle *dolichocéphales* les crânes plutôt allongés, et *brachycéphales* (finnois) les crânes plutôt élargis. Ceux-ci, selon Retzius, étaient les plus anciens et les dolichocéphales auraient importé la civilisation des métaux, la domestication des animaux, etc. Or, les fouilles préhistoriques ont entièrement renversé la proposition ; et, depuis que Ph. Salmon a démontré l'antériorité générale des dolichocéphales, les brachycéphales sont maintenant considérés comme le propre des races supérieures : Krapina, Néanderthal, Spy, Cannstatt, les nègres au contraire, sont dolichocéphales, donc inférieurs.

Actuellement, les savants prudents demeurent embarrassés par les mélanges multiples, les récurrences modernes de dolichocéphalisme, les exceptions de crânes ronds (Mongols), presque carrés même, et autres énigmes qui maintiennent le doute. Walcher a réussi à provoquer intentionnellement les deux formes brachycéphale et dolichocéphale, en agissant sur deux jumeaux nouveau-nés : posant la tête de l'un sur un coussin mou, il a obtenu un brachycéphale ; un coussin dur lui a donné, pour l'autre, un dolichocéphale : la nature du coussin déterminait la position sur le dos ou sur le côté, et cette position réagissait sur la forme de la tête encore molle. L'expérience montre que des détails quasi accidentels peuvent contrecarrer l'influence de la race ; mais elle n'autorise pas cependant à expliquer par de semblables hasards les différences ethniques.

La platycnémie, ou aplatissement des deux faces du tibia (πλατυς large, κνημη jambe), qui devient ainsi plus mince, en forme de lame de sabre, passe en général pour caractéristique des Australiens, Weddas, etc., et des squelettes avérés de la race dite Cro-Magnon. Mais Virchow et S. Reinach n'y voient qu'un « caractère acquis et individuel ».

Elle n'existe pas chez les hommes de Spy.

La platymérie, la platyrrhinie (largeur du nez), le prognathisme (saillie des mâchoires), ont suscité aussi d'interminables discussions.

Pour la préhistoire à l'étranger, on a trouvé du paléolithique en divers pays, mais beaucoup moins qu'en France. L'Allemagne du Nord et la Scandinavie en sont privées (ou du moins il ne daterait, en Norvège, que de 4900 à 3900 av. J.-C., selon Brogger !!), sans doute parce que la période glaciaire a longtemps persisté jusqu'au 50° degré de latitude Nord.

L'Italie (selon Modestow) ne manque point de Chel-

léen ni de Moustérien, mais serait dépourvue de Magdalénien, et a livré des squelettes *néolithiques* dolichocéphales à caractères négroïdes, comme les deux squelettes inférieurs de la grotte des Enfants! Chierici y a trouvé (1878) de grands et grossiers silex *macrolithiques*, très spéciaux à la péninsule.

En Suisse, trois gisements fort célèbres ont posé diverses questions, notamment celle des *pygmées* (qu'Hérodote plaçait aux sources du Nil, que Johnston a retrouvés au Congo oriental et qu'on connaît à Ceylan, aux Célèbes, en Nouvelle-Guinée, aux îles Andaman, etc.), ce qui complique fort nos idées.

Ce sont, près de Schaffouse, le *Kessler-Loch* de Thayngen, le *Dachsenbühl* et le *Schweizersbild*.

Depuis 1904, les cavernes de Wildkirchli et de l'Ebnealp (massif du Säntis, Saint-Gall) fouillées par Bächler et Koberlé, se révèlent des plus intéressantes.

Au point de vue de l'altitude (1.477-1,500 mètres), ce sont les cavernes à *Ursus* et à traces humaines les plus élevées de l'Europe; on en a conclu que la température devait être alors plus haute qu'actuellement, et que le dépôt est antérieur à la dernière période glaciaire, ou tout au moins interglaciaire. Mais, sur ce dernier point, je déclare hautement que la complication du casse-tête glaciaire, poursuivie à plaisir, nous plonge dans le plus inextricable gâchis.

Selon M. Bächler, les outils (et non pas les armes) de pierre recueillis (plus de 600) seraient *moustériens*, en quartzites et proviendraient de 3 ou 400 mètres plus bas, de la vallée du Weissbach, d'où on les apportait pour les fabriquer dans les grottes; le silex de certains autres était d'origine exotique (peut-être des Alpes occidentales). Une partie des instruments, fort grossiers, serait du paléolithique *ancien*, mais sans rien de commun avec les *éolithes*. L'homme et l'*Ursus* fréquentaient concurremment, ou plutôt alternativement les cavernes, mais sans *symbiose*, c'est-à-dire sans

cohabitation véritable; on n'a retrouvé encore aucun os humain: il *devrait* être du type Néanderthal, Spy, Krapina, et servirait de trait-d'union entre les paléolithiques anciens de l'Europe centrale et ceux de la France. Telles sont du moins les hypothèses.

Sincèrement, il faut avouer que les cavernes du Wildkirchli jettent un énorme pavé dans la mare aux controverses glaciaires. Entre la glaciation unique de Mortillet, D. Martin et autres, et la sextuple de Geikie, etc., on se demande où caser l'homme *moustérien* (?) de Wildkirchli: Penck et Obermaier le placent *entre* le troisième et quatrième glaciaire. Mais Bächler avoue qu'*aucune trace de grande glaciation multiple* n'a été rencontrée jusqu'ici dans le massif du Säntis, et que, dans chaque tranche de la coupe de ces cavernes, l'*Ursus* et les outils se trouvent constamment sans aucun dépôt glaciaire; il comprend alors qu'on se demande si l'habitat n'est pas postglaciaire (ce qui rajeunirait singulièrement et l'*Ursus* et le moustérien), mais il ne peut croire à ce rajeunissement et il réserve sagement ses conclusions jusqu'après des recherches ultérieures. — Heim a exprimé l'avis que l'Ebnealp fut un *Nunatak* (nom des pointes rocheuses en saillie sur l'*inlandsis* ou carapace glaciaire du Groënland), hors de l'atteinte des glaces! — Pour y accéder alors, quels fameux alpinistes devaient donc être l'*Ursus spelæus* et l'homme son contemporain! — Quant à Penck, il maintient sa croyance aux quatre glaciaires sur le Säntis: certes, il y est bien contraint, car je ne vois pas trop comment il expliquerait l'absence de glaces sur cette montagne, tandis qu'elles s'étendaient, à quatre reprises diverses, jusqu'aux plaines et vallées du Nord des Alpes!

A Ceylan, les frères Sarasin (de Bâle) viennent de trouver (1907) des quartz taillés de la fin du paléolithique, des primitifs Weddas, avec absence de néoli-

thique et passage direct à l'âge du fer cingalais.

En Égypte, le paléolithique a dû précéder (selon Chantre) un néolithique si développé, que l'usage de la pierre s'est perpétué jusqu'aux premières dynasties historiques (pourvues de métaux). Les silex de type moustérien y sont peut-être même relativement récents, pharaoniques selon le Dr Lortet.

Au Soudan, le lieutenant Desplagnes n'a point recueilli de paléolithique ; le néolithique (très étendu) en serait à peine différencié ! Là aussi l'usage de la pierre s'est prolongé en plein âge du fer !

Pour l'Amérique du Nord, les données sont très contradictoires ; aux États-Unis, Mercer nie l'homme quaternaire ; Wilson et d'autres le proclament à Trenton (New-Jersey, etc.).

En fait, l'âge de la pierre s'y est poursuivi fort tard, jusqu'à la *découverte* de Christophe Colomb, et il a employé bien d'autres matériaux que le silex (quartzite, jaspe, obsidienne).

Dans l'Amérique du Sud l'homme quaternaire résulte de nombreux travaux, de Lund et Claussen (1844) à Outes (1906). Selon ce dernier auteur, en Patagonie, les objets recueillis n'indiqueraient qu'une seule époque paléolithique ; les formes d'outils sont analogues au chelléo-moustérien de Mortillet ; mais la formation géologique qui les renferme est beaucoup plus moderne que sa correspondante d'Europe ; cela implique pour l'évolution humaine un retard formel dans l'Amérique du Sud. Enfin il y a une réelle transition du paléolithique au néolithique.

Bref, six points seulement semblent un peu éclaircis.

1° L'industrie de la pierre taillée, de type *dit* chelléen, ou de type *dit* moustérien, s'est rencontrée sinon partout, du moins dans beaucoup de contrées ;

2° L'Afrique (où des découvertes inattendues se multiplient) et l'Asie *semblent* indiquer une avance sur l'Europe, et les Amériques un retard ;

3° Le synchronisme ne se montre pas universel, et des *localisations* s'imposent dans le temps;

4° La progression vers l'Ouest s'esquisse assez formellement, au départ d'Asie ou peut-être d'Australie;

5° L'origine *boréale* de l'humanité voit diminuer ses probabilités et, pour la France du moins, la marche Afrique-Menton-Vézère-Belgique et déviation septentrionale avec le renne présente des vraisemblances;

6° Surtout, avant l'homme qui fabriqua les premiers silex *taillés*, il y eut certainement un prédécesseur, qui ébaucha les essais ou rudiments de la réelle industrie *lithique*. Il paraît incontestable que de grands mouvements humains, des migrations ou invasions se sont effectués de l'Est à l'Ouest, dans le sens de la marche du soleil : il était naturel à l'homme d'aller vers la lumière plutôt qu'à son opposé. Mais on n'explique pas encore que, partout où sont venues des races orientales, celles-ci, généralement brachycéphales, trouvaient et pourchassaient devant elles des occupants antérieurs, de souche différente (dolichocéphales), ignorant leur propre origine!

Il est permis d'enregistrer que l'Assyrie et l'Égypte (et peut-être même l'Inde et la Chine), d'abord en avance sur l'Europe, ont été arrêtées en un certain stade, qui a pu être dépassé par l'Europe Occidentale; aux XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles, voici que l'Amérique du Nord, acquise à la pénétration moderne depuis quatre siècles seulement, semble prendre à son tour, sur la vieille Europe (est-ce sous l'influence d'un *milieu* neuf, moins éprouvé?), une avance industrielle, agricole, économique qui n'est point sans nous effrayer; et l'éclosion du Japon moderne, qui, pour demain peut-être, nous prépare un réveil jaune avec son fameux *péril*, donne à son tour du souci aux Yankees eux-mêmes. Est-ce une *boucle* évolutive qui va se refermer ainsi chez

les Nippons ? Tandis qu'à l'Orient lointain, l'assoupissement des autochtones a laissé détruire les Tasmaniens, et promet d'éteindre Maoris, Tahitiens, Australiens, Malais mêmes. Y aurait-il donc un formel courant évolutif humain d'Est en Ouest, aboutissant à ces résultats : 1° que les pays d'origine n'ont pas pu assurer le développement sur place, et 2° qu'après avoir émis, projeté en quelque sorte les éléments progressifs vers l'Ouest, ils se sont repliés sur eux-mêmes, ne gardant que des facteurs trop affaiblis ou trop inférieurs pour assurer l'évolution locale ; aux dépens des Océaniens non évolués, la progression n'a pu se manifester qu'*a posteriori*, par l'influence *réflexe* de la colonisation renvoyée par l'Europe (Australie anglaise), ou d'une *remise en mouvement* imitatrice de la part des plus aptes (Japon).

Que d'inconnues à dégager !

Que de judicieux discernement à déployer, au lieu de s'égarer dans les imprudences des explications prématurées, où se complaisent trop souvent les préhistoriens <sup>1</sup> !

1. De tous les essais de conclusion générale tentés jusqu'à présent, le plus sage est celui présenté en 1897 par M. G. Chauvet : défaut d'uniformité et caractère régional des modifications dans les diverses parties du monde ; — développement industriel *à peu près uniforme* au moins pour la France, la Suisse et quelques contrées voisines, mais sans application au monde entier car « on ne peut conclure de la ressemblance au synchronisme » ; — approbation, restreinte à ces contrées, de la division de G. de Mortillet en chelléen, acheuléen, moustérien, solutréen, magdalénien, avec addition du tourrassien pour relier le paléolithique au néolithique ; — le tourrassien comble l'ancien *hiatus* (v. ci-après) ; — les subdivisions ou coupures personnelles, introduites par beaucoup de préhistoriens sont « souvent exactes au point de vue purement local, « mais ont l'inconvénient d'apporter un peu de confusion » ; — inexistence en France des deux courants parallèles d'industrie imaginés par certains archéologues (chelléen-solutréen d'une part, moustérien-magdalénien d'autre part) ; — impossibilité de fixer par des chiffres la durée considérable des temps quaternaires industriels.

## CHAPITRE XVII

### La civilisation paléolithique. — L'art et les mœurs.

Les artistes troglodytiques. — L'os, l'ivoire et le bois de renne. — Sculpture, gravure, bijouterie. — L'âge glyptique. — Les décorations pariétales (gravures et peintures des cavernes préhistoriques). — La controverse d'Altamira. — Émile Rivière à la Mouthé. — Les vingt-cinq cavernes peintes. — L'éclairage préhistorique. — Rajeunissement d'Altamira. — La question du bison. — But des décorations pariétales : totémisme ou trophées de chasse? — Peintures et gravures des Bushmen, Australiens, etc. — L'évolution artistique. — Pétroglyphes et dessins rupestres anciens et modernes. — L'alphabet et l'écriture préhistoriques? — Religion. — Sépultures. — Décarnisation et coloration des squelettes. — Les Kourganes et l'oxydation naturelle. — Tatouage. — Domestication des animaux. — Poterie. — Les pierres figures. — Les pierres à cupules ou à bassins. — Les pseudo-mégalithes. — Les faussaires.

« La science commet un suicide quand elle accepte un *Credo*. » (HUXLEY.)

« En préhistoire, rien n'est dangereux comme de prendre des possibilités ingénieuses pour des conclusions démontrées. » (Abbé BREUIL.)

Les étonnantes sculptures, gravures et mêmes peintures des paléolithiques de l'âge du renne solutréo-magdalénien, découvertes en si grand nombre depuis un demi-siècle, ont prouvé que les hommes de la pierre taillée, ou du moins certains d'entre eux, furent, en Europe occidentale, des *artistes*, plus habiles et plus élevés que nombre de peuples historiques et actuels.

Sans parler de la main-d'œuvre *industrielle* du silex, etc., leur travail *esthétique* s'est appliqué au galet

isolé, à l'os, à l'ivoire, au bois de renne (gravure et sculpture;) et probablement au bois ligneux dont

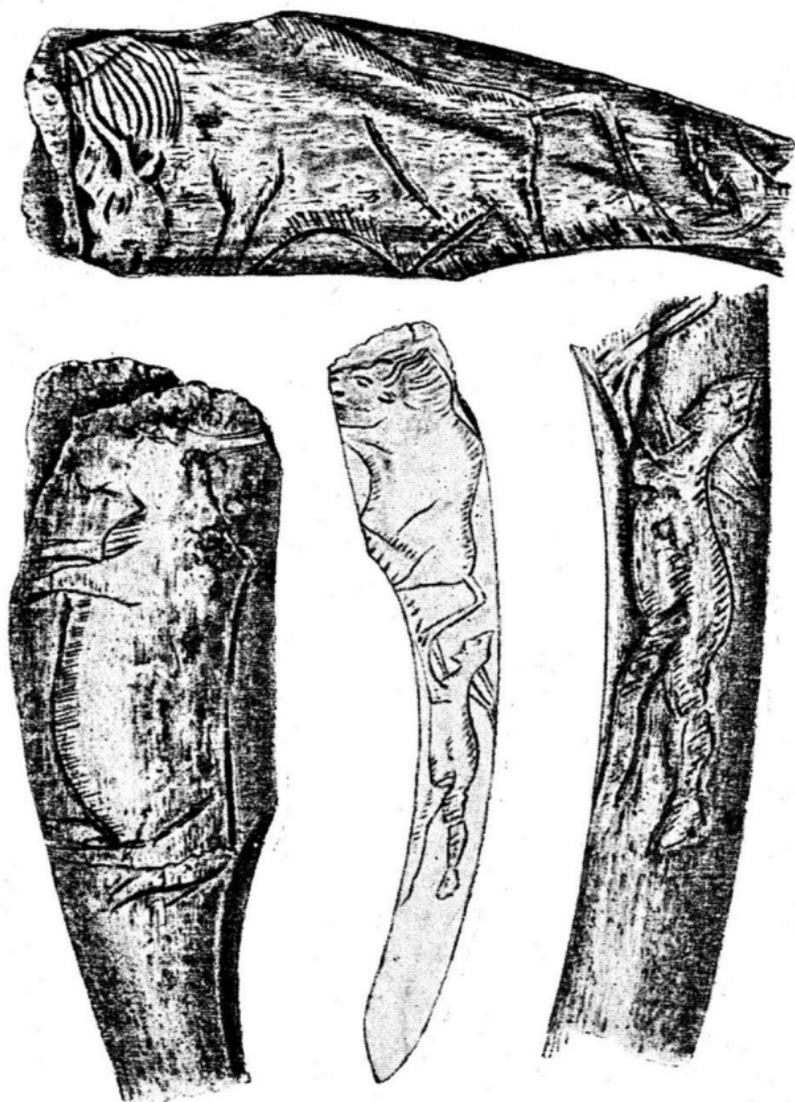


Fig. 62. — Chasseur d'aurochs de Laugerie-Basse sur bois de renne (d'après les *Stations de l'âge du Renne*, de P. GIROD et E. MASSÉNAT).

rien ne reste; enfin à la roche en place (gravures, dessins et peintures des cavernes).

En fait, on ne semble pas avoir recueilli jusqu'à présent de manifestations artistiques contemporaines du *mode de taille* du Moustier<sup>1</sup>.

La station de la Madeleine a fourni la première ces cornes et ossements de rennes, ornés des plus séduisantes gravures, tandis que les peaux et tendons de l'animal servaient aux vêtements (ainsi que l'ont prouvé les aiguilles d'os à *chas*) et peut-être aux cordes d'arc. Selon de Mortillet, les plus anciennes manifestations artistiques seraient sur pierre, solutréennes et en ronde-bosse. Les réelles statuettes en ivoire de Laugerie-Basse, Brassempouy, du Pape, de Menton, etc., la femme au renne et le chasseur d'aurochs gravés de Laugerie-Basse, le renne broutant de Thayngen et tant d'autres sujets classiques gravés sur bois de renne sont déjà d'un art avancé.

On a longuement disserté sur des objets, spécialement bien travaillés et ornés, en os et en bois de rennes, les soi-disant *bâtons de commandement* ou *sceptres* parfois troués, dont Pigorini et Piette ont fait des licous ou chevêtres de chevaux (ce qui impliquerait la domestication, controversée, de cet animal).

Dans la grotte d'Arudy, M. Mascureau aurait distingué de ces chevêtres dessinés avec des lignes accessoires où M. Piette a vu des chasse-mouches!

Puis Schœtensack les a expliqués comme des fibules paléolithiques ou agrafes de vêtements; aujourd'hui ce sont des bâtons de féticheurs ou de sorciers! Ils ont encore le temps de changer plusieurs fois d'interprétation, avant qu'on soit fixé sur leur réel usage.

La parure, la bijouterie même, font leur apparition, au moins dès l'âge du renne, dans le solutréen, sous

1. L'*Ursus* gravé sur caillou de schiste de M. Garrigou à la grotte inférieure de Massat (Ariège), a été reconnu comme de l'époque de la Madeleine. Il a prouvé que cet animal a persisté pendant tout le pléistocène, jusqu'au magdalénien.

formes de colliers, de bracelets, composés de coquilles, de vertèbres, de dents, de cailloux, voire de pierres fines (fluorine, améthyste) percés de trous. M. Verneau invoque même la présence de colliers en dents et coquilles percées, pour prouver l'enterrement intentionnel des vieux hommes de Menton !

Piette, dont les classifications ont eu le tort de créer

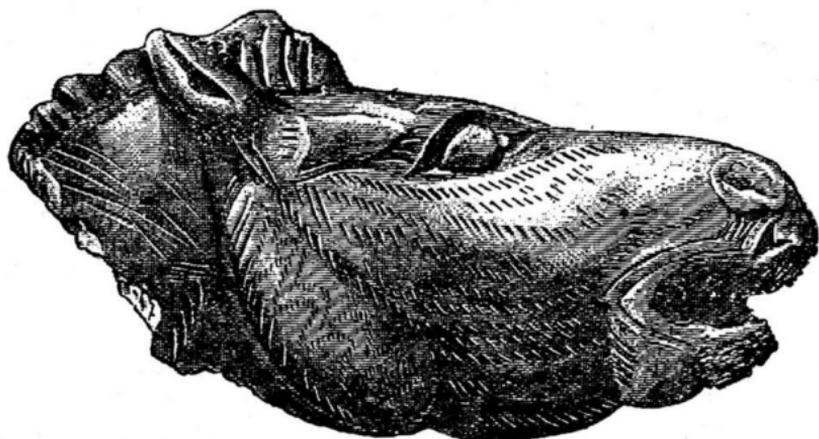


Fig. 63. — Tête de cheval sculptée sur bois de renne au Mas d'Azil (d'après PIETTE : *L'Art pendant l'âge du Renne*).

trop de mots nouveaux, a nommé âge *glyptique* (du grec γλυπτος, sculpté, ciselé, gravé) celui pendant lequel l'homme des temps pléistocènes pratiqua l'art des *cavernes*.

Il a même cru à l'écriture, et a voulu voir des inscriptions, des marques numériques dans les entailles de certains os et dans les signes coloriés des galets du Mas d'Azil (Ariège, v. p. 341). De récentes trouvailles tendraient à lui donner raison.

La plus sensationnelle contribution artistique des recherches préhistoriques est sans contredit celle fournie par les gravures, peintures et fresques des cavernes. Après plus de vingt années de contestations, elle vient seulement d'acquiescer ses certificats d'authenticité, et

soulève encore bien des énigmes à peine ébauchées.

C'est la nouvelle question des *décorations pariétales* ou de l'ornementation préhistorique des parois des cavernes.

En 1879, un espagnol, M. Marcellino de Sautuola, découvrit dans la grotte d'*Altamira*, près Santander

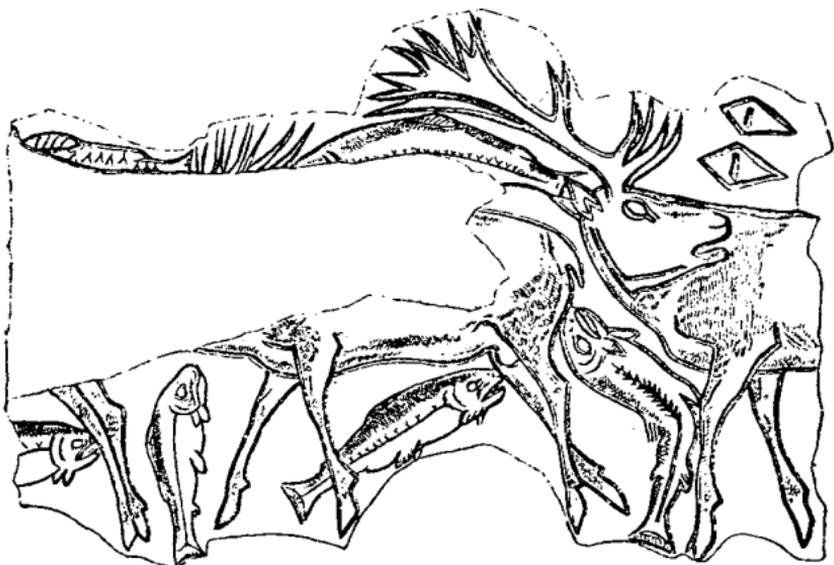


Fig. 64. — Gravure sur pierre (Cerfs et Poissons) de la grotte de Lorthet (d'après PIETTE : *L'Art pendant l'âge du Renne*).

(Espagne) de véritables fresques représentant des animaux (bisons, biche, cheval); il les publia comme des manifestations d'art préhistoriques, opinion formellement contestée par M. Harlé (1881) qui y voyait une supercherie exécutée de 1875 à 1879, puis par MM. Cartailhac et Puig y Larraz. — En 1889 M. Chiron décrit une trouvaille analogue (soupçonnée dès 1878 par Ollier de Marichard) dans une grotte de l'Ardèche (grotte Chabot); il s'agissait de gravures si confuses qu'en 1896 encore on déclarait n'en rien pouvoir conclure.

En juin 1895, Émile Rivière signalait à l'Académie



Fig 65. — Partie dū grand plafond peint d'Altamira (d'après un *dessin* de M. ALCADE DEL RIO).

des sciences sa découverte, à la grotte de la *Mouthe* (Dordogne) près des Eyzies, de dessins analogues à ceux d'Altamira, mais dans des conditions telles, que leur âge quaternaire devenait évident.

Ensuite les constatations similaires se multiplièrent à ce point<sup>1</sup> que M. Cartailhac rétracta son opposition primitive, et s'est même voué depuis 1902, avec l'abbé Breuil, à l'étude spéciale du sujet et à l'interprétation de toutes les découvertes effectuées.

Mais il importe de déclarer que ce sont l'infatigable initiative et l'inlassable persévérance d'Emile Rivière, qui ont forcé l'attention publique, et vaincu les contradicteurs sur cette question si intéressante à la fois pour la science et l'art.

Contre l'authenticité de ces images, on avait fait valoir leur trop grande valeur artistique, et l'impossibilité d'expliquer l'éclairage employé pour les tracer.

La répétition des découvertes a fait justice de la première objection, qui est devenue au contraire la meilleure preuve de l'authenticité; de plus, le 29 août

1. A *Pair-non-Pair* (Gironde), *Marsoulas* (Haute-Garonne), *Les Combarelles*, *Font-de-Gaume*, *Bernifal*, *Teyjat*, *La Calevie*, *La Grèze* (Dordogne).

A *Gargas* (Hautes-Pyrénées), M. F. Regnault, le 11 juin 1906, trouve des empreintes de mains humaines plaquées à vif et peintes au contour en rouge ou noir; portées à cent vingt par les recherches ultérieures de MM. Breuil et Cartailhac, qui ont cru aussi reconnaître de grossiers et très anciens dessins tracés au doigt (?) sur l'argile (?); présolutréens selon Cartailhac.

A *Niaux* (Ariège, commandant Molard, 1906); figures diverses, signes symboliques (?) bisons, chevaux, bouquetins peints en noir, à 800 mètres du jour et recouverts de *flèches*; Cartailhac et Breuil y ont trouvé ensuite sur le sol des dessins (bisons, poissons, etc.) avec les empreintes des genoux et pieds nus des primitifs.

Enfin, dans sept autres cavernes de la province de Santander et dans quatre de l'Ariège.

Cela ferait vingt-cinq cavernes décorées si l'on ajoute celle (douteuse, faute de renseignements précis) de *Romanelli* (terre d'Otrante, Italie), et celle (à vérifier) de *Roche de Rupt* (Vosges).

Il faut s'attendre à ce que la liste s'allonge tous les ans.

1899, M. Rivière trouvait à la Mouthe même une lampe fort curieuse, galet de grès rouge creusé, ornée sur le fond d'une silhouette de bouquetin au trait<sup>1</sup>.

L'objection tirée de l'absence d'éclairage était réfutée *ipso facto*.

J'ai exposé ailleurs et par deux fois<sup>2</sup>, pourquoi l'on avait tardé à effectuer ces découvertes; elles nécessitent une réelle accoutumance, une véritable *éducation* de l'œil<sup>3</sup>, qu'ont merveilleusement acquise MM. Regnault, Daleau, Peyrony, Capitan, Breuil, Alcade del Rio; comment, selon M. Alcade, un os à moelle, avec fibre végétale allumée comme mèche, a pu aussi servir de lampe; comment enfin les couleurs employées sont des ocres et sanguines (rouge, noir, brun, jaune) ou oxydes de fer et de manganèse naturels, dont on a retrouvé, en grand nombre, de véritables *crayons* taillés, aux Eyzies, à Altamira, etc.<sup>4</sup>.

Sur l'âge relatif de ces décorations pariétales, j'avais engagé une discussion avec MM. Cartailhac et Breuil, qui proclamaient la concordance parfaite entre la grotte d'Altamira et celles dont le remplissage argileux date la décoloration murale (Pair-non-Pair, la Mouthe, Marsoulas): « Manifestations variées et compliquées du même style, des mêmes procédés; suites de la même tradition, révélation de la même idée, de

1. D'autres lampes analogues ont été trouvées ailleurs et depuis.

2. *Congrès préhistorique de Périgueux*, 1905, et *Spéléologie au XX<sup>e</sup> siècle*, p. 654-681.

3. Rendue très difficile par les accidents naturels de la roche et même leur utilisation, qui exposent aux plus graves écarts et entraînements d'interprétation; à Font-de-Gaume, deux chevaux peints en noir sont en *partie* figurés au moyen du relief de la stalagmite.

A Altamira, certaines bosses rocheuses du grand plafond sont employées avec la plus grande ingéniosité pour représenter des bisons dans de très complexes attitudes, etc., etc.

4. L'usage du *pinceau* que M. Cartailhac a supposé (conférence de Montpellier, 1907), ne me paraît nullement nécessaire. Il suffit de mouiller les *crayons* pour tracer des traits vivement colorés.

la même culture intellectuelle, avec suprématie à tous égards des images polychromes d'Altamira ».

Cartailhac est allé même jusqu'à dire que « la même « période *paléolithique* est fixée à Pair-non-Pair, à la « Mouthe, à Altamira, et que la date est donnée par « les figures mêmes... d'une unité remarquable ».

Cette opinion est absolument contraire à celle si sagace et si juste, selon laquelle l'abbé Breuil a admis plusieurs périodes successives de ces dessins.

Pour ma part, j'ai émis l'idée que les peintures d'Altamira pourraient fort bien être néolithiques ou protonéolithiques, en tous cas probablement moins anciennes que la plupart de celles du Périgord et des Pyrénées françaises, et cela pour les raisons suivantes : fraîcheur des peintures; absence de matériaux de remplissage; nature spéciale de la faune, qui ne représente aucun animal émigré : le bison, en effet, est en voie de disparition et non émigré (comme l'est le renne); non seulement il existait encore au temps de César, en Allemagne, mais il subsiste de nos jours (en petit nombre) en Lithuanie et au Caucase (à la même latitude et sous un même climat qu'à Santander<sup>1</sup>); établissement sur les côtes de Biscaye, et à l'époque *néolithique*, du Gulf-Stream qui, réchauffant le climat, chassa le renne, mais maintint le bison.

Pour éclairer la controverse, et spécialement en vue du présent chapitre, je suis allé, en juillet 1907, visiter avec Cartailhac, Breuil, Regnault, Peyrony, sept

1. Sur cette très embrouillée *question du bison*, je ne puis que renvoyer à mes deux mémoires cités et aux suivants :

A. YERMOLOFF, *les Bisons du Caucase* (*La Nature*, n° 1766, 30 mars 1907); — MAHOUDEAU, *Confusion entre l'aurochs et le bison*. (*Revue École Anthropologie*. Paris, février 1905); — MERTENS, *idem*. *Abhandlungen* Muséum Magdebourg, 1906.

J'ajoute que, dans nombre de décorations pariétales, il serait plus sage de parler de *bovidés* que de bisons, l'identification de cette espèce étant souvent impossible.

des grottes ornées des Pyrénées et de la Dordogne.

Et voici le résumé de mes observations :

Les soi-disant empreintes de griffes d'*Ursus spelæus*, rencontrées sur la concrétion ou l'argile des grottes, *par-dessus* les dessins ou gravures, et dont Breuil invoque souvent la présence, pour prouver que les décorations sont paléolithiques, ne proviennent nullement de griffes d'ours. Je suis là-dessus *formellement catégorique*. Il y a ici une observation *illusionnée*. Malgré l'insistance de l'abbé Breuil, je suis au regret de lui affirmer qu'il est fantaisiste de dire qu'à Altamira, dans le couloir final, des disques rouges sont entamés par les griffes, recouvertes elles-mêmes par d'autres disques rouges, et « que l'ours « est donc revenu dans la caverne entre deux occupations humaines » !!

Dans bien des cavernes, au contraire, on a constaté (et Buckland l'indiquait déjà, dans l'Inde, pour des repaires de tigres) le *polissage* du sol et des parois, dû au frottement du corps et des pattes de carnassiers. C'est tout l'opposé du *labourage*. S'il y a des *griffades* d'ours à Gargas, c'est *peut-être* dans un diverticule montant, peu aisé à atteindre, sans dessin ni peinture ; et elles sont d'un tout autre aspect que ce qu'on a pris pour tel en d'autres places. Pour les autres, je n'y vois que des rainures corrosives dues à l'eau carbonatée.

A Gargas, les dessins *au doigt* sur l'argile (même quand elle est solidifiée par la calcite) me paraissent des plus suspects, au moins fort énigmatiques, en tous cas incompréhensibles, quand il s'agit de ces *lacis* très complexes, tracés sur les voûtes et que F. Regnault propose de comparer à des *macaronis*. Il est tout à fait aventureux d'interpréter ces traits grossiers, *que rien ne date* et qu'on effacerait parfois d'un revers de manche. Ils peuvent remonter à *hier* et être l'œuvre d'une bande d'écoliers, ou encore la trace du passage

de vers, limaces ou crustacés<sup>1</sup>. De même, les mains de Gargas sont des rébus, et il est imaginaire d'y voir, comme on l'a proposé, le symbole de traités de paix entre tribus. Les dater *par analogie* avec leurs similaires des grottes espagnoles est une imprudence.

A Marsoulas, dans les mains soi-disant stylisées (en forme de peignes, *pectiformes*), je ne trouve qu'une sorte de fourche à cinq dents, dont le sens n'est pas plus clair que les autres signes ou ornements en branches d'arbres spéciaux à cette grotte.

Pour Niaux, Cartailhac et Breuil ont eu raison d'y voir les dessins préhistoriques les plus artistiques et les mieux conservés que l'on connaisse ; mais ils sont mêlés de signes, points et disques rappelant les galets coloriés du Mas d'Azil, de flèches aiguës sur les animaux, de baguettes de flèches (?) barbelées (sans pointes) sur les murailles ; enfin, ils ne représentent que des bisons (ou bovidés), chevaux, bouquetins, cerfs et sangliers, *sans renne*. Tous ces caractères plus avancés, plus modernes, rendent inacceptable l'hypothèse d'un âge franchement paléolithique. Je tiens Niaux pour transitionnelle, du moins postérieure au renne, sinon néolithique.

En effet, l'*art* y est considérablement plus élevé, quant à la facture des dessins (en noir seulement) ; la caverne, beaucoup plus reculée dans la montagne, et de haute altitude (672 mè.), a dû n'être abordée, reconnue, occupée, qu'après celles des basses altitudes du Périgord, de Marsoulas, même d'Altamira ; enfin et surtout, il est remarquable qu'on trouve à Niaux et qu'on

1. Pour les dessins au doigt sur l'argile du sol et pour les empreintes de pieds humains de Niaux, je fais les mêmes réserves qu'à Gargas. D'autant plus que, pendant l'impression même de ce chapitre, j'ai eu la surprise de trouver des macaronis pareils à ceux de Gargas, sur le plafond de sable gréseux de la caverne d'Augas, dans la forêt de Fontainebleau ; or, cette caverne était remplie de sable jusqu'en 1880 !

retrouve tout près, à Bédeillac (700 mèl.), un signe spécial, représentant une véritable hache emmanchée



Fig. 66. — Panneau à dessins noirs de Niaux (photographie de l'auteur ; en cartouche, dessin de la hache d'aspect néolithique).

dans un bâton (V. cartouche de la fig. 66), hache sans aspérité et à *contour lisse*, qui évoque d'office l'idée de la pierre *polie* ? Serait-ce la figure de l'arme *néo-*

*lithique* qui, avec les *flèches*, servait à tuer le gibier?

A la Mouthe, aux Combarelles, à Font-de-Gaume (aux altitudes de 70 à 150 mètres), on ne peut nier les *gravures* de mammoth, de renne, même d'*Ursus*.

Mais ce qu'on a interprété comme des félins, et (à Font-de-Gaume) comme un *rhinoceros tichorhinus* est absolument indéterminable, le rhinocéros surtout, dont on a fait grand bruit (car cela constituait une considérable anomalie). On l'avait d'abord pris pour un mammoth. Je l'ai soigneusement examiné *au moyen d'une échelle*, car il est haut perché dans un étranglement de la grotte : j'affirme que c'est un *informe paquet* de couleur rouge, où deux traits pointus ont donné, à des interpréteurs auto-suggestionnés, l'illusion (et pas autre chose) d'une double corne. J'insiste pour qu'on raye cette assimilation *entièrement fausse*.

En revanche, je souscris volontiers à l'essai de classification de l'évolution artistique tenté par M. Capitan et l'abbé Breuil, et faisant se succéder : d'abord des traits gravés profondément et incorrects ; puis des traits plus fins et plus corrects, quelquefois accentués d'un trait peint noir ou ocre, ou seulement pointillés dans certains cas ; ensuite les traits gravés, affinés, ou même de simples dessins au trait noir ou ocre ; plus tard, les figures en teintes plates, et les véritables fresques qui apparaissent les dernières. Le tout échelonné, selon moi, sur une longue période de temps, et suivant pas à pas les voies du progrès, peut-être du solutréen au néolithique. Les différents procédés d'ailleurs se trouvent très souvent superposés et surchargés en vrais palimpsestes.

Il est important de remarquer que les mammoths (faune ancienne) de Font-de-Gaume et de la Mouthe ne paraissent pas avoir été peints, mais seulement *gravés* ; tandis que seules des espèces plus récentes (rennes, bisons, équidés) ont été *peintes* à fresque à Font-de-Gaume et Altamira. Les beaux dessins

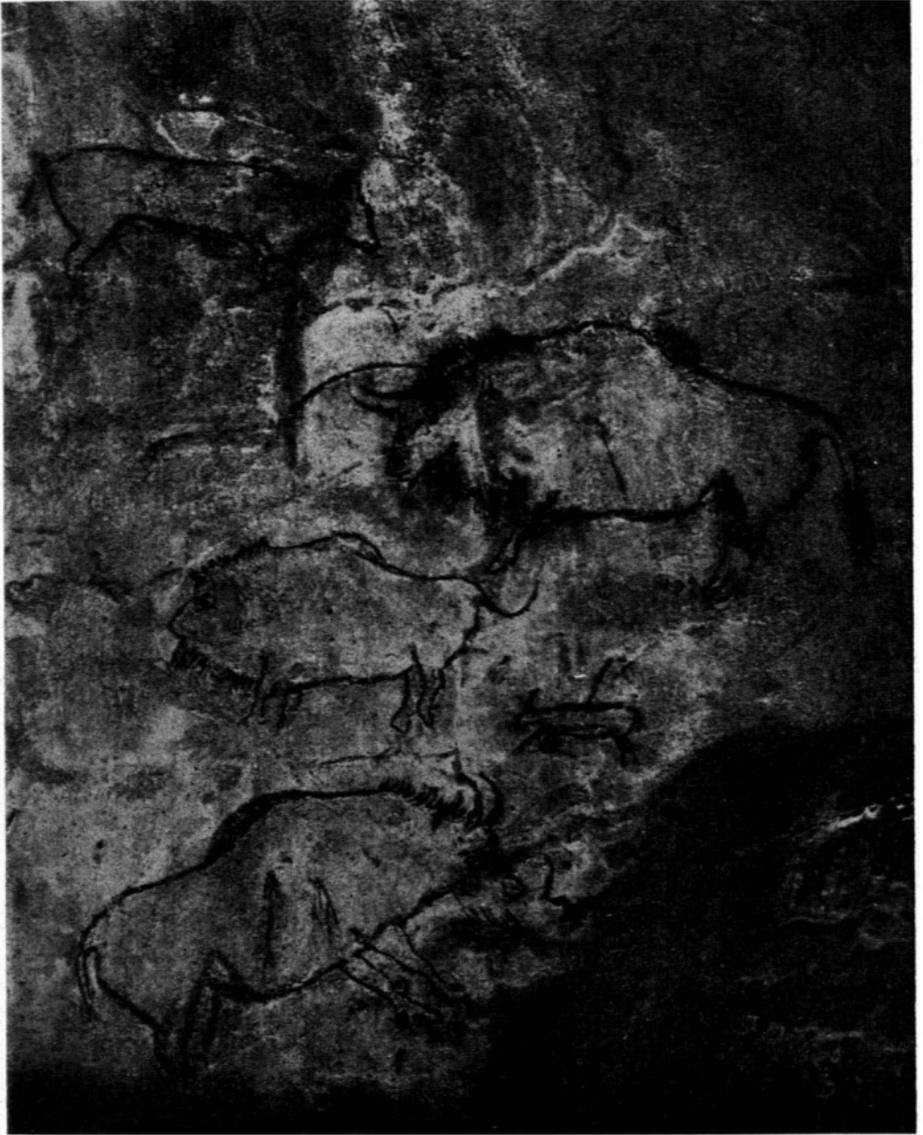


Fig. 67. — Détail agrandi de la figure 66.

(espèces plus récentes encore) de Niaux sont aussi à la peinture noire.

Il y a là une précieuse concordance avec la classification climato-paléontologique approximative en faune froide humide (mammoth), faune froide sèche (renne) et faune tempérée (bison).

Et alors, nous arriverions à une simple formule, qui proposerait trois séries insensiblement fondues l'une dans l'autre pour les décorations pariétales :

1° Les plus anciennes à faune éteinte, froide (mammoth); présolutréen, solutréen;

2° Les moyennes à faune froide, sèche (renne); magdalénien;

3° Les plus récentes à faune tempérée (bison); campignien ou néolithique, ou transitionnel.

Nous retrouverions, par ce procédé zoologique et climatologique, une subdivision analogue à celle de l'abbé Breuil, d'après la méthode esthétique. La coïncidence est au moins curieuse, mais gardons-nous de la donner comme définitive.

Sur la question de l'authenticité, que se posent d'ailleurs à peu près toutes les personnes qui n'ont point vu ces étonnantes productions, je suis (sous les réserves ci-dessus exprimées pour les dessins digitaux) convaincu par les raisons suivantes :

1° Multiplication des trouvailles; nombre et variétés de technique et de style des figures, en disproportion avec toute possibilité de supercherie récente;

2° Recouvrement très inégal, complet, partiel ou nul, selon les cas, par la stalagmite : ce n'est pas (V. p. 131) un critérium d'antiquité, mais c'est un certificat d'authenticité pour les figures à *demi-cristallisées*, et, par conséquent, pour les autres;

3° Recouvrement, pour partie au moins, des décorations (à la Mouthe, Pair-non-Pair, Marsoulas) par l'argile ancienne de remplissage;

4° Représentation d'animaux disparus, avec une

fidélité parfois si accomplie, une vérité si vivante et une dimension quelquefois si considérable (jusqu'à 1<sup>m</sup>,80 et 2 mètres) qu'il est *certain* que les *artistes* avaient eu le modèle sous les yeux (tout en le dessinant de mémoire ; à 800 mètres de l'orifice, à Niaux) : il est impossible qu'un faussaire les ait reproduits ainsi, fut-ce d'après les petits modèles figurés sur des bois de renne, comme on l'a suggéré ;

5° Perfection esthétique des plus récents de ces dessins, témoignant d'un réel sentiment de l'art, apanage d'une race privilégiée. Cela a été, d'ailleurs, l'opinion formelle du sculpteur Théodore Rivière qui nous accompagnait à Niaux.

Sur l'authenticité donc, la discussion est close. Mais sur d'autres points elle reste ouverte, et il serait fâcheux qu'on voulût la terminer trop vite.

C'est ainsi que, selon S. Reinach, Cartailhac, Capitan, Breuil, les décorations pariétales ont été exécutées dans un but religieux ou fétichique, comme les totems des sauvages actuels.

De même, les flèches de Niaux sont interprétées comme une pratique d'envoûtement. De là à faire de ces cavernes des temples ou des sanctuaires, il n'y avait qu'un pas, qu'on a franchi avec allégresse !

Et les Eyzies préhistoriques sont devenues une sorte de lieu de pèlerinage, où l'on accourait de bien loin accomplir des rites religieux !

Pour moi, je ne vois dans les décorations pariétales que des *trophées de chasse*<sup>1</sup> ; c'est ce qu'attestent les haches (?) et les flèches, celles-ci destinées *peut-être* à indiquer, sur les dessins, l'endroit où il fallait frapper l'animal pour le tuer ! Voilà tout le *symbole* (dont abusent tant les préhistoriens).

1. Ce sont aussi des scènes de chasse que figurent les dessins de cavernes des Bushmen et des Australiens modernes, et celles qu'on vient de trouver (œuvres des Indiens) à 50 milles de Los Angeles (Californie).

Parmi les figures animales et même *sur elles* on a trouvé des traits ou signes *tectiformes*, où l'on a voulu voir des huttes ou cabanes, des tentes couvertes de peaux, des ornements géométriques, même des couvertures et mors de chevaux, ou encore les herbages où paissent les animaux. Pour M. Cartailhac « on peut dire que ce sont des inscriptions et les plus anciennes du monde ».

Sauf la tente ou cabane de la Mouthe (difficile à nier), — les branches de Marsoulas, — les armes de Niaux, je ne vois absolument rien de déterminable dans ces *tectiformes*, *pectiformes*, points et cercles, qu'il faut laisser sans explication.

Cependant je crois raisonnable de penser que l'époque *asylienne* de Piette, succédant au pléistocène et à l'âge glyptique, bouche la solution de continuité supposée à la fin du paléolithique : le Mas d'Azil a fourni à Piette des galets coloriés et pourvus de signes surprenants, qu'il a voulu comparer à ceux des monuments mégalithiques et même des alphabets phéniciens et grecs archaïques, pour y chercher l'origine de l'écriture et de la numération !

Il est constant que des signes et ornements indéterminés analogues abondent dans les peintures et dessins les plus superficiels d'Altamira, de Niaux, de Font-de-Gaume, etc. Il serait donc rationnel de les rapprocher, en évolution intellectuelle (sinon en âge précis), plutôt de l'asylien transitionnel que du magdalénien paléolithique.

Mais tout ce détail demeure bien vague.

Au surplus, nombre d'archéologues et notamment le D<sup>r</sup> Hamy, ont fait depuis longtemps observer qu'on trouve des gravures pariétales de cavernes en Australie, dans l'Afrique du Sud (Bushmen), œuvres d'indigènes actuels, dont la civilisation est celle de l'âge de pierre.

Ce parallèle mérite la plus sérieuse attention, de

même que celui à instituer avec les *gravures rupestres* plus ou moins anciennes.



Fig. 68. — Galets à signes peints du Mas d'Azil.  
(D'après PIETTE, *l'Art pendant l'âge du Renne.*)

M. Cartailhac veut établir une analogie entre les mains de Gargas, les massues (?) de Niaux et celles

« éparses sur les roches et les parois des cavernes en Australie », il proclame l'identité de leur technique.

Or, Mathews et Jack ont démontré que certaines des mains *gravées* de cavernes, dues aux aborigènes australiens, ne remontent qu'à l'année 1870.

La comparaison doit donc être maniée avec une extrême circonspection, puisque les dessins préhistoriques sont beaucoup plus artistiques et soignés que ceux des sauvages modernes. Il importe de prouver, avant de l'affirmer, la similitude de la facture.

Il en est de même pour les *pétroglyphes* ou incisions sur roches, encore si mystérieuses, que l'on trouve de plus en plus nombreuses dans le monde entier, depuis celles du Sahara algérien (avec animaux disparus et signes rappelant les alphabets lilyco-berbères) du lac des Merveilles (Alpes maritimes italiennes), de Vendée, de Seine-et-Marne, etc., jusqu'à celles des Indiens d'Amérique.

Il est curieux de noter combien les représentations humaines sont rares, défectueuses et inférieures à celles des animaux (sauf les mains de Gargas), dans les décorations pariétales préhistoriques, tandis qu'elles abondent dans celles des Australiens, Bushmen et Indiens d'Amérique.

Pourquoi les primitifs, qui dessinaient le bison, le renne, en attitudes et mouvements divers, avec tant de vie, de justes proportions, parfois même de perspective (bien plus fréquente qu'on ne l'a dit, et par opposition à l'Égyptien, à l'Assyrien, au Grec archaïque qui ne faisaient que des profils), et avec un réalisme exclusif de toute fantaisie, pourquoi n'ont-ils produit en réalité que des caricatures quand ils ont tenté de figurer l'homme?

Je ne crois pas qu'il soit permis de répondre, actuellement, quoi que ce soit, à pareille question; si ce n'est pour dire que bien des générations pré-

paratoires ont dû précéder celles qui ont tracé d'aussi correctes et impressionnantes figures animales.

Pour *supposer* aussi peut-être une race privilégiée, intellectuellement mieux douée que d'autres (contemporaines ou même postérieures), ou favorisée par des circonstances locales spéciales. (V. p. 30.)<sup>1</sup>

Il est constant que les Grecs de Phidias et Praxitèle ont joui de ce privilège du beau dans l'Orient classique ; que les Italiens ont créé la Renaissance au profit de leurs voisins d'Europe, et qu'au sein de ces races ainsi prépondérantes, les génies jaillissent de temps à autre pour ajouter une marche à l'escalier de l'ascension humaine.

Mais à quoi tiennent ces différences ? Quels secrets de l'évolution nous demeurent ainsi cachés ?

Les peintures et les signes des cavernes ont fait poser la question du sentiment religieux chez les préhistoriques. Il est certainement prématuré de la résoudre affirmativement, par l'application à ces primitifs des *totems*, ou scrupules fétichistes des Peaux-Rouges et Océaniens. Rien ne prouve, quant à présent, l'origine religieuse de certaines de ces figurations. Darwin, Buchner et Sir John Lubbock ont multiplié les exemples de peuplades chez lesquelles toute idée de culte fait absolument défaut. Les rares Veddas subsistant à Ceylan n'auraient aucune religion, quoique étant d'une très haute moralité.

Selon Amundsen, les Esquimaux de l'Amérique du Nord, *précisément ceux qu'on a si bien comparés aux magdaléniens* et où on a voulu voir leurs descendants, se bornent à penser qu'après la mort, les bons sont

1. A ceux qui ont voulu rapprocher les Vézériens des Esquimaux, on a objecté avec raison que les productions artistiques des Magdaléniens dénotaient une facilité de la vie matérielle plus grande que celle des populations boréales actuelles. Le beau pays du Périgord donne, par son aspect de nos jours, grande vraisemblance à cet argument.

dans la lune, *au pays des chasses éternelles*, et les méchants sous terre. La *chasse*, correspondant au besoin naturel, impérieux, prédominant, de la nutrition, est donc leur idéal futur. C'est pourquoi, je le répète, les magdaléniens ou autres ont mis des trophées de chasse sur les murs des cavernes ! Les mêmes Esquimaux cousent leurs défunts dans des peaux de rennes (avec leurs objets préférés) et les laissent dehors. Le premier culte du sauvage, et sans doute aussi du primitif, fut celui de sa vie matérielle, de la nourriture animale !

Ici s'introduit la controverse sur l'époque jusqu'à laquelle il faut faire remonter les *sépultures* intentionnelles : l'homme paléolithique a enterré ses morts, disent la plupart des auteurs, tandis que G. de Mortillet, Ed. Dupont, lui refusent cette pratique.

Pigorini, Cartailhac, S. Reinach croient même à la *décarnisation* avant inhumation, et au coloriage intentionnel des squelettes par le fer ologiste.

Ceci me paraît très romantique : Jakimovitch et Kulakowski ont démontré en toute certitude, d'après les kourganes ou tumuli de la Russie méridionale, que les squelettes *rouges* qu'on y a trouvés (comme dans plusieurs grottes) ont été simplement oxydés, rouillés par l'infiltration des eaux superficielles ; il n'y a là qu'une conséquence naturelle de la décalcification de l'argile des kourganes comme pour la *Terra Rossa*. (V. p. 154.)

Je ne discuterai pas l'opinion qui attribue aux paléolithiques la coutume de se peindre le corps en rouge, ou de se tatouer pour distinguer les sexes ou les tribus ? ! Elle est de celles qu'on ne prouvera jamais.

Pareille réserve sur la domestication des animaux : on ne s'accorde pas sur la connaissance du chien paléolithique ; nous avons vu le dissentiment sur l'application des licols et chevêtres au renne et au cheval !

Tant qu'on n'eut point recueilli de silex acheuléen, ou chelléen dans les cavernes, on a conclu que l'antique industriel de ce type, chasseur et pêcheur, vivait dehors, sous le climat chaud quoique humide, cher à l'*Elephas antiquus*.

Or, à l'église de Guilhem et à la Micoque aux Eyzies, cette hypothèse est en défaut, de même aux Baoussé-Roussé, puisqu'on y affirme l'homme de la faune chaude humide, avec le silex déjà moustérien.

Au contraire, on assurait que le refroidissement glaciaire contraignit les moustériens et magdaléniens à s'abriter dans les cavernes. Or, la véritable tente ou cabane de la Mouthe établit qu'ils savaient aussi vivre dehors sous un refuge artificiel.

Depuis cinquante ans on se dispute sur la poterie paléolithique ; j'ai expliqué ailleurs que l'utilisation de l'argile (sèche ou cuite) comme récipient, fut une conception cérébrale bien moins complexe que l'invention des arts graphiques poussés si loin ! Si les fragments de poterie, dite paléolithique, ont tous été contestés jusqu'ici, ce n'est pas une raison pour nier qu'on n'en rencontrera jamais. De récentes trouvailles belges et égyptiennes paraissent bien affirmatives sous ce rapport.

Piette, qui comme Cartailhac, ne croyait pas que les paléolithiques français se servissent de la poterie encombrante, lourde, cassante, pense, avec Schœtensach, qu'ils employaient des outres en peau ; il présente même comme *bouchons d'outre* certains ivoires sculptés, dont la base « s'enfonçait dans une partie étroite de l'outre formant goulot, revêtue d'un cuir épais ».

Ne voilà-t-il pas une multiple opération, singulièrement plus compliquée que le pétrissage et même la cuisson d'une motte d'argile ?

Quant aux *pierres-figures* symboliques, percées, géométriques, ou *prosopolithes*, purs accidents naturels, où l'on a voulu voir toutes sortes de formes

animales et humaines plus ou moins intentionnelles, je ne les mentionne que pour rappeler qu'elles ont égaré Boucher de Perthes lui-même, et fait le plus grand tort au surplus de ses idées.

Depuis, et surtout en ces dernières années, on a renchéri encore sur ces écarts de pure fantaisie; ce ne sont que de « vulgaires cailloux, sans aucune valeur archéologique ».

Il en est de même de *la plupart* des pierres à cupules ou à bassins (simples trous creusés par la pluie, ou *les eaux torrentielles*), des pierres sculptées à figure humaine, statues, menhirs (presque tous arbitrairement interprétés), des *faux* mégalithes du Forez, du Morvan (chaos granitiques *naturels*).

Je n'ai pas hésité à faire justice de ces errements, en énonçant « que, tant que la préhistoire s'égarera en des divagations pareilles, elle n'obtiendra pas, parmi les sciences exactes, la place à laquelle elle aurait droit si elle était plus sérieusement pratiquée ». Au risque des mécontentements que je vais soulever, j'insiste une fois de plus sur la nécessité de condamner impitoyablement de semblables élucubrations. Les origines de l'humanité et le développement de son évolution, auxquels les cavernes peuvent apporter de précieux éclaircissements, sont des problèmes assez difficiles pour qu'on ne les complique pas par des enfantillages déraisonnables ! Du reste, à la Société préhistorique de France, des esprits sérieux ont fini par s'émouvoir de cette tendance et, dans ses Bulletins, on verra quelles difficultés ils éprouvent à ramener les imaginatifs dans la bonne voie du sens commun.

Plus graves et plus condamnables encore sont les agissements des vrais *faussaires* : ils ne bornent pas leurs méfaits, leurs impardonnables supercheries, aux lamentables tiars de Saitapharnès et similaires.

On connaît partout des ateliers de faux silex.

Les deux faux os gravés de Thayngen (V. p. 319) sont classiques; et l'aventure du D<sup>r</sup> Capitan a suscité, de sa part, la manifestation d'une franchise tout à fait digne d'éloge et d'exemple<sup>1</sup>!

Après tout cela, n'est-il point philosophique de conseiller aux préhistoriens de s'assagir et de devenir moins imaginatifs?

1. « Dans la séance du 11 août 1905, j'ai communiqué à l'Académie, au nom de l'abbé Arnaud d'Agnel et au mien, des silex néolithiques, incontestablement égyptiens, qui, d'après l'abbé Arnaud d'Agnel, auraient été découverts par lui dans l'île Riou, au sud de Marseille. J'en avais moi-même recueilli en place.

« Des doutes se sont élevés de divers côtés non sur l'authenticité des objets, mais sur celle de la trouvaille. Ils n'étaient que trop justifiés. Un vieillard, aujourd'hui très malade, qui désire que son nom ne soit pas connu, vient de faire des aveux circonstanciés à M. Clerc, conservateur du musée Borély, à Marseille. Il lui a raconté que les silex en question, acquis à Marseille, avaient été déposés par lui dans l'île Riou afin de tromper l'abbé Arnaud d'Agnel.

« Ayant eu l'honneur d'entretenir l'Académie de la découverte de ces silex égyptiens à Riou — fait dont les conséquences historiques étaient considérables — j'ai le devoir de l'aviser de la supercherie qui a été commise, et qui est aujourd'hui avouée par son auteur. » D<sup>r</sup> CAPITAN (*Acad. des Inscri. et Bell.-Lett.*, 3 mai 1907).

## CHAPITRE XVIII

### Néolithique et Protohistorique. — Cavernes historiques et souterrains-refuges. — L'Évolution positive.

Caractère industriel et invasion du néolithique. — La caverne sépulcrale. — Progrès matériel et recul artistique. — Trépanation néolithique. — Palafittes anciens et modernes. — Mystère des dolmens (Caucase, Espagne, Irlande, etc.). — Nuraghe, Taulas, Duns, etc. — Cabanes néolithiques remplaçant les cavernes. — Habitants des gouffres et falaises, Cliff-Dwellers (Amérique, France), etc. — La carie dentaire. — Progression positive de l'homme souterrain. — La raison utilise les cavernes au lieu de les subir. — Les grottes religieuses, des *spéos* aux chapelles. — Les villages troglodytiques anciens et modernes. — Sauvages d'Ezy et gitanes de Grenade. — Cavernes artificielles : Carrières et catacombes. — Souterrains-refuges. — Grottes homicides. — La loi de progression.

« Les questions se rattachant à la haute antiquité de l'homme... doivent être abordées avec prudence... ce qui n'empêche pas de faire des hypothèses à leur sujet... Il faut oublier, pour les temps primitifs, tout ce que les anciennes théories classiques nous ont enseigné, et en reprendre l'étude par l'observation directe des choses... *Nous ne savons pas* et, en bonne méthode, il ne faut pas prétendre savoir ce qu'en réalité on ignore. » (G. CHAUVET.)

Dès 1864, Ed. Lartet émettait l'opinion qu'une véritable solution de continuité, un *hiatus* séparait le paléolithique du néolithique, qu'une *interruption humaine* complète avait eu lieu entre la fin du pléistocène et les temps actuels. Cette opinion a été repoussée par quantité d'autres préhistoriens.

C'est le plus vif débat peut-être qu'ait provoqué la Préhistoire ; l'espace me manque pour le résumer.

Bornons-nous à dire qu'à l'heure actuelle, nombre de faits, et surtout les trouvailles de Piette et de F. Regnault, à La Tourrasse (Haute-Garonne), s'inscrivent en faux contre l'hiatus dans les Pyrénées. Il en serait de même en Espagne et en Danemark. Depuis longtemps, De Quatrefages et S. Reinach ont pensé que la lacune a pu être locale, sporadique ; que l'émigration vers le Nord n'a été que partielle, tandis que l'immigration venant de l'Est n'était que successive et permettait des assimilations de races.

Hørnes estime qu'à la fin du paléolithique, des changements de climat ont modifié les habitudes de nutrition, — substitué l'agriculture à la chasse, — diminué, puis éteint la faculté et l'intérêt des représentations naturalistes ; la naissance de l'industrie aurait étouffé l'art décoratif ; les signes du Mas d'Azil prouveraient un changement de mentalité.

La vérité probable, c'est que, si l'hiatus a existé, cela n'a été que par places, en vertu de conditions locales et conformément à l'universelle loi de l'influence du milieu.

Et il n'y a sans doute pas lieu de créer, comme on l'a prétendu, un *mésolithique* véritablement distinct.

Quel que soit le mode, — refoulement ou absorption de conquête par une autre race immigrée, — substitution remplaçante intégrale après extinction climatérique, — ou enfin évolution complète et automatique sur place (peu probable), — selon lequel les néolithiques ont succédé aux paléolithiques, avec ou sans transition, il n'en est pas moins certain que la civilisation de la pierre polie (n'excluant pas, d'ailleurs, l'usage longtemps maintenu du silex taillé) a continué d'évoluer souterrainement dans l'habitat des cavernes, mais différemment.

Certes, il est bien curieux que tout de suite elle

apparaisse nettement dissemblable de la culture précédente : l'enterrement des morts, la domestication des animaux, l'usage de la poterie, l'avènement même de l'agriculture, ne sont pas contestés ; leur survenance assez brusque reste un objet d'étonnement. Piette pensait qu'elle a été le résultat d'un nouvel ordre d'idées ; cela est clair, mais sous l'empire de quelle cause ? Est-ce bien un changement de climat qui, avec le renne, a fait disparaître le bois à sculpter, modifié le régime alimentaire, et altéré les habitudes ?

On ne s'explique pas que les peintures et gravures cessent subitement : quand les pétroglyphes se manifestent à nouveau, c'est avec une naïveté rudimentaire, une incorrection enfantine, qui a dérouté tous les commentaires. Les sculptures des monuments mégalithiques et des grottes néolithiques (Marne, etc.), sont bien inférieures à celles du magdalénien.

Si cette lacune *esthétique* n'est pas comblée quelque jour par la découverte d'un réel art néolithique ; si Altamira et Niaux n'y répondent point, elle fournirait un solide argument à la théorie de l'invasion conquérante étrangère, d'une substitution *tout d'une pièce*, au moins pour l'Europe occidentale.

De plus en plus la caverne néolithique devient sépulcrale et, pour l'habitat, un refuge accidentel (bien que le prétendu homme du cuivre et l'homme du bronze l'utilisent encore) ; car la progression évolutive ne tarde pas à conduire aux *inventions*.

Aux néolithiques du marais de Robenhausen (canton de Zurich, Suisse) est attribuée l'initiative des Palafittes ou cités lacustres sur pilotis (qui persistent en Nouvelle-Guinée, au Dahomey), les Pompéi lacustres<sup>1</sup>.

L'évolution, continuant toujours, arrive au dolmen,

1. Maintenant on ne leur alloue plus que 2 ou 3.000 ans av. J.-C. Hérodote cite des palafittes en Thrace, 508 ans av. J.-C. ; l'abbé Cherhout vient d'en retrouver en Belgique (marais de la Mendel) qui ont subsisté depuis le néolithique *jusqu'au Moyen âge* !

où G. de Mortillet voulait voir l'imitation de la caverne, et qui va peu à peu remplacer celle-ci comme lieu de sépulture. On le fait apparaître aussi dès la fin du néolithique (robenhausien), et il est certain que les dolmens ont duré jusque dans l'âge des métaux.

D'ailleurs, de leur origine, de leur vieillesse et de leur durée *exactes*, on ne peut absolument rien dire : on les a rencontrés en Asie et en Afrique, comme dans toute l'Europe ; leurs formes sont des plus diverses, depuis les simples trilithes en portique jusqu'aux plus complètes allées couvertes, enfouies sous des tumulus : comme technique, il y a un abîme entre les dolmens en pierres brutes, à énormes interstices, de l'Irlande ou de l'Altmark et l'appareillage travaillé et soigné des antas de Portugal, des dolmens taillés de Tunisie, et de l'allée couverte, sous tumulus, d'Antequera (Andalousie), qui a une réelle allure de temple. En 1903, je me suis, avec stupeur, trouvé en face du dolmen-sarcophage de Touapsé (Circassie), creusé à même un rocher de grès en place et à façade sculptée, et dont nul archéologue n'a su m'expliquer la provenance, ni m'indiquer l'équivalence en aucun pays connu. J'ai proposé d'y voir un rapport avec le sarcophage des Grecs, qui ont eu, dans ces parages, leurs colonies de Pânticapée, Chersonèse, Olbia.

Mais quelle serait la nature de ce rapport, d'ailleurs bien hypothétique ? Est-ce le protohistorique dolménique ignoré qui a inspiré la tombe à couvercle hellénique, ou réciproquement ?

Il est bien probable qu'une relation, jusqu'à présent peu saisissable, doit rattacher les dolmens aux autres mégalithes protohistoriques de nombreux pays, sur l'âge, l'origine et l'usage desquels on demeure réduit aux conjectures et aux controverses : les Nuraghe de Sardaigne ; Taulas (bilithes en forme de T), Talayots, Cuevas, Nauetas, Circulos, Murallones

de Minorque et de Majorque, si bien étudiés par M. Cartailhac ; — les Duns, ou forts celtiques d'Irlande ; ce sont des forteresses, des acropoles, des temples, des villages, des cavernes artificielles, des tombeaux qui vont du néolithique au bronze et, qu'on nomme cyclopéens, uniquement à cause de la masse colossale de certaines pierres qu'on y a employées. Telles de leurs portes et murailles ressemblent à s'y méprendre aux enceintes, dites cyclopéennes aussi, de Mycènes ou Tirynthe, de Tarragone, d'Alatri, et des villes étrusques, etc.

Pour les Duns, on a tenté de limiter leur date entre 200 ans avant J.-C. et le v<sup>e</sup> siècle de notre ère ! Même on a voulu les relier aux premières chapelles chrétiennes ou *Teampulls* du vi<sup>e</sup> siècle après J.-C., construites par les disciples ou successeurs de saint Patrick (qui évangélisa l'Irlande vers 465 après J.-C.). Car les vieilles annales irlandaises affirment que divers roitelets d'Erin, comme gages de leur conversion, auraient octroyé leurs *duns* aux missionnaires pour y abriter les églises naissantes !

Une des plus étranges pratiques néolithiques est assurément celle de la *trépanation*.

Les premiers cas en ont été recueillis dans les dolmens de la Lozère par le D<sup>r</sup> Prunières (1873), puis dans les grottes néolithiques du Petit-Morin (Marne), par M. de Baye ; dans les dolmens algériens ; au Pérou, dans l'Amérique du Nord ! Ils furent interprétés au congrès de Budapest par Broca, en 1876. Depuis lors, on en a trouvé en Moravie, Danemark, Thuringe, Suède, Belgique, etc.

On pratique encore la trépanation chez certaines tribus de l'Océanie et au Monténégro, pour de simples maux de tête.

Les outils de *pierre* composant le mobilier néolithique suffisent pour expliquer l'opération, qui devait être extrêmement longue par raclage et grattage.

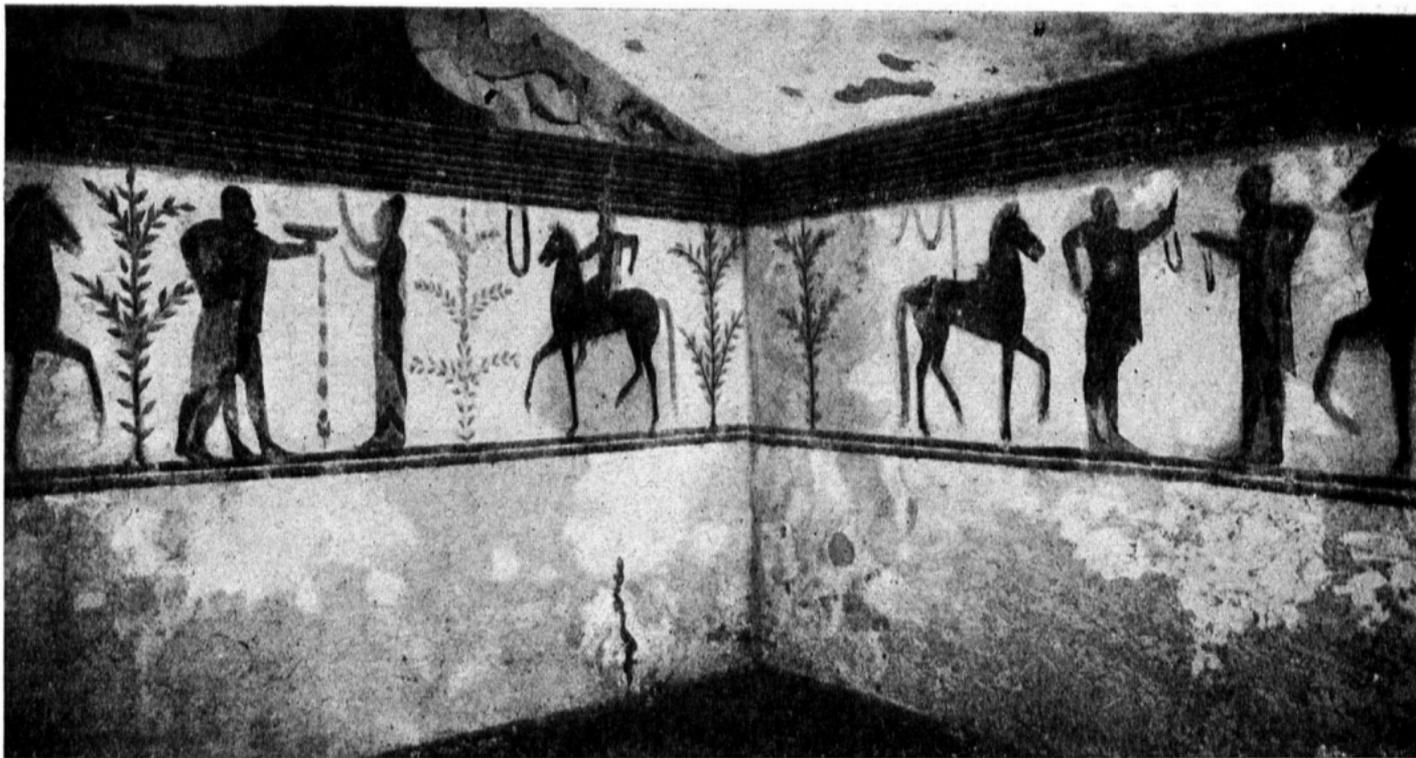


Fig. 69 — Tombe étrusque peinte à Cornéto, p. 358.

Quant à son but (chirurgie, superstition, sorcellerie, trophées humains), on reste réduit aux hypothèses.

La hutte, la cabane, s'est multipliée dès le début de l'époque néolithique (hutte de Söderletge, en Suède, trouvée en 1819); des fouilles de *fonds de cabanes* ont, en maintes localités, fourni (dès 1871-1872) des objets de cette époque à Roose, en Italie, à Planque et Munier dans l'Hérault, etc.

On tient pour très ancien le type de la cabane en pierres sèches, à voûte en encorbellement, qui se retrouve encore par toute la France; particulièrement sur les plateaux de Vaucluse, de l'Ardèche, du Quercy.

Même au fond d'abîmes verticaux, à Padirac (Lot), à Sauve (Gard), des traces d'occupation humaine (murs, foyers, etc.) m'ont étonné à bien des reprises. On a multiplié ces trouvailles au Puits-Billard (Jura), à l'aven de Foncin (Gard), etc., etc. L'âge de ces cachettes, parfois sépultures, est des plus indécis et des plus variés; il en est de tout à fait modernes. La plus ancienne utilisation d'*abîme* paraît être celle de l'aven de Ronze (Ardèche), où M. le Dr Raymond a trouvé, dans une poche latérale, à 16 mètres sous terre, un atelier de pointes de flèches en silex, aussi bien fabriquées que les pointes solutréennes, mais qui meublent tous les dolmens des environs; elles sont donc néolithiques et « remarquables par la survivance d'un type morphologique éteint à cette époque ». Ce serait un argument de plus contre l'hiatus.

Au Yucatan (Mexique), la célèbre caverne de Loltun, où l'on n'accède que par de vrais abîmes, a livré à MM. Thomson et Mercer des peintures et gravures sur les murailles, ainsi que des objets industriels.

Quant aux *Cliff-Dwellers* ou falaisiers, habitant des anfractuosités ou cavités, dans des situations inaccessibles sans appareils appropriés de gymnastique (cordes ou échelles), ils ont longtemps passé pour spéciaux



Fig. 70 — Tombe étrusque tallée à Cornéto, p. 358.

à l'Amérique du Nord, où ils ont donné les plus curieuses choses ; ils subsistent encore au Mexique.

Mais j'ai reconnu que cette pratique a été suivie aussi en France, depuis le néolithique jusqu'à l'époque romaine et même au Moyen âge, et j'ai décrit les habitats de falaises des Fadarelles (Lozère), du Boundoulaou et du Riou-Ferrand, dans l'Aveyron, etc., etc.

Les couvents des Météores de Thessalie sont bien aussi des Cliff-Dwellers, et, selon le lieutenant Desplagnes, ils abondent sur le plateau nigérien.

Au point de vue de l'évolution physique de l'homme des cavernes, on a eu à s'occuper de la *carie dentaire*. Selon les docteurs P. Raymond et E. Schwartz, elle a existé de tout temps, chez tous les peuples, quoique rare aux temps préhistoriques.

MM. Baudouin et E. Rivière ne croient pas qu'on l'ait encore prouvée antérieurement au robenhausien.

En réalité, on connaît trop peu de mâchoires quaternaires authentiques, pour assurer que l'homme pléistocène eût de meilleures dents que nous-mêmes, et pour affirmer absolument (si vraisemblable que cela paraisse) que la dentition humaine est en voie de régression, voire de disparition, ce que l'on prétend aussi, d'ailleurs, pour la chevelure et le trop fameux appendice !

Enfin, on vient de se demander si la syphilis elle-même n'est pas d'une très haute antiquité <sup>1</sup>.

Quand nous parvenons à l'histoire, nous voyons que, non content d'utiliser<sup>1</sup> les cavernes et de les *adapter* à son existence, l'homme, forçant la nature

1. Le 1<sup>er</sup> juillet 1907, à l'Académie des Sciences, M. Bouchard a présenté une note du D<sup>r</sup> Lortet, de Lyon, sur un crâne préhistorique syphilitique, recueilli en 1907 en fouillant de nombreuses tombes dans la nécropole voisine du village de Rodâ, au nord de Karnak, entre la rive droite du Nil et la limite du désert arabe. Ce crâne a appartenu à une jeune femme présentant les caractères



Fig. 71. — Catacombes de Syracuse, p. 358

au lieu d'être forcé par elle, en a créé d'artificielles pour divers de ses besoins.

Dès que la religion fut inventée (où, quand et comment, nul ne saurait le dire), et avec elle le culte des morts, la première des civilisations historiques les confia artificiellement au sous-sol : c'est l'Égypte qui, pour défendre les momies des Pharaons par un labyrinthe de couloirs et d'obscurité, élève les montagnes des Pyramides, — et fouille ou utilise pour ses tombeaux, nécropoles et sanctuaires les mastabas et sérapéums de Memphis, les grottes sacrées des crocodiles à Maabdeh, les spéos d'Ip-samboul et de Nubie, en y enfouissant les trésors d'art que tant de siècles ont respectés.

Ici je dois supprimer une longue énumération des temples souterrains de Ceylan et de l'Inde (ciselant et datant, sur la pierre excavée, un débordement de sève vitale, sculptée et peinte, que nulle imagination humaine n'a égalée), — de toutes les falaises et tombes sculptées et percées dans l'Asie presque entière, sans parler des antres Coryciens (Cilicie) et de Trophonius (Thessalie).

Les catacombes ou nécropoles commencent dans l'antiquité au Mont Argée et à Istanos (Asie Mineure), à Alexandrie, à Collo (Algérie), à Hadrumète (Tunisie), en Étrurie (où on les peint remarquablement, mais de façon moins *naturaliste* qu'à Altamira et Niaux). Elles se christianisent à Rome, Naples, Syracuse (ces deux-ci beaucoup plus grandes que celles de Rome), Palerme, Kiew, Grenade, pour aboutir au grand ossuaire du Paris moderne !

de la race égyptienne la plus pure ; les deux dents de sagesse se montrent à peine. Or ce crâne portait des lésions caractéristiques. D'après leur nature, on serait en droit de les attribuer à la maladie que l'on pensait jusqu'ici n'avoir été connue en Europe qu'au quinzième siècle, après la découverte de l'Amérique. Ce crâne remonte au moins à quatre mille ans.

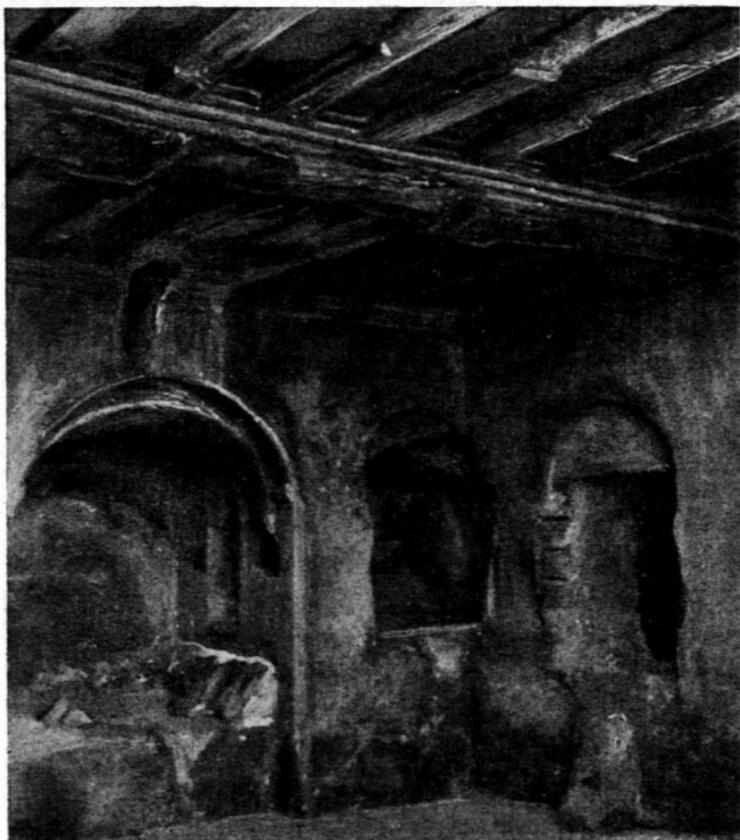


Fig. 72. — Vue d'ensemble d'Oupliz-Tsiké.

Fig. 73. — Chambre taillée et sculptée à Oupliz-Tsiké, p. 360.

Le Moyen âge chrétien lui-même a creusé des églises souterraines extraordinairement artistiques à Lalibéla, Goba, Abyssinie (probablement du XII<sup>e</sup> siècle), à Saint-Emilion (Gironde, église monolithe du VIII<sup>e</sup>-XIII<sup>e</sup> siècles), etc.

Et les grottes-sanctuaires se trouvent partout, jusque chez les demi-sauvages actuels de Digorie (Caucase).

Même adaptation universelle et continue des excavations artificielles à de véritables villages, souvent à plusieurs étages, communiquant par des escaliers intérieurs et parfois ornés de motifs d'architecture ou de décorations peints et sculptés; depuis celles du Mont Argée (Cappadoce, 1900 av. J.-C., selon Sayce) et l'énigmatique ville à ornements architecturaux d'Oupliz-Tsiké (près Tiflis, Transcaucasie), d'âge totalement inconnu, jusqu'aux troglodytes moyennageux et modernes d'Ani (Arménie), de Jonas (Puy-de-Dôme), de Lamouroux (Corrèze), des Eyzies et Saint-Christophe (Dordogne), etc., de Tunisie, de Troô, vallée du Loir; Bourré, Loir-et-Cher; Meschers, Charente-Inférieure; d'Angleterre, d'Espagne, etc.; avec des chapelles, des armoires, des mangeoires, des trous d'encastements pour les poutres soutenant les planchers séparatifs, et une foule d'autres ingéniosités.

Certains troglodytes actuels, véritablement misérables, comme les ramasseurs de galets des *gobes*, de Dieppe, les *sauvages* d'Ézy-Anet (Eure), trouvent le moyen de glisser des douceurs parmi les âpretés de leur existence; je n'ai point vu ceux d'Ézy aussi retardataires que l'affirmaient les descriptions. Devant le mur de leurs *caves*, beaucoup ont enclos un carré de jardinet, où des fleurs, au soleil, les égalaient.

A Grenade, sur les revers de l'Albaycin, les cuevas des gitanes baillent au soleil aussi, parmi les raquettes de cactus qui tapissent toute une montagne: les façades sont proprement blanchies à la chaux, que trouvent les étroites portes et fenêtres des tanières;



Fig. 74 et 75. — Habitations troglodytiques de Troô (Loir-et-Cher).

dans celles-ci, on est surpris par l'espace relativement ample, le balayage du sol battu, les grands lits aux gros édretons et voyantes couvertures, les miroitements étincelants des braseros et batteries de cuisine en cuivre rouge, seul luxe de ces effrontés mendiants ; ils ne vivent que de la charité et de la curiosité publiques, qu'ils exploitent avec une farouche âpreté ; mais une journée par semaine est consacrée au récurage et polissage de leur cuivrerie, orgueil de la tribu ; et des fleurs se mêlent aux cheveux des danseuses, jeunes ou vieilles, à peu près toutes laides ; il faut les contempler cependant, pour leur type et leurs yeux de braise, qu'on voit plus terrifiants encore chez les tziganes, réels nomades ceux-là, des forêts hongroises des Tatras !

Puis, ce sont les carrières, d'où l'homme a tiré les pierres pour la construction de ses monuments extérieurs. Il en est d'immenses, soit en hauteur, soit en étendue : les marbres d'Athènes ont fait de grands vides dans le Pentélique, où l'on trouve une vraie grotte à stalactites, les ornières des charrois antiques et les ruines d'une chapelle ; les latomies colossales de Syracuse (qu'il ne faut pas confondre avec les catacombes) ont été transformées par une végétation quasi africaine, en dédales des plus pittoresques, profonds parfois de 50 mètres : là, Denys le Tyran faisait dépérir ses prisonniers ; on attribue aux Romains l'initiative du creusement de la montagne Saint-Pierre (Maëstricht), où s'approvisionnent encore les architectes hollandais.

Les cathédrales gothiques de France sont sorties des carrières de Caumont (près Rouen) ; de Naours (Somme), etc. ; de Saint-Martin-le-Nœud (Oise), où MM. Albert et Alexandre Mary ont reconnu tout dernièrement la perforation artificielle de plus de cinquante hectares de terrain.

L'exploitation des substances naturelles utiles à

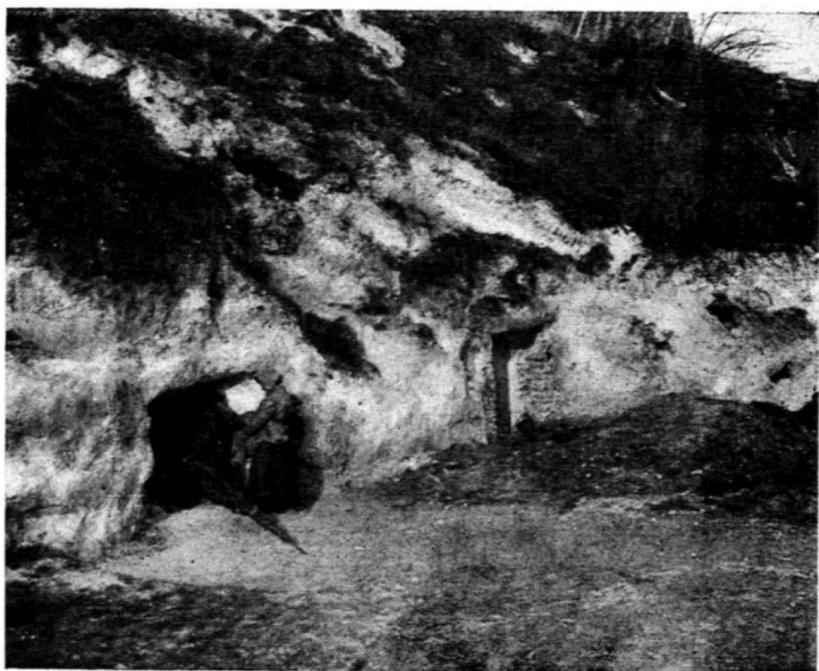


Fig. 76 et 77. — Tanières et jardinets des *sauvages* d'Ézy (Eure).

l'homme a provoqué aussi, sans parler des mines et des salines, les vastes hypogées des carrières de plâtre : en Seine-et-Oise, par exemple (à Triel), la montagne de l'Authil est percée d'outré en outré par un dédale de grandioses galeries, où la forme des piliers de soutènement, en pyramides la pointe en bas, évoque d'assez près certains travaux d'Égypte.

Préhistoriques et sauvages avaient pratiqué aussi les exploitations souterraines : en galeries profondes ou en puits, le silex était recherché à Mur de Barrez, à Spiennes (Belgique). Aux États-Unis, dans la grande caverne de Wyandotte, des carrières de jaspe, stalagmite et albâtre ont été travaillées par des Peaux-Rouges relativement modernes, et nullement par l'homme préhistorique.

Paris, enfin, en grande partie sorti de son propre sous-sol, y rentre pour assurer sa circulation parmi les étages superposés du Métropolitain. Et sous les neiges permanentes des Alpes, les défenses nationales percent des casemates et des poudrières, vers des sommets de plus de 3.000 mètres (Chaberton italien de Césanne).

Une autre utilisation des excavations artificielles est le *souterrain refuge*, où des familles, tribus ou populations entières ont cherché abri, dans les temps troublés, contre les invasions ou les persécutions.

Par toute l'Europe, ils fourmillent.

En France, on les nomme *Cluseaux* (dans l'Ouest), Mardelles, Cachas, Sourtres, Carabaunas ; beaucoup sont attribués aux Gaulois, fuyant les Romains.

Certains sont des excavations peu profondes, simples cachettes au milieu des plaines ; d'autres, très complexes, présentent les plus savantes dispositions conçues par de véritables ingénieurs.

Les plus importants sont ceux des carrières de Naours, transformées en refuge pendant les guerres, du Moyen âge à Louis XIV ; l'abbé Danicourt y a



Fig. 78. — Les gitanes de Grenade.

Fig. 79. — Chambre à coucher dans une grotte, au roc de Tayac (Dordogne).

fait les plus curieuses trouvailles dans 2.000 mètres de 28 galeries et 300 chambres.

Les *Baumes* des Cévennes furent utilisées par les Camisards contre les Dragonnades de Louis XIV; — puis par les prêtres catholiques contre les fanatiques de la *Terreur*; — Mandrin eut son repaire à la Balme (Isère) et des brigands (peut-être légendaires) de l'Ariège à Lombrive.

La grotte *homicide* a servi les plus sanguinaires instincts : dans le barathron du Tayggète les Spartiates jetaient les enfants mal conformés; — dans le Garagai de Sainte-Victoire (près Aix, en Provence), qui demeure encore une énigme, Marius précipita, dit la légende, 300 Teutons en l'an 102 av. J.-C.; — maint gouffre a fourni des traces de crime ou suicide.

Ainsi le *terrage* humain a toujours été volontaire : le raisonnement y a fait reconnaître la protection ou l'économie du refuge, et, dès l'aurore de l'humanité, la cachette souterraine a exercé son universelle attraction; non seulement elle n'a nui d'aucune manière à l'application de la loi formelle de *progression*, mais au contraire elle a reçu les stigmates d'un épanouissement continu dans notre évolution positive.

Maintenant, c'est l'utilisation industrielle qui multiplie les souterrains artificiels par les phénoménales entreprises, qui n'effraient plus aucune audace.

Par conséquent, l'homme a progressé *toujours*, même à l'intérieur du sol : est-ce donc la matière seule qui le mène et qui l'instruit?

N'est-ce pas plutôt l'énergie intellectuelle mise en lui avec *le principe*, qui peu à peu l'élève par l'utilisation raisonnée des ressources du milieu. N'est-ce pas l'évolution *bénéficiaire*, qui l'a conduit à ses inventions; la sculpture et le dessin sont nés de la chasse; les palafittes ont constitué le village défensif contre les bêtes fauves ou les ennemis voisins; les dolmens



Fig. 80. — Les latomies de Syracuse.

ont reçu comme cénotaphes les dépouilles des morts aimés ou marquants.

Donc, notre rapide revue de l'évolution souterraine affirme que, pendant les anciennes périodes géologiques, nous n'avons à faire sous la terre qu'à l'évolution des minéraux, végétaux et animaux. Dès que l'homme apparaît, c'est une autre évolution qui naît, celle de la raison, de l'esprit, de l'intelligence : doit-elle être confondue avec les précédentes, comme le voudraient les matérialistes? Depuis qu'il y a des philosophes, la discussion n'a point tari sur ce haut sujet.

Abstraction faite de ma personnelle tendance vers le dualisme (vers le vitalisme si l'on veut), il me semble qu'en toute impartialité, une chose apparaît bien frappante dans l'évolution souterraine de l'homme : c'est que son caractère n'est en aucune façon régressif, rétrograde, comme pour l'évolution de la faune cavernicole. Contrairement aux animaux devenus aveugles, après introduction fortuite dans les fissures du sol, l'homme a visiblement et généralement progressé, quand le hasard des circonstances l'a contraint d'adopter les cavernes comme habitat.

Loin d'y subir les altérations physiques imposées par un milieu mal propice, il n'y a même pas trouvé la réduction forcée de ses facultés intellectuelles. Dans les cas d'infériorité où le mettaient le souci de sa sécurité, sa pauvreté, sa faiblesse, son ignorance, et où il a pris les grottes comme un pis-aller, son ingéniosité s'y est épanouie en dépit de tous obstacles.

Il a trouvé le moyen d'en modifier l'ambiance elle-même, grâce aux ressources de sa raison<sup>1</sup>.

Confinées dans les cavernes, toutes les peuplades,

1. Tel est le seul sens dans lequel il soit permis d'énoncer avec Le Dantec « que le milieu a subi les modifications qu'il fallait pour cela », sans aucunement pouvoir dire de l'être vivant en général « que son action modifie le milieu de manière à y réaliser les conditions nécessaires ». Bergson, au contraire, exprime bien

tribus ou familles, ont su réagir par l'intelligence contre leur influence réductrice. Il n'est point de preuve plus formelle du pouvoir ascensionnel de cette progression mystérieuse, qui a victorieusement armé l'*homo sapiens*, d'abord pour la lutte contre la nature et ensuite pour sa conquête.

que « c'est à la vie qu'il appartiendra de se créer elle-même une forme appropriée aux conditions qui lui sont faites. Il va falloir qu'elle tire partie de ces conditions ». Voilà l'*évolution bénéficiaire* !

## CHAPITRE XIX

### La caverne de Platon. — L'évolution au grand jour.

L'avenir de l'homme. — Obstacles à sa progression. — Obstacles objectifs (cosmiques et géologiques). — Le dessèchement de la terre. — La lune morte. — La réparation de la terre. — Obstacles subjectifs : paupérisme et pacification. — La fin des dogmes et des sophismes. — Absence de limitation à l'ascension évolutive de l'homme. — La conquête de la nature et de l'ambiance. — La dématérialisation de la matière et l'indépendance de l'énergie. — Réfutation du matérialisme. — Nécessité du *principe*. — La marche à la vérité.

« Si le passé nous a beaucoup donné, nous pouvons être assurés que l'avenir nous donnera plus encore. » (H. POINCARÉ).

« Nous ne sommes qu'au seuil de la civilisation. » (SIR JOHN LUBBOCK.)

Voici la question dernière où aboutissent les enseignements de l'évolution souterraine : Où va l'homme ?

D'autres énigmes certes nous étreignent : l'origine de l'humanité ; celle même de la vie et la nature de cette vie ; leur présence en dehors de la terre.

Trois interrogations devant lesquelles il importe, quant à présent, d'observer la sagesse du silence.

Pour notre avenir il est moins difficile, peut-être, d'entrevoir plusieurs variétés de solution.

Un principe acquis, c'est la loi formelle de progrès, dont la nature entière vient de nous fournir tant de

démonstrations irréfutables; devant cette loi, où est la preuve que l'homme soit le point culminant, le terme définitif, le perfectionnement achevé de la vie terrestre (ou du moins de ce qu'il nomme ainsi), le véritable couronnement de la nature? Seul l'orgueil anthropocentrique peut l'affirmer sans le démontrer. Plus modestes, la raison et la science ont le devoir de ne pas faire de l'homme l'aboutissant de l'univers. Mais elles ont le droit, sans subir l'influence du *senti-ment*, de supposer et d'espérer que l'évolution, toujours en marche, n'a pas fini d'avancer.

Il est donc permis de rechercher, sinon jusqu'où montera l'avenir de la vie et surtout de la pensée terrestres, du moins quels obstacles sont susceptibles de mettre un terme à leur essor.

Ces obstacles peuvent se classer en deux séries, l'une objective, dépendant de la nature seule, l'autre subjective où intervient l'action humaine.

La première série se partage elle-même en faits d'ordre cosmique et d'ordre géologique.

On a prévu dans l'ordre cosmique : La chute de la lune sur la terre; celle de la terre sur le soleil; le refroidissement du soleil amenant la glaciation de la terre; ou au contraire l'embrasement des stoïciens; la capture et l'entraînement de l'atmosphère au trop proche passage d'une comète; l'émiettement ou la combustion au choc matériel d'une comète aussi<sup>1</sup>.

Certains de ces *accidents* sont à bien lointaine échéance, tandis que, contre les autres, le calcul des probabilités est de nature à nous rassurer. Lord Kelvin parle de 5 à 6 millions d'années encore pour la chaleur solaire et Sée de 30 millions d'années!

1. La destruction électro-chimique a été prédite, par l'effet d'un orage électrique exceptionnel (?), décomposant l'atmosphère, combinant l'oxygène avec l'azote et la faisant retomber sur le globe en pluie d'acide azotique qui détruira tout. On a prêté cette fin à la Lune! — Passons!

Dans l'ordre géologique :

Le refroidissement interne de la terre ; sa désagrégation dans un paroxysme de crevassements ; le nivellement général dû aux actions atmosphériques et devant entraîner la réduction des pluies par suppression des montagnes qui attirent et condensent les nuages ; la diminution graduelle de l'oxygène de l'air, de plus en plus absorbé par la généralité des phénomènes d'oxydation ; enfin la dessiccation par disparition progressive de l'eau. De ces éventualités les deux premières et la dernière sont seules du domaine de l'évolution souterraine.

On peut affirmer (V. p. 30) que la fissuration et la dislocation de l'écorce terrestre ne sont aucunement arrêtées. Il est évident aussi que l'extension du crevassement ne fera qu'accroître le nombre des cassures, sur et sous le sol ; ainsi les *captures* extérieures, qu'elles sollicitent, multiplieront corrélativement les voies d'eau, en même temps que, sous l'action de la pesanteur, celles-ci creuseront de plus en plus profondément leurs souterrains sillons : par conséquent l'appel des infiltrations du dehors vers la base de l'écorce ne fera qu'augmenter dans le temps. De plus en plus les eaux souterraines seront employées et volatilisées dans les réactions chimiques profondes ; il est probable que, de moins en moins, elles auront la force de remonter thermalement vers la surface du sol : consécutivement, la réduction de l'évaporation, de la précipitation et du ruissellement externe s'impose. La dessiccation progressive de la surface de l'écorce terrestre est une certitude et nullement une théorie : tout notre doute est dans sa durée. J'ai dit et je répète que je la crois rapide, et, dans une certaine mesure, tangible à l'observation humaine. (V. p. 98.)

Ce chapitre de l'évolution souterraine révèle d'emblée, comme un abîme brusquement ouvert, le sort futur de notre planète entière : au double jeu de la

multiplication tectonique des cassures et de leur approfondissement érosif, la dessiccation finira par intéresser les mers aussi bien que les continents.

Quand l'intérieur de la terre engloutira et retiendra plus d'eau qu'il n'en restituera, ce phénomène de la dessiccation s'accélérera effroyablement vers la généralisation des saharas terrestres.

C'est bien ce que nous laisse entrevoir l'astre que nous connaissons le moins mal : la lune.

Plus petite que la terre, elle a dû, forcément et constitutionnellement, réagir moins longtemps contre les effets multiples des dégradations souterraines.

Car les lignes de rupture, les crevasses, les gouffres mêmes, les trainées (de poussières éruptives?) formellement constatés par la grande enquête lunaire de MM. Lœwy et Puiseux, permettent de penser que la lune a eu son noyau igné, sa géothermique, ses actions et réactions souterraines, puisqu'on y voit des ruines des volcans ; qu'elle a subi ses absorptions d'eaux et de mers dans les abîmes. Le tout par les effets de la chaleur centrale, du crevassement et des absorptions, qui sont les trois principaux facteurs de l'évolution souterraine du globe terrestre, et qui doivent tant nous inquiéter.

C'est donc le dessèchement aboutissant à la disette d'eau, qui s'annonce comme la plus probable, la plus normale, la plus rapide de toutes les éventualités.

Contre celle-ci, l'ingéniosité et la science humaines ne sont pas tout à fait désarmées. La meilleure connaissance du sous-sol et l'extension des reboisements s'offrent comme remèdes au moins partiels.

Quant au nivellement extérieur de la terre, il semble qu'on oublie un peu trop que la planète elle-même lui oppose une compensation interne : Si l'Ardenne a été arasée, des chaînes de montagnes remplaçantes ont surgi ailleurs, sous les efforts du

tectonisme; et on se demande si une nouvelle ride montagneuse ne se prépare pas à émerger du Pacifique; le volcanisme même, érigeant ses cônes, étendant ses nappes, allongeant ses coulées, contribue aussi à *réparer* les pertes provoquées par l'érosion.

Dans cette lutte entre l'exogène et l'endogène, il est bien probable que le travail intérieur finira par avoir le dessous. Mais le conflit du moins maintiendra le balancement des phénomènes pendant une durée que rien ne permet d'apprécier. Sera-ce au delà d'autres causes, qui auront réussi à supprimer la vie sur la terre, ou au contraire à l'y maintenir sous des formes nouvelles, actuellement inconcevables, mais adéquates aux modifications évolutives futures, que la philosophie a le droit d'espérer et le devoir de ne pas prédire?

Dans la série subjective, l'épuisement rapide des réserves de houille et de pétrole (non renouvelables); la destruction des forêts par l'imprévoyance et le gaspillage humains; les ravages de la tuberculose et de l'avarie, de l'alcoolisme et du tabac, des intoxications (physiques et morales) dues aux atmosphères confinées; l'accroissement de la population, en conflit avec la réduction progressive des moyens de subsistance, font l'effroi des économistes et des philosophes.

Mais l'homme finira bien par capter et utiliser la chaleur solaire; la restauration des forêts n'est qu'une affaire d'argent; la médecine multiplie les sérums et l'hygiène devient une loi sociale.

Reste la *lutte pour la vie*, l'hypothèse de l'auto-destruction guerrière de l'espèce humaine, finalement trop multipliée par rapport aux ressources trop exploitées, réduites, disparues du monde qui la porte, et cédant aux mauvais instincts de la force. Certes, ceux-ci ne sont pas niables et, sans invoquer le cannibalisme incertain de Krapina (V. p. 308), il est constant que des blessures préhistoriques, par des

armes de silex, ont été trouvées sur de nombreux ossements et crânes. Si la bataille est innée et contagieuse chez l'homme, le passé prouve-t-il qu'elle puisse le mener à sa perte. Non pas ; et en fait, ni la thèse de Malthus aboutissant à restreindre la reproduction, ni les démenes criminelles et haïssables des conquérants, qui ont détruit tant de civilisations, pour disparaître aussi à leur tour, ni les fléaux naturels des famines, épidémies, cataclysmes terrestres, ni les engouffrements oscillatoires si vraisemblables de continents légendaires, ne semblent avoir provoqué, au cours de l'évolution humaine une diminution des individus. Ils sont maintenant 1.600.000.000 sur la terre et nulle annale historique, nulle trouvaille préhistorique, nulle présomption géologique n'autorise à dire que, depuis sa survenance, l'espèce humaine soit antérieurement passée par ce chiffre et que par conséquent elle n'ait cessé d'y croître, d'y évoluer, d'y progresser, envers et contre tous empêchements. Ceux-ci, certes, ont fait et feront encore des victimes, supprimé et supprimeront même des races entières, mais d'autres se sont développées et se développeront marchant sans repos..... vers un avenir !

L'argument du paupérisme et de l'impossibilité de son extinction, me paraît aussi une de ces coupables forces d'inertie, exploitées par les égoïstes, qui cultivent avant tout leurs jouissances et leur bien-être personnels. S'il est exact qu'en Angleterre, le vrai pays de la *misère noire*, il n'y a qu'un million de pauvres et de chômeurs pour 33 millions d'habitants, est-il permis de prétendre qu'on doive renoncer à leur allègement ? Est-ce qu'une fraternelle alliance, (en la phase actuelle des sociétés) du capital bien exploité et du travail bien réparti, est-ce qu'un bon vouloir universel consciencieusement appliqué, est-ce que la *suppression des oisifs* ne sauraient pas mettre 32 personnes à même d'en soulager une seule ?

Répondre non est une absurdité féroce ! Tant que la proportion ne sera pas renversée, on est en droit d'affirmer qu'une entre-aide générale humanitaire serait absolument en mesure de résoudre les plus grands problèmes sociaux, le jour où on l'exercerait loyalement et généreusement. Il est d'ailleurs des pays, où d'après les statistiques, le nombre des indigents décroît.

Donc, en ce qui touche les obstacles subjectifs, les barrières humaines à l'amélioration universelle, je me refuse à désespérer que les efforts des moralistes, des philanthropes, des pacifistes, « la noble utopie de la justice », unis au concours des savants, réussissent à enrayer efficacement les tyrannies enracinées : celles des préjugés de classes et d'usages, des faux enseignements, des dogmes imaginaires, bref de tous les despotismes qui, pour le malheur humain, trouvent leur profit à exploiter les incapacités, les ignorances, les crédulités, les fanatismes et les passions.

La purifiante admiration d'apprendre avec sûreté, le généreux bonheur de connaître et d'appliquer avec utilité, nous feront seuls évoluer (selon les larges idées des Berthelot et des Renan) vers l'élévation générale intellectuelle, indispensable à notre perfectionnement social, physique et psychique.

Parmi les facultés de son entendement, de plus en plus affranchi des basses contingences, l'homme doit penser, avec une vigueur et une acuité croissantes, aux voies et moyens de lutter, même contre les écueils objectifs de son existence terrestre. Qui sait s'il n'acquerra pas ainsi des instruments nouveaux de combat et de subsistance, contre ou pour un autre milieu, modifié lui-même dans l'espace. Rien ne laisse entrevoir une limitation théorique aux progrès, qui nous élèvent quotidiennement et régulièrement ! Peut-être même (qui peut le nier) vers une évolution de la

pensée se continuant dans le temps, au delà des modalités de la matière *transformée* !

Donc, si l'une ou l'autre des causes destructrices de la progression (ci-dessus envisagées) doit vraisemblablement se manifester tôt ou tard, si quelques-unes nous apparaissent comme des éventualités rapprochées, rien n'affirme que, d'ici au jour où la plus imminente se réalisera, l'évolution n'aura pas, elle-même, franchi de tels pas en avant, que les êtres et penseurs terrestres se trouveront armés pour y faire front : nous avons vu sous la terre la plante subir sans réaction (ou à peu près) les atteintes du milieu défavorable, — les animaux lutter contre elles au point de maintenir engourdis et de pouvoir restaurer, quand l'opportunité le permet, des caractères ataviques longtemps occultés, — l'homme, enfin, triompher de l'ambiance, d'abord en y progressant lui-même, puis en cherchant et en réussissant à l'accommoder à ses besoins.

Les soixante siècles historiques de son évolution grandiose sont garants, malgré leur formelle brièveté géologique, de ce que lui réserve l'avenir, dans l'expansion de plus en plus ample de la pensée ; et dans l'éclosion peut-être d'autre chose, encore plus élevé et indéfinissable ; pourvu, toutefois, que cet avenir ne soit pas, trop tôt et brutalement, tranché par l'une des catastrophes dont notre intelligence, encore prisonnière du corps (comme dans le mythe toujours superbe et vrai de la caverne de Platon), ose déjà redouter la survenance.

Voilà le réel mystère, plus troublant et *plus religieux* que ceux des dogmes, enfantins ou abusifs, qui imposent de *croire* et défendent de *savoir*.

Devant la haute énigme et l'admirable spectacle de l'évolution terrestre, n'est-il pas clair que la vérité, la morale et le devoir résident dans la recherche et l'utilisation des réels moyens qui, en dépit de tous les

obstacles, à l'encontre des forces naturelles, et malgré les mauvais penchants humains, peuvent conduire à s'élever encore : *excelsior* est devenu lieu commun, certes, mais on n'a point trouvé de plus haute devise pour la science, par le travail et par la pensée. C'est « l'immense effort de l'humanité s'élançant à la conquête de la vérité ». (Renan.)

Et les matérialistes eux-mêmes en font l'inconsciente application, dans leurs études d'analyse terrifiante, où ils cherchent à disséquer la vie : toute nouvelle chose *apprise* et *vraie* est un degré de plus gravi vers l'idéal inconnu, que l'homme essaierait vainement de nier.

De par le radium, les ions, les électrons, les rayons cathodiques, Gustave Le Bon pense avoir retourné les vues d'Empédocle et Lavoisier sur la conservation de la matière : « Rien ne se crée, rien ne se perd, tout se transforme » et formulé au contraire : « Rien ne se crée, tout se perd. » Or, cela justement contraint d'avouer que sa disparition précisément, la dissociation de ses atomes (la dématérialisation de la matière), libère en revanche un mystérieux agent, l'*énergie intra-atomique*, dont la force incalculable produirait l'électricité, la chaleur, la lumière, la phosphorescence et que savons-nous encore ?

Peut-être aussi le mouvement et la vie, par la circulation inter-astrale des germes selon la théorie panspermique de Buchner, Bölsche, de lord Kelvin, d'Arrhénius, etc.

Si bien que l'énergie se révèle *indépendante de la matière*, puisqu'elle l'anime, s'en dégage et lui survit !

Et si cette énergie elle-même n'est pas perpétuelle, comme on arrive à le suggérer, comment, pourquoi, par qui en tous cas s'est-elle manifestée à l'origine, s'il y a eu une origine ? Quel fut son déterminisme ? Toujours, et même par les recherches des matérialistes, nous sommes ramenés muets devant cette

énigme du *principe* ou de la cause, que Descartes lui-même a dû réduire à « une idée innée ».

Il n'est nullement réfuté qu'une impulsion ou force, initiale ou maîtresse, actuellement inconnue et inexplorable à l'homme, ait provoqué ou animé, jusqu'en leurs innombrables diversités présentes, les formes et manifestations de la matière. Nul n'a réussi encore à démontrer rationnellement le contraire, et, devant cet argument vitaliste tous les emportements de Hæckel s'évaporent en postulats !

Gustave Le Bon lui-même énonce bien justement que « si le comment des choses est parfois accessible, leur pourquoi ne l'est pas encore », mais que « rien n'autorise à dire que nous l'ignorerons toujours ».

*L'ignoramus* de Du Bois-Reymond est une sagesse, son *ignorabimus* (ou agnosticisme), une témérité !

Les matérialistes contribuent donc, malgré eux, à nous le faire rechercher : même quand ils affirment que l'univers n'est qu'un dynamisme, — que la matière est une forme de l'énergie, ou de l'énergie condensée, — qu'il n'y a qu'une substance primitive, — qu'il n'existe qu'un principe, à la fois intelligence, force et matière, — que la vie n'est qu'une série de phénomènes chimico-physiques, — même quand ils ont voulu localiser la pensée dans sa substance grise, — voire essayé de *peser l'âme*<sup>1</sup>, ils ne peuvent jamais éviter les mots ni la notion, quant à présent impénétrable, de causé initiale. Nous en revenons toujours à la « chiquenaude » de Pascal. Sans aller peut-être jusqu'à dire, quant à présent du moins, avec Poincaré : « tout ce qui n'est pas pensée est le pur néant », il faut souscrire à cette belle parole de Gaudry :

1. N'a-t-on point prétendu en 1906 que des médecins de Boston seraient parvenus à connaître le poids de l'âme humaine, substance matérielle, et à constater dans des corps, pesés avant et après la mort, une diminution de poids variant de 14 gr. 175 à 28 gr. 350, et où ils auraient vu *le poids de l'âme* !!!

« Toutes les forces physiques et chimiques ne feront pas une force vitale et surtout une force morale ». Ni Traube (arborescences), ni R. Dubois (les éobes ou microbioïdes), ni Burke (les radiobes), ni Steph. Ledue n'ont réalisé la synthèse du « protoplasma ». Et toutes les parthénogénèses artificielles dérivent d'un œuf naturel.

Le fameux *Bathybius* ou gelée sous-marine vivante d'Hæckel et Huxley a fait faillite. — Et « la science n'a reconstitué jusqu'ici que les déchets de l'activité vitale ». (H. Bergson.)

Rien ne démontre, quoi qu'on puisse prétendre, que l'espèce humaine s'engloutira dans les réactions peu à peu réductrices d'une matérialité destructible. Tout au contraire, l'évolution, d'ordre intangible et d'essence insaisissable, nous montre la lente succession terrestre de la condensation des gaz, — de la solidification des métaux, — de la réduction des vapeurs en mers, — de la vie végétale, — de l'instinct animal, — de la pensée humaine. Quel sera le prochain échelon de la gradation qui a déjà franchi la cristallisation du minéral, — la respiration des plantes — la locomotion des bêtes, — l'intelligence enfin ? Des perfectionnements futurs nous ne concevons pas le plus vague fantôme. Mais cela nous autorise-t-il à en nier la possibilité, et à nous considérer comme le terme d'une évolution moribonde ?

D'irréductibles pétitions de principe, tant sociales que religieuses affirment que oui, *sans rien en savoir*. La philosophie scientifique (ou la science philosophique) ignore, mais espère un *plus ultra* ! « L'homme conçoit l'immatériel mais n'a pas atteint son perfectionnement : nous progresserons encore ». (A. Gaudry.)

Pourquoi donc l'évolution serait-elle parvenue déjà, sur l'infime terre, à cette puissance intellectuelle qui emploie le spectroscopie à *chercher les métaux des*

*étoiles*, si le but de cette évolution était le cataclysmique anéantissement du retour à la matière cosmique, ou à cet éther, uniquement défini par des caractères négatifs, et dont nous ne savons *rien de plus* qu'aux temps de Pythagore ? Au lieu de souscrire aux pessimismes, je préfère admettre le caractère hyperbolique de la progression, et conclure que, *dans notre esprit actuel*, trois des enseignements *acquis* de la nature doivent surpasser tous les autres : en l'immensité des espaces, c'est l'innomérabilité et l'invisibilité des milliards d'astres, dont rien ne nous laisse préjuger ni l'origine ni la fin exactes ; sur le sphéroïde terrestre, c'est d'abord (par contraste avec cet infiniment grand) l'*infiniment petit* des bactéries et des particules, dont nous n'avons pas encore atteint la limite, mais dont nous ne saurions *a priori*, nier la constatation future ; c'est enfin l'*intelligence humaine* qui, partie du silex brut, passée par l'ancre des bêtes, exhaussée sur les Pyramides, a combiné le microscope<sup>1</sup> et le télescope<sup>2</sup>, et dompte dès maintenant l'énigme électrique pour converser (et, demain, s'entrevoir) par-dessus les mers.

Du tombeau de Chéops à la locomotive il nous a fallu six mille ans, — du chemin de fer et du paquebot au sous-marin et au radium moins d'un siècle.

Aussi, pour ses progrès futurs l'homme actuel a-t-il le droit de ne prévoir d'autre limite que ses aspirations :

Il lui est permis de se croire (lui ou son conti-

1. Les nouveaux microscopes font reconnaître le millionième de millimètre ; il y a des bactéries plus petites !

2. Selon le P. Secchi, la lumière de certaines étoiles de 1<sup>re</sup> grandeur met 32 ans à gagner la terre ; 1,024 ans pour la 9<sup>e</sup> grandeur (moitié selon Kapteyn) ; 24,192 ans pour la 16<sup>e</sup> grandeur. — Selon Herschell, Madler, etc., celle des nébuleuses emploierait de 2 à 80 millions d'années pour nous parvenir, soit, à 300,000 kilomètres par seconde pour le plus fort de ces chiffres, une distance de 757 milliards de milliards de kilomètres !

nuateur) en route irrévocable vers *quelque chose* de suprême, qu'il ignore encore et qui git très haut; semblable aux captifs *libérés* de la caverne de Platon « délivrés de leurs fers, guéris de leurs erreurs, et parvenus à la sublime contemplation », il peut regarder avec dédain ceux de ses pareils qui, sous le fallacieux ou aveugle prétexte d'accéder plus vite au Grand Inconnu, retardent, mais n'arrêteront pas sa marche; parmi des couloirs sans issue, ces égarés ne nous « montrent que l'ombre des choses et l'écho des paroles dans le fond de la caverne, sur un mur semblable à ces cloisons que les charlatans mettent entre eux et les spectateurs... ajoutant que ce serait une folie à eux de vouloir sortir du lieu où ils sont, et que, si quelqu'un s'avisait de vouloir les en tirer et les conduire en haut, il faudrait s'en saisir et le tuer! »

Depuis 23 siècles que Socrate peignait ainsi pour ses disciples l'allégorie, demeurée exacte et saisissante de la guerre à la vérité, « les hommes enchaînés dès l'enfance » sont sortis de l'ancre un par un : et les temps sont proches où tous (sauf les géoliers obscurantistes) voudront se proclamer aptes à « monter par le sentier rude et escarpé jusqu'à la clarté du soleil », vers *l'évolution au grand jour*.

C'est elle qui escaladera la vérité, seule belle, seule désirable, seule capable (sous *bénéfice* du concours des forces naturelles favorables), de réduire progressivement les misères et perversités humaines, et de réformer peu à peu les désharmonies aberrantes de notre perfectible intellect!

# TABLE DES MATIÈRES

---

|                       |            |
|-----------------------|------------|
| AVANT-PROPOS. . . . . | Pages<br>1 |
|-----------------------|------------|

## CHAPITRE I

### Fissuration de l'Écorce terrestre.

|  |   |
|--|---|
| Importance, origine et éléments de la fissuration. — Mouvements tectoniques. — Récurrences. — Charriages. — Continuité de la fissuration. — Détonations orogéniques. — Mistpoeffers. — Tremblements de terre. — Macroséismes et microséismes. — Bradyséismes, mouvements lents du sol. — Classification des fissures. — Failles et plis. — Lithoclasses. — Joints et diaclases. — Crible terrestre. — Age des fissures. — Anciens puits naturels de Belgique ( <i>Iguanodons</i> ). — Abannets de Belgique et puits à phosphorites du Quercy. — Rôle des cassures. — Action pénétrante du feu, de l'eau, de l'air. — Profondeur du craquelage. — Son ancienneté et sa persistance. . . . . | 6 |
|--|---|

## CHAPITRE II

### Le Feu.

|   |    |
|---|----|
| Évolution de la nébuleuse primitive vers la consolidation et le refroidissement. — Métamorphisme de la première pellicule. — Géothermique (mines et sondages). — Le feu souterrain utilise la fissuration pour produire les volcans, filons, fumerolles et sources thermo-minérales. — Théories des volcans. — Influence probable des infiltrations sur le volcanisme. — Les gouffres de la mer. — Incertitudes sur l'évolution souterraine des roches éruptives. — Formation des filons métallifères par sublimation d'eaux thermales. — Zéolithes de Plombières. — Dépôts minéraux dans les cavernes. — Emanations actuelles de vapeurs. — Acide carbonique et gaz délétères (décomposition de matières organiques). — Hydrogène sulfuré et source de Matsetsa. — Origine et fonctionnement des sources thermo-minérales. — Thermo-siphon du tunnel du Simplon et de Pfäfers. — Théorie de la relation des sources thermo-minérales avec les précipitations atmosphériques. — Théorie des eaux juvéniles. — Théorie éruptive. — Evolution des eaux thermales. — Importance de leur radio-activité . . . . . | 31 |
|---|----|

## CHAPITRE III

L'Eau et la fissuration. — Abîmes. — Cavernes.  
Résurgences.

|   |             |
|---|-------------|
| Étude scientifique des cavités naturelles du sol. — La spéléologie en Autriche et en France. — Exagérations rectifiées. — La fissuration et les eaux. — Erosion, corrosion, pression hydrostatique. — Pénétration de l'eau. — Nappes et réseaux souterrains. — Absorptions, cavernes, résurgences. — Origine des abîmes. — Effondrements et jalonnements exceptionnels. — Déchéance continue des infiltrations. — Allure des courants souterrains. — Siphons, barrages, lacs et tunnels. — Trop-pleins. — Dangers hygiéniques des résurgences. — Oscillations et crues des eaux souterraines. — Vallées desséchées et fuite de l'eau. — Bassins fermés et captures. — Remplissage des cavernes. . . . . | Pages<br>53 |
|---|-------------|

## CHAPITRE IV

## Évolution de l'Eau souterraine.

|   |    |
|---|----|
| L'eau prisonnière, de carrière ou de constitution. — Doutes sur la profondeur atteinte par l'eau libre. — Cycle de l'eau libre, ruissellement, évaporation, infiltration. — Importance de l'infiltration. — Terrains imperméables et perméables. — Perméabilité indirecte (infiltration). — Perméabilité directe (imbibition). — Substitution des réseaux et courants aux nappes dans les terrains fissurés. — Terrains détritiques. — Porosité. — Captures. — Leur âge. — Evolution de la circulation ; sa transformation de superficielle en souterraine. — Infiltrations des ères secondaire et tertiaire. — Age des cavernes. — Vitesse de la fuite des eaux. — Déchéance des écoulements. — Dessèchement de la terre. — Controverse sur sa rapidité. — Absence de déluge universel. — Vallées mortes et abîmes morts. — Causes du dessèchement. — Loi de Brückner. — Approfondissement continu des fissures du sol par les eaux souterraines. — Rapidité générale de l'érosion. — Preuves historiques du dessèchement. — Faits exceptionnels d'érosion lente. — Ecoulements et vallées d'effondrement. — Allure générale de la circulation souterraine. — Idées de Sénèque. — Rivières, sources et pertes sous-marines. — Moulins de la mer d'Argostoli. — Théorie marine des volcans. — Adaptation du réseau des fissures à l'évolution de la matière, de la vie, de la pensée. . . . . | 85 |
|---|----|

## CHAPITRE V

## L'Air souterrain.

|  |     |
|--|-----|
| Pénétration naturelle de l'air atmosphérique dans les fissures. — Formation des concrétions. — Évaporation des eaux d'infiltration. — Précipitation de la calcite. — Aragonite et Ktypéite. — Les plus grandes stalagmites. — Les tufs. — Les anémolithes ou concrétions excentriques. — Inaptitude des concrétions à servir d'élément chronologique. — Nitrification, salpêtre. — Radio-activité de l'air souterrain. — Le gri-ou. — Rôle évolutif des concrétions ; remplissages et éboulements. — Colonnes rompues. — Météorologie souterraine. — Inégalité et variation des températures dans les cavernes. — Chute de l'eau et de l'air froids dans les profondeurs ; glaciers naturels ; anomalies géothermiques. — Les abîmes et les calcaires froids. — Conclusions fournies par les eaux du Simplon. — Conséquences possibles de l'évolution météorologique souterraine sur les sources thermo-minérales, les éruptions volcaniques et la descente de l'eau libre dans l'intérieur de la terre. — Les trous qui fument et les brouillards souterrains. — Anomalies barométriques. . . . . | 121 |
|--|-----|

## CHAPITRE VI

## Les Minéraux.

Pages

- I. — Apports intérieurs. — Relations entre les filons, les cavernes et les fissures. — Or du Klondyke. — Diamants d'Afrique. — Remaniements et remises en mouvement. — Influence des eaux d'infiltration. — Cuivre, Plomb, Fluorine.
- II. — Apports extérieurs. — A. Introductions dans les fissures. — Kaolin. — Epsomite. — Terra Rossa. — Fer. — Manganèse. — Bauxite. — Phosphates. — Brushite. — Minervite.
- B. — Dépôts recouverts ou dénudés. — Charbons. — Gypse. — Fontis. — Effondrements de France, d'Allemagne, d'Angleterre, des Alpes, de Thuringe. — Cavernes du gypse en Italie, etc. — Le sel. — Son origine dans les mers. — Salines de Cardona. — Dissolutions souterraines du sel.
- C. — Pseudomorphoses. — Gypse. — Calamine. — Grès. . . . . 147

## CHAPITRE VII

## Magnétisme et Pesanteur.

- Enigmes et anomalies du magnétisme terrestre. — Influence des dislocations. — Modifications magnétiques. — Expériences de Folgheraiter, Brunhes, David, sur les vases antiques, les argiles métamorphiques et les laves. — Influences orogéniques. — Eaux magnétiques. — Anomalies de la pesanteur. — Isostasie. — Rôle probable des cassures . . . . . 168

## CHAPITRE VIII

## Hygiène publique.

- Influence de l'évolution souterraine de l'eau sur la santé publique. — Hygiène et problèmes de l'eau potable — Théorie de l'origine hydrique des maladies transmissibles. — Les bactéries et la fissuration du sol. — Les fausses sources. — Contamination des eaux souterraines par les pertes de rivières et les abîmes. — Evolution souterraine des bactéries pathogènes. — Inexistence du filtrage. — Remises en mouvement par les eaux. — Conservation des bactéries archéologiques. — Action curative des eaux salées. — Perforation des argiles. — La faille des sources. — La lutte pour la soif. — Vraies sources et résurgences. — Puits et nappes d'eau. — Dessèchement et déboisement. — Microbiologie des eaux potables. — Températures. — Fluorescéine, etc. — Protection des eaux potables. — Epuration et stérilisation. — La lutte pour l'eau . . . . . 176

## CHAPITRE IX

## Flore souterraine et transformisme.

- Évolution souterraine de la matière dite organique. — Évolution souterraine régressive. — Progression et descendance. — Flore fossile. — Influence capitale du milieu. — Enchaînements du transformisme. — Négation du déluge. — Adaptation et hérédité de Lamarck — Continuité et sélection naturelle de Darwin. — Sélection artificielle. — Jordanisme ; fixité des

petites espèces. Mutations de De Vries. — Héritéité mendélienne. — Saltation. — Flore souterraine. — Etroite dépendance de la flore envers la lumière. — Absence d'espèces propres aux cavernes. — Origine toujours extérieure. — Suspension de la reproduction. — Rapidité des modifications. — Altération régressive et passagère. — Réapparition brusque des types normaux et de la reproduction dès le retour à la lumière. — Confirmation des mutations. — Réfutation de la sélection naturelle. — Prédominance de l'héritéité sur l'adaptation. — Flore souterraine à l'étranger. — Les fleurs, forçage des lilas. . . . . 204

## CHAPITRE X

### Faune souterraine. — Les fossiles.

Fossiles directs et indirects (nécessaires et contingents). — Vues de Ruckland. — Origine de la paléontologie. — Phosphorites. — Remplissages pliocènes. — Faunes chaude et froide. — Evolution pléistocène. — Refroidissement glaciaire. — Inégalités géographiques de l'évolution. — Patagonie. — Neomyiodon. — Effondrements. — Afrique. — Lémurie. — Les survivances. — L'Okapi. — Réaction des fossiles indirects. — Adaptation régressive souterraine des petites espèces. — Influence modificatrice, mais *rétrograde*, du milieu souterrain. . . . . 230

## CHAPITRE XI

### La Faune souterraine actuelle.

Abondance et caractères de la faune souterraine : atrophie des yeux, hypertrophie des sens, dépigmentation. — *Proteus anguineus*. — Etude, composition, origine extérieure, introduction, évolution négative de la faune souterraine. — Absence de création spécifique. — Espèces extérieures aveugles et souterraines voyantes. — Altérations de la vision. — Pigments. — Mimétisme. — Hétéromorphose. — Faune phréatique. — *Gammarus puleanus*. — Absence de nappes d'eau. — Faune et filtration. — Faune des canalisations. — *Chrenotrix*. — Faune des catacombes. — Faunes intermédiaires. — Faune des mines. — La vie sans lumière. — Faune des lacs et océans profonds. — Animaux phosphorescents. — Loi supérieure de l'ambiance. . . . . 242

## CHAPITRE XII

### Origine de la faune souterraine.

Absence de création spécifique. — Descendance extérieure. — Transitions et modifications graduelles. — Age de la faune souterraine. — Probabilité d'une origine tertiaire. — Les Sphæromiens des cavernes. — La Salamandre et le Protée. — Problème des localisations. . . . . 269

## CHAPITRE XIII

### Philosophie de l'évolution (négative) souterraine.

Doutes sur la rapidité et la fixité des modifications cavernicoles. — Lente continuité de Darwin. — Premières expériences de Packard. — Les chiens des abîmes. — Laboratoire souterrain du Muséum. — Rapidité

des transformations. — Animaux rejetés par les résurgences. — Réveil au jour des caractères ancestraux primitifs. — Survivance du principe visuel. — Résurrection de la vue au delà des générations aveugles. — L'hérédité résiste à l'adaptation. — Preuve du dualisme. — Réfutation du monisme d'Hæckel et de sa *loi de substance*. — Indépendance de l'énergie spécifique envers la matière individuelle. — Continuité *malgré la mort* des caractères provisoirement occultés par le milieu. — Distinction formelle entre la substance et le principe. — Hérédité des caractères acquis. — Loi d'évolution bénéficiaire. . . . . 279

## CHAPITRE XIV

### La préhistoire. — L'homme tertiaire. — Les éolithes.

Fantaisies de la préhistoire. — Boucher de Perthes. — Classification de Mortillet. — L'homme tertiaire : aucun ossement connu. — Silex taillés *dits* tertiaires : Thenay, Otta, Puy-Courny, etc. — Controverses et indéterminations. — Probabilité de l'homme tertiaire. — Le *Pithecanthropus erectus* de Java. — Conclusions prématurées de Hæckel. — Les éolithes. — Classifications de Rutot. — L'objection des morpholithes. — Désaccord universel. — Nécessité d'un prélude aux *amaudes* chelliennes. — Le singe et l'homme. — Réserve à observer. — Les classifications en préhistoire . . . . . 290

## CHAPITRE XV

### L'homme paléolithique.

Absence de synchronisme en préhistoire. — Le centre civilisé des Eyzies et de la Vézère : Acheuleen ; — Le Moustier ; — Laugerie-Haute (Solutré) ; — La Madeleine (Laugerie-Basse). — Déterminisme de l'évolution troglodytique : les changements de climats. — Périodes glaciaires ; désaccord sur leur nombre. — Faune chaude (ancienne), et faune froide (plus récente) : leurs mélanges. — Le renne. — Causes et effets des migrations. Inanité absolue des évaluations chronologiques. — Avance de l'Orient sur l'Occident. — Principaux ossements humains quaternaires. — Néanderthal, Spy, Krapina, Taubach, etc. — Cannibales muets et rayons Röntgen ! — La race de Cro-Magnon. — L'homme fossile d'Emile Rivière à Menton (1872). — Les nouvelles fouilles des Baoussé-Roussé : 16 squelettes quaternaires. — Les négroïdes de Grimaldi. — Oscillations de la Méditerranée. — La plateforme des pachydermes — Point culminant des discussions : l'homme de Grimaldi ancêtre des Vézériens (Verneau) ; les Vézériens souche des hommes de Menton (Rutot) ! — Confusion due à la multiplication des périodes glaciaires. . . . . 300

## CHAPITRE XVI

### Le Berceau de l'Humanité.

D'où vient l'homme ? — Stéatopygie. — Dolichocéphales et brachycéphales. — La préhistoire en Europe, Asie, Afrique, Amérique. — Progression d'Est en Ouest. — La boucle évolutive. — Stagnation des pays d'origine. . . . . 316

## CHAPITRE XVII

**La Civilisation paléolithique. — L'Art et les Mœurs.**

|   | Pages |
|---|-------|
| Les artistes troglodytiques. — L'os, l'ivoire et le bois de renne. — Sculpture, gravure, bijouterie. — L'âge glyptique. — Les décorations pariétales (gravures et peintures des cavernes préhistoriques). — La controverse d'Altamira. — Emile Rivière à la Mouthe. — Les vingt-cinq cavernes peintes. — L'éclairage préhistorique. — Rajeunissement d'Altamira. — La question du bison. — But des décorations pariétales : totémisme ou trophées de chasse? — Peintures et gravures des Bushmen, Australiens, etc. — L'évolution artistique. — Petroglyphes et dessins rupestres anciens et modernes. — L'Alphabet et l'écriture préhistoriques? — Religion. — Sépultures. — Décarnisation et coloration des squelettes. — Les Kourganes et l'oxydation naturelle. — Tatouage. — Domestication des animaux. — Poterie. Les pierres figures. — Les pierres à cupules ou à bassins. — Les pseudo-mégalithes. — Les faussaires. . . . . | 324   |

## CHAPITRE XVIII

**Néolithique et protohistorique. — Cavernes historiques et souterrains-refuges. — L'Évolution positive.**

|  |     |
|--|-----|
| Caractère industriel et invasion du néolithique. — La caverne sépulcrale. — Progrès matériel et recul artistique — Trépanation néolithique. — Palafittes anciens et modernes. — Mystère des dolmens (Caucase, Espagne, Irlande, etc.). — Nuraghe, Taulas, Duns, etc. — Cabanes néolithiques remplaçant les cavernes. — Habitants des gouffres et falaises, Cliff-Dwellers (Amérique, France), etc. — La carie dentaire. — Progression positive de l'homme souterrain. — La raison utilise les cavernes au lieu de les subir — Les grottes religieuses, des <i>spéos</i> aux chapelles. — Les villages troglodytiques anciens et modernes. — Sauvages d'Ezy et gitanes de Grenade. — Cavernes artificielles : Carrières et catacombes. — Souterrains-refuges. — Grottes homicides. — La loi de progression. . . . . | 348 |
|--|-----|

## CHAPITRE XIX

**La Caverne de Platon. — L'Évolution au grand jour.**

|  |     |
|--|-----|
| L'avenir de l'homme. — Obstacles à sa progression. — Obstacles objectifs (cosmiques et géologiques). — Le dessèchement de la terre. — La lune morte. — La réparation de la terre. — Obstacles subjectifs : paupérisme et pacification. — La fin des dogmes et des sophismes. — Absence de limitation à l'ascension évolutive de l'homme. — La conquête de la nature et de l'ambiance. — La dématérialisation de la matière et l'indépendance de l'énergie. — Réfutation du matérialisme. — Nécessité du <i>principe</i> . — La marche à la vérité. . . . . | 370 |
|--|-----|