

*André Cailleux*

*Paris*

## DU CHAUD TERTIAIRE AUX FROIDS QUATERNAIRES: LES POURCENTAGES DE GALETS DE QUARTZ

### Sommaire

Dans les pays de l'Europe moyenne, les dépôts oligo-miocènes sont riches en quartz, pauvres en grains de feldspath et en galets de granite et de gneiss. Interprétation: prédominance d'altération chimique, dans les sols, en climat chaud et humide, sous forêt, comme aujourd'hui en Guyane. Au contraire les dépôts Riss et Wurm sont, en moyenne, bien plus riches en feldspaths et en galets de granite, gneiss... etc. Interprétation: prédominance des cassures par le gel et autres agents mécaniques. Entre les deux, les graviers azoïques d'âge Donau-Gunz-Villafranchien, sont très riches en blocs et galets de quartzites, et en quartz. Interprétation: les premiers froids attaquent les sols antérieurs tertiaires. Ils les épandent surtout en largeur; interprétation: le niveau de la mer, avant les premières glaciations, était de 50 à 60 m plus haut qu'aujourd'hui, les vallées moins creuses, la topographie plus plate.

Entre les époques encore chaudes du Tertiaire, comme le Miocène, et les époques froides du Quaternaire, la transition s'est faite au Pliocène supérieur et au Quaternaire inférieur, aux latitudes moyennes, par les dépôts villafranchiens et apparentés. Sous quels climats se sont-ils formés? La question est délicate; aussi aucun des indices possibles ne doit-il être négligé.

Parmi ceux-ci, à l'échelle des sables (2 à 0,02 mm), on peut songer à l'altération des minéraux lourds, qui a fait l'objet de bons travaux. De ceux-ci il ressort que par opposition aux minéraux stables (zircon, rutile, tourmaline, etc...) qui résistent bien aux actions chimiques, les pyroxènes, entre autres l'augite, sont très facilement altérables, de sorte que leur abondance est l'indice d'une prédominance des fragmentations mécaniques sur les décompositions chimiques, ce qui peut indiquer, au moins en pays de plaine, un climat froid ou subaride, et non pas chaud-humide.

La présence de feldspaths, toujours à l'échelle des sables, parle dans le même sens; mais comme ils sont beaucoup plus fréquents dans les roches-mères (60 à 65% dans les granites et gneiss), leur rareté éventuelle dans les sables qui en dérivent est particulièrement éloquente. Un examen de toutes les données existantes, publiées par ailleurs (Cailleux et Tricart 1959) conduit à cette conclusion: si un sable ou grès contient moins de 5% de feldspath, ceci implique qu'entre la phase de roche-mère (granite, gneiss, arkose, etc...) et l'état actuel de sable surtout quartzé, il y a eu au moins une phase d'altération chimique intense, sous un climat

bien humide, dans un sol protégé par un riche couvert végétal, en pente pas trop forte, et pratiquement indemne d'érosion mécanique, sauf celle très lente due aux terriers et aux déracinements d'arbres. En trois mots: prédominance du chimique sur le mécanique.

Un dernier critère lithologique concerne les galets de 10 à 60 mm environ; il est de ce fait facilement applicable sur le terrain. A cette échelle, le quartz tire son origine première de filons ou d'amygdales. Les recherches, toutes récentes (Cailleux 1958; Cailleux et Tricart 1959) montrent que dans les roches-mères usuelles — granites, gneiss, micaschistes, schistes plus ou moins métamorphiques — le pourcentage de la surface occupée par le quartz varie d'habitude entre 0 et 2%, avec une moyenne voisine de 1%. Les mêmes pourcentages faibles, ou à peine supérieurs, jusqu'à 5%, se rencontrent dans les éboulis alpins, dans plusieurs épannages subarides de Californie, dans les torrents de montagne, et enfin dans les moraines et le fluvio-glaciaire des dernières glaciations des boucliers canadiens (ex: près d'Ottawa) et scandinaves (ex: près d'Upsala); bref, dans tous les cas où la fragmentation mécanique l'a emporté de vitesse sur l'altération chimique.

En pleine opposition, là où a régné une altération chimique intense, sous un climat assez humide et chaud, dans un sol à pente pas trop forte et bien protégé de l'érosion par un fort couvert végétal, les galets, d'ailleurs plus rares, que les rivières réussissent à entraîner, ont une composition bien différente; les pourcentages de quartz y sont bien plus forts, allant de 80 à 100%. Dans ces conditions, les galets de granite et de gneiss sont très rares, parce que ces roches ont été décomposées avant, dans le sol même, les grains de feldspaths et autres silicates donnant surtout des argiles, et les grains de quartz, une fois libérés, donnant du sable; les seuls objets assez gros pour donner des galets sont alors les restes cassés de filons quartzeux. Dans ces mêmes conditions de climat très humide, le calcaire part surtout en solution; au contraire les silex, les chailles et les quartzites, peu altérables et durs, se joignent au cortège des quartz issus des filons. Mes statistiques, qu'on trouvera dans l'ouvrage cité (1959) confirment entièrement sur ces points les vues de MM. Van Straaten (1946) et Rougerie, et les étendent à d'autres régions.

Il est alors aisé d'appliquer ce critère aux différents niveaux de dépôts des latitudes moyennes. Dans des régions aussi variées que le piémont pyrénéen, les environs de Toulouse, ceux de Bordeaux, l'embouchure de la Vilaine, la région parisienne, le Limbourg, et enfin le Hanovre, partout on constate que les niveaux les plus anciens et les plus hauts, sans fossiles, ceux qu'on présume pliocènes supérieurs ou quaternaires anciens, sont, à l'échelle des galets, remarquablement riches en quartz (souvent:

80 à 100%), tandis que les niveaux plus récents et plus bas en contiennent de moins en moins au fur et à mesure qu'on se rapproche de la dernière époque glaciaire, ou Wurm (jusqu'à 10% et même 1%). Les valeurs numériques détaillées sont données dans l'ouvrage cité (1959).

L'interprétation climatique est alors très simple. Au Tertiaire, pendant les phases de climat chaud et humide bien connues grâce aux flores, les plaines et les collines de l'Europe moyenne ont porté des sols d'altération épais de dix mètres et plus peut-être, sous un couvert végétal dense; sols riches en argile, en sable et en galets de quartz et de quartzites. Après des vicissitudes, sur lesquelles nous sommes mal renseignés, le premier grand coup de froid (Gunz ou Donau, ou si l'on préfère Villafranchien) a endommagé la végétation et entraîné une érosion forte; le manteau des sols anciens, riche en morceaux de quartz et de quartzite, a été dégradé, puis les matériaux ont été étalés plus loin en vastes épandages. Les deux dernières glaciations, le Riss et le Wurm, ont trouvé comme proie un matériel bien différent, fait surtout de débris de roches fraîches éclatées mécaniquement, par le gel, et ainsi s'expliquent qu'elles reflètent mieux la composition originelle des roches du bassin, et que les quartz y soient moins abondants.

Dans cette interprétation, les premiers épandages froids d'âge quaternaire très ancien de l'Europe moyenne diffèrent des dépôts périglaciaires Riss et Wurm en ce que leur matériel dérive surtout d'un héritage d'un climat chaud antérieur.

Ils en diffèrent encore par leur étalement beaucoup plus grand en largeur, en nappes ou *Deckenschotter*, tandis que le Riss et le Wurm fluviatiles forment sagement des terrasses au fond des vallées. Une explication possible partielle serait celle-ci. Si nous supposons fondus les inlandsis actuels de l'Antarctique et du Groenland, le niveau des océans est plus haut de 50 à 60 m. Tel devait-il être avant la première glaciation; ou même il était plus haut. Les vallées, que nous voyons aujourd'hui, étaient alors moins enfoncées; les premiers froids périglaciaires ont trouvé un paysage plus plat que de nos jours, et les rivières d'alors ont pu étaler leurs dépôts en largeur, au pied même des massifs de hauteurs. La première grande régression marine, corrélative de la croissance des grandes masses glaciaires des inlandsis, a provoqué un abaissement du niveau de base des fleuves; mais l'érosion régressive qui en est résulté n'a atteint l'amont qu'avec retard: les épandages villafranchiens avaient déjà eu le temps de s'édifier. Cette érosion les a disséqués, et c'est au creux des vallées ainsi approfondies que les terrasses ultérieures se sont nécessairement inscrites.

Naturellement, les interprétations proposées ici concernant certains

acteurs généraux, devront être complétées en tenant compte des éventuels climats subarides pliocènes, et, dans chaque cas, de l'influence des conditions locales. Elles se résument en peu de mots: le passage du Tertiaire au Quaternaire, tel que nous l'observons dans les dépôts, a été commandé, dans les plaines d'Europe moyenne, avant tout par le climat et par le couvert végétal.

#### Bibliographie

- Cailleux, A. 1953 — Graviers du Pliocène et du Quaternaire inférieur européens et nord-américains. *Geologica Bavarica*, nr 19; p. 307—314.
- Cailleux, A. 1954 — Ampleur des régressions glacio-eustatiques. *Bull. Soc. Géol. France*, 6ème sér., t. 4; p. 243—254.
- Cailleux, A. 1956 — La era cuaternaria. *Mem. Comm. Inst. Geol.*, 15, Diput. Prov. Barcelona; 130 p.
- Cailleux, A. 1958 — Des filons aux galets de quartz. *Rev. Géogr. Alpine*, t. 46; p. 415—421.
- Cailleux, A., Tricart, J. 1959 — Initiation à l'étude des sables et des galets. S.E.D.E.S. édit., Paris, sous presse; 3 vol.
- Straaten, L. M. J. U., van 1946 — Etude quantitative des graviers de la Meuse. *Sess. extr. Soc. Belges Géol.*, Gand-Bruxelles; p. 142—150.

#### DISCUSSION

J. Tricart: Parallèlement aux observations faites par M. Cailleux sur les teneurs en quartz, nous avons effectué des études sur le même thème. La concordance des résultats est parfaite, à un détail près: dans le semi-aride chaud (Soudan, Nord-Est du Brésil), nous rencontrons 85% et plus de quartz. Ne serait-ce pas dû à l'absence totale du gel, qui peut agir en Californie?

Pour le reste, les méthodes exposées allient la simplicité à une remarquable efficacité. Elles sont même applicables à l'analyse de la dynamique actuelle. Ainsi, dans les Alpes, le Guil, lors de la crue catastrophique de juin 1957, a raviné et sapé ses versants. La proportion de quartz dans les alluvions est double de celle des alluvions „normales”. Dans les rivières des Causses, en étudiant les variations de la concentration relative en quartz (quartz/roches à quartz) nous avons pu mettre en lumière la corrosion actuelle des granites et des gneiss et des remaniements d'alluvions anciennes (*Ztschr. f. Geomorphologie*, 1958).

En Afrique occidentale, deux milieux fort différents sont favorables à la corrosion des quartz:

1. Le milieu palustre semi-aride où elle est liée à la présence de calcaire, et où elle aboutit à des meuliérisations (Hamadas sahariennes).
2. Le milieu continental, pédologique et palustre de la zone chaude et au moins saisonnièrement humide où elle est liée à la présence d'hydroxydes de fer libérés par l'altération des micas. Silice et hydroxydes de fer se combinent en quartzites ferrugineux qui donnent des enduits, des patines, des conglomérats de sommet de nappe phréatique (plages lacustres du Moyen Niger, graviers sous berge du Soudan, de Côte d'Ivoire, etc.).

R. Raynal: Un cas maximum observé au Maroc: une haute terrasse du massif paléozoïque (granites et schistes métamorphiques) d'Aouli comporte à peu près 100% de galets quartzzeux.

A. Cailleux: Je suis très heureux que la plupart des observations de M. Tricart rentrent directement dans mes énoncés.

Si, en Californie, le pourcentage des quartz est faible à l'échelle des galets, dans certaines parties de l'Arizona il est plus fort dans certaines formations plio-quaternaires; mais ceci est peut-être le fait de paléoclimats à préciser. La même question pourrait être posée à propos des formations du Soudan et du Nord-Est brésilien citées par M. Tricart.

Dans la seconde partie de son intervention, M. Tricart cite des exemples de silicification. Bien que ce problème puisse être lié à celui de l'altération, il doit en être distingué; la silice peut provenir de l'altération des feldspaths et autres silicates. Les meuliérisations du Sahara me sont bien connues, et je crois avoir été l'un des premiers, en collaboration avec Marguerite Auzel, à les interpréter en tant que diagénèse en nappes d'eau temporaires. Les quartz corrodés y existent, ils ont été décrits depuis par H. Alimen, mais ce sont des grains de sable: ma communication a porté sur les galets.

Pour suivre J. Tricart sur le terrain des grains de sable, je pense que la corrosion du quartz y est possible, qu'elle semble plus fréquente quand les grains sont entourés de calcaire, ou de  $\text{SO}_4\text{Ca}$ , ou en présence d'hydroxydes de fer. Quelle est son importance dans le bilan quantitatif de mise en liberté de la silice? Cela dépend du milieu pédologique, et des conditions de climat et de végétation. En Guyane, j'ai montré que cette importance est faible (*2e Congrès des Guyanes*, 1957, sous presse). Qu'elle soit moins faible ailleurs, c'est fort possible.

Les galets de quartz eux aussi peuvent présenter des corrosions. En Guyane, les filons de quartz *in situ* sont en partie rendus friables: près de la surface du sol, ils s'effritent par places entre les doigts, en un sable grossier anguleux, alors qu'en d'autres points voisins le même filon reste

dur et pourra donner des galets. Les galets de quartz, dont j'ai parlé dans mon exposé, ne sont que les rescapés d'une longue suite de mésaventures; et le devenir du quartz, au cours des différents types d'altération, mérite largement l'intérêt que lui portent MM. Raynal, Tricart et tous nos confrères.