

Institut royal des Sciences
naturelles de Belgique

Koninklijk Belgisch Instituut
voor Natuurwetenschappen

BULLETIN

MEDEDELINGEN

Tome XXV, n° 12.
Bruxelles, mai 1949.

Deel XXV, n° 12.
Brussel, Mei 1949.

SUR L'EXISTENCE DE ZONES DE RUBÉFACTION
DANS LE VILLAFRANCHIEN DU VAL D'ARNO,

par Jean de HEINZELIN DE BRAUCOURT (Bruxelles).

(Avec deux planches hors texte.)

Tout au long de la péninsule italienne, la chaîne des Apennins se montre creusée de petites dépressions tectoniques allongées parallèlement à l'axe majeur des plissements. La plupart de ces dépressions ont eu une destinée lacustre au cours du Néogène et se sont colmatées de sédiments d'âges variés. Les plus connues d'entre elles se rencontrent en Toscane et renferment le cours de l'Arno actuel: Val d'Arno inférieur tout en aval, Val d'Arno moyen au niveau de Florence, Val d'Arno supérieur entre 20 et 50 km. en amont de Florence, Bassin du Casentino plus en amont encore.

Le Val d'Arno supérieur est fort représentatif de l'ensemble et c'est en outre lui qui a livré la plupart des échantillons de la faune de mammifères villafranchiens si souvent mentionnés. Le schéma Fig. 1 représente une coupe transversale simplifiée de ce bassin (1). Le substratum de macigno oligocène (2) se développe dans les deux épaulements latéraux du bassin, for-

(1) GIGNOUX, M., 1913, pp. 304-309 et pl. IV, fig. 3; LOTTI, B., 1910; MERLA, G., 1947; PRINCIPI, P., 1942; RISTORI, G., 1886 B; SESTINI, A., 1936.

(2) Erronément indiqué « Eocène » sur la « Carta Geologica d'Italia nella scala da 1 a 1.000.000, Roma 1931 » (communication personnelle de M. A. AZZAROLI).

mant les monts de Pratomagno au Nord-Est et les Monts de Chianti au Sud-Ouest.

Un premier colmatage lacustre du fond de la cuvette a accumulé en majorité des matériaux argileux gris-bleu, dénommés « stellicione », qui contiennent dans leur masse des bancs et des lentilles de lignite exploitables (3). Ceux-ci affleurent exclusivement près du bord sud-ouest du bassin, du côté des monts de Chianti et, de là, plongent avec un angle non négligeable (15 à 20° à l'affleurement) jusque bien au-dessous de l'Arno actuel. Les sondages révèlent même qu'à certains endroits l'altitude des bancs de lignite s'infléchit conformément aux accidents du fond rocheux. Ajoutons qu'exceptionnellement l'inclinaison des bancs atteint la verticale et que les failles ne sont pas rares. Le niveau des bancs de lignite marquant à peu de chose près l'horizontale au moment du dépôt, il faut croire qu'une action tectonique a creusé le bassin. Par la suite, le colmatage du fond de la cuvette s'est poursuivi en faisant apparaître un faciès nouveau marqué par le développement de bancs largement étendus, horizontaux ou subhorizontaux, de poudingues, de graviers et de sables jaunâtres ou rougeâtres dénommés « sansini ». Ceux-ci renferment encore entre eux des bancs de sédiments argileux ou argilo-sableux, témoignant de persistances locales du régime lacustre aux côtés de conditions de dépôt plus torrentielles. La puissance du sansino varie de 20 m. à 100 m. environ.

La sédimentation lacustre et fluvio-lacustre a pris fin dans le Val d'Arno supérieur avec le percement de la cluse de Pontassieve, qui a entraîné vers le Nord un drainage déversé jusque là au Sud par le Val de Chiana (4). La surface qui marqua le sommet du remplissage est encore clairement reconnaissable dans la topographie, malgré les ravages d'une érosion impressionnante. Le rivage nord-est, au long du Pratomagno, est particulièrement significatif à cet égard car les bancs supérieurs de sansino couronnent encore de grandes surfaces entre les brèches que font des ravins étroits et profonds. Au centre du bassin, le paysage est plus mou car l'érosion régressive des affluents de l'Arno a dégagé les argiles sur de grandes étendues.

(3) DE CASTRO, C. e PILOTTI, C. 1933. Parmi les plus importantes exploitations, citons les Miniere del Valdarno à Castelnuovo dei Sabbioni.

(4) PANTANELLI, D., 1900.

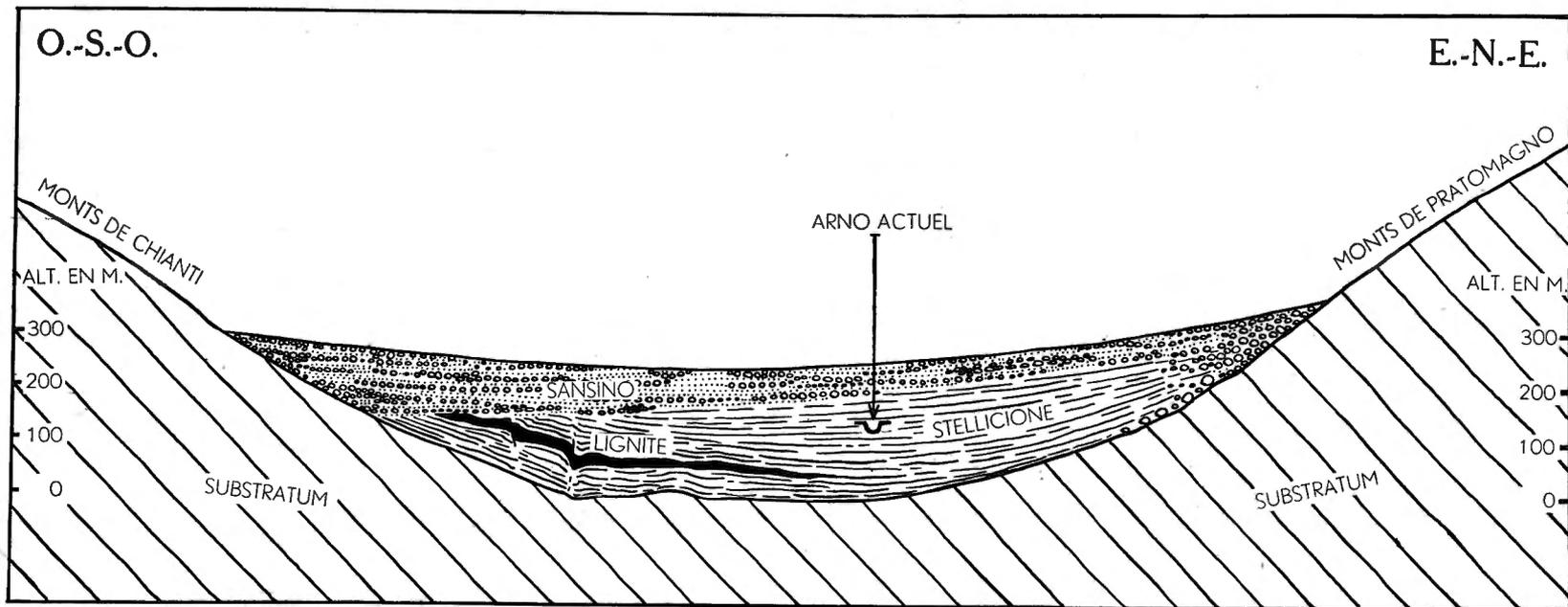


Fig. 1. — Coupe transversale schématique du Val d'Arno supérieur, abstraction faite des brèches ouvertes par l'érosion.
 Echelle des longueurs: 1/100.000°. Hauteurs exagérées environ 7 ×.

dues (Planche I). L'ancienne surface de remplissage, telle qu'on peut la reconstituer, n'est pas parfaitement horizontale. Ainsi, à l'Est de Figline, elle présente une pente de 2,5 % vers l'axe du bassin. On peut sans doute y reconnaître un dernier effet peu accusé de l'activité tectonique de la région.

Les auteurs accordent en général, et sous réserves, un âge Pliocène ancien aux dépôts inférieurs de stélicione à bancs de lignite (5). La faune de mammifères qui provient de ce niveau comprend seulement *Tapirus arvernensis* qui, par ailleurs, est toujours absent des strates plus élevées. Dans d'autres bassins, des strates homotaxiques au stélicione ont livré *Mastodon arvernensis* et *Mastodon borsoni* (6). Les mollusques d'eau douce que renferment ces terrains ont, eux aussi, été interprétés comme pliocènes.

La flore montre d'étroites analogies avec celle du Miocène supérieur. Les déterminations, qui sont malheureusement toutes fort anciennes (7), renseignent, à côté de genres banaux actuels de la région, une forte proportion d'éléments exotiques tels que *Sequoia Langsdorfi*, *Taxodium dubium*, *Glyptostrobus europaeus*, *Liquidambar europaeum*, *Laurus princeps*, *Cinnamomum polymorphum*, *Magnolia fraterna*. L'ensemble, dont la répartition était à n'en pas douter fort étendue en Europe au Plaisancien-Astien (8), évoque la composition des flores forestières actuelles de la basse vallée du Mississipi, de Floride, de la Chine méridionale et de Formose.

Il est certes fort délicat de tirer des renseignements paléoclimatiques de la connaissance de la répartition des plantes fossiles (9). Il semble toutefois que la flore qui nous occupe se trouve dans un cas suffisamment favorable pour admettre une interprétation probable. D'une part, la majorité des éléments fossiles ne diffère quasiment pas au point de vue morphologique des éléments modernes des mêmes genres. D'autre part, l'association qu'ils présentent a été conservée dans deux

(5) Nous acceptons ici l'échelle stratigraphique provisoire de SESTINI, A., 1936, nous écartant de l'interprétation de SACCO, F., 1939, qui, à l'encontre de toutes les opinions reçues, range les lignites parmi le Villafranchien.

(6) DEL CAMPANA, D., 1910; DE STEFANI, C., 1887; PANTANELLI, D., 1886.

(7) RISTORI, G., 1886 A.

(8) MAZENOT, G., 1945.

(9) EMBERGER, L., 1944, pp. 452-454.

régions séparées qui n'ont guère entre elles de commun que leurs conditions climatiques. Celles-ci se résument dans le type de climat dit « chinois » : zone subtropicale à précipitations compensées par influences de moussons; isotherme annuelle vers 15-20° C; amplitude thermique annuelle relativement faible, mois le plus chaud vers 26-28° C, mois le plus froid vers 6-10° C; précipitations abondantes d'un total annuel de 1000 à 1500 mm., avec faibles écarts saisonniers sans saison sèche (10). La flore des lignites du Val d'Arno trouve son correspondant aux Pays-Bas dans la flore de Reuver, qui lui est similaire.

De nombreuses études paléontologiques ont fait usage de documents ostéologiques livrés par les sansini et qui sont conservés dans les musées de Florence, Bologne, Pise et Montevarchi (11). Leurs résultats tendent à rapprocher cet assemblage faunique de ceux de Chagny, Perrier, Senèze (12) et du Red Crag supérieur (13), pour ce qui est de l'Europe occidentale. La faune de Tegelen (14) présente de fortes affinités mais avec une note un peu plus récente. A plus longue distance, les faunes de Nihowan (Chine) et de Pinjor (Indes) appellent un parallèle.

Les correspondances stratigraphiques de la faune du Val d'Arno supérieur ont laissé place à une certaine variabilité d'interprétation parmi les auteurs: début du phénomène glaciaire correspondant au Norwich Crag pour E. HAUG (15); âge glaciaire Gunz pour A. T. HOPWOOD (16); âge glaciaire Gunz et post-Gunz correspondant respectivement au Red Crag et au Forest Bed pour T. T. PATERSON (17); âge glaciaire con-

(10) DE MARTONNE, E., 1932-1934-1935, t. I, pp. 254-256, p. 264, p. 268, p. 302.

(11) AZZAROLI, A., 1947; DEL CAMPANA, D., 1910 et 1913; FORSYTH MAJOR, C. J., 1885; LEONARDI, P., 1947; RISTORI, G., 1890 et 1897; SCHAUB, S., 1928; STEHLIN, H. G., 1899-1900; STEHLIN, H. G. e GRAZIOSI, P., 1935; WEITHOFER, K., 1889 A, 1889 B, 1891. Cette bibliographie ne tend pas à être exhaustive.

(12) HAUG, E., 1907, t. II, fasc. 3, p. 1767 et p. 1860; SCHAUB, S., 1943.

(13) HOPWOOD, A. T., 1940; OSBORN, H. F., 1922.

(14) BERNSSEN, J. J. A., 1930 à 1934.

(15) HAUG, E., 1907, t. II, fasc. 3, pp. 1767 et 1772.

(16) HOPWOOD, A. T., 1940.

(17) PATERSON, T. T., 1940; faut-il comprendre que les dénominations « Val d'Arno inférieur » et « Val d'Arno supérieur », qui ont eu jusqu'ici une signification purement géographique, sont utilisées par l'auteur avec les valeurs de deux termes stratigraphiques?

temporain du Coralline Crag pour G. E. PILGRIM (18) ; âge immédiatement antérieur à la première glaciation et au Red Crag supérieur pour F. E. ZEUNER (19). La seule relation stratigraphique qui paraît assez fermement établie fait admettre une contemporanéité au moins partielle entre la faune du Val d'Arno et le sommet du remblaiement marin pliocène qui, dans la région, contient la faune malacologique calabrienne à *Cyprina islandica* (20).

Il faut considérer qu'une certaine part de cette indécision est imputable au matériel d'étude lui-même ; en l'absence d'un niveau fossilifère défini, les trouvailles sont relativement rares, toujours occasionnelles aussi et leurs localisations imprécises. K. WEITHOFER (21) a autrefois longuement discuté des contemporanéités mutuelles possibles des proboscidiens qu'on rencontre ensemble dans les collections : *Mastodon arvernensis*, *Elephas meridionalis* et *Elephas antiquus*, auxquels il faudrait sans doute ajouter *Mastodon borsoni* et *Elephas planifrons*. Il semble, sans qu'on puisse encore rien affirmer, que le début du sansino aurait vu des *Mastodon*, rares, auprès d'*Elephas planifrons* et *Elephas meridionalis*. Ce dernier aurait ensuite accru son importance en nombre jusqu'à dominer complètement dans le lot des trouvailles. On le rencontrerait encore, associé à *Elephas antiquus*, dans les zones tout à fait supérieures du remplissage de la cuvette. Celles-ci se présentent en bonne partie comme des cônes torrentiels latéraux de faciès variable, parfois non stratifiés, qui prennent de plus en plus d'importance vers l'ancien exutoire du Sud, dans la région d'Arezzo. De là proviendraient même des restes d'*Elephas primigenius*.

Il est fort difficile, une fois sur le terrain, de découvrir quelque repère stratigraphique qui puisse correspondre à l'une ou l'autre des zones paléontologiques possibles, car il n'existe nulle part de niveau fossilifère reconnu. Nos explorations très fragmentaires de la région ne nous ont pas donné le loisir d'attaquer ce problème. Nous y avons fait allusion avec quelque détail à seule fin de fournir un cadre à nos observations personnelles qui sont d'un tout autre ordre. Pour des raisons de commodité, nous accepterons l'apparition des premiers bancs de sansino comme base des formations d'âge villafranchien.

(18) PILGRIM, G. E., 1944.

(19) ZEUNER, F. E., 1945, pp. 104-106 et p. 257.

(20) GIGNOUX, M., 1913, pp. 307-309 ; GIGNOUX, M., 1922, p. 1471.

(21) WEITHOFER, K., 1891.

Les stelicione se distinguent des sansini non seulement par le calibrage différent de leurs éléments et leur comportement différentiel vis-à-vis de l'érosion, mais aussi par leur couleur : les premiers nommés sont gris-bleu ou gris-vert et les seconds sont rougeâtres, témoignant de la présence d'oxydes ferriques.

On conçoit aisément que le dépôt lent de particules argileuses au fond d'un lac tranquille encombré de matières organiques ait donné lieu à des conditions de réduction des oxydes métalliques sous l'action de fermentations anaérobies. C'est là un phénomène qu'on peut constater actuellement sous différents climats. Il est plus surprenant de rencontrer sous le 43° parallèle Nord des conditions capables de développer la rubéfaction en grand des sédiments.

La plus grosse masse des sansini est constituée d'éléments dérivés des massifs voisins de macigno oligocène : blocs, graviers et sables. Leur disposition en bancs subhorizontaux avec rappel du faciès argileux évoque un mode de sédimentation fluvio-lacustre qui aurait formé de vastes nappes d'épandage au débouché des affluents dévalant des contreforts montagneux ; aux abords de ceux-ci les éléments deviennent de plus en plus volumineux et irrégulièrement répartis, la stratification se fait confuse et le faciès argileux disparaît. Un pareil paysage, soumis sans cesse aux remblaiements comme aux surcreusements locaux, ne devait guère être favorable à l'établissement de profils de sols caractérisés. Aussi la majeure partie des éléments constitutifs, tant des sables que des graviers, laissent-ils voir qu'ils furent altérés avant leur mise en place définitive : la plupart du temps, les relations mutuelles des éléments sont lâches, non fonctionnelles et leurs états d'altération variables. Le seul fait uniforme est l'existence d'une pellicule rouge extrêmement ténue à la surface des gros comme des petits éléments. Elle représente, soit de minimes zones de réaction, soit des dépôts de capillarité postérieurs à la mise en place des sédiments.

Toutefois une inspection attentive des parois des ravins permet de mettre en évidence, au moins dans les deux régions que nous avons visitées (22), des formations paléopédologiques plus représentatives.

(22) La région Figline-Pian di Sco-Castelfranco di Sopra et la région de Montevarchi. Nous tenons à remercier vivement le Dott. A. AZZAROLI de la cordialité qu'il a mise à nous piloter au cours d'une première excursion et de la peine qu'il a prise de nous renseigner sur plus d'un point.

L'aspect le plus aisé à caractériser de ces formations se présente comme l'ancienne surface libre d'un banc de gravier qui aurait été rendue cohérente par la précipitation d'oxydes de fer. Le sommet est net, sensiblement plan et son aspect tranche sur celui des produits d'accumulation qui lui sont concordants. Vers le bas, la cimentation se perd en léger dégradé sur quelques centimètres. Les galets inclus ne sont pas sensiblement altérés (type Montevarchi point 9, alt. vers 200 m.) (23).

Des figures similaires plusieurs fois répétées et grossièrement parallèles peuvent se voir au sein d'accumulations sableuses, où le grain plus petit et plus uniforme permet l'installation de structures plus fines que dans les graviers. Des croûtes rouges subhorizontales s'étagent à quelques centimètres les unes des autres, mais sans relations mutuelles particulièrement évidentes. Elles ont quelques millimètres d'épaisseur, sont toujours bien tranchées vers le haut et montrent des accidents de surface subaériens. On peut y voir des formations saisonnières (type Figliné point 1, alt. vers 190 m.).

La rubéfaction sur place peut aussi se présenter avec une puissance de l'ordre d'une à plusieurs dizaines de centimètres. Ou bien les contours des éléments lithologiques primitifs y sont devenus indiscernables parmi un enchevêtrement de croûtes limoniteuses. Ou bien encore la forte cohésion de ciment, alors violacé ou noir, maintient la structure sédimentaire. (Type Montevarchi point 5, alt. vers 250 m.).

Quelle dénomination convient-il d'accorder à ces formations paléopédologiques? Celle de « formation latéritique » qui se présente au premier abord est fort imprécise car on a, depuis 1807, désigné sous le nom de « latérites » quantité de profils de sols et fractions de profils de significations génétiques fort diverses. Nous prendrons volontiers un point de repère dans l'œuvre parfaitement analytique de A. LACROIX (24). Il n'est pas indiqué, dans ce sens, d'accorder aux formations du Val d'Arno le nom de latérites vraies car nous n'y avons pas vu les zones de départ et de concrétion bien représentées et parce que l'altération des éléments, notamment de la silice, est généralement fruste. Les profils observés répondent plus justement au terme de « latérite d'alluvions » de A. LACROIX ou de

(23) La numérotation se rapporte aux documents conservés à l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique.

(24) LACROIX, A., 1913.

« lateritoïd » de L. FERMOR (25) « ..., dans lequel la concrétion superficielle s'est formée aux dépens de matériaux de transport récemment accumulés et n'ayant pas toujours été au préalable l'objet de transformations latéritiques. Le fer montant des couches sous-jacentes, après s'être hydroxydé et précipité, vient se superposer à des éléments clastiques, plus ou moins inaltérés... l'invasion ferrugineuse précède en grande partie l'hydrolysatation des silicates, au lieu de lui être postérieure comme dans les latérites formées aux dépens des roches en place. Ici les zones de départ et de concrétion se confondent » (26).

Les caractères particuliers des latérites d'alluvions résultent, nous semble-t-il, des conditions topographiques dans lesquelles elles se réalisent et qui déterminent à la fois une faible durée de vie des surfaces subaériennes entre deux menaces d'érosion ou d'enfouissement, un couvert végétal médiocre et une nappe d'eau phréatique très proche de la surface (avec ou sans retrait saisonnier selon le régime des précipitations). Le sansino du Val d'Arno répond à cette situation. Nombreux sont les exemples d'érosion partielle d'une zone de rubéfaction par une formation ravinante, c'est là l'origine des bandes de sables rubéfiés dans la masse ou surtout à leur base et qu'on retrouve lessivés à divers degrés. Nous n'avons pas relevé d'indices de l'existence d'un couvert végétal important associé aux bancs de sansino. Enfin, des panachures ocres dans les bancs argilo-sableux gris-bleu qui sont associés aux graviers témoignent de la proximité passée de la nappe aquifère et témoignent probablement aussi de son balancement saisonnier : ce sont des sortes de « gleys » aux dessins généralement larges, associés à l'apparition et au développement des bancs de sansino. L'ensemble de ces marques pédologiques s'expliquerait au mieux sous l'influence d'un climat intertropical à successions de saisons sèches et humides : enrichissement en sesquioxides et leur peptisation pendant la saison humide, remontée capillaire amenant la précipitation irréversible des sesquioxides en surface et les panachures des argiles gris-bleu pendant la saison sèche.

Avec H. HARRASSOWITZ (27), on pourrait aussi rapprocher ces formations des « Krusteneisensteine » qui se développent sous l'influence d'un climat saisonnier, à grands écarts des précipitations, en région de savanes.

(25) FERMOR, L., 1911.

(26) LACROIX, A., 1913, p. 260 et pp. 345-346.

(27) HARRASSOWITZ, H., 1926, pp. 457-460.

Il nous a encore été donné de relever, aux approches du sommet du remplissage fluvio-lacustre, un paléosol d'un tout autre aspect. Une bande de sédiment argilo-sableux gris-bleu puissante de 1 m. environ supporte une zone violacée de 10 à 15 cm. d'épaisseur, extrêmement compacte, cohérente, sèche mais résistante au pic et à raclure lisse. On y voit mêlés des débris végétaux, des agrégats divers, des grains de silice blanchis. Des réseaux de fines craquelures, rubéfiées sur leurs parois, se disposent en bandes subhorizontales. Le séchage développe de légères efflorescences salines blanches. La zone violacée se débite par petits blocs mais la fissuration verticale est plus apparente encore immédiatement sous elle au sein de la roche-mère, allant s'atténuer vers le bas. Une partie de la fissuration est certainement fossile et est complètement colmatée à partir de la zone violacée supérieure. Une autre partie de la fissuration n'est pas colmatée ou l'est imparfaitement. (Type Figline, point 3, alt. vers 200 m.)

Le rapprochement qu'on peut faire entre cette description et celle d'un sol actuel du Tchad, est particulièrement suggestif (28) : « Le pourcentage des matières organiques est faible, sauf là où elles ont pu s'accumuler par suite du mauvais drainage; dans ce cas, dans les parties où l'eau reste longtemps stagnante à la saison des pluies, comme au Sud du Tchad, le sol noir et compact se fendille profondément après l'évaporation des eaux. »

Nous avons encore observé, et cette fois tout au sommet de la série du sansino, au niveau de l'ancienne surface de remplissage, des sables à stratification entrecroisée qui évoquent un dépôt éolien (type Montevarchi; point 8, alt. vers 225 m.). Malheureusement, en l'absence de relevés méthodiques et plus étendus et en l'absence aussi de données microscopiques, nous ne pouvons insister sur la signification de ces sables.

Les indices paléopédologiques reconnus parmi les sols rouges et le sol noir permettent-ils de reconstituer à peu près les conditions d'environnement qui les ont déterminés? La latéritisations sous ses modalités diverses a été le sujet d'une abondante littérature où les facteurs génétiques n'ont pas toujours été mis en évidence (29). On peut toutefois accepter certaines limitations.

(28) MARBUT, C. F., 1923; Repris dans DE MARTONNE, E., 1932-1934-1935, t. III, p. 1160.

(29) JENNY, H., 1941, pp. 160-sq.

A l'heure actuelle, les phénomènes de latéritisation proprement dits sont limités aux régions intertropicales. On les y trouve associés aux forêts ombrophiles tant que la bowaliation n'a pas tué toute fertilité du sol. Frangeant ce domaine équatorial, les savanes s'étendent jusqu'aux abords des tropiques. Les conditions climatiques qui y régissent le paysage se résument dans le type du climat dit « sénégalien » à moyenne thermique annuelle relativement élevée et alternances très marquées des saisons sèche et humide. Ce sont là, semble-t-il, les conditions optima de formation des « latérites d'alluvions », « lateritoïd », « Krusteinsensteine » ou de ce que d'autres auteurs appellent encore « sols latéritiques », « lateritic soils » (30), « red soils » (31).

Des processus pédologiques similaires posent encore, mais rarement, leur empreinte à des latitudes plus élevées où s'annonce la transition au régime désertique. Ainsi, la présence des « red soils » du Colorado à 35° Lat. N. est, en fait, exceptionnelle (32).

Il est d'autre part assuré que les climats méditerranéens actuels sont impuissants à développer la rubéfaction des sédiments : il s'avère partout que les « terre rosse » du bassin méditerranéen sont des formations fossiles d'âge pléistocène moyen au plus tard (Milazzien à Tyrrhénien) et dont le développement est actuellement arrêté (33).

On peut donc croire avec de bonnes raisons que les zones de rubéfaction du Val d'Arno ont pris naissance sous un régime de précipitations périodiques en climat chaud allant jusqu'à la semi-aridité et sous un couvert végétal du type des savanes. Ce tableau s'accorde assez bien avec l'ambiance suggérée par le sol noir et même par le dépôt éolien éventuel. Remarquons encore que la faune du Val d'Arno est précisément une faune de savane, avec ses nombreux cervidés, ses cavicornes, ses chevaux, ses hyènes et ses machairodus associés aux proboscidiens et rhinocéros plus ubiquistes.

Ainsi donc nous croyons avoir pu déceler que, dans le Val d'Arno supérieur, un âge villafranchien à climat intertropical saisonnier a succédé, après une discordance tectonique, à un

(30) DE LEENHEER, L. et WAEGEMANS, G., 1945.

(31) JENNY, H., 1941, p. 186.

(32) JENNY, H., 1941, p. 182.

(33) MARRÈS, P., 1947; CHaubert, G., 1948.

âge miocène supérieur ou pliocène ancien à climat tempéré chaud.

On s'apercevra sans retard du désaccord flagrant qui existe entre ces conclusions et les idées communément reçues. Les auteurs de traités de géologie et de paléontologie ont en effet l'habitude d'écrire que la fin du Pliocène fut caractérisée par un refroidissement progressif du climat (34). L'argument essentiel en faveur de cette manière de voir est fourni par l'évolution des faunes marines. D'un côté, en Méditerranée, apparaît la faune calabrienne à *Cyprina islandica*, *Modiolus modiolus*, *Buccinum humphreysianum*, *Cochlodesma praetenuis*, etc., espèces qui introduisent un caractère boréal dans un fond d'espèces pliocènes primitivement plus homogène. D'un autre côté, la série des Craggs anglais voit se succéder au moins deux vagues d'espèces à caractère boréal. Des observations basées sur les flores fossiles et la distribution des flore actuelles (35) comme aussi des observations géomorphologiques (36) concluent dans le même sens. Des latérites fossiles d'âge crétacé à tertiaire sont connues depuis longtemps en Europe centrale mais la longue thèse que leur consacra H. HARRASSOWITZ reporte les plus récentes au Miocène supérieur ou au Pliocène inférieur (37).

Convient-il donc de restreindre la signification des zones de rubéfaction du Val d'Arno? Nous ne le pensons pas car elles s'intègrent à un corps de faits et d'observations dont on n'a pas encore, à notre connaissance, accusé le lien.

On a récemment reconnu au Congrès de pédologie méditerranéenne de 1947 que les « terres rouges » constituent souvent des paléosols d'âge pliocène ou début quaternaire (38). Au Moyen-Niger, Y. URVOY a rapporté la phase de latéritisation intensive à la fin du tertiaire ou au début du quaternaire (39).

(34) BROOKS, C. E. P., 1926; récemment encore, au Congrès International de Géologie tenu à Londres la plupart des auteurs qui se sont attachés à la question de la limite Pliocène-Pleistocène ont fait mention d'un refroidissement climatique prononcé au Villafranchien.

(35) DEFAPE, G., 1928; DARRAH, W. C., 1939, p. 200.

(36) JESSEN, O., 1938.

(37) HARRASSOWITZ, H., 1926, pp. 429-59.

(38) GÈZE, B., 1947, pp. 3-6; MARRÈS, P., 1947, et bibliographie. Il serait particulièrement intéressant de comparer les sédiments du Val d'Arno aux formations similaires de la chaîne côtière de l'Atlas (Stade de Chylimath) (Cfr. ANDERSON, R., 1936).

(39) URVOY, Y., 1942; cité in ERHART, H., 1943.

Les retouches apportées ultérieurement par H. ERHART aux observations d'Y. URVOY ne contestent pas l'âge des produits latéritiques (40). En A. O. F. encore, les grosses carapaces de latérites sont actuellement des formations fossiles qui ont été sous la dépendance de plusieurs phases climatiques successives et ont vu depuis lors une érosion de 300 m. dans les vallées (41). P. TEILHARD DE CHARDIN a montré qu'une même série de constatations, débutant en Chine du Nord, paraissent généralisables à l'ensemble des bassins plio-pleistocènes qui jalonnent sur son pourtour oriental et méridional le Plateau asiatique (42); partout des graviers latéritisés recouvrent en discordance angulaire des couches lacustres pliocènes. Les graviers latéritisés sont rapportés par l'auteur au Pleistocène ancien, le dérangement tectonique des couches lacustres atteignant Pontien, Pliocène moyen et Villafranchien. Par rapport à la situation reconnue au Val d'Arno, il y aurait donc un léger décalage d'échelle, imputable sans doute aux difficultés de relier à grande distance et les faunes de mammifères et les mouvements tectoniques. Nous renvoyons ici spécialement à la synthèse qu'a publiée P. TEILHARD DE CHARDIN de ses observations (43). On peut y lire qu'« aucun sédiment (cénozoïque) antépliocène en Chine ne peut être considéré comme sol tropical à l'origine » mais que « à la fin du Cénozoïque, au contraire, des traces d'une latéritisation extensive et intensive sont observables dans toute la Chine Centrale et du Sud... Au total, la latéritisation, au Sud du Tsingling, semble avoir été essentiellement un phénomène Fin Pliocène ou Début Pleistocène » (44). Ce tableau trouve son prolongement aux Indes et en Birmanie où plusieurs séries de sols latéritiques s'établissent en récession du Nord (Sivaliks), au Sud (Madras-Ceylan), de la fin du tertiaire au milieu du pleistocène (45). Il n'est pas jusqu'en Océanie où des observations paléopédologiques ne tendent à faire admettre qu'une latéritisation extensive et intensive s'est produite au cours du Pliocène, et vraisemblablement vers la limite fin Pliocène-début Pleistocène (46). Enfin, plus près

(40) ERHART, H., 1943.

(41) SCHNELL, R., 1948.

(42) TEILHARD DE CHARDIN, P., 1937 B; 1938.

(43) TEILHARD DE CHARDIN, P., 1937 A.

(44) TEILHARD DE CHARDIN, P., 1937 A, pp. 209, 210 et 211.

(45) DE TERRA, H., 1937; DE TERRA, H., and MOVIUS, Jr. H. L., 1943.

(46) CROCKER, R. L., 1946, pp. 8, 9, 39 et bibliographie.

de nous, tenons compte de la couverture intensément rubéfiée qui couronne beaucoup des témoins résiduels de l'ancienne pénéplaine de la Moyenne Belgique (sommets des collines des Flandres, environs de Bruxelles, Hageland, etc.) ou bien dont les débris se rencontrent dans les cailloutis résiduels. Il s'agit d'un ancien sol à caractère latéritique prononcé (concrétions ferrugineuses celluleuses, dissolution de la silice) qui pose son empreinte indifféremment sur tous les terrains du Tertiaire belge antérieurs à lui. Il se révèle en certains points sensiblement contemporain du cycle sédimentaire diestien mais il paraît plus tardif ailleurs. Nos observations rejoignent ici celles de M. R. TAVERNIER (47) et, si elles sont encore isolées, on peut dès à présent constater combien fréquents sont les débris de formations ferrugineuses dans les cailloutis quaternaires les plus anciens de l'Europe occidentale.

Rappelons toutefois que la période de rubéfaction pliocène dont nous avons essayé de retrouver les traces n'a pas été unique dans le cours des temps. On en rencontre d'analogues à divers moments du Tertiaire, pour ne citer que lui, et il importe de situer chacune à son niveau stratigraphique propre.

Peut-être un examen plus serré des éléments mis en discussion rendra-t-il illusoire une partie des rapprochements esquissés précédemment. Il n'en reste pas moins vrai que l'évolution climatique des temps plio-pleistocènes a dû offrir une complexité d'un autre ordre que celle qui est habituellement envisagée. Il faut penser que les variations climatiques de grande amplitude n'ont pas été une caractéristique des temps pleistocènes seuls et que les extensions glaciaires ne sont que les prolongements d'une série de phénomènes conduits depuis plus longtemps. Il faut encore penser à une extension récente possible des climats rubéfiants et latéritisants bien au dehors de la zone intertropicale actuelle. Il faut penser enfin que les modifications climatiques subies par les régions circumpolaires trouveront leurs répondants dans les régions équatoriales sous différents modes dès avant le Pleistocène.

INSTITUT ROYAL DES SCIENCES NATURELLES DE BELGIQUE.

(47) TAVERNIER, R., 1948, sous presse.



a

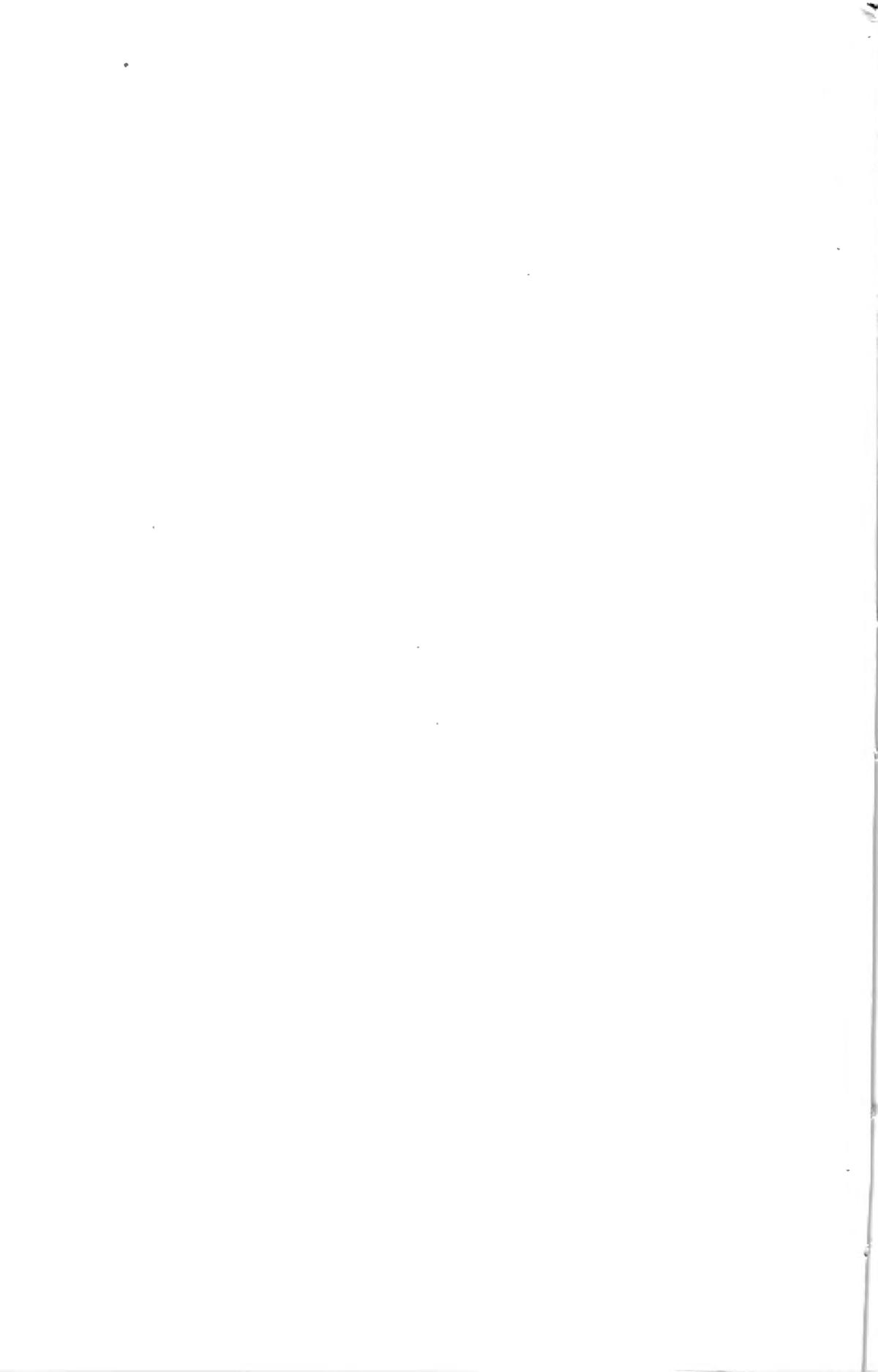


b



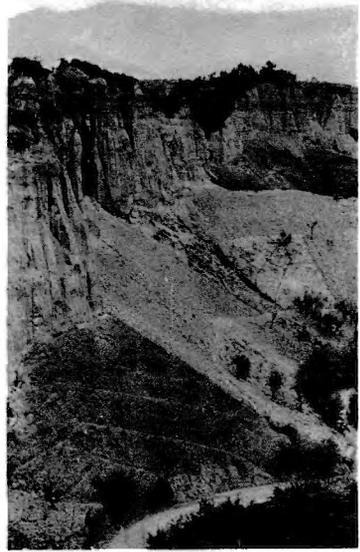
c

JEAN DE HEINZELIN DE BRAUCOURT. — Sur l'existence
de zones de rubéfaction dans le Villafanchien du Val d'Arno.

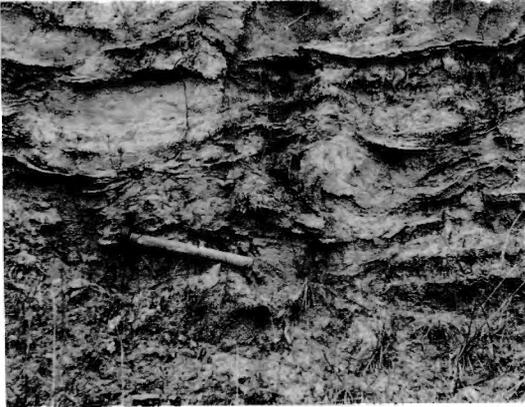




a



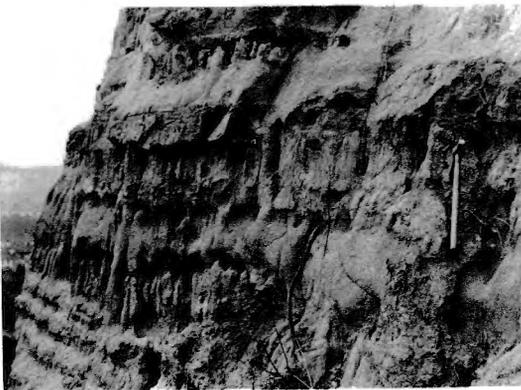
d



b

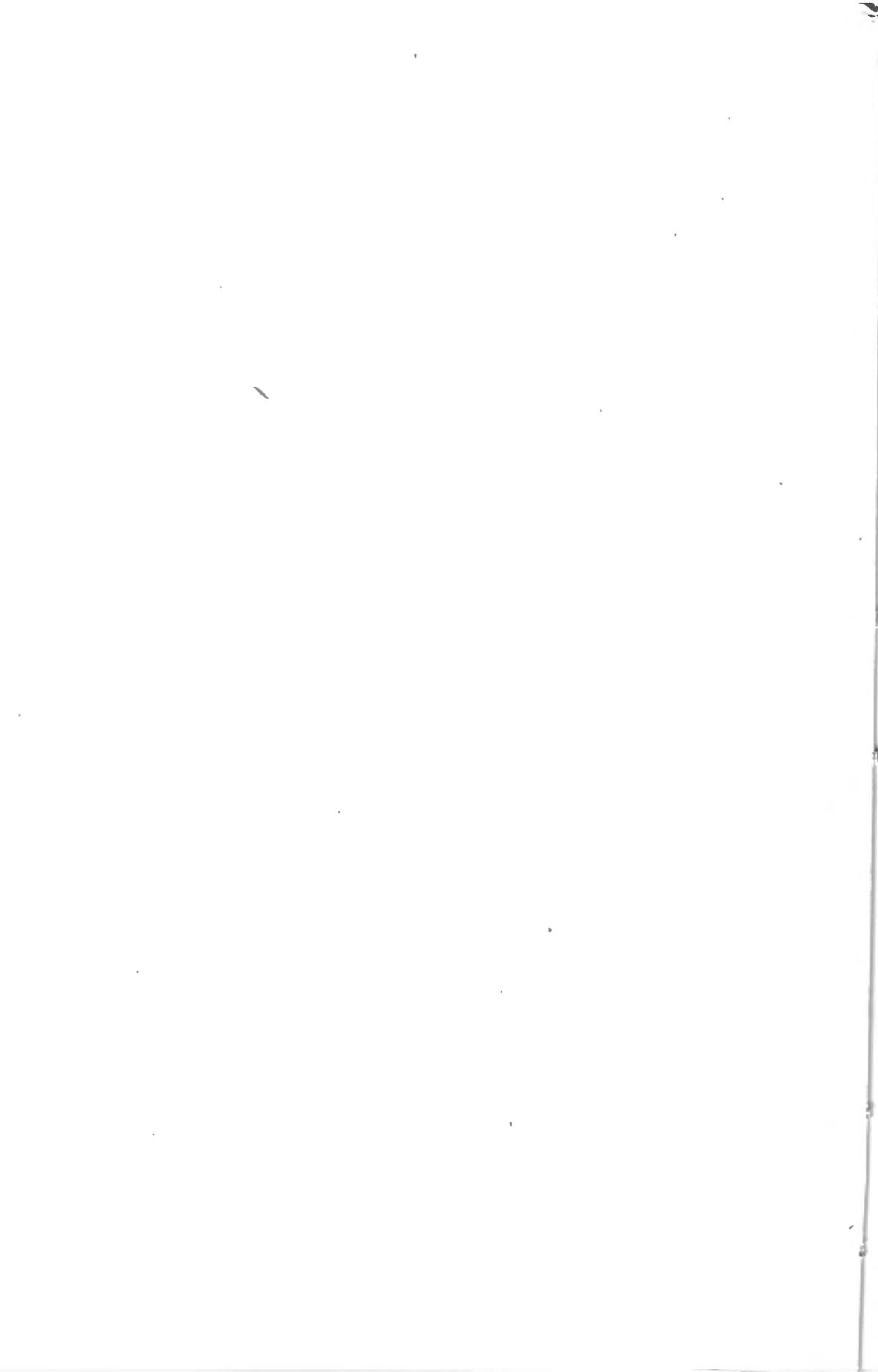


e



c

JEAN DE HEINZELIN DE BRAUCOURT. — Sur l'existence
de zones de rubéfaction dans le Villafranchien du Val d'Arno.



INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.

- ANDERSON, R., 1936, *Geology in the Coastal Atlas of Western Algeria*. (Geol. Soc. of America, Memoir 4.)
- AZZAROLI, A., 1947, *I cervi fossili della Toscana*. (Palaeontographia Italica, vol. XLIII, n. ser., vol. XIII.)
- BERNSEN, J. J. A., 1930-34, *Eine Revision der fossilen Säugetierfauna aus den Tonen von Tegelen*. (Naturh. Maandblad, Jaarg. XIX tot XXIII, passim.)
- BROOKS, C. E. P., 1926, *Climate through the ages*. (Ernest Benn Ltd., London.)
- CHOUBERT, G., 1948, *Sur la nature des limons rouges superficiels du Maroc*. (C.-R. Acad. Sc. Paris, t. 227, pp. 639-640.)
- CROCKER, R. L., 1946, *Post-Miocene climatic and geologic History and its Significance in Relation to the Genesis of the major Soil Types of South Australia*. (Council for Scient. and Industr. Research, Melbourne, Bull. n° 193.)
- DARRAH, W. C., 1939, *Principles of Paleobotany*. (Publ. by the Chronica Botanica Company, Leiden, Holland.)
- DE CASTRO, C. e PILOTTI, C., 1933, *I giacimenti di lignite della Toscana*. (Mem. descr. d. Carta geol. d'Italia, XXIII.)
- DEL CAMPANA, D., 1910, *I tapiri del Terziario italiano*. (Palaeontographia Italica, vol. XVI.)
- , 1913, *Cani pliocenici della Toscana*. (Palaeontographia Italica, vol. XIX.)
- DE LEENHEER, L. et WAEGEMANS, G., 1945, *Le Sol, Introduction à la Pédologie*. (Lib. Falk Fils, Bruxelles.)
- DE MARTONNE, E., 1932-1934-1935, *Traité de géographie physique*. (5° Ed., Lib. Armand Colin, Paris.)
- DEPAPE, G., 1928, *Le monde des plantes à l'apparition de l'Homme en Europe occidentale*. (Ann. Soc. Scient. de Bruxelles, t. 48, sér. B, Mém., pp. 39-102.)
- DE STEFANI, C., 1887, *Le Ligniti del Bacino di Castelnuovo di Gargagnana*. (Bull. R. Comitato geol. d'Italia, ser. II, vol. VIII, pp. 212-241 et pl. VI.)
- DE TERRA, H., 1937, *The Siwaliks of India and early man*. (Early man, Int. Symposium Acad. Nat. Sc., Philadelphia, March 1937, pp. 257-268.)
- DE TERRA, H. and MOVIUS JR., H. L., 1943, *Research on Early Man in Burma*. (Transact. Ann. Phil. Soc., New ser., vol. XXXII, part III.)

- EMBERGER, L., 1944, *Les plantes fossiles dans leurs rapports avec les végétaux vivants*. (Masson et C^{ie}, Paris.)
- ERHART, H., 1943, *Les latérites du Moyen-Niger et leur signification paléoclimatique*. (C.-R. Acad. Sc. Paris, t. 217, pp. 323-325.)
- FERMOR, L. L., 1911, *What is laterite?* (The Geol. Magaz., vol. VIII, pp. 454-462, pp. 507-516, pp. 556-566.) (Cité in LACROIX, A., 1913, p. 258.)
- FORSYTH MAJOR, G. J., 1885, *On the mammalian fauna of the Val d'Arno*. (The quarterly Journ. Geol. Soc. London, vol. XLI, pp. 1-8.)
- GÈZE, B., 1947, *Le Congrès international de Pédologie de Montpellier-Alger (Mai 1947). Notes et réflexions*. (Ann. de l'École nationale d'Agriculture de Montpellier, t. XXVII, fasc. IV.)
- GIGNOUX, M., 1913, *Les formations marines pliocènes et quaternaires de l'Italie du Sud et de la Sicile*. (Ann. Univ. de Lyon, Nouv. sér. I, fasc. 36, pp. 304-309 et pl. IV, fig. 3.)
- , 1922, *Les rivages et les faunes des mers pliocènes et quaternaires dans la Méditerranée occidentale*. (XIII^e Congrès géol. Int., C.-R., t. III, pp. 1447-1491 et pl. LIV.)
- HARRASSOWITZ, H., 1926, *Laterit*. (Fortschr. d. Geol. u. Paleont., Bd. IV, H. 14, pp. 253-566.)
- HAUG, E., 1907, *Traité de Géologie*. (Lib. Armand Collin, Paris.)
- HOPWOOD, A. T., 1940, *Fossil mammals and pleistocene correlation*. (Proc. Geol. Assoc., vol. 51, pp. 79-88.)
- INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 1948, *Eighteenth Session; Great Britain*. (Volume of Titles and Abstracts.)
- JENNY, H., 1941, *Factors of soil formation*. (Mc Graw-Hill, Book Co, New-York and London.)
- JESSEN, O., 1938, *Tertiärklima und Mittelgebirgsmorphologie*. (Zft. d. Ges. f. Erdkunde z. Berlin, Marz 1938, pp. 36-49.)
- LACROIX, A., 1913, *Les latérites de la Guinée*. (Nouv. Arch. du Muséum, 5^e sér., t. V, 1913; et Paris, Masson et C^{ie}, 1914.)
- LEONARDI, P., 1947, *L'ippopotamo del Valdarno*. (Palaeontographia Italica, vol. XLIII, n. ser., vol. XIII.)
- LOTTI B., 1910, *Geologia della Toscana*. (Mem. descr. d. carta geol. d'Italia, XIII.)
- MARBUT, C. F., 1923, *Soils of Africa*. (Amer. G. Soc., Research series, n^o 13, pp. 115-242.) Cité in DE MARTONNE, E., 1932-1934-1935, t. III, p. 1160.)
- MARRÈS, P., 1947, *Un Congrès de Pédologie méditerranéenne: le Congrès international de Pédologie de Montpellier-Alger (Mai 1947)*. (Ann. de Géogr., LVII^e année, pp. 227-228, avec bibliographie.)
- MAZENOT, G., 1945, *Analyse pollinique du lignite plaisancien du Bassin de Chaumergy*. (C.-R. somm. Sc. Soc. géol. France, 1945, pp. 230-232.)

- MERLA, G., 1945, *Revisione della fauna dei terreni fluvio-lacustri del Valdarno superiore, I, Premessa.* (Palaeontographia Italica, vol. XLIII, n. ser., vol. XIII.)
- OSBORN, H. F., 1922, *Pliocene (Tertiary) and early Pleistocene (Quaternary) Mammalia of East Anglia, Great Britain, in Relation to the Appearance of Man.* (The Geol. Magaz., vol. LIX, pp. 433-441.)
- PANTANELLI, D., 1896, *Vertebrati fossili delle ligniti di Spoleto.* (Atti, Soc. Toscana Sc. Nat., vol. VII, pp. 93-100 et pl. IX.)
- , 1900, *Storia geologica dell'Arno.* (Bull. Soc. geol. Italiana, vol. XIX, pp. 419-436.)
- PATERSON, T. T., 1940, *On a World Correlation of the Pleistocene.* (Trans. R. Soc. Edinburgh, vol. LX, part II, pp. 373-425.)
- PILGRIM, G. E., 1944, *The lower Limit of the Pleistocene in Europa and Asia.* (The Geol. Magaz., vol. LXXXI, pp. 28-38.)
- PRINCIPI, P., 1942, *La Geologia e la Pedologia della provincia di Firenze.* (L'Universo, t. XXIII.)
- RISTORI, G., 1886 A, *Contributo alla flora fossile del Val d'Arno superiore.* (Atti Soc. Toscana Sc. Nat., vol. VII, pp. 143-190 et pl. VIII.)
- , 1886 B, *Considerazioni geologiche sur Valdarno superior sui dintorni d'Arezzo e sulla Val di Chiana.* (Atti Soc. Toscana Sc. Nat., vol. VII, pp. 249-279.)
- , 1890, *Le Scimmie fossili italiane.* (Boll. R. Comitato geol. d'Italia, ser. III, vol. I, n^{os} 7 et 8.)
- , 1897, *L'orso pliocenico di Valdarno et d'Olivola in Val di Magra.* (Palaeontographia Italica, vol. III.)
- SACCO, F., 1939, *Le Villafranchien de l'Eurasie.* (C.-R. somm. Sc. Soc. Géol. France, 1939, pp. 16-18.)
- SCHAUB, S., 1928, *Die Antilopen des Toskanischen Oberpliocens.* (Eclogae geol. Helv., t. XXI, pp. 260-266.)
- , 1943, *Die oberpliocene Säugetierfauna von Senèze (Haute-Loire) und ihre verbreitungsgeschichtliche Stellung.* (Eclogae geol. Helv., vol. 36, pp. 270-289.)
- SCHNELL, R., 1948, *Le modelé des Monts Nimba (A. O. F.) dans ses rapports avec les sols et l'évolution de la végétation.* (Ann. de Géogr., LVII^e année, pp. 213-218.)
- SESTINI, A., 1936, *Stratigrafia dei terreni fluvio-lacustri del Valdarno superiore.* (Atti Soc. Toscana Sc. Nat., Pr. Verb., vol. XLV, pp. 37-41.)
- STEHLIN, H. G., 1899-1900, *Ueber die Geschichte des Suiden-Gebisses.* (Abhandl. d. Schweiz. pal. Gesellsch., vol. XXVI u. XXVII.)
- STEHLIN, H. G. et GRAZIOSI, P., 1935, *Ricerche sugli Asinidi fossili d'Europa.* (Mem. Soc. pal. Suisa, t. LVI.)
- TAVERNIER, R., 1948. (Bull. Soc. belg. de Géologie, sous presse.)
- TEILHARD DE CHARDIN, P., 1937 A, *Notes on Continental Geology.* (Bull. Geol. Soc. of China, vol. XVI, pp. 195-220.)

- , 1937 B, *The Pleistocene of China, Stratigraphy and Correlations*. (Early man, Int. Symposium. Acad. Nat. Sc. Philadelphia, March 1937, pp. 211-220.)
- , 1938, *Le Villafranchien d'Asie et la question du Villafranchien*. (C.-R. somm. Sc. Soc. Géol. France, 1938, pp. 325-327.)
- URVOY, Y., 1942, *Les bassins du Niger*. (Paris, 1942). Cité in ERHART, H., 1943.
- WEITHOFER, K., 1889 A, *Die fossilen Hyänen des Arnthetales in Toskana*. (Denkschrift d. K. K. Akad. Wien, Bd. XXV.)
- , 1889 B, *Ueber Tertiäre Landessäuge-thiere Italiens*. (Jahrb. d. K. K. Geol. Landesanstalt, Bd. 39.)
- , 1891, *Die fossilen Proboscidier des Arnthetales in Toskana*. (Beitrage z. Paläont. Österr.-Ung. u. d. Orients, Bd. VIII, pp. 107-240 u. t. I-XV.)
- ZEUNER, F. E., 1945, *The Pleistocene Period*. (Printed for the Ray Society, n° 130, London.)

LÉGENDES DES FIGURES.

PLANCHE I.

- a : La surface de remplissage de la cuvette lacustre du Val d'Arno supérieur se profilant sur la masse des Monts de Pratomagno. L'érosion mord de plus en plus fortement vers le centre du bassin, à gauche. (Vue prise à Figline-point 1, alt. 160 m. env., dir. N.-N.-W. à N.-N.-E.).
- b : Erosion différentielle au sommet de la série de sansino. Les bancs de poudingue accusent des falaises tandis que les argiles sableuses laissent étaler des coteaux cultivés. Au fond, se dessinent les Monts de Chianti. (Vue prise à Montevarchi-point 8, alt. 215 m. env., dir. W.).
- c : Détail de b, vu par le S. L'assiette du chemin est assurée par un banc de poudingue compact à ciment brun-noir. Au sommet, à l'alt. 224 m., des sables à stratification entrecroisée figurent un dernier témoin de l'ancienne surface de remplissage.

PLANCHE II.

- a : Poudingues à ciment ferrugineux reposant sur des argiles sableuses gris-bleu à panachures ocrees (Montevarchi-point 8, alt. 215 m. env.).
- b : Zones de rubéfaction récurrentes au sein d'une accumulation sableuse (Figline-point 1, alt. 190 m. env..)
- c : Alternances de bancs d'argile sableuse gris-bleu à panachures ocrees et de bancs de sable grossier rubéfié. Paysage de badland en miniature, d'où les bancs sableux plus cohérents font saillie. (Figline-point 1, alt. 175 m. env.).
- d : L'extension subhorizontale des bancs de sansino. A l'arrière-plan, les Monts de Pratomagno. (Figline-point 3, alt. 190 m. env., dir. E.-N.-E.).
- e : Sol violet-noir, compact, reposant sur une argile bleue fendillée et recouvert de sable grossier rubéfié. (Figline-point 3, alt. vers 200 m.).

AD. GOEMAERE, Imprimeur du Roi, 21, rue de la Limite, Bruxelles.