

I

LES ENVIRONS DE MOSCOU

PAR

S. NIKITIN.

De Smolensk à Moscou.

Les voyageurs qui viennent d'Allemagne et d'Autriche pour se rendre à Moscou en passant par Smolensk, franchissent le matin les limites du gouvernement de Moscou un peu avant d'arriver à la petite station de Borodino, laissant à gauche le vaste champ, devenu célèbre par la bataille qui s'y livra en 1812 et qui ouvrit à Napoléon la route de notre vieille capitale. Jusqu'à la ville la voie ferrée suit presque tout le temps, parallèlement à la vallée de la Moskwa, le terrain du partage des eaux, au milieu des paysages tout typiques de la Russie moyenne. Devant les yeux s'étend une plaine parsemée de collines, les unes aplaties, les autres plus ou moins élevées, de forme et de direction irrégulières, traversée par des ravins à pente douce où coulent de petits ruisseaux. Il y a tout lieu de croire qu'avant d'être cultivée, toute cette région était couverte de forêts, mélangées d'arbres à feuilles caduques (bouleaux, trembles) et de sapins (*Picea excelsa*) sur les sols plus ou moins argileux, ou de forêts de pins (*Pinus sylvestris*) dans les endroits arénacés. On ne trouve de prairies naturelles que dans les vallées fluviales. La culture humaine a modifié ici l'aspect de la contrée en faisant disparaître une partie considérable des forêts qu'elle a remplacées par des champs labourables et de prés en partie boisés.

Le sol sous-argileux, peu fertile, gris ou gris-brunâtre, de peu d'épaisseur, çà et là remplacé par un sol sous-sableux de même couleur, est plus ou moins pénétré d'une matière pulvérulente, connue sous le nom de „podsol“ (Voir p. 10).

Toute la contrée est la région du développement, immédiatement sous le sol, d'une argile morainique à blocs, sableuse ou marneuse, d'un brun rougeâtre (Q_1^1b), non stratifiée, plus ou moins abon-

dante en blocaux et gravier erratiques, provenant soit des roches cristallines de Finlande et du gouv. d'Olonetz, soit des roches sédimentaires de la région située entre les gouvernements d'Olonetz et de Moscou (de préférence calcaires et silex du système carbonifère). Cette argile constitue fréquemment le sous-sol du terrain de la Russie d'Europe qui avait été occupé par la grande glaciation scandinavo-russe. A l'ouest cette roche passe directement au Geschiebelehm inférieur, l'argile morainique inférieure des allemands (du type saxonien ou du type de la première glaciation). Aux points où les vallées fluviales assez profondes et les tranchées artificielles ont mis à nu la base de l'argile à blocaux, émerge une assise de puissance variable, composée de sables plus ou moins jaunes ou rouges, interstratifiés de gravier et de galets de la même composition pétrographique que les blocaux de l'argile morainique (les cailloux des roches sédimentaires locales prédominent). C'est le sable inférieur à blocaux (Q_1^1) des auteurs russes. Dans les tranchées du chemin de fer on ne le voit apparaître de dessous l'argile morainique qu'entre les stations Moukhina et Koubenka. Quelques collines, dont une près de la station Chelkovka, permettent d'observer le troisième membre des dépôts glaciaires de la Russie moyenne, le sable à blocaux supérieur non stratifié (Q_1^2c), d'ailleurs faiblement développé dans cette localité, recouvrant par endroits l'argile morainique.

Le long de la voie ferrée on ne voit pas d'affleurements de roches originaires plus anciennes que les quaternaires jusqu'à la descente dans la vallée de la Moskwa, non loin de Moscou. Mais des investigations faites le long de la rivière et des forages y ont relevé, sous les dépôts glaciaires, les sédiments suivants à peu près horizontaux et non disloqués, que nous énumérons du haut en bas:

- 1) couches des étages volgiens, supérieur et inférieur, plus ou moins conservées (JCr);
- 2) couches du jurassique supérieur jusqu'au callovien inclusivement (J^cm);
- 3) calcaire carbonifère de la section moyenne ou moscovien (C_2).

A trois verstes de la station Moukhina, sur les bords de la rivière Moskwa, se trouvent les anciennes carrières du calcaire carbonifère de Grigorowo, devenues classiques et historiques par les oeuvres de M. Fischer von Waldheim qui y a puisé les matériaux pour ses descriptions paléontologiques, qui ont mis la base à la paléontologie de la Russie moyenne. Par erreur ce savant de la première moitié de notre siècle a pris le calcaire de Grigorovo, riche en fusulines et coraux couvert par l'argile grise jurassique, pour de l'oolithe jurassique.

En descendant dans la vallée de la Moskwa la ligne du chemin de fer entre dans la région du sable à blocaux inférieur et des dépôts sableux superficiels qu'elle suit jusqu'à la gare. A la descente dans la vallée on aperçoit dans les ravins et les tranchées les roches noires du volgien inférieur et du jurassique supérieur.

La colline du Kremlin. Aperçu sur la géologie de la ville de Moscou.

Moscou est située dans une région couverte de collines, traversée par la vallée de la Moskwa au cours sinueux, par ses affluents gauches, la Yaouza et la Néglinnaïa (coulant sous les rues de la ville dans un canal voûté), et par quelques autres cours d'eau et ravins de peu d'importance. Dans la partie septentrionale de la ville les collines atteignent 160 m. de hauteur absolue, le niveau normal de la Moskwa étant à l'extrémité du quartier sud à 116 m. au dessus de la mer. Entre toutes ces collines le Kremlin, par sa position centrale et son importance historique comme ancienne citadelle ou bourg, occupe sans contredit le premier rang, quoiqu'il n'ait que 150 m. de hauteur. De la terrasse du Grand-Palais s'étend une vue immense sur le „Zamoskvorétchié“, partie basse du sud de la ville, séparée de la partie principale, côté nord, par la large vallée de la Moskwa. Le Kremlin lui-même est circonscrit du côté de l'est par la vallée de la Yaouza, au delà de laquelle s'élève la colline du sud-est; du côté occidental il est bordé par la vallée de la Néglinnaïa, derrière laquelle s'élève la colline où se trouve le Musée public; plus loin on aperçoit la vaste plaine „Dévitchié polié“, aux abords de laquelle la majestueuse cathédrale du Sauveur (Sobor Khrista Spassitélia) frappe le regard. Enfin, plus loin encore, vers l'ouest, dominant „les Montagnes des Moineaux“ (Worobiovy Gory) sur la rive droite de la Moskwa.

La constitution du terrain de Moscou est assez bien connue, grâce aux investigations géologiques faites dans les environs de la ville et à nombre de forages (plus de 150), exécutés pendant les derniers quinze ans sous le contrôle plus ou moins constant de l'auteur de cette esquisse, enfin grâce aux travaux de canalisation et de l'alimentation en eaux de la capitale. Quelques collines sont couvertes par l'argile morainique à blocaux (Q_1^b), plus ou moins érodée et emportée presque sur toute l'étendue de la ville, de sorte que les sables à blocaux inférieurs (Q_1^a) se trouvent soit immédiatement sous le sol et le remblai, soit recouverts des produits également sableux de l'éluvion; les seules exceptions sont: a) les vallées fluviales largement comblées par les alluvions; b) les collines mentionnées, recouvertes par-dessus les sables d'argile morainique; c) les élévations dans la partie sud-est de la ville au delà de la Yaouza, où l'on observe, sur l'argile morainique, le sable caillouteux supérieur non stratifié (Q_2^c). En dessous des dépôts posttertiaires se disposent les diverses assises mésozoïques, indiquées dans la coupe géologique générale de Moscou (voir plus loin), et le calcaire carbonifère moyen de l'étage moscovien, qui forme la base rocheuse sur laquelle la ville est bâtie.

La colline du Kremlin, constituée par tous ces dépôts, présente en haut le sable inférieur qui passe aux assises parfaitement conservées des étages volgiens et jurassiques. Les forages ont rencontré le calcaire carbonifère à la hauteur de 0 à 8 m. au-dessus du niveau normal de

la rivière. C'est ce même calcaire qui supporte le fondement des principales églises, entre autres de la cathédrale du Sauveur (Khram Spasitelia) et les culées des ponts. Le forage le plus profond, fait dans une des collines de la ville, à la hauteur absolue de 144 m., a traversé 21,4 m. de dépôts argilo-arénaux quaternaires et mésozoïques, 180,7 m. des calcaires de l'étage moscovien, 74 m. des calcaires de la section inférieure du carbonifère, 49 m. de l'étage argilo-arénaux houillifère de la même section du système carbonifère, enfin 135 m. de calcaires et de marnes dévoniens; ici le forage a été arrêté sans qu'on ait trouvé l'eau dévonienne qu'on cherchait. La ville profite largement des eaux artésiennes, fournies sous une pression assez forte par plusieurs horizons aquifères dans les calcaires moscoviens. L'alimentation en eau principale exploite à 20 kilom. de la capitale des sources de la nappe aquifère des sables inférieurs à blocs.

Environs de Moscou.

Les environs de Moscou, de même que tout le gouvernement de Moscou et les parties limitrophes du gouvernement de Wladimir ont été étudiés, depuis la naissance de la science géologique en Russie, par de nombreux géologues, dont nous ne citerons, dans l'ordre de leur apparition, que les noms les plus connus de Fischer von Waldheim, Rouiller, Murchison, Trautschold. Plus tard l'auteur de cette revue, chargé par le Comité Géologique de la levée géologique de la région, l'a étudiée en détail pendant nombre d'années. Les résultats de ses recherches ont été publiés dans les trois volumes suivants des „Mémoires du Comité Géologique“: Carte géologique générale de la Russie, feuille 57; Vestiges de la période crétacée dans la Russie centrale; Dépôts carbonifères dans la région de Moscou. (Vol. V Nos 1, 2 et 5). Le premier de ces livres contient, outre la description détaillée de la région aux points de vue orographique et géologique, la liste des ouvrages géologiques et des monographies paléontologiques ayant rapport à cette contrée, parus jusqu'en 1889. Plus tard les articles suivants sont venus élargir, par de nouveaux matériaux paléontologiques, la connaissance de la constitution et de l'âge des dépôts mésozoïques de cette région:

- S. Nikitin, Excursions dans les musées et les terrains mésozoïques de l'Europe. Bul. Soc. Belge de Géol. 1889. T. III.
- A. Pavlov, Etudes sur les couches jurassiques et crétacées de la Russie et de l'Angleterre. Bul. Soc. Natur. Moscou. 1889.
- A. Pavlov, Le néocomien des montagnes de Worobiewo. Bul. Soc. Nat. Moscou. 1890, № 2.
- A. Pavlov, Argiles de Speeton et leurs équivalents. Ibidem. 1891 № 2—4. (Cet article expose mieux que les précédents le point de vue de l'auteur sur l'âge des dépôts du jurassique supérieur, du volgien et du crétacé inférieur de la Russie).

- A. Michalski, Die Ammoniten der unteren Wolga-Stufe. Mém. du Com. Géol., Vol. VIII, № 2. (Description détaillée du groupe dominant des fossiles de l'étage volgien inférieur).
- N. Bogoslovsky, Der Rjazaner-Horizont, seine Faune, seine stratigraphischen Beziehungen und sein wahrscheinliches Alter. Materialien zur Geologie Russlands. 1896, Bd. XVIII. (Bien que les matériaux dont l'auteur s'est servaient été recueillis dans le gouvernement limitrophe, c'est une étude toute spéciale et très exacte sur la paléontologie et la géologie de l'horizon qui joue un rôle si important dans la question de l'âge respectif des sédiments passant du jurassique au créacé de la Russie centrale).

Pour ce qui est des dépôts quaternaires des environs de Moscou, des monographies originelles n'ayant pas paru dans le courant des dernières années, il n'y a guère qu'une revue des données, publiée dans les travaux du „Congrès Internat. d'Archéologie et d'Antropologie, Session de Moscou, 1892“, qui ait une valeur générale:

- S. Nikitin, Sur la constitution des dépôts quaternaires en Russie et leurs relations aux travaux résultant de l'activité de l'homme préhistorique.

Quelques notes sur les dépôts quaternaires des environs de Moscou, publiées après 1890, communiquent soit des détails peu importants, soit des faits trop peu étudiés ne présentant que des idées provisoires.

La coupe générale des environs de Moscou, dont les éléments ont été puisés dans la littérature citée, réclame quelques explications:

Le calcaire carbonifère des environs de Moscou est le représentant typique de la section moyenne de ce système en Russie ou de l'étage moscovien (C_2). Cet étage est très abondant en fossiles dont près de la moitié se retrouvent en formes identiques dans les assises inférieures du système carbonifère de l'Europe occidentale, tandis que les autres ont été rencontrés pour la première fois dans le moscovien. (Voir pour les détails la description des affleurements de Dorogomilowo, Miatchkovo, Podolsk).

Les assises de ce calcaire plus ou moins altérées et chimiquement modifiées et, dans la partie orientale du gouv. de Moscou, les calcaires encore plus altérés de la section supérieure du carbonifère (étage gshélien), supportent directement le callovien moyen (J_3^c). Les conglomérats de ce niveau contiennent assez souvent des fossiles plus ou moins usés du carbonifère, à côté d'Ammonites, de Bélemnites et d'autres formes spéciales au callovien moyen.

La succession des zones du jurassique de la Russie moyenne jusqu'au kimméridgien inclusivement est si parfaitement analogue à celle des zones jurassiennes de l'Europe occidentale, surtout du nord et de l'ouest de la France, qu'il est très difficile d'indiquer des divergences sérieuses, ni provinciales, ni zonales; on n'observe une certaine

différence que dans la faune des divers faciès en dépendance de la composition pétrographique des roches. (S. Nikitin. Ueber die Beziehungen zwischen der russischen und der westeuropäischen Jura. Neues Jahrb. Geol. 1886, Bd. II.—S. Nikitin. Excursions dans les musées et les terrains mésozoïques de l'Europe occidentale, Bul. Soc. Belge de Géol. 1889, t. III.—N. Neumayer und V. Uhlig, Erdgeschichte, II Auflage).

Le séquanien des environs de Moscou (J_3^s) ne peut pas être divisé en zones nettes, de sorte que l'oxfordien supérieur et le kimméridgien inférieur (zone à *Opp. tenuilobata*) y sont intimement liés paléontologiquement et pétrographiquement.

Le kimméridgien (J_3^k) est à peine marqué près de Moscou; on n'observe d'ailleurs aucune limite, ni pétrographique ni stratigraphique entre cet étage-ci et le volgien inférieur qui le surmonte. Il est probable que nous avons affaire ici à des argiles noires kimméridgiennes, dépourvues de fossiles, qui font le passage à des argiles semblables à la base du volgien. Plus loin vers l'est, dans la région de la Volga moyenne, le kimméridgien (le kimméridgien moyen) à *Hoplites eudoxus* et *Aspidoceras acanticum* passe directement au volgien inférieur.

Dans la question sur l'âge et la position du volgien inférieur et du supérieur et, surtout, sur le parallélisme de ses divers horizons avec les formations correspondantes de l'Europe occidentale, les géologues russes ne sont pas encore d'accord. L'auteur de cette revue, à qui revient la dénomination de l'étage volgien et par conséquent la détermination de ses limites, soutient le point de vue suivant: Sous le nom de volgien on doit comprendre la totalité des dépôts qui, dans la Russie du centre et du nord, se trouvent entre les couches du kimméridgien à *Hoplites eudoxus* et celles du néocomien moyen (la partie inférieure du néocomien supérieur)¹⁾ à *Olcostephanus versicolor*. Ces deux niveaux qui font la base et le toit du volgien, ne s'observent nettement qu'en certains points de la Volga moyenne. L'absence de quelques-uns des horizons du volgien, tantôt des inférieurs, tantôt des supérieurs, qu'on remarque en beaucoup d'endroits de la Russie, trouve son explication dans une des raisons suivantes: ou bien à tel point donné le dépôt de certains niveaux n'a pas eu lieu, ou les niveaux, absents aujourd'hui, ont existé, mais ont été remaniés et érodés dans la suite; ou bien encore, et cela arrive le plus souvent, tel niveau ne peut être distingué, étant faiblement développé et sans fossiles. Le kimméridgien de Moscou est dans le dernier cas; le manque du néocomien moyen à *Olcost. versicolor* et de l'horizon le plus élevé de l'étage volgien supérieur à *Olcost. polyptychus* s'explique par les deux premières raisons. Ces deux zones sont parfaitement développées sur la Volga et au nord de la Russie, alors que le niveau à *Hoplites rjassensis* n'apparaît à Moscou, comme le kimméridgien, qu'en vestiges à peine perceptibles.

¹⁾ Etage hauterivien.

Pour ce qui est de la faune renfermée depuis la base du volgien jusqu'à la zone à *Olcost. polyptychus* inclusivement, elle se distingue par une rare constance de son type général qui a très peu de commun avec le type de la faune du kimméridgien et du néocomien. Les fossiles dominants sont les *pelecypodes* et les *gasteropodes*; la plupart de leurs espèces se trouvent en formes identiques à tous les niveaux des dépôts volgiens sans en excepter l'horizon à *Olcost. polyptychus*. Les plus remarquables sont les *Aucelles* dont les mêmes formes remplissent aussi bien l'étage volgien inférieur que le haut de l'étage supérieur (horizon à *Hoplites rjasanensis*). Les *Cephalopodes* offrent deux types très distincts d'Ammonites et de Bélemnites qui permettent de reconnaître facilement les étages inférieur et supérieur du volgien. Dans l'inférieur prédominent *Perisphinctes* des groupes *virgati*, *Nikitini* etc., *Belemnites absolutus*; dans le supérieur: *Olcostephanus* des groupes *subditus* et *polyptychus*, *Orynoticeras* du groupe *catenulatum*, *Belemnites russiensis-lateralis*, remplissant en formes analogues ou à peine nuancées toutes les assises du volgien supérieur, l'horizon à *Olcost. polyptychus* y compris. Parfois, principalement au niveau à *Hoplites rjasanensis*, viennent s'y ajouter des *Hoplites* étrangers, paraissant appartenir au type méridional.

Précisant le volgien comme remplaçant les horizons supérieurs du jurassien et les inférieurs du néocomien, S. Nikitin juge prématuré, vu l'état actuel des connaissances géologiques, de paralléliser les divers niveaux du volgien avec ceux des assises de l'Europe occidentale; d'un côté la faune des différences zones du volgien n'est encore ni décrite ni suffisamment étudiée, d'un autre côté bien des détails relatifs aux dépôts correspondants de l'Europe occidentale sont jusqu'à présent inconnus, ou insuffisamment éclaircis. La parallélisation des zones du volgien, fondée uniquement sur l'étude partielle de quelques-uns des fossiles qu'elles contiennent, conduirait nécessairement à des résultats illusoire, d'autant plus que l'exactitude des définitions paléontologiques en usage laisse souvent beaucoup à désirer. Aussi les tableaux de corrélations ne doivent-ils être regardés que comme essais provisoires, susceptibles à toutes les modifications que de nouvelles découvertes pourront leur faire subir.

La précision de l'âge des dépôts volgiens a été beaucoup facilitée par les découvertes récentes de M-rs Nikitin¹⁾ et Pavlov²⁾ dans les assises inférieures du portlandien de l'Angleterre et de la France septentrionale, de quelques formes d'*Ammonites* et de *Bélemnites*, analogues à celles qu'on trouve dans la partie inférieure de l'étage volgien, et, d'un autre côté, par la découverte de plusieurs formes d'*Ammonites*, de *Bélemnites*, d'*Aucelles* etc. du volgien supérieur, dans le Hils allemand, dans les horizons inférieurs du néocomien et quelques horizons stratigraphiquement peu déterminés, séparant en Angleterre le

¹⁾ Excursions dans les musées etc.

²⁾ Etudes sur les couches jurassiques etc.—Argiles de Speeton etc.

portlandien du néocomien moyen. Mais un des faits les plus précieux pour la détermination de l'âge des assises volgiennes, fait signalé par S. Nikitin et étudié par M-r Bogoslovsky dans le travail qu'il vient de publier, est la présence dans l'horizon à *Hoplites rjasanensis* de toute une série d'*Ammonites* très proches, quoique non tout à fait identiques, à celles du tithonique le plus supérieur et du berriasien (zone à *Hoplites Boissieri*).

S. Nikitin est de l'opinion que l'ensemble des dépôts volgiens présente un type paléontologique et géologique spécial (type du nord), qui n'entre ni dans la classification, ni dans la terminologie acceptées dans l'Europe occidentale. Des traces du volgien se retrouvent en Angleterre, mais là, comme en Russie, elles attendent une étude paléontologique approfondie qui, certainement, ne se contentera pas de la connaissance des *Ammonites* et des *Bélemnites*.

M-r Bogoslovsky à qui appartient la définition stratigraphique de l'horizon très instructif à *Hoplites rjasanensis* et l'étude de sa faune, est du même avis que nous sur l'âge respectif des dépôts volgiens, leur indépendance originale et le rapport qu'ils offrent avec les formations de l'Europe occidentale; toutefois il propose de terminer le volgien supérieur par l'horizon à *Olcost. nodiger* qui serait en même temps le dernier niveau du jurassien, de mettre provisoirement l'horizon à *Hopl. rjasanensis* à la base du néocomien et de considérer le niveau à *Olc. polyptychus* et *Olc. hoplitoïdes* comme principale assise inférieure du néocomien. (La divergence avec notre point de vue, on le voit, n'est que formelle).

M-r Pavlov, tout en étant d'accord que les sédiments du volgien inférieur reposent constamment sur le kimméridgien à *Hoplites eudoxus*, a cependant, jusqu'à ces derniers temps, classé la totalité des dépôts volgiens dont nous avons parlé plus haut, dans le système jurassique, auquel il rattachait aussi une partie du néocomien de l'Europe occidentale (Berrias, Hils conglomérat etc.), en supposant l'existence en Russie d'une lacune entre la limite du volgien supérieur et le néocomien moyen à *Olc. versicolor*. M-r Pavlov conteste l'existence d'une faune spéciale à l'ensemble des dépôts volgiens dont il n'accepte pas même le nom; se fondant sur ses propres observations comparatives, faites dans la Russie centrale et en Angleterre, il se prononce catégoriquement pour la correspondance des diverses zones des assises volgiennes aux zones respectives de l'Europe occidentale. Cependant la classification, la subdivision et la parallélisation des zones sont différentes dans chacun des travaux de cet auteur. Son point de vue s'est particulièrement modifié dans son dernier article ¹⁾. D'après cette dernière variante une partie des dépôts du volgien supérieur, notamment

¹⁾ Quarterly Journ. Geolog. Soc. London, 1896, № 3. La coupe générale, proposée maintenant par M-r Pavlov, pour les dépôts mésozoïques de la Russie centrale ainsi que son tableau de corrélation se trouvent dans son guide de l'excursion le long de la Volga.

le niveau supérieur de la zone à *Hoplites rjasanensis* et la zone à *Olc. polyptychus*, ne se rapporterait non au jurassique, mais au néocomien inférieur du système crétacé; la lacune entre le volgien supérieur et le néocomien moyen à *Olc. versicolor* ne serait pas générale, mais seulement locale (comme nous l'avons signalé depuis bien longtemps); les couches du volgien supérieur formeraient une seule zone, celles de l'inférieur en formeraient trois etc.

Le néocomien moyen à faune marine de la région de la Volga moyenne (horizon à *Olc. versicolor*), développé à travers toute la Russie de l'est, depuis la Crimée et le Caucase jusqu'à la région de la Petchora, n'a pas été trouvé dans les environs de Moscou; il y est remplacé par des sables à flore du crétacé inférieur (très voisine de la flore du Wealdien).

Le néocomien supérieur à faune marine, dont l'affleurement le plus proche s'observe à 150 klm. à l'est de Moscou, n'a jusqu'à présent été trouvé plus près de la ville qu'à un seul endroit. Comme le néocomien moyen, il est en sa plus grande partie remplacé par des sables qui représentent peut-être des horizons encore plus élevés.

Après des lacunes considérables viennent les dépôts posttertiaires ou quaternaires, que nous divisons en dépôts pléistocènes (Q_1) et modernes (Q_2). Comme le montre la coupe générale, la contrée était occupée, durant la première moitié du pléistocène, par un glacier qui y a laissé la moraine profonde Q_1b . Cette moraine repose très souvent, mais non partout, sur les sables à blocs erratiques inférieurs stratifiés Q_1a . Au-dessous on observe çà et là des sédiments typiques d'eau douce, avec débris végétaux qui pourraient bien avoir commencé à se déposer déjà à la fin de la période tertiaire. Quant à quelques autres dépôts d'eau douce que la plupart des géologues avaient placés autrefois à la base du quaternaire, les opinions sont aujourd'hui doubles. En tout cas, il est hors de doute qu'aux environs de Moscou et dans toute la Russie centrale il n'existe qu'un seul étage morainique à blocs et que, les traces de glaciations répétées ou de grandes oscillations du glacier y faisant absolument défaut, il ne peut être question de dépôts interglaciaires. Nombre de preuves directes et indirectes montrent que les dépôts morainiques y datent de la première moitié du pléistocène et de l'époque de la première ou la grande glaciation de la Scandinavie et de l'Allemagne (d'après la terminologie de Torell, Penck, Berendt etc.).

La seconde moitié du pléistocène se caractérise par la formation, dès la retraite du glacier, des sables à blocs erratiques supérieurs non stratifiés (Q_2c), produits par l'éluvion et le délavage. D'autres sédiments stratifiés, sableux ou argileux, formés aux dépens de la moraine éluvionnée, se sont déposés en même temps dans les larges vallées fluviales et les dépressions; là où la moraine a été entièrement emportée, les sables stratifiés supérieurs (Q_2a) se mélangent avec les sables inférieurs (Q_1a) en un ensemble de sédiments sableux qu'il est impossible de séparer. Bien plus rarement apparaissent dans les environs de Moscou des dépôts lœssiformes de même origine, adossés à différents ni-

veaux contre les pentes élevées; habituellement ce sont des sédiments de nature poussiéreuse non stratifiés ou à peine schisteux, qui offrent la structure, la composition et les autres qualités du loess. Au même étage se rapportent dans la Russie moyenne les principaux dépôts d'eau douce, fluviales (en terrasses) ou lacustres (β), avec mammouths, rhinocéros et abondants restes de forêts à feuilles caduques.

Les sédiments quaternaires modernes (Q_2) offrent dans toute cette région deux types distincts: tantôt ce sont des alluvions fluviales, tantôt des alluvions lacustres ou des alluvions de ravins et de pentes peu inclinées. Vers le haut des pentes et sur les espaces plus ou moins élevés et plats, les alluvions passent graduellement, par l'intermédiaire de dépôts de ruissellement, aux divers produits d'éluvion. Sur ces plateaux on observe souvent des tourbières et une formation spéciale, très répandue dans la zone forestière (en dehors de la limite du tchernozem) de la Russie du nord et du centre, connue en Russie sous le nom de „podsol“. Le podsol est une substance finement pulvérisée, farineuse à l'état sec, qui, mouillée, prend l'aspect et les propriétés d'une argile faiblement plastique. Le podsol est de la silice presque pure (jusqu'à 88%), pulvérulente et faiblement mélangée d'argile, très pauvre en zéolites et en calcaire, mais parfois assez riche en FeO et MgO . La réaction est acide; la substance organique accuse le plus souvent l'acide crenique (Krensäure) et ses composés. Le podsol doit son origine à la décomposition organique du sol dans un milieu acide et humide. Il pénètre le sol et s'assemble en lit plus ou moins épais entre le sous-sol et le sol proprement dit. Là où le sous-sol est sableux, le podsol est parfois accompagné de l'ortstein (alios).

Worobiewy gory (Montagnes des Moineaux).

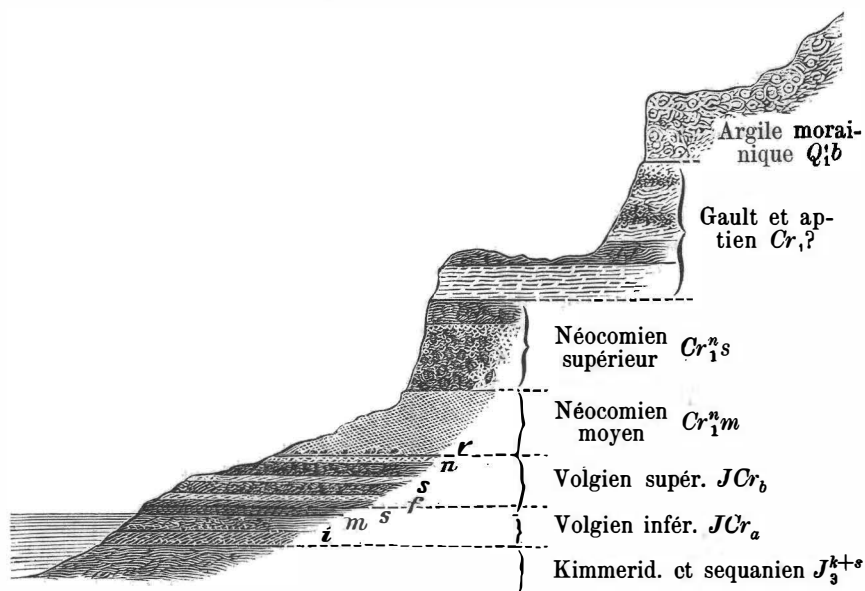
Les Montagnes de Worobiewo, aussi célèbres dans l'histoire naturelle que dans l'histoire politique, sont situées au-delà de la limite sud-occidentale de Moscou. En réalité toutes ces „montagnes“ ne forment qu'une seule colline, élevée en bord escarpé jusqu'à 90 m. au-dessus de la rivière Moskwa (206 m. au-dessus du niveau de la mer). Sur une longueur considérable la rivière a creusé le versant nord-est de cette colline en forme de fer à cheval. Du côté sud la colline s'élève peu à peu en un plateau, coupé par de profonds ravins, qui atteint 235 mt. d'altitude.

On y arrive soit par le tramway qui traverse le quartier Zamoskworétchié en passant devant le Jardin Impérial et le Palais d'été Niéskoutchnoïé, soit par un des petits bateaux à vapeur qui partent du Kremlin, soit enfin par le train qui traverse le Diévitchié Polié. Du belvédère du restaurant au sommet de la colline une vue splendide s'ouvre sur la ville et ses faubourgs, le Kremlin au centre, le Diévitchié Polié au premier plan, et plus loin, au nord-est, sur la vaste et sinueuse vallée de la Moskwa. La continuation de la vallée vers l'est est cachée par l'aile orientale des montagnes. La superposition alter-

nante de dépôts argileux et sableux, une puissante nappe aquifère sur les argiles en bas, enfin le creusement annuel de la base par la crue du printemps, sont cause que le flanc escarpé de la colline, en forme de fer à cheval, présente une série de terrasses d'éboulement, actuellement couvertes de forêts.

A cause de leur hauteur les Worobiewy gory ont conservé, mieux que n'importe où aux environs de Moscou, la série des dépôts mésozoïques qui séparent le jurassien du crétacé.

Coupe de Worobiowo.



Cette coupe idéale ne se voit nulle part en entier le long de la Moskwa. La série supérieure des couches se fait le mieux observer au grand ravin qui, à partir du bout oriental du village, descend vers la rivière en faisant avec celle-ci un angle droit. Malheureusement le ravin coupe du haut en bas les éboulements échelonnés, de sorte que les dépôts ne se présentent point dans leur position primitive et que les couches inférieures de la coupe, depuis le néocomien moyen jusqu'au pied de l'escarpement, restent cachées. Au commencement de l'été, pendant la baisse des eaux, on aperçoit dans la berge et aux endroits secs du lit de la rivière plusieurs niveaux des dépôts volgiens et jurassiens, le séquanien à *Cardioceras alternans* y compris; mais dans la seconde moitié de l'été la digue de la ville fait remonter l'eau et ces horizons redeviennent invisibles. En aval, près de l'hospice Andréevskaïa, l'eau couvre également le bas d'un très bel affleu-

rement de trois horizons du volgien supérieur qui renferment une rare abondance de fossiles bien conservés. Quand l'eau est basse, le lit est pour ainsi dire pavé de concrétions phosphatiques du volgien inférieur.

Environs du cimetière de Dorogomilowo.

En traversant la Moskwa au centre de la ville, nous entrons dans le faubourg de l'ouest, appelé Dorogomilowo. Si l'on y dépasse l'ancienne barrière de la ville et qu'on tourne à droite, on arrive, sur la rive droite, entre le cimetière et le pont du chemin de fer de Smolensk, à un affleurement des couches inférieures des dépôts jurassiques et à d'anciennes carrières qui exploitent le calcaire carbonifère. Nous avons donc là les niveaux de la coupe, qui à Worobiowo n'affleurent pas ou sont couverts par l'eau. Lorsque les carrières sont en action, on peut voir les parois verticales artificielles de l'étage volgien inférieur JCr_a , du séquanien J_3^s , de l'oxfordien J_3^o , chacun avec ses fossiles caractéristiques. L'oxfordien présente des concrétions argileuses, parfois siliceuses et marneuses, à *Cardioc. cordatum*. Le callovien sous-jacent y est dépourvu de fossiles. Le calcaire carbonifère à la base plonge dans l'eau; on en retire des dalles contenant fréquemment une abondante faune de la zone à *Product. longispinus*, *Productus punctatus*, *Spirifer lineatus*, *Enteletes Lamarcki*. Un des horizons inférieurs du calcaire est riche en *Fusulina cylindrica*, en *Crinoides*, *Archaeocidaris rossica* etc. Vers le haut l'assise du calcaire carbonifère est parfois intercalée de marnes et d'argiles rougeâtres ou verdâtres, considérées autrefois comme restes des dépôts permien (Trautschold). Cette argile renferme les fossiles du même carbonifère moscovien. Dans les sondages exécutés dans la ville, elle se montre distinctement recouverte de calcaires contenant exactement la même faune.

En face, sur la rive gauche, un peu en aval du cimetière et dans la vallée même, plusieurs carrières exploitent des calcaires carbonifères identiques à ceux de la rive droite. La coquille caractéristique des horizons plus inférieurs de l'étage moscovien, *Spir. mosquensis*, ne s'y rencontre pas encore.

Mniovniki.

Un vaste champ qui sert de camp militaire, s'étend à l'ouest et au nord-ouest de la ville entre la Moskwa, la ligne du chemin de fer de Smolensk et la chaussée de Pétersbourg. Ce champ, appelé Khodynskoïé polié, est traversé par le petit ruisseau Khodynka. Tout cet espace est couvert des sables à blocs inférieurs (Q_1^a) abondant par endroits en blocs et galets erratiques. Le côté nord-est est bordé par une bande continue d'argile morainique, dont on ne trouve que des lambeaux au milieu du champ. Il est hors de doute qu'à l'époque de la retraite du

glacier cette argile, exposée à un fort délavage et à l'érosion, fut remplacée par les dépôts de sable stratifié (Q_2^a) réunis en un tout avec les sables inférieurs (Q_1^a) qui dans les coupes s'enfouissent sous l'argile morainique. Par endroits, p. ex. sur la rive gauche de la Moskwa, entre le village Chélépikha et le confluent de la Khodynka, ces sables offrent de fortes accumulations de blocs erratiques. Parfois on y observe, surtout vers le bas, des couches sous-jacentes d'argile stratifiée et de marne. Des traces de dépôts lacustres et fluviatiles locaux s'observent çà et là à des niveaux bien plus élevés que les eaux du printemps n'en atteignent aujourd'hui.

Dans les bords creusés de la Moskwa apparaissent, tantôt sur l'une, tantôt sur l'autre rive, de très beaux affleurements du volgien et en partie du séquanien. Les horizons supérieurs de ces affleurements jusqu'à celui à *Olcost. nodiger* inclusivement (JCr_1^m) étaient détruits, sur une partie considérable du terrain, avant l'époque et à l'époque même du dépôt des sables quaternaires inférieurs. Le creusement continu de la rive et l'abondance de sources dans la partie supérieure de l'étage volgien inférieur (JCr_2^m) ne cessent d'anéantir les beaux affleurements d'autrefois, tout en y mettant à nu de nouveaux. Ainsi p. ex. les affleurements près du village Khorochowo, célèbres du temps de Rouiller et de Murchison, n'existent plus. Aujourd'hui la meilleure coupe s'observe entre le confluent de la Khodynka et le village Mniovníki au débouché du grand ravin Stoudiony. Au lieu d'une description nous en donnons la coupe (p. 14).

Ajoutons qu'outre une grande netteté de tous les horizons, l'étage volgien inférieur, avec ses deux couches de concrétions phosphatiques, offre ici une rare richesse paléontologique et que les mêmes ammonites du groupe *virgati* se trouvent indistinctement et en quantité égale dans les concrétions phosphatiques les plus inférieures et dans les argiles supérieures (JCr_2^s). La coupe se termine en bas par de l'argile qui se continue jusqu'au séquanien (J_3^s). Cette argile, souvent glauconieuse vers le haut, passe insensiblement au sable glauconieux argileux du volgien inférieur qui la surmonte. Les fossiles caractéristiques séquaniens ne se rencontrent qu'à un mètre de distance de la couche inférieure des concrétions phosphatiques que l'on considère ordinairement comme base de l'étage volgien.

Tatarowo-Troïtzkoïé.

La route de Troïtzkoïé se dirige de Mniovníki vers le village Khorochowo, situé au sommet d'un grand escarpement à pente rapide, qui forme la rive gauche de la Moskwa. Nous avons déjà dit qu'actuellement les affleurements près de ce village sont cachés sous des éboulements et des fragments de roches. Cependant on y voit çà et là affleurer quelques parties de la coupe de Mniovníki que nous venons d'examiner. Ces affleurements sont en partie couverts des sables des niveaux supérieurs de l'étage volgien supérieur, en partie d'argile morainique.

Q1a

JCr_b { s
f

s

m

JCr_a {

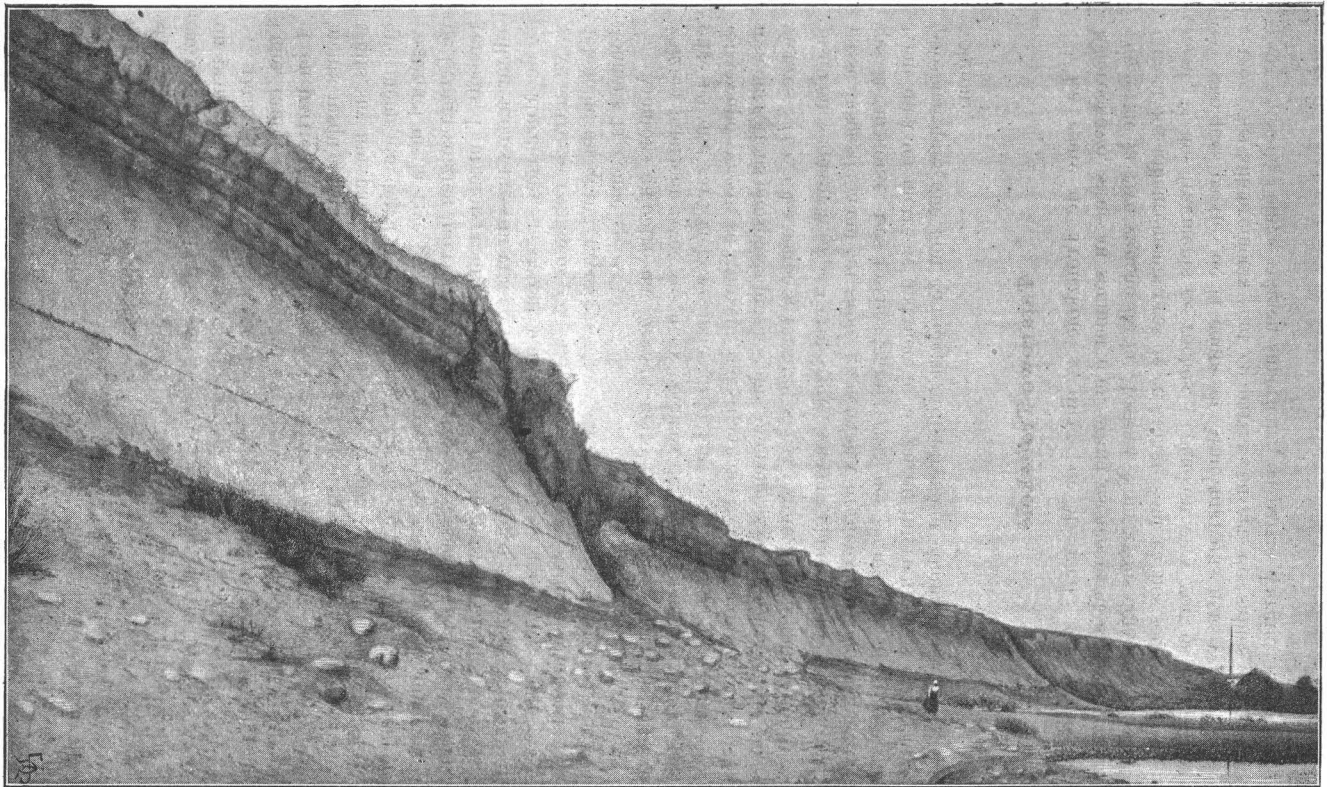
m

I

i

J₃^s

14



Coupe générale de Mniovniki.

A un kilomètre environ en amont du pont de Tatarowo, où la route traverse la rivière, on arrive, sur la rive droite, à une autre série d'affleurements du volgien, malheureusement à moitié cachés sous les éboulis de la puissante assise des sables à blocs inférieurs. La succession des couches se laisse observer presque aussi difficilement qu'à Khorochowo; plusieurs horizons sont extraordinairement riches en fossiles bien conservés, surtout celui des concrétions phosphatiques de l'étage volgien inférieur. Dans de nombreux ravins latéraux on peut voir en outre les traces des horizons paléontologiques plus supérieurs, développés à Worobiewo. Un des géologues amateurs a dernièrement signalé la présence en ce lieu de vestiges de la zone à *Hoplites rjasanensis*, mais sans donner ni la coupe ni la description exacte de l'endroit où il a fait sa découverte. Toutefois quelques-unes de ses indications font supposer que les *Hoplites* s'y trouvaient en position secondaire parmi les galets erratiques.

Les couches du volgien supérieur sont surmontées dans les coupes de la rive par une puissante assise des sables volgiens supérieurs qui constituent la plaine, en plusieurs points boisée, s'étendant vers les villages Yékaterinovka et Troitzkoïé. Vers le sud, à un kilomètre à peu près de la rivière, se dressent des collines, dont la hauteur absolue atteint 200 m. Ces collines consistent en une argile morainique (Q_1^b), de dessous laquelle émergent par endroits les sables inférieurs (Q_1^a), des sables blancs et des grès meuliers quartzeux. A juger d'après leur position et les restes de flore (celle du crétacé inférieur), ces grès doivent correspondre à la partie du néocomien, disposée au-dessus de la zone à *Hoplites rjasanensis*. Faute de données plus positives, leur âge ne peut être déterminé d'une manière plus exacte. (La question de leur position et de leur âge est examinée en détail dans notre livre: „Vestiges de la période crétacée“).

En suivant la rivière dans la direction du village Troitzkoïé on arrive à l'endroit où le prof. Rouiller a trouvé en 1844 le limon arénacé marneux lacustre qu'il a décrit pour la première fois. Dans ce limon a été trouvé un squelette presque entier de mammoth parmi les nombreux restes de la faune et de la flore forestière et marécageuse contemporaines, caractéristiques pour les parties plus méridionales de la Russie centrale. Ce dépôt lacustre, surmonté par des sables à galets, y a été trouvé recouvrant immédiatement les dépôts mésozoïques. Mr. Rouiller, et après lui une série d'investigateurs, lui a attribué l'âge tertiaire, ou, d'après le point de vue moderne, l'âge préglaciaire, tout en admettant l'existence du mammoth dans la Russie centrale non seulement à la seconde moitié du pléistocène, ce qui a été constaté dans plusieurs localités, mais aussi à l'époque préglaciaire. Il y a une vingtaine d'années, on pouvait encore voir l'affleurement des limons marneux à Troitzkoïé dans le même état que Mr. Rouiller l'avait décrit. Malheureusement les conditions locales ont changé depuis: la rivière s'est rapprochée du profil de l'affleurement; le massif des limons, en glissant vers la rivière, a recouvert les alluvions caillouteuses et les

galets des roches cristallines du lit de la rivière, ce qui a à tel point disloqué et changé la suite des dépôts du profil, qu'on n'en voit aujourd'hui que des lambeaux. Un des jeunes investigateurs, Mr. Kristafowitch, a fait exécuter, il y a quelques années, des fouilles considérables dans cet affleurement. La découverte de galets cristallins au-dessous du limon marneux l'a engagé à publier une note¹⁾ dans laquelle il a proposé de considérer ces galets comme restes de la moraine de la première glaciation, les limons à mammoth comme couches interglaciaires, les sables qui les recouvrent et notre argile morainique comme dépôts de la seconde glaciation. L'article de Mr. Kristafowitch, bien qu'il fût en pleine contradiction avec les résultats des recherches des autres investigateurs russes, provoqua une certaine sensation parmi les géologues de l'étranger qui s'occupent du quaternaire. Depuis lors Mr. Kristafowitch a plusieurs fois changé d'avis sur la succession et les relations de ces dépôts. La dernière note aussi préliminaire que celles qu'il a publiées précédemment sur les dépôts quaternaires des environs de Moscou, montre que non seulement il n'y reconnaît plus la présence de dépôts de la seconde glaciation, mais qu'il rapporte aujourd'hui les limons de Troïtzkoïé aux formations postérieures à notre argile morainique.

Selon notre opinion, l'emplacement actuel des affleurements à Troïtzkoïé ne peut jouer de rôle décisif dans la question de l'âge du mammoth de la Russie centrale. En effet, les conditions locales sont telles que les sables inférieurs au gravier des roches cristallines sous le limon, ainsi que les sables supérieurs qui le recouvrent, occupent peut-être une position secondaire et que leur sédimentation peut n'avoir eu lieu à aucune des époques de la période glaciaire. S'il venait à être démontré que les sables inférieurs à galets cristallins avaient en effet, in situ, supporté l'assise des limons de Troïtzkoïé, ce qui est encore loin d'être prouvé, le mammoth de Moscou perdrait son intérêt original comme mammoth préglaciaire, et ne serait qu'un nouvel exemple de la position de cet animal, bien ordinaire dans la Russie centrale, parmi les dépôts de la seconde moitié du pléistocène, déposés après la retraite des glaciers.

¹⁾ Bull. Soc. Nat. Moscou. 1890, № 4.

COUPE GÉOLOGIQUE GÉNÉRALE DES ENVIRONS DE MOSCOU.

Quaternaire moderne Q_2	Éluvions, podsols. Lombrières.	Alluvions des ravins et des pentes, alluvions fluviales et lacustres	
Pleistocène Q_1^2 2 ^{de} moitié.	Sables supérieurs à blocs erratiques (Q_1^2c) Dépôts lacustres β .	non stratifiés, dépôts loessiformes, dépôts stratifiés sableux ou argileux (Q_1^2a)	β Une riche flore à <i>Quercus pedunculata</i> , <i>Acer platanoides</i> etc - Mammoth, rhinoceros etc.
Pleistocène Q_1^1 1 ^{re} moitié.	Dépôts morainiques à blocs erratiques - argile brune sableuse et marnense Q_1^1b	Sables inférieurs stratifiés à blocs erratiques et gra- vier; intercalation d'argile argileux d'eau douce α	
Tertiaire et crétacé supérieur.	Lacunes en parties roches		
Gault (Cr_1^4) et aptien (Cr_1^5)	Sables et grès blancs, jaunes et bruns.	remaniés.	Lezoult à <i>Hoplites interruptus</i> est bien développé à 40 km vers le Nord de Moscou.
Péocomien supérieur Cr_2^1	Grès ferrugi- neux.	de différent âge	Zone à <i>Olost. Tsheni</i> , <i>Olost. discopalcatus</i> , <i>Amyl. cf. Katheroni</i>
Péocomien moyen Cr_2^m	Sables et grès blancs et verdâtres.		Flore crétacé. inférieure.
Volgien supérieur JCr_3	z Sables bruns et gris à concrétions.	mezo-	Traces de la zone à <i>Hoplites yamensis</i> .
	n Grès à meule, grès ferrugineux et sables verdâtres.	zoïque.	Zone à <i>Olosteph. nodiger</i> , <i>Oxynot. sub-lypiforme</i> <i>Belemnites lateralis</i> etc.
	s Grès friables et sable glaucou- neux brun et verdâtre.		Zone à <i>Olostephanus subditus</i> , <i>Oxynot.</i> <i>catenulatum</i> , <i>Belemn. russiensis</i> etc.
	f Sables glauconeux verdâtres et noirâtres à concrétions phosphatiques.		Zone à <i>Oxynot. fulgens</i> , <i>Olosteph. fragilis</i> , <i>Belemnit. russiensis</i> etc.
Volgien inférieur JCr_a	s Grès bruns, sables glauconeux verdâtres et noirâtres en parties saillies et bruns.		Zone à <i>Perisph. Nikitini</i> , <i>Per. Lomonossowi</i> , <i>Rhynchonella oxyopticha</i> , <i>Waldheimia Fischeri</i>
	m Argile grise et noirâtre micacée sableuse et marnense.		Zone à <i>Perisph. virgatus</i> , <i>Belemn. absolutus</i> etc.
	i Concrétions phosphatiques. Sables glauconeux vert-brunés Concrétion phosphatique.		
Himméridgien J_3^k	Argiles noires schisteuses et		Traces de la zone à <i>Hoplites eudoxus</i>
Séquanien J_3^j	micacées à concrétions pyriteuses		Zone à <i>Cardioceras alternans</i> , <i>Perisph.</i> <i>mniovnikensis</i> , <i>Belemn. Panderi</i>
Oxfordien J_3^o	Argiles grises, brunes, schisteuses ou sableuses et marnenses à concrétions marnenses et siliceuses.		Zone à <i>Cardioceras cordatum</i> , <i>Perisph. plicatilis</i> , <i>Aspidoc. perarmatum</i> , <i>Belemn. Panderi</i> .
Callovien supérieur J_3^t	Argile grise à concrétions marnenses solitaires		Zone à <i>Luc. ostent.</i> , <i>Lomberti</i> , <i>Cosmoceras orna-</i> <i>tum</i> , <i>Pell. athleteoides</i> , <i>Belemnites Puzosi</i> .
Callovien moyen J_3^m	Marnes sables et conglomérats bruns à oolithe ferrugineuse		Zone à <i>Stephanoceras coronatum</i> , <i>Cosmoc. Jaouvi</i> , <i>Perisph. mosquensis</i> , <i>Belemn. Beaumonti</i>
	Lacunes		
Carbonifère moyen (Moscovien) C_2	Calcaires blancs, verdâtres ou jaunâtres. en parties dolomitiques ou marnenses; marnes bigarrées rougeâtres et verdâtres.		Zone à <i>Productus longispinus</i> , <i>Product. punctatus</i> , <i>Spirifer lineatus</i> , <i>Entolites Lamarki</i> etc.
			Zone à <i>Spirifer mosquensis</i> , <i>Fusulina cylin-</i> <i>drica</i> , <i>Productus semireticulatus</i> etc.