

K. K. Markov *

Moscou

SUR LES PHENOMENES PERIGLACIAIRES DU PLEISTOCENE DANS LE TERRITOIRE DE L'U.R.S.S.

Au cours de l'année précédente, un groupe de savants soviétiques s'est occupé de l'étude des phénomènes périglaciaires du Pléistocène sur le territoire de l'U.R.S.S. Les recherches ont été poursuivies en raison des travaux de la Commission de Morphologie Périglaciaire, qui se réunira au Maroc. On a dû se poser la question suivante: Quelle est l'étendue de la notion „phénomènes périglaciaires” et où en sont les limites?

Nous nous sommes proposé de résoudre ce problème en élaborant des cartes de phénomènes périglaciaires. Le mérite de l'élaboration des cartes revient, en premier lieu, au professeur A. I. Popov, auteur de la conception représentée sur la carte et dont le bref exposé est contenu dans son rapport. La conception de A. I. Popov est tout à fait originale, et il a eu parfaitement raison en attribuant à la notion „phénomènes périglaciaires” un sens des plus généralement admis. Les phénomènes périglaciaires, selon A. I. Popov, constituent un ensemble de formations glaciaires — géomorphologiques. En principe, le rapport de A. I. Popov épuise nos engagements envers la Commission de Morphologie Périglaciaire. Mais nous entendons le mot „morphologie” non seulement comme „forme de surface”. Nous trouvons d'ailleurs dans la littérature sur la morphologie périglaciaire des descriptions des loess, des sols fossiles, etc., qui ne sont point des formes de surface dans le sens étroit du terme. En parlant de la morphologie périglaciaire, nous avons en vue toutes les formations, créées en des conditions périglaciaires et qui caractérisent les conditions naturelles. Nous sommes d'accord à les nommer périglaciaires, malgré l'insuffisance de ce terme.

Outre les phénomènes cryopédologiques, décrits dans le rapport de A. I. Popov, les formations périglaciaires suivantes sont encore représentées sur la carte.

1. Les loess et les terres loessiformes. Le caractère périglaciaire des loess est reconnu par bon nombre de chercheurs. Dans les pays de l'Europe Occidentale et aux Etats Unis d'Amérique, on considère géné-

* Université d'Etat à Moscou, Faculté de Géographie.

ralement le loess comme une poussière éolienne déposée par les vents de glaciation. En U.R.S.S., ce point de vue fut défendu par P. A. Toutkovsky, en partie par V. A. Obroutchev, et l'on continue, chez nous, à le soutenir. Nous en arrivons à estimer que le loess est beaucoup plus compliqué. Les limons loessiformes composent le faciès septentrional des sédiments du type de loess. Récemment, A. I. Popov a élaboré une nouvelle hypothèse sur la formation limoneuse loessiforme. Il l'a nommée *hypothèse de nivation*. Il suppose notamment que les limons loessiformes apparaissent par voie de désintégration sur les deux côtés des fissures de gel. Ces dernières ont formé, durant la période glaciaire, un réseau serré de polygones. Au fur et à mesure que les fissures s'élargissaient par désintégration, les limons loessiformes recouvraient des surfaces de plus en plus considérables. Selon ce point de vue, nous avons affaire à des formations périglaciaires. Le dépôt, récemment transformé en loess, fut déposé par des agents divers: par des flots de pluie, des rivières, des lacs et par le vent. Le processus éolien de sédimentation eut évidemment une certaine signification, mais le terme *loess* n'est point un synonyme du terme *dépôt éolien*. L'idée fondamentale fut, pour la première fois, exprimée en 1916 par L. S. Berg. Elle se résume de la façon suivante: le loess n'est pas un dépôt mécanique de genèse définie, mais un dépôt mécanique de genèse variée, profondément métamorphosée par des processus climatiques. Ces derniers ont donné au dépôt un aspect de loess. Selon Berg, le climat, même au sud de la partie européenne de l'U.R.S.S., portait un caractère désertique-steppique. L'hypothèse de Berg a révélé la nature géochimique du loess. Elle reçut un développement ultérieur. B. B. Polynov considérait le loess comme un exemple de croûte d'altération carbonatée, dont l'enrichissement par Ca se fit dans des conditions d'une faible humidité du sol, sous un climat sec.

Récemment, on a étudié les grands affleurements de loess de l'Ukraine Sud-Ouest. On a constaté que les loess passent graduellement vers le bas en des argiles marines du Miocène. L'altération est exprimée par une augmentation de porosité vers le haut, par une augmentation de carbonatité, par une diminution du poids volumétrique, par la disparition de stratification par l'apparition de minéraux secondaires, etc. Tout ceci ne peut être considéré que comme un résultat d'érosion (dans le cas donné — d'argiles marines) sous un climat sec. Selon les données du même auteur, le processus d'altération du type de loess n'a point lieu à présent en Ukraine. Tout récemment, on a étudié de la même façon les loess de l'Asie Centrale. Le loess d'Ukraine est le produit d'un climat plus sec que le climat actuel de cette région. D'après tous les indices, un milieu sec était caractéristique des conditions périglaciaires du Pléistocène.

2. Sur notre carte aussi indiquées les anciennes dunes continentales, analogues aux dunes continentales de la Pologne et de l'Allemagne. Dans la majorité des cas, ce sont des dunes paraboliques. Elles sont formées par des vents ouest-nord-ouest que l'on ne peut pas lier directement à la circulation atmosphérique glaciaire. Néanmoins, les dunes continentales ne se déposent que sur des sables fluvio-glaciaires ou lacustres-glaciaires. Parfois, elles sont déformées par thermokarst. A ce qu'il paraît, elles représentent des formes de glaciation tardive.

3. M. P. Gritchuk a indiqué sur la carte les points de trouvailles de flore périglaciaire. Cela a nécessité un grand travail préparatoire. Certains points n'ont révélé que des restes microscopiques: grains, feuilles, etc.; dans d'autres on a découvert des spores microscopiques et des pollens de plantes de type périglaciaire. Le nombre de tels points dépasse 80. Il convient d'y signaler les flores arctiques comportant, ordinairement *Betula nana*, *Salix polaris*, *Dryas octopetala*, *Rubus Chamaemorus*, *Armeria arctica*, des restes de mousses vertes et de *sphagnum*. Ces restes se rapportent principalement au temps des époques glaciaires. C'est à la deuxième phase de celles-ci qu'appartiennent, de pair avec le premier groupe de plantes, en Europe et dans la Sibérie Occidentale, des formes steppiques résistantes au froid: *Ephedra distachia* ou bien *monosperma*, *Artemisia*, *Kochia prostrata*, *Eurotia ceratoides*.

Tout cela indique que vers le milieu des époques glaciaires, le climat est devenu non seulement froid, mais aussi sec; ceci répond particulièrement à notre idée des conditions périglaciaires. Au cours de ce laps de temps, dans la zone périglaciaire de l'Europe, de la Sibérie et de l'Extrême Orient apparaissent des toundras-steppes et des toundras-forêts avec des forêts de bouleaux et de mélèzes. Les découvertes de formes périglaciaires, indiquées ci-dessus, ont été faites auparavant dans la partie européenne de l'U.R.S.S. — à partir des environs de Leningrad jusqu'aux Carpates (découvertes de savants polonais). Au cours des dernières années, les formes périglaciaires ont été reconnues dans toute la Sibérie (fig. 1). Elles se sont développées, à deux reprises, dans la partie sud de l'île Sakhaline (fig. 2). C'est un fait particulièrement intéressant, parce qu'il témoigne d'un refroidissement profond et réitère du climat de la région océanique, qui se trouve au-delà de l'influence directe des couvertures glaciaires du Pléistocène. La Sakhaline sud se trouve à présent dans la zone de la taïga avec des conifères foncés (épicéas et sapins). Mais, comme l'ont démontré M. P. Gritchuk et N. S. Sokolova, deux fois dans cette région ont dû s'établir des conditions froides de la zone de forêts-toundras. La limite sud de cette dernière se trouve, au moment

actuel, sur le littoral de la mer d'Okhotsk, à 2000 km plus au nord. Ce chiffre donne une notion de la sévérité des conditions climatiques de la partie orientale-océanique de l'Eurasie Septentrionale au cours des époques glaciaires. Je pense qu'on peut considérer ces conditions comme périglaciaires, en acceptant le sens conventionnel de ce terme.

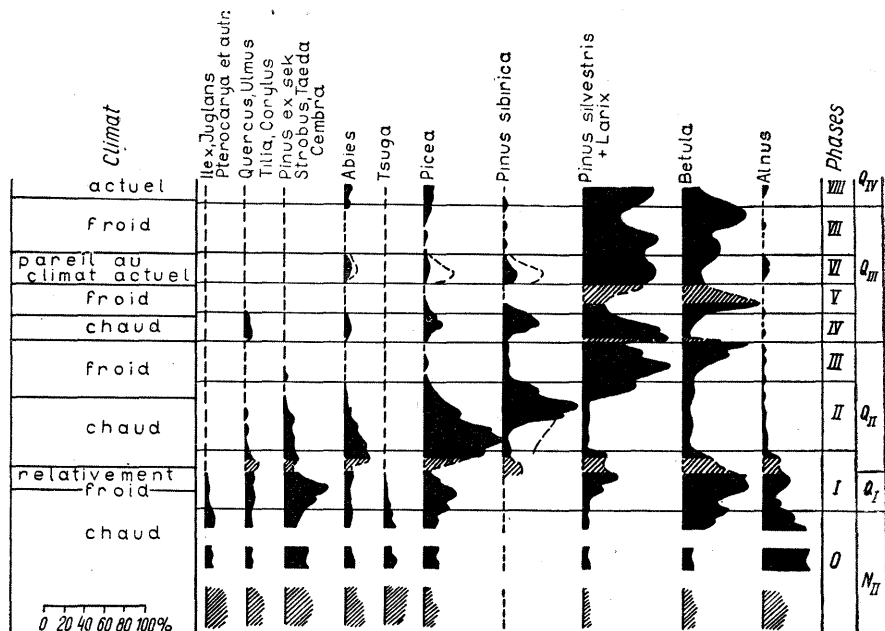


Fig. 1. Diagramme schématisé des spores et des pollens fournis par les dépôts quaternaires de la région d'Angaria (d'après M. P. Gritchuk)

ligne intermittente — données sur la partie nord de la Préangaria

Notre carte présente (selon G. I. Lazukov) la faune périglaciaire à laquelle nous avons rapporté la faune dite „de mammouth”. Elle appartient principalement au Pléistocène supérieur et, d'une façon générale, se caractérise par les espèces suivantes: *Mammonteus primigenius*, *Rhinoceros antiqutatis*, *Ovibos moschatus*, *Alopex lagopus* et autres.

Comme le montre la carte, ces espèces (mammouth, rhinocéros et renard) sont répandues en abondance jusqu'à la Crimée du sud et la Transcaucasie, ce qui témoigne certainement de l'influence du froid au cours de l'époque glaciaire maxima. Parmi les trouvailles de faune de mammouth, c'est-à-dire périglaciaire, il convient de signaler surtout celles de cadavres entiers ou en fragments appartenant aux mammouths et aux rhinocéros (trouvailles à restes tendres conservés). On connaît 44 trouvailles de ce

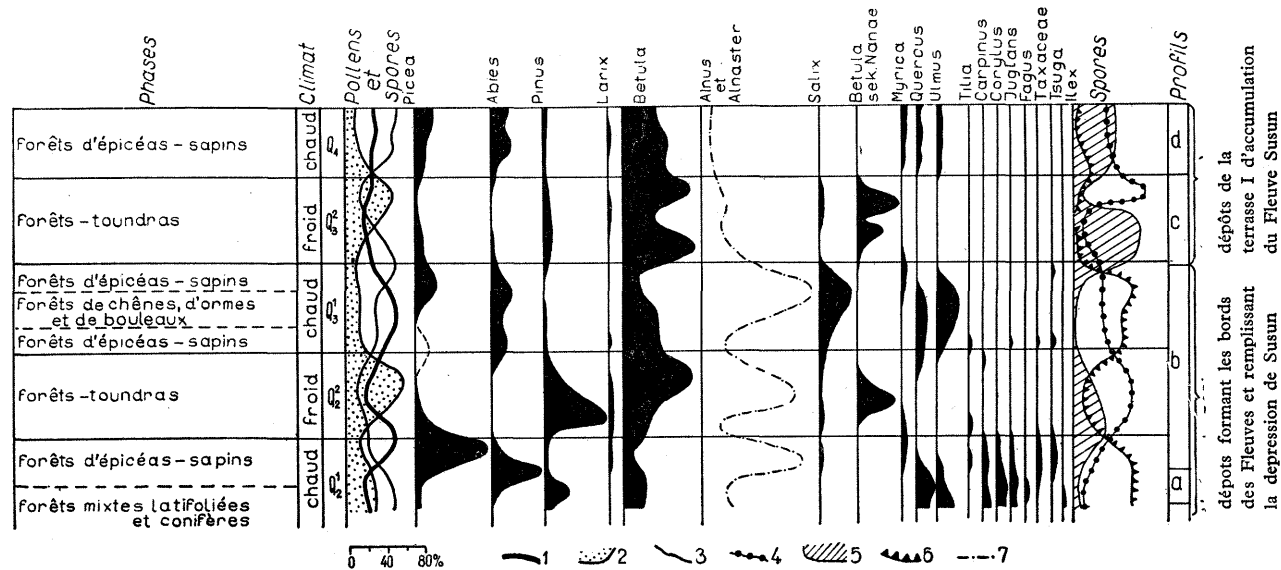


Fig 2. Diagramme schématique des spores et des pollens fournis par les dépôts quaternaires de la région méridionale de la Sakhaline (d'après M. P. Gritchuk et N. S. Sokolova)

1. pollens des arbres; 2. pollens des herbacées et des arbrisseaux; 3. spores; 4. spores des mousses vertes; 5. spores du 'spaigne'; 6. spores des fougères; 7. pourcentage de pollens d'*Alnus* et d'*Alnaster* établi par rapport à la quantité totale de pollenst d'autres plantes arborescentes (arbres); il faut prêter attention à une double invasion des forêts: toundras à *Betula nana*

genre. La dernière trouvaille de restes des parties tendres de mammouths fut faite, il y a quelques années, sur la presqu'île de Taïmyr. Son âge, selon les données de la méthode C¹⁴, est de 12 000 ans. B. A. Tikhomirov a défini les restes des plantes, trouvés avec ceux du mammouth. Il en conclut que le milieu climatique au nord de la presqu'île de Taïmyr devait être à ce moment de quelques degrés plus chaud qu'actuellement. Néanmoins, ces conditions étaient, certainement, sévères. Selon la conception acceptée par des auteurs de l'Ouest de l'Europe, c'était la fin du glaciaire tardif. Le front du glacier passait alors à travers la région de Leningrad, où poussait encore la flore caractéristique des toundras-forêts-steppes avec *Dryas*, *Artemisia* et *Picea*. Je me garderai de multiplier les exemples des conditions périglaciaires, qui ne sont point des documents de morphologie. Ils permettent, toutefois, de reconstituer les conditions périglaciaires de notre vaste pays. Extrêmement variés, ils témoignent d'une influence directe de l'accroissement du froid, et souvent, de la sécheresse, qui sont caractéristiques des conditions périglaciaires.

Quand on relève des traces du milieu périglaciaire sur le littoral sud de la Crimée ou dans la partie sud de l'île de Sakhaline, il est bien naturel qu'on désire déterminer les limites méridionales d'extension de la zone périglaciaire. Je me permets de faire ici une digression. Il y a un an, en automne 1958, à Łódź, j'ai essayé de présenter la situation de la zone périglaciaire autour du bouclier glaciaire de l'Antarctide. J'ai ébauché deux zones ou deux subzones d'une zone:

1. zone périglaciaire sèche et froide;
2. zone périglaciaire humide et fraîche.

Les traces d'érosion chimique sous conditions d'un climat sec sont caractéristiques de la première zone; dans la deuxième, selon les descriptions d'autres chercheurs, se sont produits des processus, liés à un climat humide et pas très froid (solifluxion, polygones de pierres). Ces deux zones sont différentes, mais toutes les deux sont périglaciaires, les processus périglaciaires étant possibles grâce à l'influence directe de la froide couverture antarctique glaciaire. Leur variété est naturelle sur les vastes territoires des hémisphères sud et nord.

Les zones périglaciaires des hémisphères sud et nord, indiquées ci-dessus, reflètent l'action directe du froid venant des glaces sur les hémisphères. Mais il faut, néanmoins, aller plus loin. Il faut chercher des documents qui, non seulement d'une façon directe, mais aussi indirecte, témoigneraient des conditions froides (et sèches) du Pléistocène.

Donnons un exemple pour expliquer cela. D'après ce que nous savons, la mer Caspienne a enduré au Pléistocène plusieurs phases de transgres-

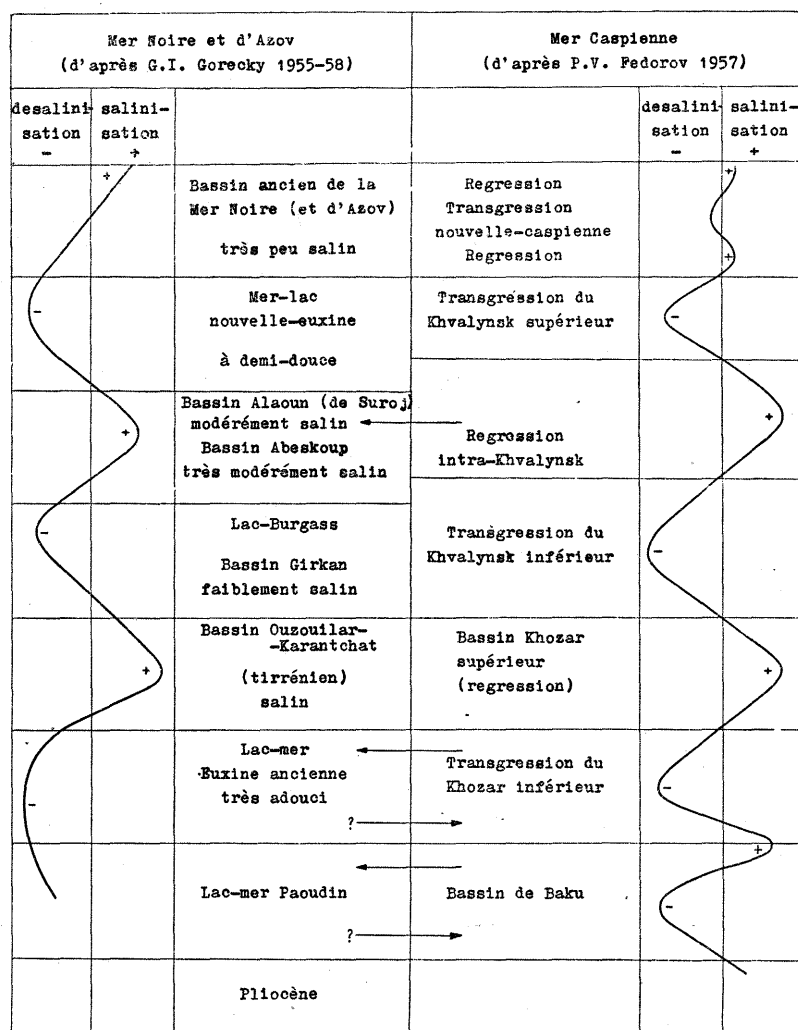


Fig. 3. Courbes d'altération de salinité de la Mer Caspienne et de la Mer Noire au cours du Pléistocène

les deux courbes sont parallèles; mais les fluctuations des niveaux sont opposées; aiguilles — direction du courant d'eau entre les deux bassins

sions et de régressions (fig. 3). Selon les investigations de P. V. Fedorov, il y avait en tout cas 4 transgressions de ce genre: celle du Khozar inférieur, celle du Khvalynsk inférieur, celle du Khvalynsk supérieur et celle du Caspien nouveau. Il est intéressant de remarquer qu'au cours de la transgression, les eaux du bassin Caspien se firent plus douces que durant les régressions. La mer Noire, au contraire, pendant les même périodes régressait. Les eaux de la mer Noire, qui était en régression, se faisaient aussi plus douces, ainsi que les eaux de la mer Caspienne, qui transgressaient simultanément. Par exemple la régression transkhvalynsk de la mer Caspienne coïncidait avec la transgression tyrrhénienne (de Karagat-Ouzaunlar) de la mer Noire. Le mouvement des niveaux était opposé, mais la salinisation et la désalinisation survenaient simultanément dans les deux bassins marins. La salinisation de la mer Noire, au cours des transgressions, explique le renforcement des relations de cette dernière par les détroits (avec la Méditerranée), dû à l'élévation eustatique du niveau de l'Océan au cours de la période interglaciaire qui survint (dans l'exemple cité) au Riss—Wurm. En ce qui concerne la mer Caspienne, sa salinisation

au cours de la régression, ainsi que sa désalinisation au cours de la transgression, doivent être autrement expliquées. La première a coïncidé avec les époques interglaciaires, et la seconde — avec les époques glaciaires. La transgression du Khvalynsk inférieur (fig. 4) a été provoquée par une augmentation des eaux douces glaciaires affluent du Nord, le long de la Volga, et par une évaporation affaiblie de la surface de la mer Caspienne, due à un abaissement de température. Cependant, l'abondance des eaux douces et la faible évaporation ne sont que les deux facteurs principaux de la désalinisation des eaux de la mer Caspienne. Les précipitations atmosphériques croissantes furent, peut-être le troisième facteur qui favorise une plus grande désalinisation des eaux.

L'affluence des eaux douces et l'abaissement de température sont les

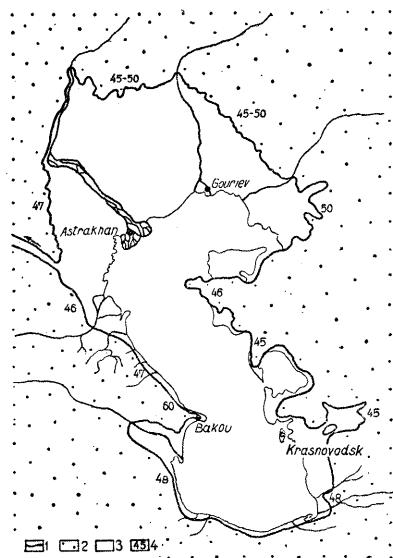


Fig. 4. Bassin de Khvalynsk récent (d'après P. V. Fedorov)

1. ligne de rivage; 2. terre ferme; 3. mer;
4. altitude de la ligne de rivage

deux causes principales des transgressions et des régressions des eaux

de la mer Caspienne au cours de la période quaternaire. Pour le rendre plus clair, on peut citer le calcul suivant de la balance actuelle des eaux de la mer Caspienne (tabl. I).

Ainsi l'analyse de la mécanique des transgressions et des régressions de la mer Caspienne et aussi, naturellement, les données géologiques et géomorphologiques directes, nous amènent à la conclusion suivante: les hauts niveaux des terrasses et des digues littorales se sont formés au cours des transgressions aux époques glaciaires sous un climat relativement froid et humide. Morphologiquement ce sont des formations de transgressions locales glaci-eustatiques de la mer Caspienne. Apparemment, elles ne sont pas, discernables des digues littorales et des terrasses littorales des phases régressives-interglaciaires. La faune des transgressions glaci-eustatiques de la mer Caspienne est peu abondante mais elle ne contient point d'espèces aimant le froid. Les formations littorales des transgressions de la mer Caspienne, ainsi que ces transgressions elles-mêmes, furent provoquées seulement d'une façon indirecte (due à un dérangement du tourbillon d'humidité) par l'influence du milieu périglaciaire venant du nord. Ainsi, nous distinguons les altérations provoquées (1) directement et (2) indirectement, par le refroidissement au cours du Pléistocène. Mais seulement les premières d'entre elles seront nommées *périglaciaires* et se rapporteront à la zone périglaciaire du Pléistocène.

Tableau I

Eléments de recette	Volume d'eau en km ³	Eléments de dépense	Volume d'eau en km ³
Eau de fleuve	324,2	Evaporation de la surface de mer	400,2
Eaux souterraines	5,5	Déversement dans le golfe Kara-Bougaz-gol	22,2
Précipitations atmosphériques sur la surface de la mer	71,0		
Total	400,7		422,4

La terre ferme, qui entoura la mer Caspienne au cours des époques glaciaires, fût le théâtre de processus périglaciaires. Ceci est indiqué sur la carte. Selon les données de V. P. Gritchuk (1951), en ce temps-là, la flore boréale de la taïga comportant *Picea*, *Lycopodium*, *Selaginella*, *Selaginoides* pénétra dans le pays-bas Précaspien. Ainsi, les données

directes et les considérations indirectes indiquent un climat frais et pluvial de la région Caspienne au cours des époques glaciaires. Frais et humide fut aussi en ce temps-là le climat du Maroc. Simultanément, plus au nord se propagea le climat périglaciaire — froid et sec. Le climat de la zone périglaciaire se transforma au sud en un climat de la zone pluviale. La mer Caspienne se trouvait, apparemment, dans cette dernière.

Evidemment, aux transgressions de la mer Caspienne correspondaient dans l'Asie Centrale, les phases pluviales du climat, décrites par I. P. Guerassimov, V. N. Kounine et par d'autres. Les conditions froides et sèches, cryo-xériques se transformaient au sud en conditions froides (fraîches) d'humidité excessive, c'est-à-dire en conditions cryo-pluviales. Entre elles passait une importante limite zonale, la limite entre la zone périglaciaire et pluviale des époques glaciaires de l'Europe.

L'Asie Occidentale, l'Afrique du Nord sont des régions classiques du développement des conditions pluviales du Pléistocène. En établissant les limites de ces dernières dans les deux hémisphères, nous aurons la possibilité de résoudre le problème paléogéographique à échelle planétaire, et d'élucider l'histoire des zones géographiques au cours du Pléistocène.

DISCUSSION

M. Cailleux: Le professeur Markov a opposé à juste raison les régions: 1. d'ablation dominante, 2. intermédiaires, et 3. d'accumulation dominante.

Il conclut de ce point de vue que la commande est tectonique. Je pense qu'il vaudrait mieux dire que la commande est due au relief.

Le professeur Markov nous a dit qu'en Russie, il y a souvent passage graduel, verticalement, entre une roche en place marneuse, et le loess qui la recouvre. En France aussi, le cas se présente quelquefois. Certains pédologues français, comme la majorité des auteurs russes, ont été tentés d'en conclure à une genèse du loess presque sur place, par altération.

Quant à moi, avec la majorité des auteurs de l'Ouest de l'Europe et des USA, je pense que le loess a comporté typiquement un apport de poussières par le vent. Ceci n'exclut pas la reprise de matériel local (prouvée en plusieurs cas) ni des transports à courte distance. Mais des transports à des dizaines de kilomètres sont aussi prouvés, par exemple par les minéraux lourds au par les formenifères remaniés. L'intervention du vent est montrée par la disposition topographique (transport à contrepente), par la présence de cailloux façonnés, enfin par le passage latéral, en Charente par exemple, des limons loessiques aux sables à grains typiquement façon-

nés par le vent. Ou bien le loess de l'U.R.S.S. a été, pour une bonne part de sa matière, transporté lui aussi par le vent; ou bien ce qu'on appelle loess en U.R.S.S. est autre chose que ce que nous appelons loess en France. Des échanges d'échantillons, et des visites communes sur les deux terrains seraient bien utiles.

Enfin, pour les loess de l'Ouest de l'Europe, après le dépôt des poussières par le vent, il y a eu souvent remaniement, voire déplacement, par cryoturbation, par solifluxion et aussi d'après certains, par ruissellement; de sorte que le dépôt final des loess n'a pas toujours été éolien.