

Aperçu sur le Quaternaire des abords du Rio de la Plata (Argentine et Uruguay)

In: Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire - Volume 9 - Numéro 1 - 1972. pp. 3-19.

Citer ce document / Cite this document :

Tricart Jean, Gallipolo , Goso . Aperçu sur le Quaternaire des abords du Rio de la Plata (Argentine et Uruguay). In: Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire - Volume 9 - Numéro 1 - 1972. pp. 3-19.

doi : 10.3406/quate.1972.1189

http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/quate_0004-5500_1972_num_9_1_1189

Abstract

During the Old Quaternary, ash-falls have given the major part of the material of the Pampean Formation of Argentina, but this material has been reworked by run-off and mixed with some local alluvium, probably under a dry climate. The same volcanic deposits can be found in the Libertad Formation of Uruguay, which can be roughly correlated with the upper part of the Pampean Formation of Argentina. At the end of the ash-falls period a transgression occurred. It resulted in the Chuy Formation deposits which consist of thick sand spits and of lagoon deposits. Chuy Formation is an equivalent of the Querandinian Formation, in the meaning of Tricart. A regression took place during the Middle Quaternary. During its beginning, Dolores formation has been deposited. It consists of flood-plain material showing a pedogenetic action during the accumulation, colluvial deposits and, rather scarcely, wind-blown silt. During this regression, the climate turned gradually drier. The wind-blown silt has been laid during a period with a sea-level lower than the present one. Dolores Formation can be considered as an equivalent of the Post-Querandinian period of Argentina. Later on, an other transgression has reached an altitude of + 4 to + 6 m. and deposited the Villa Soriano Formation, whose facies are beach and estuarine deposits. It is equivalent to the Plateau of Argentina. A new dry period, but less dry than the end of the Dolores period, takes place during the pre-flandrian regression. Aridity was at its maximum in the south-western part of the Pampa Deprimida and decreases towards the N.-E. At the end of the Flandrian transgression, the climate turns again more humid. Every-where the Dunkerquian deposits are well developed along the coast. The climate changes have been the leading factor in the formation of the river terraces and have played a great role in soil formation.

Résumé

Le Quaternaire ancien a été affecté par les pluies de cendres qui ont fourni une grande partie du matériel du Pampéen argentin, mais ces cendres ont été remaniées par ruissellement diffus et mélangées à des apports locaux, probablement sous climat assez sec. Ces matériaux forment la Formación Libertad. En gros, elle peut être corrélée avec la partie supérieure du Pampéen argentin. Une transgression se produit vers la fin de la période caractérisée par les pluies de cendres. Elle a permis la mise en place de la Formación Chuy, composée de cordons littoraux puissants et de dépôts lagunaires, la Formación Chuy est l'équivalent du Querandinien de J. Tricart. Le Quaternaire moyen a été marqué ensuite par une régression. Au début de celle-ci se met en place la Formación Dolores, composée de dépôts de lit majeur à pédogenèse synchrone de l'accumulation, de colluvions, rarement de limons éoliens. Le climat est devenu graduellement plus sec lors de la régression. Les limons éoliens datent d'une période de niveau marin nettement inférieur à l'actuel. On peut corréler la Formación Dolores avec le Post-Querandinien argentin. Une transgression a atteint ensuite la cote + 4 à + 6 m, mettant en place la Formación Villa Soriano, composée de cordons littoraux et de dépôts estuariens. Elle correspond au Plateau argentin. Une nouvelle période sèche, moins accusée que la fin du Dolores, correspond à la régression préflandrienne. L'aridité est maximale dans le SW de la Pampa Deprimida et diminue vers le N.-E. Les actions éoliennes ont été l'œuvre de vents du SW, issus probablement d'un anticyclone situé sur le nord de la Patagonie et dont l'influence diminuait vers le N.-E. La fin de la transgression flandrienne se traduit par le retour à un climat humide. Le Dunkerquien est bien visible le long du littoral. Les oscillations climatiques ont joué un rôle déterminant dans la formation des terrasses et ont eu de grandes répercussions sur la genèse des sols.

APERÇU SUR LE QUATERNAIRE DES ABORDS DU RIO DE LA PLATA * (Argentine et Uruguay)

par

J. TRICART

Centre de Géographie Appliquée, Université Louis-Pasteur, Strasbourg
(Laboratoire Associé 95 au C.N.R.S.),
avec la collaboration de GALLIPOLO et GOSO,
Programa de Levantamiento y Estudio de Suelos, Montevideo.

Le présent travail s'appuie sur des résultats obtenus au cours d'une mission de coopération technique bilatérale. Il constitue une contribution à la R.C.P. n° 77 (Cartes géomorphologiques), à laquelle participent les deux organismes ci-dessus. Les recherches conduites en commun ont pour objet de préciser les bases pour l'établissement de cartes géomorphologiques de la partie méridionale de l'Uruguay.

Résumé. — Le Quaternaire ancien a été affecté par les pluies de cendres qui ont fourni une grande partie du matériel du Pampéen argentin, mais ces cendres ont été remaniées par ruissellement diffus et mélangées à des apports locaux, probablement sous climat assez sec. Ces matériaux forment la Formación Libertad. En gros, elle peut être corrélée avec la partie supérieure du Pampéen argentin. Une transgression se produit vers la fin de la période caractérisée par les pluies de cendres. Elle a permis la mise en place de la Formación Chuy, composée de cordons littoraux puissants et de dépôts lagunaires, la Formación Chuy est l'équivalent du Querandinien de J. Tricart.

Le Quaternaire moyen a été marqué ensuite par une régression. Au début de celle-ci se met en place la Formación Dolores, composée de dépôts de lit majeur à pédogénèse synchrone de l'accumulation, de colluvions, rarement de limons éoliens. Le climat est devenu graduellement plus sec lors de la régression. Les limons éoliens datent d'une période de niveau marin nettement inférieur à l'actuel. On peut corréler la Formación Dolores avec le Post-Querandinien argentin.

Une transgression a atteint ensuite la cote + 4 à + 6 m, mettant en place la Formación Villa Soriano, composée de cordons littoraux et de dépôts estuariens. Elle correspond au Platéen argentin. Une nouvelle période sèche, moins accusée que la fin du Dolores, correspond à la régression préflandrienne. L'aridité est maximale dans le SW de la Pampa Deprimida et diminue vers le N.-E. Les actions éoliennes ont été l'œuvre de vents du SW, issus probablement d'un anticyclone situé sur le nord de la Patagonie et dont l'influence diminuait vers le N.-E. La fin de la transgression flandrienne se traduit par le retour à un climat humide. Le Dunkerquien est bien visible le long du littoral.

Les oscillations climatiques ont joué un rôle déterminant dans la formation des terrasses et ont eu de grandes répercussions sur la genèse des sols.

Summary. — During the Old Quaternary, ash-falls have given the major part of the material of the Pampean Formation of Argentina, but this material has been reworked by run-off and mixed with some local alluvium, probably under a dry climate. The same volcanic deposits can be found in the Libertad Formation of Uruguay, which can be roughly correlated with the upper part of the Pampean Formation of Argentina. At the end of the ash-falls period a transgression occurred. It resulted in the Chuy Formation deposits which consist of thick sand spits and of lagoon deposits. Chuy Formation is an equivalent of the Querandinian Formation, in the meaning of Tricart.

A regression took place during the Middle Quaternary. During its beginning, Dolores Formation has been deposited. It consists of flood-plain material showing a pedogenetic action during the accumulation, colluvial deposits and, rather scarcely, wind-blown silt. During this regression, the climate turned gradually drier. The wind-blown silt has been laid during a period with a sea-level lower than the present one. Dolores Formation can be considered as an equivalent of the Post-Querandinian period of Argentina.

* Manuscrit déposé le 24 juillet 1971.

Later on, an other transgression has reached an altitude of + 4 to + 6 m. and deposited the Villa Soriano Formation, whose facies are beach and estuarine deposits. It is equivalent to the Plateau of Argentine. A new dry period, but less dry than the end of the Dolores period, takes place during the pre-flandrian regression. Aridity was at its maximum in the south-western part of the Pampa Deprimida and decreases towards the N.-E. At the end of the Flandrian transgression, the climate turns again more humid. Every-where the Dunkerquian deposits are well developed along the coast.

The climate changes have been the leading factor in the formation of the river terraces and have played a great role in soil formation.

A la différence du Brésil et des Etats Andins, les pays du Rio de la Plata ont été délaissés par les géomorphologues. Malgré sa grande extension et sa variété, le Quaternaire n'y a fait l'objet que d'un petit nombre de travaux, portant surtout sur l'Argentine, remarquables mais anciens, comme ceux de FRENGUELLI, ou uniquement sédimentologiques comme ceux de TERRUGGI. L'un d'entre nous (J. TRICART) a eu l'occasion de reprendre, en fonction des conceptions modernes, l'étude du Quaternaire de la Pampa Deprimida, en Argentine, pour jeter les bases d'une cartographie géomorphologique préalable à l'étude des sols¹. En 1971, il a pu répondre à une aimable invitation du Programa de Levantamiento y Estudio de Suelos de la République de l'Uruguay² et comparer ainsi, à trois ans d'intervalle le Quaternaire des deux rives du Rio de la Plata. La présente publication s'appuie sur des travaux de terrain effectués en commun et sur l'expérience antérieure des divers auteurs³. Elle constitue une mise au point provisoire, destinée à faciliter la poursuite des recherches.

Fortement subsidente, la Pampa Deprimida a été le siège d'une accumulation puissante au Quaternaire ancien. Celui-ci, qui forme le Pampéen, ne peut s'y étudier que difficilement car seule sa partie supérieure affleure. Les relevés de sondages, rares et peu précis, sont peu utilisables. Par contre, en Uruguay, les accumulations sont moins puissantes et discontinues. Elles s'appuient, suivant les endroits, soit sur le socle soit sur des formations tertiaires ou crétacées. Des alternances d'accumulation et d'incision ont eu lieu. Les faciès sont plus variés. Nous partirons donc des observations faites en Uruguay pour tenter une corrélation avec la Pampa Deprimida. Les oscillations du niveau marin sur les bords du Rio de la Plata et les changements climatiques nous fourniront des fils directeurs.

A. — LE QUATERNAIRE ANCIEN

Le Quaternaire ancien a fait l'objet de diverses publications en Uruguay, et, surtout, d'observations inédites de deux d'entre nous (Goso et GALLIPOLO)⁴. Le pivot stratigraphique est constitué par la Formación Camacho, marine, fossilifère. J. Bossi (1966) lui assigne un âge pliocène. Il la décrit comme étant formée surtout d'argiles vertes à la base, avec des lits de sables fins ou grossiers devenant prédominants vers le sommet. Les argiles sont illitiques. Ces dépôts sont transgressifs. A Salto, dans la vallée de l'Uruguay, M. ECOCHARD (1970) a trouvé, reposant

1. J. TRICART, 1968 : « Estudio geomorfológico de la Pampa Deprimida », INTA, Plan Mapa de Suelos, p. 000 ; J. TRICART, 1969-1970 : « Les actions éoliennes dans la Pampa Deprimida », *Rev. Géomorphologie Dyn.*, p. 178, tome XIX, n° 4.

2. Nous tenons à exprimer notre amicale gratitude à la Direction du Programa pour les excellentes conditions de travail et de séjour qu'elle nous a réservées.

3. Le Programa procède non seulement à une cartographie des sols, mais aussi à l'établissement d'une carte géologique au 1/100 000.

4. Les travaux de terrain en commun ont porté surtout sur la vallée du Santa Lucia, la région de Dolores et Mercedes.

sur la Formación Fray Bentos, des argiles vertes qui seraient lagunaires ou lacustres, qu'il attribue à la transgression Camacho. Il leur assigne, hypothétiquement, un âge villafranchien. A Punta Gorda, en face du delta du Paraguay, la berge sapée montre, sous le parador, une coupe d'une vingtaine de mètres dans la Formación Camacho. Au niveau de l'eau, affleure la Formación Fray Bentos. La Formación Camacho est constituée par des calcaires coquillers médiocrement cimentés, dans lesquels seuls les tests des fossiles sont conservés. Ils sont extrêmement abondants et constitués d'un petit nombre d'espèces. Les bivalves dominent. Leurs deux valves sont séparées mais presque toujours entières. Quelques passées de matériel ont échappé à la consolidation et constituent un falun. On y rencontre de petites huîtres. De gros grains de quartz (plusieurs millimètres de diamètre) sont mêlés aux coquilles. Des bancs de sable quartzeux bien lavé, moyen à fin, alternent avec les lumachelles. Ils constituent, avec quelques lits argileux limono-sableux, la base du dépôt. Les argiles sont grises, les sables jaune clair. Le triage des sables et des coquilles est bon. Les litages sont nets, avec des couches planes, en lentilles très aplaties, de quelques centimètres d'épaisseur, formant des ensembles diversement inclinés, dont le pendage initial est de 10 à 15° au maximum. Les litages se recoupent (stratifications entrecroisées). Les effets de triage sont donc nets et indiquent des cordons littoraux, à l'entrée d'un golfe occupant la basse vallée de l'Uruguay. Mais les vagues n'étaient pas violentes car les coquilles ne sont pas brisées. Les gros grains de quartz sont cependant assez émoussés, mais semblent être remaniés. Les cordons de lumachelles s'étendent sur plusieurs kilomètres vers l'est. Malheureusement, il manque encore une étude paléontologique de cette formation.

La Formación Fray Bentos, recouverte en discordance par la Formación Camacho, est légèrement indurée, de teinte rosâtre tirant sur le lie de vin pâle. On y trouve des limons argileux passant à des sables limoneux très fins légèrement grésifiés, avec des lentilles de cailloux, parfois anguleux, parfois bien émoussés. Le triage y est toujours mauvais. Vers le sommet apparaissent parfois des lits minces assez nets, par exemple à Punta Gorda. Les argiles sont montmorillonitiques. On y a trouvé de petits grains de cerre volcanique. J. Bossi (1966) a interprété les limons comme des loess, point de vue qui ne nous semble pas défendable et qui suscite les mêmes critiques que l'interprétation analogue faite du Pampéen argentin. Il voit dans la Formación Fray Bentos un dépôt mis en place dans des conditions de « steppe semi-aride ». Il nous semble qu'il vaut mieux y voir une accumulation provoquée en partie par des pluies de cinérites, ce qui explique la nature montmorillonitique des argiles sans faire intervenir une aridité bien hypothétique. Quoi qu'il en soit, la Formación Fray Bentos a été assez fortement disséquée et a fourni, par remaniement, une partie des dépôts quaternaires. Cela contribue à expliquer un certain mimétisme de faciès entre elle et ces derniers. Mais une certaine similitude de conditions génétiques a joué aussi.

La Formación Camacho est englobée par J. Bossi dans un Groupe Camacho qui comprend, aussi, les Formaciones Salto et Raigon. Près de la ville de Salto, M. ECOCHARD a trouvé, sur les argiles lagunaires qu'il attribue à la Formación Camacho, des sables rougeâtres un peu argileux, parfois cimentés en grès siliceux, épais de 4 m environ, puis, au-dessus, une couche de galets très constante, débordant largement vers l'est les formations sous-jacentes. Il l'identifie comme fluviatile et la considère comme mise en place lors d'une régression suivant la transgression Camacho. Il s'agirait du Quaternaire ancien et d'une oscillation de climat sec. Des glacis se seraient alors façonnés, jalonnés par des lambeaux de grumosols. Nous avons retrouvé ces derniers sur des restes d'aplanissements dans le centre-sud de l'Uruguay, au SW de la centrale de Baygorria. Mais l'évolution géomorphologique de cette région semble fort complexe et reste à étudier.

Des témoins de formations gréseuses, en partie éoliennes, et de cailloutis, discordants sur le Crétacé, y ont été découverts mais leur âge reste inconnu. Les bases nécessaires à la formation des grumosols semblent avoir été fournies, ainsi que les concrétions carbonatées qu'on rencontre à leurs abords, par des couvertures postérieures, peut-être formées en partie de cinérites. Le levé géomorphologique, pédologique et géologique du département de Durazno fournira probablement, dans un proche avenir, des précisions sur ces divers dépôts et sur leur place dans l'évolution géomorphologique. Quant à la Formación Raigón, J. Bossi la décrit comme étant formée, à sa base, d'argiles vertes avec des lits de sables, fins ou grossiers suivant les cas, feldspathiques, avec des graviers faiblement émoussés. Il en fait un dépôt fluvio-deltaïque de climat froid, ce qui amènerait à la placer dans le Quaternaire, alors qu'il l'attribue au Néogène. Nous ne voyons aucune raison de la considérer comme fluviodeltaïque, aucune, non plus, de la considérer comme de climat froid. Nous n'avons pu visiter aucun bon affleurement de la Formación Raigón. Ceux que nous avons examinés, peu épais, vers la base, sont formés d'un sable très grossier, anguleux, semblant issu du remaniement du granite pourri par des épandages.

Le Quaternaire avait été regroupé par J. Bossi en un « Grupo Plata », associant curieusement des dépôts terrestres, appelés Formación Libertad, et des dépôts marins, dénommés Formación Vizcaíno. La Formación Libertad, pour cet auteur, se compose de limons très argileux, avec sable grossier et graviers épars, de couleur rougeâtre à jaune. Elle est considérée comme éolienne. Les argiles sont illitiques, mais les déterminations, faites à l'aide de l'analyse thermique différentielle, ne permettent pas d'identifier les interstratifiés. Elle est attribuée à un climat froid, avec conditions steppiques. On y a trouvé des restes de Mammifères : Glyptodon, Toxodon, et de tortues terrestres, ainsi que des mollusques. La Formación Vizcaíno, atteignant des altitudes de 4-5 m vers Montevideo et de 12-15 m vers Fray Bentos, se composerait de bancs de coquilles contenant des « espèces actuelles ». J. Bossi indique que la mer « aurait pénétré plus loin » qu'actuellement le long du bas Santa Lucia, point que nous examinerons plus loin. Enfin, le même auteur définit une Formación Chuy, constituée par des sables dunaires dans Rio Grande do Sul (Brésil), et pénétrant dans le territoire uruguayen.

J. CAORSI et J. GONI (1958) avaient placé, après les Formaciones Camacho et Salto, un « loess de Arazatí » dont la position stratigraphique serait à cheval sur le Pliocène et le Quaternaire. Il correspondrait aux formations antérieurement désignées sous le nom de Pampeano (Pampéen). Selon ces auteurs, il s'agit de dépôts fins allant des limons argileux aux sables, avec des graviers et des petits cailloux, des poupées calcaires. Le « loess de Arazatí » a une épaisseur croissante vers le sud et vers l'axe des vallées. Il forme une couverture mince sur des formations très diverses. Par endroits, on y trouve des intercalations de cendres, d'une épaisseur maximale de 0,2 m, et de brèches jaunâtres. Les dépôts postérieurs sont des limons plus ou moins argileux mêlés de sables, avec coquilles terrestres, et, vers Salto, des nappes de cailloux formant des terrasses d'une altitude relative atteignant 30 m. La Formación Vizcaíno, marine, également postérieure, serait l'équivalent du Querandinense argentin. Ces auteurs la signalent le long du Rio Negro jusque vers Mercedes, et, sous la forme de faluns presque purs, à Villa Soriano (Bas Uruguay), enfin, sur le littoral méridional, entre Santa Ana et Balneario Argentino, entre l'A° Sarandi et la Floresta. Selon eux, l'espèce caractéristique est *Erodona mactoides*, qui vit encore dans le Rio de la Plata.

Comme on le voit, les travaux antérieurs signalent surtout des formations du Quaternaire ancien et du Pliocène. Peu d'attention a été accordée au Quaternaire moyen et récent, dont les dépôts sont regroupés dans des unités stratigraphiques hétérogènes, associant parfois faciès marins et terrestres (Formación

Libertad de J. Bossi) ou des formations marines dues à des transgressions successives bien individualisées (Formación Vizcaino). Les fossiles n'ont guère été étudiés, malgré l'abondance des coquilles dans les dépôts marins. On manque aussi d'études sédimentologiques. Enfin, cette « géologie de faciès » ne comporte guère de descriptions précises. Elle ignore totalement le contexte géomorphologique. Elle repose souvent sur des erreurs d'identification des conditions de dépôts. Le mot loess, par exemple, est utilisé à tort et à travers. Ni la Formación Fray Bentos, ni le « loess d'Arazati » ne sont des loess. Les dépôts éoliens non modifiés sont exceptionnels dans ces unités stratigraphiques. Quant à la Formación Chuy dunaire, à la frontière brésilienne (Boca del Chuy), elle est franchement marine... Les publications donnent donc, du Quaternaire ancien, une image fort incomplète et, même, souvent inexacte. Le travail le plus valable est celui de M. ECOCHARD sur la Formación Santo, mais les tentatives de corrélation de cet auteur avec les Andes centrales du Pérou sont un exercice purement scolaire et fort aventureux.

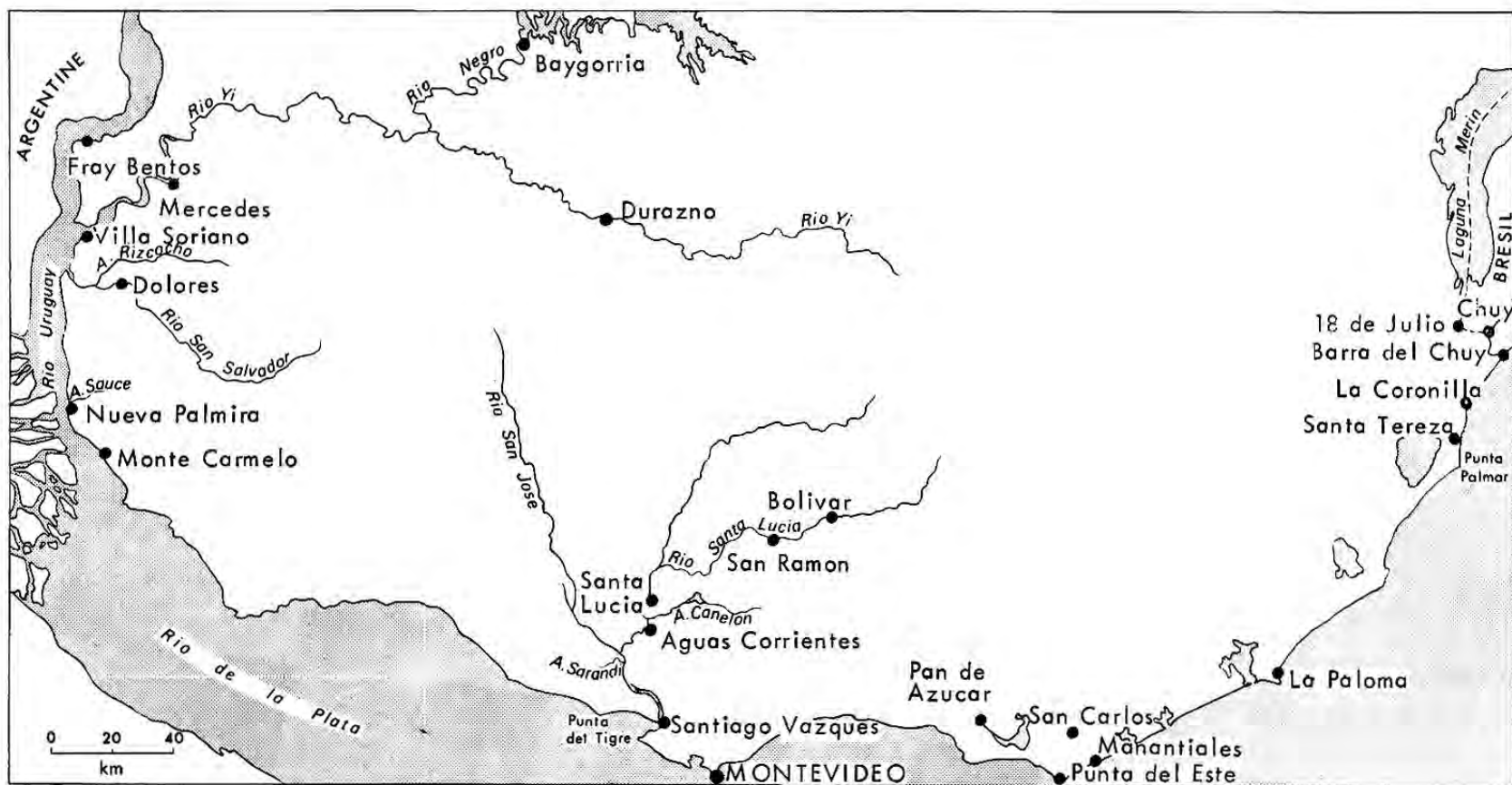
En l'absence d'études paléontologiques et minéralogiques, nous nous limiterons à relater ici quelques observations destinées à mieux poser les problèmes du Quaternaire ancien.

A la frontière brésilienne, près de la localité de 18 de Julio (10 km W. de Chuy, un sondage profond a été exécuté. Malheureusement, on a utilisé un équipement à percussion, ce qui limite les possibilités d'interprétation géologique. L'un d'entre nous (Goso) y a identifié, au-dessus de la Formación Raigón, un Quaternaire ancien, antérieur à la Formación Dolores (Quaternaire moyen) constitué par deux couches sableuses à fossiles marins, l'une contenant des graviers (la plus élevée, désignée sous le nom de Chuy II), l'autre formée de sables argileux (Chuy I). Entre les deux, s'intercale un faciès d'argiles et de limons qui pourrait être terrestre et, alors, être attribué à la Formación Libertad (« Libertad I »). En affleurement, dans le S.E. de l'Uruguay, la Formación Libertad, fine, est recouverte par des dépôts marins inclus dans la Formación Chuy et qui atteignent des cotes maxima de 10-12 m: Le sondage de 18 Julio est implanté au sud de la Laguna Merin, dans une région subsidente où les levées gravimétriques (anomalie de Bourguet) ont détecté une forte anomalie positive (S.G.M., 1970).

A 2 km environ de Manantiales (N.-E. de Punta del Este), une carrière abandonnée montre un modelé de dissection dans des gneiss fortement altérés et tronqués, fossilisé par les dépôts suivants :

— A la base, une marne grise sans litage, contenant des grains de quartz de 1 mm environ, fournis par les gneiss pourris voisins. Elle s'est déposée dans un milieu réducteur et présente quelques taches rouille d'oxyde de fer. On y trouve de nombreuses concrétions calcaires, dispersées dans le matériel, qui ne forment pas un horizon pédologique. Elles atteignent jusqu'à 10 mm. Cette formation atteint 3 m d'épaisseur et offre tous les caractères d'un dépôt lagunaire. Dans la partie basse de la carrière, elle recouvre un dépôt, épais de 0,5 m environ, plus limoneux, brun rosé, compact, ressemblant à la Formación Libertad. En attendant une étude minéralogique, deux d'entre nous (GALLIPOLO et TRICART) formulent l'hypothèse d'une accumulation de cendres volcaniques en milieu lagunaire. De toutes manières, cette observation est à rapprocher de celles qui ont été faites au sondage de 18 Julio, distant de 250 km.

— Au-dessus des marnes grises, les tronquant brutalement et venant reposer directement sur le gneiss dans la partie haute de la carrière, s'observent des sables de grain moyen, bien lavés, finement stratifiés, en couches horizontales. Ils sont visibles sur 3 à 4 m et présentent une ferruginisation analogue à celle qui a été notée à Barra del Chuy (voir plus loin). Il s'agit d'une formation marine.



Postérieurement au dépôt de ces couches a eu lieu une phase de dissection. Un façonnement généralisé, par ruissellement diffus, a modelé une pente doucement concave, esquissée de glacis, jalonnée par des colluvions argilo-limoneuses épaisses de 0,5-1 m dans le bas de la carrière. Un sol de prairie noir (« pradera negra » dans la classification adoptée au Programa), tendant au planosol, ce qui indique une évolution assez poussée, s'est développé dans le sommet des colluvions. Le versant plonge sous une petite lagune. En surface, le sol est légèrement tronqué et fossilisé par une couche irrégulière, atteignant 0,3 m d'épaisseur, de sables lités contenant quelques petits fragments de concrétions calcaires. Un nouveau sol, très net, s'est développé dans ce matériel. Les sables, assez bien triés, semblent éoliens mais remaniés par ruissellement. Seul ce dernier peut rendre compte, en outre, du litage et de la présence des fragments de concrétions. Ce matériel aurait été mis en place lors de la dernière oscillation sèche, le sol de prairie se serait formé lors de la phase humide précédente, les colluvions appartiendraient à la Formación Dolores.

La succession des événements géomorphologiques observables dans l'ancienne carrière de Manantiales, la cote élevée atteinte par les sables marins, les faciès des diverses couches concordent pour nous faire identifier les sables marins comme appartenant à la Formación Chuy. Le passage de la marne aux sables serait le résultat d'une transgression faisant reculer une côte à lagune, semblable à celle qui s'observe encore actuellement dans le secteur atlantique. Des pluies de cendres auraient eu lieu au cours de cette transgression.

A Barra del Chuy, sur la rive brésilienne du Rio Chuy, au débouché du pont, des sapements et des ravins offrent une série de bonnes coupes. C'est dans ce secteur qu'a été définie la Formación Chuy. On observe deux formations différentes, superposées :

— A la base, des sables à litages horizontaux et subhorizontaux, en bancs nets, atteignent 0,31 m d'épaisseur. Ils sont un peu limoneux. Leur sommet montre une intense pédogénèse, avec une couleur roussâtre sur 1,5 m de profondeur et un enrichissement en limon donnant des structures prismatiques. Il s'agit des restes d'un horizon B tronqué⁵.

— Au-dessus de ce reste de sol fossile, des sables éoliens un peu limoneux portent un sol bien développé, atteignant 1-1,2 m de profondeur. Sa couleur est beige foncé un peu grisâtre, du fait d'une oxydation assez intense. La matière organique a été entraînée en profondeur le long de fissures. Vers 0,9-1 m de profondeur, apparaît un horizon marbré d'accumulation d'hydroxyde de fer dans lequel des veines de couleur rouille alternent avec la teinte beige foncé grisâtre de l'horizon supérieur. Vers le bas, les hydroxydes forment des taches de couleur rouille de moins en moins nombreuses et de plus en plus petites dans un sable resté blanchâtre. Lorsque le sable éolien est trop mince pour que ce profil puisse se développer librement, l'horizon B du sol fossile tronqué interrompt le lessivage et, vers 1 m de profondeur, à son contact, apparaissent des concrétions friables de ferro-manganèse, se concentrant sur 10-20 cm en dessous de l'horizon beige-gris.

Le long de la route d'accès à Barra del Chuy, en territoire uruguayen, une autre formation éolienne, avec de petites dunes restées fraîches, recouvre le type de paléosol que nous venons de décrire. Un sol plus récent s'est formé sur ces dunes, qui datent de la dernière oscillation sèche. Nous avons donc ici trois pédogénèses successives, de types différents. L'une, la plus ancienne, affecte une formation marine. La seconde a agi sur des dépôts éoliens anciens. Enfin, la plus

5. Une collaboration étroite a été maintenue avec nos collègues pédologues, qui ont attiré notre attention sur divers faits. Nos identifications pédologiques s'appuient sur leur expérience, principalement sur celle du professeur L. de LEÓN, coordinateur général du Programa, à la compétence et à l'amabilité duquel nous devons beaucoup.

récente, se poursuivant actuellement, s'observe dans des sables éoliens récents. Deux phases sèches, avec édification de dunes, ont alterné avec deux phases humides, de biostasie, dont l'actuelle. La formation marine est antérieure et a été suivie d'une période de pédogénèse intense avant la phase sèche la plus ancienne. Ceci implique l'existence d'un climat humide pendant une partie au moins de la régression qui a suivi la mise en place des sables marins. La même évolution se retrouve au sud du Fort de Santa Teresa, dans le lotissement argentin « Country Club » (lieu-dit Palmar). Le dépôt marin est formé de sables argileux avec des lentilles d'argile grise dans lesquels se sont formées des concrétions ferrugineuses friables de 1-2 cm de diamètre, très abondantes par places et se soudant en amas atteignant 0,5-1 m d'épaisseur. Elles se limitent aux sables les mieux lavés et se rencontrent vers 3 m de profondeur. Il ne s'agit pas d'un horizon pédologique mais d'une précipitation dans la zone de battement phréatique. Le fer provient probablement des lagunes qui se trouvent en arrière de l'accumulation et qui, actuellement, sont drainées au moyen de chenaux en partie artificiels à travers celle-ci. Les lagunes étaient alors plus hautes qu'actuellement, ce qui peut résulter soit d'une transgression, soit d'une période de climat humide. La végétation tourbeuse qui occupe actuellement une partie des rivages lagunaires est propice à la formation de composés organo-humiques instables, se précipitant par oxydation. Les sables marins sont affectés par une forte pédogénèse, du type de celle de Barra del Chuy, sur 1-1,5 m. Le paléosol est tronqué par de légers vallons jalonnés par des colluvions minces limono sableuses avec un peu d'argile, fortement édaphisées (sol à concrétions ferrugineuses peu indurées). Ce sol semble pouvoir être parallélisé avec celui du recouvrement éolien de Barra del Chuy. On le retrouve, entaillé par un vallon, à 0,2 km E-S-E de la station d'essence Ancap de Coronilla, affectant le pied d'un bourrelet éolien qui repose lui-même sur les formations marines. Deux d'entre nous (GALLIPOLO et Goso) ont suivi ces dernières dans tout le secteur entre la côte et la dépression lagunaire au moyen d'une campagne de sondages à la tarière. Partout, recouvertes ou non par des sables éoliens, elles forment l'armature de l'éminence qu'utilise la route côtière sur 5 à 6 km de large.

Il est donc malencontreux que J. Bossi, à partir d'observations insuffisantes, ait défini la Formación Chuy comme une accumulation dunaire. L'élément constant, le long du littoral et le long du cours inférieur du Chuy, ce ne sont pas les sables éoliens qui couronnent la coupe de Barra del Chuy, mais la formation marine, pré-littorale. Celle-ci correspond à un rivage assez élevé (10-12 m), placé par J. Bossi dans la Formación Vizcaíno. On retrouve cette même accumulation marine à l'embouchure du Rio Santa Lucia, sur sa rive droite, dans le lotissement de Santiago Vasquez, où elle est bien visible dans une carrière abandonnée sous le château d'eau, et plus à l'ouest, immédiatement à l'est des bâtiments d'une estancia dominant la plaine inondable. Dans tout ce secteur, le talus très net qui limite celle-ci montre la Formación Dolores recouvrant des sables marins grossiers contenant quelques graviers de quartz émoussés, bien stratifiés en couches minces, planes, légèrement inclinées. Il s'agit d'un cordon littoral qui passe, vers l'intérieur (Est Supervielle) à une accumulation de sable plus fin aux lits plus inclinés. A l'Est-Supervielle, le contact entre le cordon et la Formación Dolores est à environ + 10 m. Les sables marins grossiers se suivent le long du cours inférieur du Santa Lucia jusque vers le confluent de l'A° Sarandí del San José, recouverts par des lambeaux de Formación Dolores. Un peu à l'ouest de ce confluent, ils forment un reste de cordon littoral édifié près du fond du golfe, probablement lors du maximum de la transgression. Il dépasse légèrement la cote 10. Dans les coupes proches du lotissement de Santiago Vasquez, sous la Formación Dolores, le sommet du sable marin est altéré en brun ou en brun-rougeâtre, sur 1 m

environ, par la pénétration d'oxyde de fer. L'analogie avec Barra del Chuy, la Coronilla et El Palmar est donc complète. Nous sommes en présence d'une formation transgressive appartenant au Quaternaire ancien et qui atteint des cotes légèrement supérieures à 10 m. L'évolution postérieure permet de la corréler avec le Querandinién de la Pampa argentine. La Formación Libertad, antérieure au maximum de la transgression, correspondrait alors, au moins en partie, au Pampéen argentin.

La Formación Libertad, dans la région de Pan de Azucar et de San Carlos, n'occupe que les dépressions du modelé de dissection sculpté dans le socle. Elle recouvre le cristallin pourri et monte sur le pied des versants en pente faible, esquissant des glacis colluviaux plus ou moins nets. Des systèmes de vallons les dissèquent. Elle s'est mise en place lors d'une période d'empâtement des parties basses du relief. Des coupes le long de la Route n° 9, à une vingtaine de kilomètres à l'est de San Carlos ont montré que la base de la Formación Libertad remaniait le granite pourri sous-jacent, dominant l'affleurement à très faible distance. Celui-ci a fourni de nombreux gros grains de quartz et quelques fragments anguleux de quartz atteignant 10 centimètres. L'importance de ces remaniements diminue rapidement entre 2 et 3 mètres au-dessus du substratum. Corrélativement, la fraction limoneuse augmente, ce qui suggère des apports, d'autre origine. Du verre volcanique a été identifié ce qui permet d'invoquer des pluies de cendres. Mais nous n'avons pas observé de cinérites primaires. Celles-ci ont été généralement remaniées, probablement par ruissellement diffus, à en juger tant par l'aspect du matériel que par son mode de gisement. Ces coupes montrent une succession de pédogénèses contemporaines de l'accumulation :

— Tout à la base, sur 0,5 m, dans le matériel très riche en granite pourri remanié, une teinte brun-orangé indique une légère rubéfaction. Il n'y a pas de concrétions calcaires : la prédominance des apports locaux ne peut guère permettre leur formation.

— Au-dessus, dans le matériel plus limoneux, plusieurs pédogénèses incipientes successives se remarquent. L'accumulation a été trop rapide pour permettre la formation d'horizons bien distincts mais on observe des niveaux où les concrétions carbonatées sont nettement plus abondantes. Au-dessus une décarbonatation s'observe. Ce ne sont pas les reliefs résiduels granitiques dominants qui ont pu fournir ce carbonate. Il faut admettre qu'il est issu des pluies de cendres qui ont apporté le verre volcanique.

Ces éléments de la Formación Libertad ont donc été alimentés par des pluies de cendres qui ont été immédiatement remaniées par ruissellement diffus. Peut-on tirer des conclusions paléoclimatiques de ces observations ? Certes, ce ruissellement pourrait avoir été favorisé par un climat plus sec. Le remaniement intense du granite pourri à la base de coupe le suggère. Mais, par ailleurs, une couche de cinérites, même mince, recouvrant l'herbe, crée des conditions qui rendent le ruissellement efficace, comme le montre l'observation des réptions actuelles (volcan Irazu, par exemple, au Costa Rica). Les pédogénèses intraformationnelles excluent une aridité prononcée. La formation des concrétions de carbonate indique, par ailleurs, un lessivage déficient. Un climat un peu plus sec que l'actuel est probable. Tout cela est à rapprocher des caractères du sommet du Pampéen de la Pampa Argentine. On y retrouve les concrétions, plus abondantes qu'ici, et des phénomènes de ruissellement, aboutissant au façonnement de glacis jalonnés par des encroûtements en feuillets. Au pied des Sierras de Tandil, de petits amas de loess ont été accumulés. Mais, dans la Pampa argentine, le climat était certainement plus sec, comme cela est manifeste lors de diverses périodes du Quaternaire moyen et supérieur. Les apports de cinérites, issues des Andes, étaient, aussi, beaucoup plus abondants. En Uruguay, nous

sommes dans la région limite, celle où se terminent ces apports. C'est pourquoi la Formación Libertad, qui les remanie, s'amincit vers le nord et le nord-est, comme l'avaient fort bien observé J. CAORSI et J. GONI (1958) pour le « loess d'Arazati » qui en est l'équivalent. Il reste à déterminer l'emplacement de ses lambeaux les plus éloignés. Ces apports allogènes, même remaniés, ont influé sur la genèse des sols. Nous nous demandons dans quelle mesure ils n'expliquent pas certains grumosols anciens signalés par M. ECOCHARD vers Salto et observés par nos collègues pédologues dans la région à l'ouest de Baygorria. Il faudra, pour discuter ce problème, des observations systématiques et des études sédimentologiques. Elles aideront à mieux comprendre le Quaternaire ancien de la Pampa argentine et de l'Entre-Rios.

B. — LE QUATERNAIRE MOYEN

En Europe, divers auteurs s'accordent à définir le Quaternaire moyen comme étant formé par l'interglaciaire Mindel-Riss (« Grand Interglaciaire ») et la glaciation du Riss. Cette position est pleinement justifiée du point de vue géomorphologique : antérieurement à l'interglaciaire Mindel-Riss, les formes ne sont plus guère conservées que dans des cas particuliers (encroûtements ou cuirassements), à l'inverse des formes plus récentes. Cet interglaciaire est aussi caractérisé par les dernières fortes altérations (formations rouges dans le Midi méditerranéen français, ferretto italien) et, dans beaucoup de régions, par une importante entaille des vallées, séparant les hautes terrasses des terrasses moyennes et basses. En Uruguay, les mêmes justifications apparaissent. L'incision des cours d'eau a été puissante à cette époque dans une bonne partie du pays, notamment le long du cours inférieur du Santa Lucía. De ce fait, la paléogéographie de la période antérieure diffère sensiblement de celle qui a suivi. Le modelé d'accumulation des époques antérieures au Chuy n'est guère conservé : ce sont les dépôts qui, en général, ont seuls persisté, comme dans le cas du Quaternaire ancien européen. Par exemple, la grande surface plane des formations marines du Chuy entre Barra del Chuy et La Paloma a été reprise par des actions éoliennes, par le ruissellement diffus. Le modelé originel d'accumulation a disparu en général.

Le Chuy (= Quérandinien) a été mis en place lors d'une grande transgression qui a été suivie par deux autres : la transgression flamandienne et une autre, antérieure à elle, qui se termine par la mise en place du Villa Soriano. Cette position dans l'évolution morphogénétique permet de le paralléliser avec la transgression Holstein des abords de la mer du Nord, soit avec l'interglaciaire Mindel-Riss. L'importance des altérations pédologiques postérieures et des phénomènes phréatiques justifie cette corrélation. Il en est de même de l'altitude relative des divers rivages successifs et de la succession des oscillations climatiques établies dans la Pampa argentine. Dans la région de Barra del Chuy, nous avons pu mettre en évidence deux phases sèches, avec façonnement de dunes postérieurement à la mise en place des formations marines du Chuy. Cela correspond à ce qui a été reconnu dans la Pampa argentine où la régression post-quérandinienne a été caractérisée par un climat subaride, avec vents efficaces du SW excavant des dépressions de déflation en dessous du niveau marin actuel et modelant des champs de dunes vers l'A° Villamanca et où la régression pré-flamandienne a été sèche elle aussi. Le parallélisme est satisfaisant.

En Uruguay sud-orientale, la régression post-Chuy a été caractérisée par une intense pédogénèse et par des altérations phréatiques que nous avons déjà décrites. Tout cela implique un climat qui était loin d'être aussi sec que celui de la

Pampa argentine. Cela s'explique car la Pampa argentine était alors fréquemment sous l'influence d'un anticyclone installé sur les Andes et la Patagonie et qui émettait des vents du S.-W., responsables du modelé éolien. Ces vents s'affaiblissaient vers le N.-E. et affectaient beaucoup moins l'Uruguay que les régions plus voisines des Andes. Dans la région de Chuy, la proximité de l'Atlantique faisait régner d'autres mécanismes climatiques, commandés par des centres d'action atmosphériques maritimes. Les dunes des deux générations postérieures au Chuy ont été édifiées par des vents d'est, atlantiques. C'est plus à l'ouest que s'observent des formes éoliennes modelées par des vents du S.-W.

— A Durazno, sur la rive droite du Yi, à l'aérodrome militaire, une nappe de sables éoliens a été soufflée par des vents du S.-W. Elle a été nourrie par une terrasse du Yi, très sableuse, car une partie importante du bassin supérieur de cette rivière est dans le granite altéré. Cette terrasse domine de 6-7 mètres le lit majeur actuel. Elle a été façonnée à partir de l'avant-dernière accumulation. La nappe de sable éolien, de son côté, a été affectée, sur 1 m environ, par une importante pédogénèse qui amène à lui accorder un âge antérieur à la dernière période sèche.

— Dans la région de Monte Carmelo, on observe deux générations de dunes, édifiées par des vents du S.-W. L'une est récente et tend à être réactivée par la dégradation anthropique. L'autre est ancienne et porte des sols épais et une végétation forestière spontanée. Elle a été façonnée lors d'une période de régression car les dépressions entre les dunes sont actuellement inondées et transformées en marais.

— Au débouché de l'A° del Sauce, un peu au nord de Nueva Palmira, les formations marines du Villa Soriano viennent bloquer une dépression excavée en dessous du niveau actuel de la mer et qui a été soumise à une importante déflation. Sur le flanc des collines qui la dominent, face à l'ouest et au S.-W., un manteau de limons éoliens, dans lesquels se sont formées ultérieurement des poupées, sort de sous les accumulations plus récentes.

C'est donc à partir du centre de l'Uruguay qu'apparaissent des actions éoliennes dues à des vents du S.-W. Elles sont limitées à des sites favorables et nettement moins intenses que dans la Pampa argentine, plus proche de l'anticyclone patagonien. Elles deviennent plus importantes vers le S.-W. et, à Nueva Palmira, revêtent déjà les faciès que l'on rencontre dans la Pampa argentine. Quelques couches de limons éoliens, loessoïdes, s'observent, intercalés dans la Formación Dolores près de la Punta del Tigre, à l'ouest du Santa Lucía. Plus à l'est, nous n'en avons pas observé. A l'influence de l'éloignement plus grand de l'anticyclone s'ajoutait la persistance d'un golfe, malgré la régression, sur l'extrémité orientale de l'actuel Rio de la Plata.

En Uruguay, la régression post-Chuy est caractérisée par la mise en place de la Formación Dolores. Les dépôts qui la constituent avaient été groupés avec les accumulations plus anciennes dans la Formación Libertad par J. BOSSI (1966) et dans un ensemble « post-Arazatí » par J. CAORSI et J. GONI. Ils ont été nettement distingués par deux d'entre nous (GOSO et GALLIPOLO) et définis comme des accumulations terrestres, à dominante limono-sableuse, parfois assez riches en argile, sans stratifications contenant des cailloux épars, parfois des concrétions carbonatées. De la même époque datent aussi, dans certains secteurs, comme à Barra del Chuy et à Durazno, des formations éoliennes, dunaires. La tendance doit être de donner à l'expression Dolores un sens stratigraphique, chronologique, ce qui amène à abandonner son assimilation à un faciès et à utiliser le terme pour désigner des accumulations différentes des unes des autres mais synchrones. C'est exactement ce qu'a fait J. TRICART à propos de la Pampa argentine.

Le Dolores est une période de régression, comme le prouve la superposition des dépôts terrestres ayant le faciès caractéristique de la Formación Dolores aux accumulations marines du Chuy. Sur le bas Santa Lucia, deux coupes se complètent :

— A côté du réservoir d'eau du lotissement de Santiago Vasquez (Est-Supervielle), le sommet des sables marins du Chuy, enrichi en oxydes de fer, est raviné par endroits par la Formación Dolores. Celle-ci fossilise, entre autres, une petite paroi verticale de 0,5 m de haut. Ailleurs, un mélange s'opère sur 10 à 30 cm, le sable grossier du Chuy étant remanié dans la Formación Dolores. Celle-ci est argilo-limoneuse au-dessus, avec, cependant, toujours, de gros grains de quartz épars et même quelques graviers, mais au-dessus du contact, les gros grains de quartz se font plus rares. De teinte brune, elle montre des traces de pédogénèses syngénétiques : cavités radiculaires ouvertes, parfois avec enduits d'hydroxyde de fer, enduits argileux le long de plans de fissures, venes irrégulières d'hydroxyde de fer et de manganèse, structure grumeleuse irrégulière. Tout à la base, quelques concrétions ferrugineuses se sont formées, surtout autour de gros grains de quartz, ainsi que des précipitations esquissant des feuillets peu indurés, friables, discontinus. Toutes ces caractéristiques peuvent s'interpréter comme une accumulation de plaine inondable, avec limons argileux de débordements, brassage biotique et pédogénèse entre les crues. Les hydroxydes de fer et de manganèse auraient été apportés par les eaux fluviales, ce qui explique leur pénétration dans le sommet du Chuy.

— A la Cerámica del Sur, près du km 37,5 de la Route n° 1, la carrière n'atteint pas le Chuy qui a cependant été observé par deux d'entre nous il y a quelques années (GALLIPOLO et GOSO). On retrouve le même type de formation, quoique le faciès soit plus limoneux dans l'ensemble. Les apports latéraux, alimentés par la Formación Libertad, proche, sont probablement plus abondants. Les concrétions de ferro-manganèse sont plus dures et se dispersent sur les deux mètres inférieurs de la coupe. Enfin, dans la partie basse, on observe de nombreuses concrétions calcaires, le plus souvent tubulaires, d'un diamètre inférieur à 1 cm, formées sur l'emplacement d'anciennes racines. Comme à l'Est-Supervielle, la pédogénèse affecte la masse du dépôt, sans s'organiser en horizons définis, sans donner des sols fossilisés. Elle est synchrone de l'accumulation.

On retrouve le même faciès de la Formación Dolores plus en amont, le long du Santa Lucia, par exemple au sud du cours intérieur de l'A° Sarandí del San José, où elle recouvre les sables marins du Chuy et s'appuie sur le cordon littoral édifié dans le fond de l'ancien golfe dû à la transgression Chuy, ou, encore, formant des restes de terrasses à côté d'Agua Corrientes et du bourg de Santa Lucia. En amont de Santa Lucia, ceux-ci, culminant vers 15 m d'altitude, sont dominés par un reste de remblaiement disséqué par des vallons en berceau, dans lequel apparaissent des lentilles de petits galets, qui atteignent la cote 21. Ce dernier matériel appartiendrait au Quaternaire ancien. L'incision dans la nappe Dolores s'atténue vers l'amont. Vers San Ramón et Bolívar, le remblaiement Dolores se termine par un sol de prairie noir très développé fossilisé par une accumulation plus récente, qui colmate aussi des bras morts et des chenaux entaillés dans le remblaiement, bien visibles le long de l'A° Pilatos.

La période Dolores a donc été caractérisée, à la fois, par une régression marine et une importante accumulation fluviale. Celle-ci est donc nécessairement d'origine climatique. Les indices que nous donnent les actions éoliennes sont confirmés par l'examen des remblaiements alluviaux.

Ainsi, à Durazno, une nappe fluviale sableuse, nourrie par le remaniement du granite pourri, a été édifiée par le Yi et a alimenté une accumulation éolienne. En amont de San Hamoín, dans la vallée du Santa Lucia, l'entaille vigoureuse

de l'A° Pilatos, affluent du Santa Lucía, montre des formations sableuses alternant avec des sables limoneux et des traînées de petits graviers, mises en place par un cours d'eau à chenaux anastomosés, édifiant un véritable épandage. Vers le haut, le matériel devient plus fin, limono-argileux. C'est dans ce faciès que s'est formé le sol fossile de prairie noir. Le changement de faciès nous semble indiquer une oscillation climatique. La couverture végétale devenant plus dense sous l'effet d'un accroissement de l'humidité, les chenaux anastomosés ont été remplacés par un lit mieux fixé de part et d'autre duquel se produisaient des accumulations fines de débordement. La pédogénèse commençait. Puis, l'oscillation climatique étant terminée, le fond de vallée a été incisé et a cessé d'être inondé. La pédogénèse s'est intensifiée. Simultanément, des bras étaient abandonnés et colmatés par des dépôts argileux, voire des tourbes. On peut y trouver deux ou trois sols fossiles. Malheureusement, aucune étude palynologique de ces dépôts n'a été tentée.

L'oscillation climatique Dolores a donc été sèche, mais n'a pas été subaride, à la différence du Post-Quérandinién argentin. Cependant, une végétation plus clairsemée a permis un ruissellement diffus assez efficace et des actions éoliennes localisées. Quelques limons éoliens s'intercalent dans des dépôts qui sont, en majorité, fluviaux et colluviaux. Tel est le cas dans les ravins littoraux de l'Est-Gasparri, à l'ouest de la Punta del Tigre. De nombreux vallons en berceau se sont façonnés sous l'effet de ce ruissellement diffus, par exemple, ceux qui entaillent la nappe du Quaternaire ancien, en amont de Santa Lucía. Des glacis se sont élaborés (Haras militaire, au sud d'Aguas Corrientes), ce qui a été assez facile dans les formations meubles (Fray Bentos, Libertad). A la Coronilla, au Palmar, des vallons très doux incisent le sommet du Chuy. Ils sont jalonnés par des colluvions avec une pédogénèse plus intense que celle de l'Holocène (horizon B à petites concrétions ferrugineuses), que l'on peut rapprocher de celle qui a été décrite à la Cérámica del Sur et à l'Est-Supervielle.

Toute une graduation paléoclimatique dans la sécheresse peut ainsi s'observer du S.-W. de la Pampa Deprimida où la régression post-quérandiniénne a permis la mise en place de champs de dunes continentales, à Boca del Chuy, sur 900 km environ. Des dunes, on passe à des nappes de loess puis à des cuvettes de déflation salées endoréïques et à des formations colluviales se continuant par des remblaiements alluviaux.

C. — LE QUATERNAIRE RECENT

Le Quaternaire récent comporte deux transgressions et une régression intermédiaire. Tous les dépôts marins du Quaternaire récent ont été confondus dans la Formación Vizcaíno des publications antérieures. En réalité, ils sont cependant bien distincts et peuvent être corrélés sans difficulté avec les oscillations du niveau marin mises en évidence dans la Pampa argentine.

Les accumulations Dolores (Postquérandiniennes) ont été disséquées et transformées en terrasses sur le cours inférieur des rivières, notamment du Santa Lucía. Puis une nouvelle transgression s'est produite. Elle a amené le niveau marin à 5-6 m au-dessus de l'actuel. Les accumulations qui en résultent sont désignées du nom de Villa Soriano. Une nouvelle régression, accompagnée d'accumulations climatiques et de phénomènes éoliens se produit ensuite, suivie par la transgression flamandaise, dont le maximum dunkerquien est généralement bien visible. Le Villa Soriano correspond au Platéen (Platense) du rivage argentin du Rio de la Plata.

CORRELATIONS ET EVOLUTION GEOMORPHOLOGIQUE (SANTA LUCIA)

Niveau marin	TERMINOLOGIE		EVLUTION GEOMORPHOLOGIQUE		LITTORAL	PALEOCLIMATS
	Européenne	Argentine	Uruguay.	DOMAINE FLUVIAL.	ESTUAIRE	
0	Post-Dunkerquien		Tendance climatique à l'incision, accentuée par la régression. Méandres encaissés. Accumulations abissales de rive convexe.	Les vasières dunkerquiennes ne s'imposent plus que dans les parties basses. Les parties hautes évoluent à la manière de schorres, mais avec submersion d'eau douce. Les parties basses restent fonctionnelles. Un petit talus séparé souvent les unes et les autres. La dynamique fluviale gagne vers l'aval.	Dynamique propre au « Rio » de la Plata : rejet de coquilles et de sables lors des tempêtes, s'accumulant en bancs argus, colmatage riche en débris végétaux des dépressions intermédiaires. La régression a fait émerger des bancs prifitoraux, surtout sables.	Climat actuel. Conditions de biotaxie sous végétation climatique. Prairie dense protégeant bien le sol et permettant une pédogénèse lessivante. Les sols salins de la dernière période sèche se transforment en sols alcalins. Ils ne persistent que là où le modèle empêche le drainage interne, ce qui est fréquent dans la Pampa Depnintida, exceptionnel en Uruguay. La pluviosité actuelle dépasse partout 800 mm dans la Pampa Depnintida et atteint 1 200 à 1 500 mm dans le SE de l'Uruguay. Pas de saison sèche nette, des périodes de sécheresse sporadiques.
— 1,5	Dunkerquien		Tendance climatique à l'incision freinée par la transgression. Méandres légèrement incisés dans l'accumulation préflandrienne. Bancs alluviaux, bras morts. Dépôt de limon sur le bord de l'accumulation préflandrienne à l'aval.	La transgression a submergé la partie aval du remblaiement préflandrien (aval du Rio San José). Un petit delta de fond destinaire s'est construit sur ce remblaiement. A l'aval, dans l'estuaire, édification de vastes vasières d'eau douce (matériel argilo-limoneux et organique).	Les actions littorales, plus intenses, ont édifié des fleches sables alimentaires par remblaiement de formations littorales antérieures. Ces fleches entrent dans l'estuaire en se recourbant. Elles n'ont guère été affectées par des actions éoliennes. Microfalaises et plages d'érosion en arrière des fleches.	Dans le S et SW de l'Uruguay, climat humide, peu différent de l'actuel, peut-être un peu plus contrasté au point de vue pluviométrique, permettant des crues plus violentes. Vents peut-être un peu plus forts, mais il est difficile de faire la part, dans les actions littorales plus efficaces, du niveau marin un peu plus élevé et du climat.
	Murm Vistule	Post-Platen	Post-Villa Soriano	Incision due à la régression, s'accompagnant de rebords de terrasses. La nappe alluviale occupant l'incision, plongeant sous le Dunkerquien de l'estuaire.	Fortes actions éoliennes sur le matériel sableux des cordons antérieurs. La régression a permis la déflation en dessous du niveau marin actuel (cuvettes noyées actuellement).	Dans l'ensemble, climat sensiblement plus sec. Couverture végétale ouverte, permettant le ruissellement diffus et les actions éoliennes. Saison sèche suffisamment accentuée pour permettre la formation de sols salins, gypsifères dans la Pampa Depnintida, exceptionnels en Uruguay. La sécheresse décroît nettement du SW de la Pampa Depnintida vers le NE (centre de l'Uruguay) en rapport avec des vents efficaces du SW. Dans le SW de l'Uruguay, deux phases sont identifiables : la première, plus sèche avec mise en place de remblaiements minéraux ; la seconde, moins sèche, avec formation de sols de prairie remaniés par ruissellement et des accumulations humiques. Il n'y a pas d'accumulations humiques dans les environs de Montevideo et le SE de l'Uruguay.

46 + Maximum de transgression	Interplac. Riss- Murrn. Eemien	Platense (Platzen)	Villa Soriano	Tendance à l'entaille. Vers San Ramon, il y eut d'abord accumulation de limons de débordement avec pédogénèse similitaine (sol de prairie noir). Collage argilo-sableux avec paléosols humiques dans les bras morts. Au débouché du Rio Negro, édification d'un delta.	Transgression marine dominant sur le vaste estuaire sur le bas de Santa Lucia. Accumulation d'un delta derrière des cordons littoraux du Chuy. Il y eut de faibles constructions, construction de cordons dans l'estuaire (Est-Salvo). Accumulation de vasières (N de Super-vielle).	Formation de cordons littoraux-sableux nourris par l'érosion du Chuy, entrant dans l'estuaire. Formes végétales. Micro-faune dans les formations Chuy.	Climat humide, peu différent de l'actuel. Formation de sols du type prairie noir (Santa Ramon) ou plansols, évolues (effet de durce). Ce climat humide a régné du SE de l'Uruguay au SW de la Pampa Depressida. Comme aujourd'hui, les différences climatiques entre ces deux régions étaient faibles. Dans la Pampa Argentina, la formation de sols bruns lessivés à horizon B argilique.
Régression	Riss Saale	Post-glacé randinien	Dolores	Même type de morphogénèse que pendant le prélandrien, mais plus intense : ruissellement diffus, colluvionnement, vallons en berceau, glacières. Remblaiement généralisé dans les vallées, matériel minéral, pédogénèse dans le lit majeur. Limons éoliens, souvent repétris. Actions éoliennes sur les sables.	Néant.	Néant.	Période sèche, plus sèche que pendant la régression prélandrienne. Les ventifères venaient du SW dans toute la Pampa Depressida, le SW de l'Uruguay et jusqu'aux environs de Durazno (Centre de l'Uruguay). Ils ont remanié les formations sableuses, y compris les formations alluviales, ce qui indique que les fondades vallées étaient peu protégées par la végétation. Sur les interfluvies, la végétation était ouverte en Uruguay, probablement semi-aride dans la Pampa argentine ; le ruissellement diffus était intense. L'aridité croissait nettement du NE vers le SW. A l'extrémité SW de la Pampa Depressida ont été fa conches des champs de dunes. Vers Barra del Chuy, les actions éoliennes ont été l'œuvre de vents d'E.
+8-12 Maximum de transgression	Interplac. Mindel- Riss	Quebrada d'Atina	Chuy	Incision probable. Accumulation probable de la vase formée.	Vaste golfe arrivant jusqu'au confluent du San-José et du Santa Lucia. Cordons littoraux et accumulations intertidales sableuses dans le golfe (remaniement de dépôts antérieurs).	Construction d'importants cordons littoraux, barrant la basse vallée du Sta-Lucia, et s'appuyant sur la Form. Libertad, pas d'actions éoliennes avant le dépôt de la Form. Dolores. Edification d'importantes accumulations préfluviales séparant les lagunes de l'Atlantique dans le SE de l'Uruguay.	Période humide probable.
Régression	Mindel	Pampéen		Mise en place d'une nappe alluviale, saubreuse avec lentilles de galets en amont de Santa Lucia. Mise en place de la Form. Libertad (pro parte) : centares, volcans, rivières, pédogénèse synchrone. Erosion de glacières, emplacement des dépôts.	Néant.	Néant.	Période sèche, vraisemblable, avec écoulements violents (accumulation sable-calcaireuse en amont de Santa Lucia). La pédogénèse ne permettait pas le lessivage des carbonates, cependant peu abondants (pousses de Form. Libertad). Les pluies d'été accentuaient momentanément l'influence biostatique de la strate herbeuse accentuant les caractères semi-arides de la morphogénèse.

Niveau marin	TERMINOLOGIE		EVOLUTION GEOMORPHOLOGIQUE		LITTORAL	PALEOCLIMATS
	Européenne	Argentine Uruguay.	DOMAINE FLUVIAL	ESTUAIRE		
0	Post-Dunkerquien		Tendance climatique à l'incision, accentuée par la régression. Méandres encaissés. Accumulations sableuses de rive convexe.	Les vasières dunkerquiennes ne s'innondent plus que dans les parties basses. Les parties hautes évoluent à la manière de schorres, mais avec submersion d'eau douce. Les parties basses restent fonctionnelles. Un petit talus séparé souvent les unes et les autres. La dynamique fluviale gagne vers l'aval.	Dynamique propre au « Rio » de la Plata : rejet de coquilles et de sables lors des tempêtes, s'accumulant en bancs arqués, colmatage riche en débris végétaux des dépressions intermédiaires. La régression a fait émerger des bancs pré littoraux, surtout sableux.	Climat actuel. Conditions de biostase sous végétation climatique. Prairie dense protégeant bien le sol et permettant une pédogénèse lessivante. Les sols salins de la dernière période sèche se transforment en sols alcalins. Ils ne persistent que là où le modèle empêche le drainage interne, ce qui est fréquent dans la Pampa Depnimita, exceptionnel en Uruguay. La pluviométrie actuelle dépasse partout 800 mm dans la Pampa Depnimita et atteint 1 200 à 1 500 mm dans le SE de l'Uruguay. Pas de saison sèche nette, des périodes de sécheresse sporadiques.
— 1,5	Dunkerquien		Tendance climatique à l'incision freinée par la transgression. Méandres légèrement incisés dans l'accumulation préflandrienne. Bancs alluviaux, bras morts. Dépôt de limonier sur le bord de l'accumulation préflandrienne à l'aval.	La transgression a submergé la partie aval du remblaiement préflandrien (aval du Rio San José). Un petit delta de fond destinaire s'est construit sur ce remblaiement. A l'aval, dans l'estuaire, édification de vastes vasières d'eau douce (matériel argilo-limoneux et organique).	Les actions littorales, plus intenses, ont édifié des fleches sableuses alimentées par restes littoraux antérieurs. Ces fleches entrent dans l'estuaire en se recourbant. Elles n'ont guère été affectées par des actions éoliennes. Microfalaises et plages d'érosion en arrière des fleches.	Dans le S et SW de l'Uruguay, climat humide, peu différent de l'actuel, peut-être un peu plus contrasté au point de vue pluviométrique, permettant des crues plus violentes. Vents peut-être un peu plus forts, mais il est difficile de faire la part, dans les actions littorales, plus efficaces, du niveau marin un peu plus élevé et du climat.
Régression préflandrienne et transgression flandrienne			Wurm Vistule	Post-Platéen	Post-Villa Soriano	Dans l'ensemble, climat sensiblement plus sec. Couverture végétale ouverte, permettant le ruissellement diffus et les actions éoliennes. Saison sèche suffisamment accentuée pour permettre la formation de sols salins, généralement dans la Pampa Depnimita, exceptionnels en Uruguay. La sécheresse décroît nettement du SW de la Pampa Depnimita vers le NE (Centre de l'Uruguay), en rapport avec des vents efficaces du SW. Dans le SW de l'Uruguay, deux phases sont identifiables : la première, plus sèche, avec mise en place de remblaiements minéraux ; la seconde, moins sèche, avec formation de sols de prairie remanés par ruissellement et accumulations humiques. Il n'y a pas d'accumulations humiques dans les environs de Montevideo et le SE de l'Uruguay.

+ 4,6 m	Interglac. Riss-Würm. Eemien	Platéen (Platéen)	Villa Soriano	Tendance à l'entaille. Vers San Ramon, il y eut d'abord accumulation de limons de débordement avec pédogénèse simulancée (sol de prairie noir). Puis incision de bras colmatage argilo-limoneux avec paléosols humiques dans les bras morts. Au débouché du Rio Negro, édification d'un delta.	Transgression marine dominant un vaste estuaire sur le bas Santa Lucia. Accumulation d'un delta derrière des cordons littoraux du Chuy. Salement de falaises estuariennes, construction de cordons dans l'estuaire (Est-Salivo). Accumulation de vasières (N de Superville).	Formation de cordons littoraux-sableux nourris par l'érosion du Chuy, entrant dans l'estuaire. Formes végétales. Microfalaise dans les formations Chuy.	Climat humide, peu différent de l'actuel. Formation de sols du type prairie noir (Santa Ramon) ou planosols, évolués (effet de durée). Ce climat humide a régné du SE de l'Uruguay au SW de la Pampa Depnimita. Comme aujourd'hui, les différences climatiques entre ces deux régions étaient faibles. Dans la Pampa Argentine, formation de sols bruns lessivés, à horizon B argilique.
Maximum de transgression	Riss Saale	Postique-randinien	Dolores	Même type de morphogénèse que pendant le préflandrien, mais plus intense : ruissellement diffus, colmatage important, vallons en berceau, glaciers. Remblaiement généralisé dans les vallées, matériel minéral, pédogénèse dans le limonier. Limons éoliens, souvent reprints. Actions éoliennes sur les sables.	Néant.	Néant.	Période humide probable.
+ 8-12	Interglac. Mindel-Riss	Quatern-dimien	Chuy	Incision probable. Accumulation formation alluviale connue.	Vaste golfe arrivant jusqu'au confluent du Chuy, barrant la basse Lucia. Cordons littoraux et accumulations intertidales sableuses dans le golfe (remaniement de dépôts antérieurs).	Construction d'importants cordons littoraux, barrant la basse vallée du Sta-Lucia, et s'appuyant sur la Form. Libertad sur la Form. Libertad. Pas d'actions éoliennes avant le dépôt de la Form. Dolores. Edification d'importantes accumulations littorales séparant les lagunes de l'Atlantique dans le SE de l'Uruguay.	Période sèche vraisemblable, avec écoulements violents (accumulation sablo-caillouteuse en amont de Santa Lucia). La pédogénèse ne permettant pas le lessivage des carbonates, cependant peu abondants (pouppes de la Formacon Libertad). Les pluies de cendres annihilant momentanément l'influence biotatique de la strate herbacée accentuent les caractères semi-arides de la morphogénèse.
Maximum de transgression							
Régression							
	Mindel	Pampéen		Mise en place d'une nappe alluviale sableuse avec lentilles de galets en amont de Santa Lucia. Mise en place de la Form. Libertad (pro parte) : cendres volcaniques remanées, coluvions, avec pédogénèse synchrone. Formation de glacis, empâtent des dépansions.	Néant.	Néant.	
Régression							

Cette évolution a été mise en évidence sur le cours inférieur du Santa Lucia, dont le levé géomorphologique a été commencé. Elle est résumée dans les tableaux ci-joints. Nous fournirons ici seulement quelques précisions.

La régression postérieure au Chuy semble s'être traduite par deux phases morphogénétiques différentes successives :

— D'abord, une phase d'accumulation, avec mise en place des dépôts Dolores, qui forment une nappe alluviale.

— Ensuite une entaille, avec un déblaiement important, dont a profité la transgression Villa Soriano.

Cette évolution complexe se limite aux abords du littoral actuel. Elle ne se fait plus sentir vers San Ramón où une accumulation récente recouvre le sol fossile développé sur le sommet du remblaiement Dolores. Il semble que cette incision pré-Villa Soriano soit d'origine eustatique et résulte de l'importante régression correspondant à l'avant dernière glaciation. L'assèchement climatique n'aurait pas été assez fort pour entretenir la tendance à l'accumulation lorsque le rivage s'est abaissé suffisamment. C'est là une différence avec la Pampa Deprimida, où le climat a été alors assez sec pour empêcher le Rio Salado d'atteindre la mer et provoquer, ainsi un endoréisme généralisé. L'extrême faiblesse des pentes de la Pampa Deprimida a encore accentué les effets de la sécheresse. Sur le bas Santa Lucia, l'entaille a permis un certain sapement des bords de l'ancienne lagune Chuy, en arrière du cordon littoral du lotissement de Santiago Vasquez. Elle a dégagé une belle terrasse Dolores et permis, ensuite, lors de la transgression Villa Soriano (Platéen), la formation d'un vaste estuaire. Une évolution semblable s'est produite à l'embouchure de l'A° del Sauce, à Nueva Palmira et à l'embouchure du Rio Negro, aux environs de Villa Soriano.

Au débouché de l'A° del Sauce, l'évolution est significative. Elle comporte les phases suivantes :

— Lors du Dolores, une déflation éolienne à une cote inférieure au 0 actuel, avec mise en place de limons éoliens contre le flanc exposé au S.-W. des collines constituées par la Formación Fray Bentos et couronnées de Formación Camacho.

— Au Villa Soriano, la mise en place d'un cordon littoral de sable plus ou moins bien lavé avec des lentilles de sable argileux et, entre les bancs, des dépans argileuses. On est ici tout au fond du Rio de la Plata, en face du delta du Paraguay, dans un secteur où les vagues sont faibles.

— Ensuite, lors de la régression préflandrienne, s'est développé un paléosol, souvent fossilisé, du type prairie noir, avec horizon hydromorphe à la base. Cet horizon hydromorphe permet de le dater du début de la régression. S'il s'était formé lors du maximum de la régression, il aurait été bien drainé. Ce paléosol est fossilisé par des sables éoliens passant à des dunes, qui marquent le maximum de la régression et un climat nettement plus sec que le sol de prairie.

— Derrière le cordon Villa Soriano, l'ancienne lagune a été remblayée par une accumulation alluviale incisée de 1-1,5 m par le ruisseau et qui forme ainsi une basse-terrasse. Un sondage nous a montré 1,5 m d'alluvions reposant sur du Villa Soriano à coquilles marines ou lagunaires. Ce sont des lits alternant de sable fin et d'argile sableuse, pauvres en matière organique, sauf sur les 0,25 m du sommet, sans traces de pédogénèse. L'accumulation est donc climatique et résulte d'une récurrence plus sèche, coïncidant, comme dans la Pampa Deprimida, avec la régression préflandrienne (post-platéenne).

Sur le bas Rio Negro, aux abords de Soriano, on observe une vaste plaine, très unie, constituée par la Formación Dolores. Des glacis et des vallons en berceau viennent se raccorder à elle. Une entaille s'est ensuite produite, comme sur le bas Santa Lucia, pendant la régression pré-Villa Soriano. Puis la trans-

gression Villa Soriano a provoqué un ennoyage de la dissection. Les dépôts Villa Soriano sont au pied d'un petit talus de 2 m environ, par lequel se termine la plaine tapissée par la Formación Dolores. Ils sont constitués par un falun très pauvre en espèces, d'eaux dessalées, mis en place dans un angle mort sur le flanc d'un épanchage deltaïque du Rio Negro. Celui-ci est bien visible, plus à l'ouest, avec des bancs et des levées très nets sur les photographies aériennes. Cet épanchage est lui-même édifié en arrière d'accumulations dues au Rio Uruguay. Lors de la régression, tout ceci a été entaillé. Des chenaux du Rio Negro ont coupé les levées du Rio Uruguay. La transgression flandrienne a transformé le tout en estuaire. Auparavant, cependant, au N.-N.-W. de Villa Soriano, sur la rive droite du Rio Negro, s'est mise en place une accumulation de sables éoliens. Cela confirme les observations paléoclimatiques faites à Nueva Palmira (A° del Sauce).

Dans toute la région de Dolores et de Mercedes, les fonds de vallons et de vallées sont remblayés par des formations colluviales nourries en grande partie par la reprise de sols de prairie. Les accumulations humiques qui en résultent atteignent 2,5 m d'épaisseur sur l'A° Bizcocho au pont de la route de Soriano. Cela implique que les sols de prairie se formaient au moment de leur mise en place et étaient simultanément décapés par le ruissellement diffus. Audessous, le remblaiement est formé de sables moyens repris à la Formación Fray Bentos sans avoir subi de pédogénèse appréciable. Ces sols colluvionnés indiquent un climat plus sec que l'actuel, avec végétation ouverte, engendrant une tendance à la formation d'un remblaiement climatique. Sur le bas Santa Lucia, des systèmes de levées puissants ont été mis en place par un système de chenaux anastomosés. Ils sont constitués par du sable grossier et ont barré les affluents, notamment l'A° Canelón. Des glacis viennent s'appuyer contre eux (environs du Haras militaire). Des sols sodiques caractérisent la zone de blocage (bas A° Canelón, passage du glacis à la terrasse). Ils sont issus du lessivage partiel de sols salins qui témoignent de l'ocillation climatique sèche préflandrienne. Le remaniement en dunes des cordons littoraux Villa Soriano entrant dans l'ancien estuaire du bas Santa Lucia, au lotissement de Santiago Vasquez confirme son existence. Les dépressions entre les cordons ont été excavées en dessous du niveau marin actuel, ce qui implique que les actions éoliennes se sont produites en période de régression. Le parallélisme avec la Pampa Deprimida et les environs de La Plata s'établit aisément. Dans cette région, des cuvettes de déflation se sont excavées là où l'endoréisme concentrait les sels pendant la même régression préflandrienne.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOSSI (J.). — 1966. *Geología del Uruguay*, Universidad de la Republica, Montevideo, 469 p., fig.
- CAORSI (J.) et GOÑI (J.). — 1958. « Geología urugaya », Bol. 37, *Inst. Geol. del Uruguay*, 73 p., 41 phot.
- ECCOCHARD (M.). — 1970. « Informe geomorfológico sobre el levantamiento de la Zona de Salto Grande, Departamento de Salto », Montevideo, dactylographié, 24 p.
- Servicio Geográfico Militar. — 1970. *Red gravimétrica fundamental. Resumen de valores*, Montevideo, 55 p.
-