

Bull. Soc. belge Géol., Paléont., Hydrol. Bull. Belg. Ver. Geol., Paleont., Hydrol.	T. 78 V. 78	fasc. 1 deel 1	pp. 31-38 blz. 31-38	Bruxelles 1969 Brussel 1969
--	----------------	-------------------	-------------------------	--------------------------------

APPLICATION DE LA PROSPECTION GÉO-ÉLECTRIQUE DANS LA CARTOGRAPHIE DU QUATERNAIRE EN FLANDRE

R. MARECHAL, W. DE BREUCK et G. DE MOOR

(Centrum voor Hydrogeologisch Onderzoek, Gent)

SUMMARY. Resistivity soundings in Wenner arrangement have been applied to the study and the mapping of the Quaternary in Flanders. In many cases the geo-electric contact depths correspond with the thickness of the Quaternary cover. In other cases the geo-electric contact surfaces correspond either with variations in salinity of the ground water or with lithologic discontinuities within the Quaternary or within the Tertiary.

More than 2000 resistivity soundings and 130 borings have provided a detailed picture of the buried morphology of the Tertiary in areas where the Quaternary attains a thickness between 10 and 35 m. The resistivity values within the Quaternary form a basis for litho-stratigraphic mapping.

SAMENVATTING. De geo-elektrische prospectie door resistiviteitsonderingen met Wenneropstelling werd toegepast bij de studie en de kartering van de kwartaire sedimenten in Vlaanderen.

In zekere gevallen komen de geo-elektrische kontaktdiepten overeen met de dikte van het kwartaire dek. In andere gevallen daarentegen worden hetzij wisselingen in zoutgehalte van het grondwater, hetzij lithologische contrasten in het Kwartair of in het Tertiair gemeten.

Door het uitvoeren van meer dan 2000 resistiviteitsonderingen en 130 mechanische boringen werd een nauwkeuriger beeld bekomen van de bedolven morfologie van het Tertiair in gebieden waar het kwartaire dek 10 tot 35 m dik is. De resistiviteitswaarden van de kwartaire lagen vormen een basis voor de kartering van hun litho-stratigrafie.

1. Introduction

Cette communication donne un aperçu des travaux effectués par le Centre de Recherches Hydrogéologiques de l'Université de Gand* et plus particulièrement de l'emploi de sondages géo-électriques dans la prospection des

terrains superficiels et des couches aquifères phréatiques en Flandre.

La prospection géo-électrique par sondages de résistivité a été mise au point et pour la première fois appliquée systématiquement au cours des études géologiques effectuées pour le survey de la Flandre occidentale entre 1961 et 1964. Cette méthode a été employée à une échelle plus détaillée par G. DE MOOR dans la région au sud-ouest de Gand.

Ces recherches ont fait l'objet de trois communications de W. DE BREUCK et G. DE MOOR (1962), G. DE MOOR (1963), G. DE MOOR et W. DE BREUCK (1964). Les auteurs y exposent en détail la méthode employée, notamment les sondages de résistivité effectués au courant continu suivant la disposition de Wenner.

* Depuis août 1965 jusqu'à janvier 1968 le Centre de Recherches Hydrogéologiques a été subsidié par l'IRSIA et depuis février 1968 par le Fonds de la Recherche Fondamentale Collective, en collaboration avec le Commissariat Royal au Problème de l'Eau. Dans le cadre des activités universitaires, des travaux de licence ont été effectués par I. HEYSE (Knesselare-Zomergem), P. JACOBS (Melle-Wetteren), A. RUMES (Lokeren-Stekene), A.M. GERMIS (Oosterzele) et J. DE NECKER (Kortemark-Torhout).

La méthode, basée sur des variations de résistivité des couches, permet de détecter :

- 1) des discontinuités lithologiques, p.ex. sable sur argile,
- 2) des discontinuités hydrochimiques, p.ex. eau douce sur eau saumâtre.

Les couches rencontrées en Flandre ont des résistivités qui varient entre les valeurs suivantes :

sable sec	100 - 1000 Ωm
sable	40 - 100 Ωm
limon	25 - 40 Ωm
argile sableuse	15 - 30 Ωm
argile	7 - 15 Ωm
couches à nappe saumâtre	2 - 10 Ωm

2. Zones hydro-géologiques homogènes

Il a été possible de délimiter des zones où les couches supérieures présentent des résistivités analogues et reposent à des profondeurs variables sur d'autres couches, dont les résistivités sont comparables entre elles mais différent de celles des couches supérieures. Vu leur signification ces zones ont été considérées comme zones hydrogéologiques homogènes.

Ces zones appartiennent à quatre types (fig. 1).

- 1) Les dunes sans nappe saumâtre en profondeur, peu importantes à l'est d'Ostende, importantes dans la région Nieuport-La Panne. Quand le sable quaternaire repose sur l'argile tertiaire, on y détermine directement l'épaisseur du Quaternaire.
- 2) Les polders et la bordure de la région sableuse. On y détecte à profondeur variable mais souvent très faible des eaux saumâtres; elles se trouvent normalement dans la couverture quaternaire, dont l'épaisseur ne peut être mesurée par des sondages géo-électriques. Toutefois dans certains cas, où les contacts sont en général profonds et où les résistivités des couches inférieures se rapprochent de celles de l'argile, il peut y avoir doute et les contacts détectés peuvent être interprétés comme des contacts sable-argile et parfois donner l'épaisseur du Quaternaire.
- 3) Les zones avec contacts sable-argile. Ce sont les zones à substrat d'argile yprésienne

au sud, asschienne (bartonienne) au centre, rupélienne au nord-est. Dans la majeure partie de ces zones on mesure directement le contact entre le sable (ou le limon) quaternaire et l'argile tertiaire.

Toutefois dans chacune de ces zones les argiles tertiaires plongent vers le nord sous des sables tertiaires: l'argile yprésienne (Yc) sous le sable yprésien (Yd), l'argile asschienne (Asc) sous des sables asschiens (Asd) ou plus récents, l'argile rupélienne sous des sables néogènes.

De cette façon les contacts mesurés le long de la bordure nord de ces zones ne correspondent plus à des contacts entre sable quaternaire et argile tertiaire, mais à des contacts entre sable tertiaire et argile tertiaire. La couche sableuse supérieure comprend donc aussi bien des sables quaternaires que des sables tertiaires, qui ne se distinguent pas au point de vue de leur résistivité. Les mesures géo-électriques n'y indiquent donc pas directement l'épaisseur des dépôts quaternaires. La délimitation des zones où l'application des mesures géo-électriques pour la détermination de l'épaisseur du Quaternaire est douteuse ou impossible est basée sur des arguments géométriques. Dans ces zones les contacts deviennent d'ailleurs systématiquement plus profonds en direction nord.

Par contre le long de la bordure sud de ces zones les résistivités mesurées pour les couches inférieures tendent à augmenter. Ceci s'explique par le fait que les couches argileuses tertiaires se terminent en biseau vers le sud et réagissent moins nettement au point de vue géo-électrique. La résistivité de la couche inférieure tend vers une valeur intermédiaire entre celle de l'argile (asschienne ou rupélienne) et celle du complexe argilo-sableux sous-jacent (lédo-wemmélien ou rupélo-tongrien).

- 4) Les zones avec contacts sable-complexe argilo-sableux. Ce sont les zones sur:
 - a) le complexe argilo-sableux comprenant l'Yprésio-Panisélien et le Lédo-Wemmélien;
 - b) le complexe argilo-sableux entre l'argile asschienne et l'argile rupélienne, comprenant l'Asschien supérieur, le Tongrien et le Rupélien inférieur.

Le substrat tertiaire s'y compose d'une alternance de sable plus ou moins fin et argileux, d'argile sableuse et d'argile et se trouve sous une épaisseur variable de matériaux quaternaires généralement sableux. Divers niveaux plus ou moins argileux se détectent dans ces complexes par voie géo-électrique. Certains de ces niveaux peuvent être lenticulaires, d'autres sont ravinés par l'érosion quaternaire. Les résultats des mesures géo-électriques sont souvent divergents, p.ex. sur le Panisélien inférieur, où le faciès argilo-sableux P1c se détecte aussi bien que le faciès argileux P1m. La même situation se présente au nord-est entre la bande de l'argile aschienne et celle de l'argile rupélienne, où les contacts détectés appartiennent vraisemblablement à divers niveaux argileux intermédiaires. Parfois même le Lédopanisélien est suffisamment argileux pour être décelé. Le maximum de complications se présente dans la région brugeoise où l'on détecte tantôt le Lédien, tantôt le Panisélien argileux supérieur, correspondant probablement à un faciès argileux entre le P1d et le P2, tantôt le Panisélien inférieur (P1c ou P1m) voire même l'Yprésien (Yd ou Yc). Dans cette région les isopaques du sable supérieur ont été tracées par simple interpolation.

En général, dans toutes ces zones à substrat argilo-sableux, l'interprétation est toujours malaisée. Il n'y a pratiquement jamais de certitude que le sable supérieur se compose exclusivement de sable quaternaire.

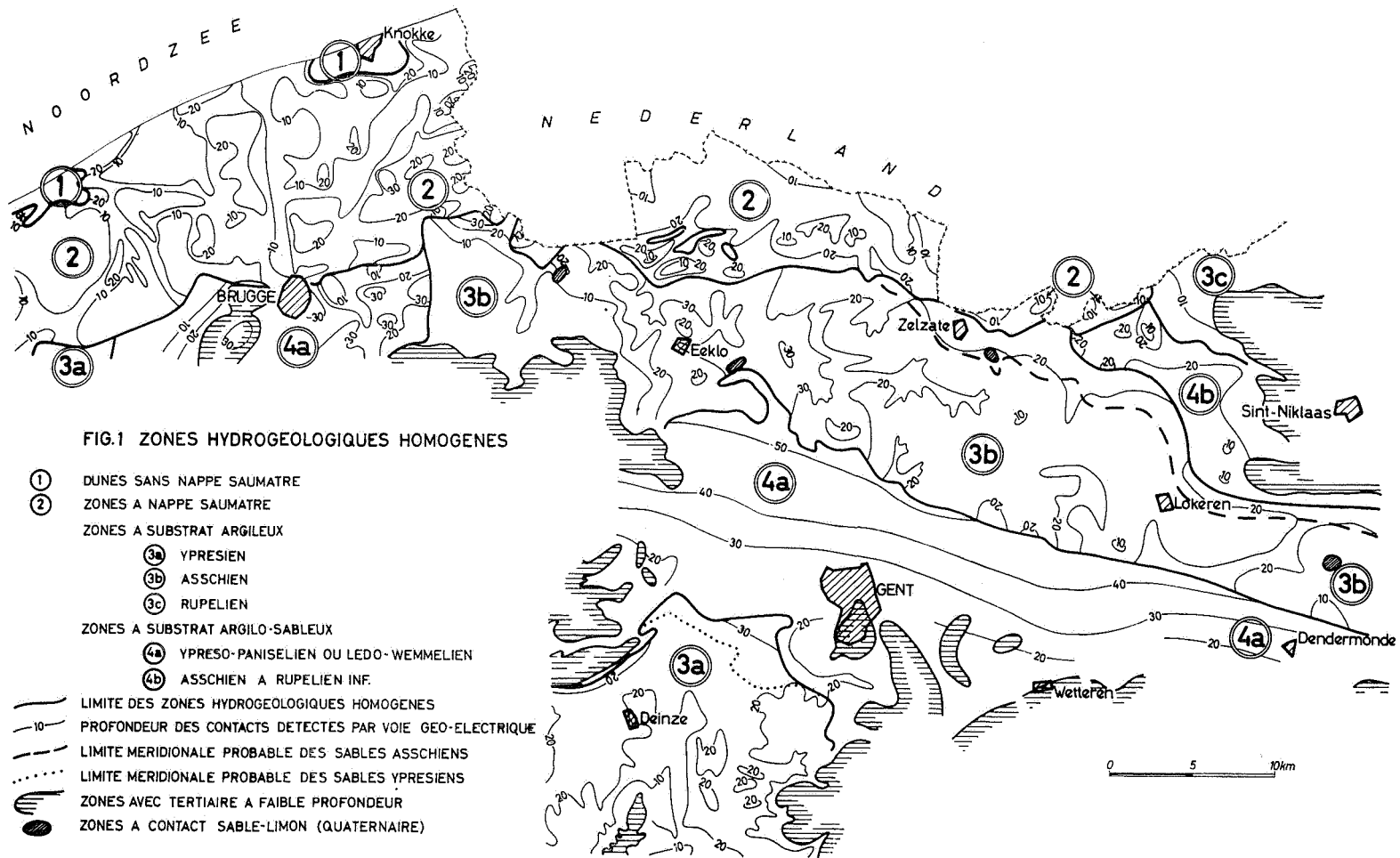
Dans de nombreux cas toutefois l'épaisseur du sable supérieur est trop considérable pour correspondre à celle des sables quaternaires seuls, p.ex. dans la zone panisélienne entre Termonde et Zomergem, où le faciès sableux P1d est nettement développé. Les contacts y apparaissent à plus de 40 m et même à plus de 50 m au nord, entre 30 et 40 m au centre et à moins de 30 m au sud. Dans ce dernier cas le contact peut être le contact Tertiaire-Quaternaire, mais encore une fois sans aucune certitude, sauf pour des contacts peu profonds (moins de 10 m).

En conclusion on peut admettre que la méthode des sondages géo-électriques est toujours intéressante au point de vue hydro-

géologique, où l'on recherche en premier lieu l'épaisseur des couches aquifères sableuses phréatiques, indépendamment de leur âge, et la profondeur où apparaissent des nappes saumâtres. Au point de vue géologique toutefois, et au point de vue du Quaternaire en particulier, la méthode est surtout intéressante dans les zones où le Quaternaire, sableux ou même limoneux, repose directement sur le Tertiaire argileux. Le contact Quaternaire-Tertiaire s'y mesure aisément et les erreurs d'interprétation n'y dépassent guère 10%. Les isohypses du sommet du Tertiaire peuvent y être tracées aisément de même que les isopaques du Quaternaire. Bien entendu des forages de contrôle restent nécessaires. Par contre les zones où les prospections géo-électriques donnent des résultats douteux, doivent être étudiées par forages. Des essais de pénétration ont été effectués dans des zones, mais malheureusement les couches détectées le plus nettement par cette méthode sont précisément celles qui se détectent le plus aisément par voie géo-électrique, notamment les couches argileuses. Les essais de pénétration indiquent quelquefois le gravier de base du Quaternaire, quand il est suffisamment développé. Cette méthode garde cependant toute sa valeur dans les zones à eaux saumâtres pour distinguer les discontinuités lithologiques là où les mesures géo-électriques ne détectent que les variations de salinité.

Même dans les diverses zones où elles ne donnent que des résultats douteux au point de vue géologique, les méthodes géo-électriques procurent cependant encore assez d'indications pour permettre une localisation judicieuse des forages.

Dans les zones où le Tertiaire se trouve à faible profondeur les méthodes géo-électriques sont peu rentables au point de vue géologique, mais gardent toute leur valeur au point de vue hydrogéologique. Aussi le nombre de mesures effectuées dans de telles conditions reste-t-il relativement minime, la prospection par forages étant préférable. Exception à cette règle doit être faite pour la région brugeoise, où même dans les zones où le Tertiaire se trouve à faible profondeur, les mesures géo-électriques ont été effectuées



pour détecter des variations de faciès dans le Tertiaire.

3. Relief du sommet des formations tertiaires

Pour la région étudiée toutes les données existantes ont été compilées et confrontées avec les données de la prospection géo-électrique et des forages effectués par le Centre (environ 2000 sondages géo-électriques et 130 forages).

De cette façon il a été possible de dresser une carte des isohypses du sommet des formations tertiaires (fig. 2). Cette carte est beaucoup plus précise dans les zones où la méthode géo-électrique peut être employée. Pour les autres zones les tracés ont été interpolés et basés sur les résultats de forages. L'exactitude des tracés y est de loin inférieure. La carte a été complétée pour certaines régions de collines où le Tertiaire se trouve à faible profondeur.

L'établissement d'un tel document reflète l'état de nos connaissances à une date précise, dans ce cas le 1^{er} janvier 1969. Toutefois le document fournit déjà une vue assez détaillée de la morphologie du fond de la Vallée Flamande. Cette vallée présente un fond relativement plat, oscillant généralement autour de la cote -10^* . Ce fond plat est entaillé par un système de chenaux plus profonds, descendant sous la cote -15 ou même -20 . D'autre part ce fond plat se raccorde par des glacis en pente douce aux collines limitrophes : la zone d'Oedelem-Zomergem-Maldegem, la zone d'Aalter-Bellem-Vinkt, le Pays de Waas, les collines de l'interfluve Lys-Escaut se terminant au nord de Kruishoutem, la zone à l'est et au sud de l'Escaut, les buttes-témoins de Gand, de Laarne et de Heusden. Certaines apophyses pénètrent à l'intérieur de ces régions de collines, e.a. la dépression du canal Gand-Bruges, les nombreuses vallées tributaires du Bas-Escaut entre Gand et Termonde,

dont les fonds actuels s'emboîtent dans des dépressions pléistocènes généralement beaucoup plus importantes. Souvent ces régions de collines à couverture quaternaire mince dominant la Vallée Flamande et ses glacis périphériques par un escarpement fort net, p.ex. au sud du Pays de Waas et à l'est de l'Escaut en amont de Gand.

La zone à fond plat de la Vallée Flamande est limitée à l'ouest par une ligne correspondant approximativement au tracé du Canal de dérivation de la Lys entre Nevele et Damme au sud par le pied des collines de Kruishoutem, au sud-est par le cours actuel de l'Escaut, à l'exclusion des buttes témoins de Gand, Heusden et Laarne et de leurs environs, au nord-est par une ligne partant de Stekene vers Waasmunster et suivant ensuite la Durme et l'Escaut vers l'est.

Le système des chenaux profonds comprend trois branches principales convergentes : une première débouche de la plaine de la Lys, une deuxième de la plaine du Haut-Escaut, une troisième provient de la plaine du Rupel, serpente au sud du Pays de Waas en direction de Gand, mais s'incurve vers le nord-ouest avant d'atteindre la ville. Les deux premiers chenaux se réunissent à l'ouest de Gand en un chenal unique qui ensuite continue en direction nord vers Evergem et Sleidinge où s'y rattache le chenal venant de l'est. Au nord de Sleidinge la partie aval commune de ce système de chenaux s'élargit et s'approfondit considérablement jusque sous la cote -25 . Les trois embranchements semblent correspondre à un creusement fluvial, le tronçon d'aval à un creusement d'estuaire. Ce sont essentiellement ces chenaux qui sont comblés par des sédiments dits émiens, grossiers, graveleux, fossilifères. Cet estuaire semble déboucher et continuer sous la plaine maritime actuelle, où le fond tertiaire ne s'atteint souvent que vers la cote -25 , -30 ou même -35 .

L'encadrement de la Vallée Flamande correspond à l'affleurement de couches relativement résistantes : à l'ouest et au sud de Gand l'Yprésé-Panisélien argilo-sableux à armature de couches gréseuses, au nord-ouest l'argile asschienne et au nord-est l'argile rupélienne.

* Par rapport à la cote 0 d'Ostende de l'Institut Géographique Militaire.

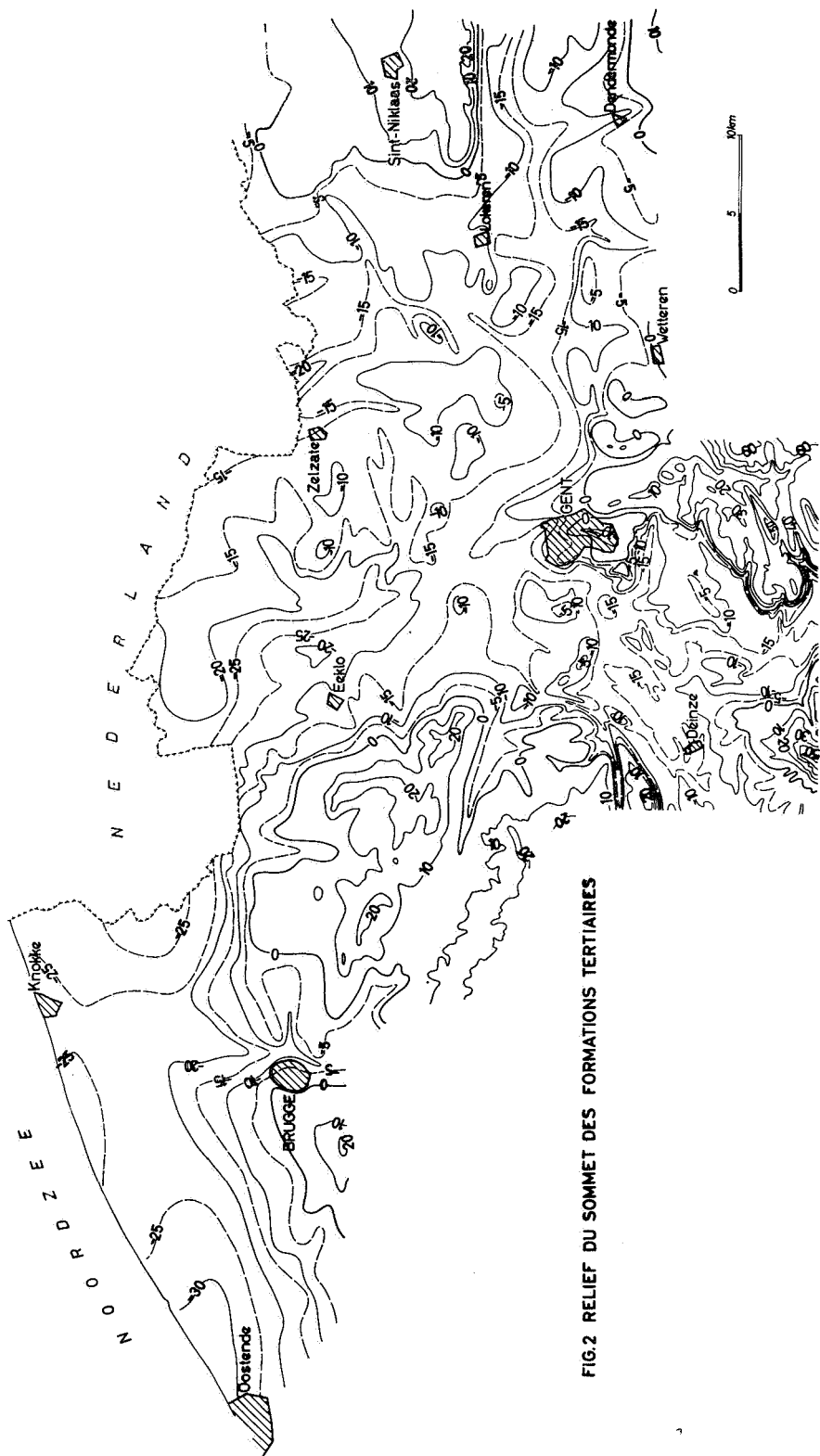


FIG.2 RELIEF DU SOMMET DES FORMATIONS TERTIAIRES

Entre Gand et Termonde ce rebord est beaucoup moins net, le substrat résistant plongeant vers la Vallée Flamande.

Dans leur prolongement à l'intérieur de la Vallée Flamande ces couches relativement résistantes semblent influencer la morphologie du fond de la vallée. Elles y correspondent à des hauts-fonds et déterminent ainsi le cours des chenaux profonds qui s'incurvent localement avant de percer ces zones de hauts-fonds. Un de ces hauts-fonds s'étend de Landegem vers Tronchiennes (DE MOOR, 1964) et est percé par le chenal formé par la confluence des chenaux de la Lys et du Haut-Escaut. Une seconde ligne de hauts-fonds s'esquisse entre Termonde-Lochristi-Evergem-Waarschoot; elle correspond au dégagement du front de l'argile asschienne. Elle se raccorde aux collines de Zomergem à l'ouest et de Buggenhout à l'est. Ce n'est qu'au nord de cette ligne de hauts-fonds que s'élargit l'estuaire profond déjà mentionné.

4. Conclusion

Le résultat géologique principal de ces études a été de fixer le cadre géométrique du Pléistocène des Flandres. Restent la prospection détaillée de ce cadre et l'étude stratigraphique des sédiments qui le combrent. Ici à nouveau la prospection géo-électrique détaillée peut fournir des indications importantes. En effet dans le Quaternaire sableux ou limoneux, même saturé d'eau, les résistivités peuvent encore fortement varier, notamment entre 25 Ω m et plus de 100 Ω m. Les valeurs peuvent même atteindre 1000 Ω m pour des sables secs. En quelques endroits isolés des contacts sable-limon ont été détectés, là où des sables grossiers et/ou secs contrastent suffisamment avec les limons sous-jacents. L'étude de ces variations de résistivité et des contacts qu'elle permet de déceler, peut encore largement contribuer à la solution des problèmes stratigraphiques dans le Quaternaire des Flandres et à la cartographie de ces formations.

BIBLIOGRAPHIE

- DE BREUCK, W. et DE MOOR, G. (1962). Premiers résultats d'une prospection électrique dans la Vallée Flamande. *Bull. Soc. belge Géol. Paléont. Hydrol.*, **71**, 518-543.
- DE BREUCK, W. et DE MOOR, G. (1967). Een Paniseliaan-ontsluiting op het strand te Wenduine? *Natuurwet. Tijdschr.*, **49**, 229-234.
- DE MOOR, G. (1960). De depressie van het Kanaal Gent-Brugge. *Tijdschr. Belg. Ver. Aardrijksk. Stud.*, **29**, 283-319.
- DE MOOR, G. (1963). Bijdrage tot de kennis van de fysische landschapsvorming in Binnen-Vlaanderen. *Tijdschr. Belg. Ver. Aardrijksk. Stud.*, **32**, 329-433 (Verhandeling n° 13).
- DE MOOR, G. (1963). *Bijdrage tot de kennis van de Vlaamse Vallei*. Gent, Geologisch Instituut, Rijksuniversiteit Deel I (172 p.), Deel II (72 krt. en fig. + 126 p.) (onuitgegeven doctoraatsverhandeling).
- DE MOOR, G. et DE BREUCK, W. (1964). Geoelektrisch onderzoek bij de geologische overzichtskartering van West-Vlaanderen. *Natuurwet. Tijdschr.*, **46**, 215-240.
- DE MOOR, G. et DE BREUCK, W. (1969). De freatische waters in het Oostelijk Kustgebied en in de Vlaamse Vallei. *Natuurwet. Tijdschr.*, **51**, 3-76.
- DE NECKER, J. (1968). *Bijdrage tot de kennis van de morfogenese van de Depressie van Lichtervelde*. Gent, Geologisch Instituut, Rijksuniversiteit (onuitgegeven licentiaatsverhandeling).
- GERMIS, A. (1968). *Geomorfologische studie van het Bekken van de Molenbeek (Melle)*. Gent, Geologisch Instituut, Rijksuniversiteit (onuitgegeven licentiaatsverhandeling).
- HEYSE, I. (1967). *Geomorfologische studie van de zuidrand van de Heuvelrij Oedelem-Zomergem*. Gent, Geologisch Instituut, Rijksuniversiteit (onuitgegeven licentiaatsverhandeling).
- JACOBS, P. (1968). *Geologie en geomorfologie van de zuidrand van de Vlaamse Vallei tussen Destelbergen en Kalcken*. Gent, Geologisch Instituut, Rijksuniversiteit (onuitgegeven licentiaatsverhandeling).
- MARECHAL, R., DE MOOR, G. et VERMEIRE, R. (1961). Geologie, in: *Survey voor het streekplan Gent, Land van Waas, Meetjesland en Vlaamse*

- Ardennen*. Gent, Geologisch Instituut, Rijksuniversiteit.
- MARECHAL, R., DE BREUCK, W., DE MOOR, G. et VERHEYE, W. (1964). Geologie, in: *Survey van West-Vlaanderen*. Gent, Geologisch Instituut, Rijksuniversiteit.
- MARECHAL, R., DE BREUCK, W. et DE MOOR, G. (1967). Prospection géo-électrique dans la Région Côtière et dans la Vallée Flamande. *La Tribune du Cebedeau*, **20**, 328-334.
- RUMES, A. (1968). *Geologisch onderzoek van het westelijk Land van Waas*. Gent, Geologisch Instituut, Rijksuniversiteit (onuitgegeven licentiaatsverhandeling).
- TAVERNIER, R. (1946). L'évolution du Bas-Escaut au Pléistocène supérieur. *Bull. Soc. belge Géol. Paléont. Hydrol.*, **55**, 106-125.
- TAVERNIER, R., DE BREUCK, W. et DE MOOR, G. (1967). Geo-elektrisch onderzoek in de omgeving van Lessines. *Med. Kon. Acad. Wet. Lett. Sch. K. België, Kl. W.*, **29**, n° 11.

Communication présentée le 21 janvier 1969.