50376
1979
178

N° d'ordre: 786

50376
1979
178

THESE

présentée à

L'UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES
DE LILLE

pour obtenir le titre de

DOCTEUR DE TROISIEME CYCLE

MENTION GEOLOGIE APPLIQUEE

par

François-Xavier MASSON

BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE
Section de SCIENCES
LILLE

RECHERCHE SUR LES SOLS ET LEUR CARTOGRAPHIE DANS LA PLAINE MARITIME DES WATERINGUES DU NORD ET DU PAS-DE-CALAIS

Soutenue le 26 Novembre 1979, devant la COMISSION D'EXAMEN

MM	P. CELET	Président
	J. SOMMÉ	Rapporteur
	J. MAUCORPS	Examinateur
	J.L. DEVILLERS	Examinateur
	C DELATTRE	Examinateur

4 ex

SCD LILLE 1
D 030 305732 2

R E M E R C I E M E N T S

Je remercie Monsieur DERET, Ingénieur Général
Messieurs P. VIGREUX, C. TETART et P. BACHERE
qui, successivement Chefs du S.R.A.E.
approuvèrent l'idée et l'utilité
d'une étude générale des sols
des Wateringues du Nord et du Pas-de-Calais.

J'exprime ma gratitude à
Monsieur le professeur P. CELET
qui a accepté de superviser
ce travail
et plus particulièrement à
Messieurs J. SOMME, G. LAPORTE
qui m'ont apporté leur soutien
pour le travail de terrain et
l'interprétation des données
Messieurs MAUCORPS, J.L. DEVILLERS et C. DELATTRE
qui ont accepté d'examiner ce travail

Je remercie enfin
Monsieur A. MULLER
pour ses conseils en tant que
Topographe.

INTRODUCTION.

La Plaine Maritime des Wateringues du Nord et du Pas-de-Calais forme une unité morphologique bien distincte des autres secteurs de la Région Nord. Elle constitue l'extrémité d'un ensemble de formations marines Holocènes, le long de la Mer du Nord, s'étendant de l'Allemagne jusqu'à Sangatte.

Avant de faire l'exposé de nos recherches sur les sols de la Plaine Maritime et les dépôts qui les composent, il est intéressant de rappeler que cette région a déjà été étudiée par différents auteurs. C'est dans la région de Calais que G. Dubois (1924) définit les assises de Calais et de Dunkerque, éléments de l'étage Flandrien. A. Briquet en 1930, se consacre à l'étude morphologique du littoral. Auparavant, R. Blanchard (1906) décrivit cette région dans le cadre d'une étude géographique plus large. Plus récemment, J. Sommé (1975) fait dans son étude "Les plaines du Nord de la France et leur bordure", une excellente mise au point à partir des connaissances acquises, tant du côté Belge que Français, et redéfinit les termes de l'Assise de Calais et de l'Assise de Dunkerque.

Outre ces oeuvres magistrales, plusieurs auteurs ont étudié, chacun par partie, plusieurs zones ou aspects de la Plaine : H. Debray (1872-1873-1874-1875-1876), R. Paepe (1960), Bruyelle P. (1967), Cabal M. (1967-1970-1973), B. Delhuille (1970), J. Servant et J.P. Barthes (1972), J. Servant et B. Naert (1972), J. Servant (1973).

Après tant d'études menées d'aussi longue date, et souvent de façon si précise qu'il est toujours possible de retrouver les données élémentaires correspondant aux levés de terrain, et de les corréler avec les données actuelles, il convient de penser à l'opportunité et au but d'une étude supplémentaire sur cette région.

Opportunité de l'étude.

Comme le montraient les travaux de prédécesseurs et les nombreux entretiens et visites sur le terrain avec Mr J. Sommé, un certain nombre de questions d'ordre stratigraphique et chronologique restaient à résoudre. Ces inconnues étaient liées à un inventaire insuffisamment détaillé et non systématique de la Plaine. Les études souvent sectorielles n'en donnaient pas une image complète. A cela s'ajoute le plus souvent la difficulté d'en percevoir les éléments uniquement par sondage, dans une région où chaque alluvionnement est venu masquer la surface précédente.

Buts de l'étude.

L'idée initiale qui présidait ce travail était la connaissance des sols de la Plaine Maritime de Wateringues. Aussi la préoccupation pédologique était et est restée constante tout au long de cette étude. Cependant, plus que partout ailleurs, les sols ne peuvent se comprendre dans cette région qu'après une étude géologique et géomorphologique détaillée. Et beaucoup de pédologues qui appuient explicitement ou implicitement leur cartographie sur la géologie ou la géomorphologie, ne contrediront pas cette affirmation.

Mais il ne s'agissait pas en l'occurence de faire un simple relevé des sols en s'appuyant sur des sciences annexes pour la circonstance, mais bien d'étudier un sol sédiment où une nouvelle genèse trop récente ne pouvait en aucun cas effacer les caractères propres aux dépôts, ni opérer une uniformisation des sols.

Orientation de l'étude.

Dès lors que la distinction des différents dépôts induit celle des sols, l'étude pédologique de la Plaine Maritime devait mettre l'accent obligatoirement sur l'aspect stratigraphique de celle-ci ; au relevé des caractères pédologiques devait s'ajouter celui des caractères sédimentologiques. La nature et les caractères des sols étant fonction de ceux hérités par chaque dépôt, l'espace occupé par ces dépôts doit être appréhendé afin d'en déduire la répartition des différentes variétés de sol.

Cette réflexion détermine l'orientation de l'étude, qui devient :

- géologique : connaissance des faciès des différentes assises ;
- géomorphologique : modelé et agencement des dépôts dans l'espace tridimentionnel.

Il s'ensuit que cette étude aborde obligatoirement les aspects sédimentologiques, lithostratigraphiques et chonostratigraphiques de l'unité géomorphologique constituée par la Plaine Maritime.

Choix des méthodes d'étude des sols.

L'orientation de l'étude étant déterminée par la nature des sols, il convient de choisir des méthodes d'appréhension de ces sols alliant le souci du géologue, celui du géomorphologue, du pédologue et d'autres démarches complémentaires éventuelles dont l'utilité ne serait pas apparue au premier abord.

C'est ainsi que nous nous sommes orientés vers une méthode de recensement systématique et analytique des caractères du sol. Cette méthode dont les fondements ont été établis par G. Laporte en 1976, dans un ouvrage non publié, intitulé "Méthodologie de la prospection pédologique des terrains quaternaires", correspond parfaitement aux besoins de la recherche et des études appliquées dans la Région Nord-Pas-de-Calais.

En effet, celle-ci comprend de nombreuses plaines alluviales quaternaires dont la complexité n'est plus à démontrer, et où l'absence de reliefs ne permet pas de repérer d'emblée les éléments morphologiques (Wateringues, Lys, Escaut, Scarpe, etc...).

La méthode préconisée par G. Laporte, appelée encore "Méthode des Coupes", permet à partir d'une répartition régulière des lieux d'observation, et un relevé analytique des caractères du sol, de restituer des coupes où sont reportés les aspects sédimentologiques, stratigraphiques et géomorphologiques propres à ce genre de terrains. Cette méthode permet donc une cartographie fine des dépôts, même à très grande échelle, où sont rassemblés les éléments de la sédimentation, ajoutés à ceux provenant de l'évolution pédogénétique et constituant l'ensemble des caractères du sol.

Intérêt général de la "Méthode des coupes".

Outre les plaines alluviales récentes dont nous avons parlé précédemment, d'autres terrains sont concernés par la "méthode des coupes". Ainsi, de nombreux dépôts tertiaires correspondant à une sédimentation marine souvent complexe, présentant une surface actuelle ne reflétant pas les variations de faciès ; ces terrains ne peuvent être appréhendés à partir de leur modelé.

Egalement dans tous les autres terrains où une morphologie apparente laisse présumer les formations et les sols en présence, une méthode de levé systématique peut s'avérer adaptée.

En effet, la genèse des sols actuels, leur conférant une apparente uniformité, correspond à une morphologie souvent fonction du Dernier Glaciaire et des conditions climatiques propres à l'actuel interglaciaire. Cette relation originelle des caractères d'évolution climatique des sols et de la morphologie, ayant souvent le même point de départ dans le temps, conduit essentiellement à retrouver les mêmes caractères sur les modelés de même type. De cette façon, l'on fait abstraction des morphologies antérieures discordantes, des climats et des durées d'évolution différentes.

Citons deux exemples où ces phénomènes sont mis en évidence par la méthode des coupes :

- Carte au 1/20 000 levée par le service de cartographie des sols de l'Aisne, dans la région d'Audruicq (Cf ANNEXE I) dans une zone marquée sur la carte géologique 1/50 000 de Guines comme limon Pléistocène, on observe sur les coupes l'interruption de l'horizon Bca correspondant vraisemblablement à un réaménagement des limons et à des évolutions successives.

- Carte au 1/28 000 du Périmètre de Méteren au sondage 13 A 12-I8, où il apparaît dans la coupe, la présence de sables provenant d'une lentille interstratifiée dans les argiles tertiaires, mais non mise en évidence par le modelé actuel (Cf ANNEXE II).

Ces exemples montrent bien que les accidents dans la formation des sols ne sont pas identiques en tout point, et leur confère une histoire locale et donc une identité locale.

A une conception statique des sols, il convient donc de substituer une conception dynamique, chaque cycle d'évolution morphopedogénétique reprenant et se superposant à d'autres cycles d'évolution.

Cette répétition en cycles de recouvrements successifs est courante dans la plaine maritime, où les sols correspondant à des phases d'exondation peuvent servir de niveaux repères stratigraphiques. Ceci justifie donc l'emploi de la méthode préconisée (I).

Intérêt de l'étude.

La cartographie des sols de cette région de sédimentation récente, ne pouvait voir le jour qu'au travers d'une étude du Flandrien Supérieur: Assise de Dunkerque et partie terminale de l'Assise de Calais.

(I) Méthodologie de la prospection pédologique des terrains quaternaires.

L'intérêt d'une telle étude, outre les questions pratiques concernant l'agronomie, la géotechnie, l'hydraulique des sols, etc... induites par le repérage des différents dépôts, réside dans la remise en cause : des subdivisions des différentes assises, des systèmes de cordons correspondants, et de la précision de l'extension de chaque formation, en résumé de la géologie de la Plaine.

Dans ces perspectives a été entreprise une cartographie générale au 1/50 000 dans la partie occidentale plus complexe d'une part (région de Calais-Ardres), et au 1/100 000 sur le restant des Wateringues (cf ANNEXE III) : zonation des levés au 1/50 000 et 1/100 000.

Les cordons côtiers actuels et subactuels appartenant à la période historique ont été négligés. En effet, ces zones sont souvent urbanisées, ce qui rend la prospection difficile, d'autre part, elles ont été étudiées auparavant avec une très grande précision par A. Briquet (1930) et R. Blanchard (1906). La zone des Moëres et de Ghyvelde a été également exclue en raison de moyens matériels limités.

Plan de l'Etude.

Cette recherche sur les sols et leur cartographie dans les Wateringues entraîne des considérations d'ordre méthodologique, et donc nous exposerons les problèmes de la méthodologie du levé dans une première partie. Seront également abordés les modèles de représentation et d'expression des résultats de la prospection.

Une deuxième partie comprendra un aperçu géographique, morphologique et géologique de la région concernée.

Elle se poursuivra dans une troisième partie par l'exposé des résultats de la prospection, l'analyse stratigraphique des différents dépôts de la plaine et la caractérisation de ces dépôts. Les phénomènes pédogénétiques seront rapportés dans la mesure où ils sont contemporains d'une phase d'exondation prolongée.

Enfin, une dernière partie sera consacrée aux problèmes généraux de la stratigraphie de la plaine.

I. LA METHODOLOGIE

Les Fondements de la méthode utilisée pour l'Etude des sols de la Plaine des Wateringues ont été préconisés et mis au point par G. LAPORTE (1974). Cette méthode telle que nous allons l'expliquer convient particulièrement aux zones de marais littoraux où les données géologiques imprécises et l'absence de relief rendent difficile à priori la distinction des variations de sols.

1. METHODES DE LA PROSPECTION.

Les motivations d'une prospection de sol sont des plus diverses :

- connaissance générale des sols ;
- paramètres de l'aménagement hydraulique ;
- géotechnie ;
- agronomie, etc.

Les phénomènes pris en compte lors des prospections sont nombreux et variés et la densité des observations ainsi que l'épaisseur de la tranche prospectée dépendent de l'objectif visé.

On peut concevoir un lever particulier pour chaque problème à résoudre, cependant les observations de terrain sont longues et couteuses. La solution qui s'impose alors est un type de prospection évitant les répétitions et permettant une utilisation multiple des données de terrain.

Il convient donc d'organiser cette dernière pour d'une part localiser les points de sondage, et d'autre part assurer une répartition aussi égale que possible des observations.

1.1. Les Réseaux de prospection.

1.1.1. Généralités.

Beaucoup de documents pédologiques sont établis suivant un réseau irrégulier d'observations. Cette méthode se justifie s'il s'agit d'une simple vérification de données connues préalablement. Dans ce cas, il y a subordination systématique de la prospection, démarche originale mettant en évidence les caractères du sol, à diverses réflexions préalables d'ordre géologique, géomorphologique, topographique, etc... Cependant, dans de très nombreux cas, les caractéristiques des sols et leur extension ne sont connues que par les données relevant des points d'observation et les limites pédologiques ne sont appréhendées que comme le demi intervalle entre deux points.

Cette indétermination systématique ne peut être réduite qu'en multipliant les lieux de sondage.

1.1.2. Principe du réseau régulier.

La multiplication rationnelle des sondages ne peut se faire que selon un principe statistique, c'est-à-dire une grille ou autrement dit un réseau régulier.

Au sujet de ce dernier, G. Laporte y voit plusieurs avantages :

- "Il répartit d'une manière homogène les indéterminations.
- Il permet d'effectuer des coupes suivant plusieurs directions. Celles-ci montrant les incidences de divers phénomènes, peuvent entre autres usages, servir à résoudre les indéterminations.
- Il permet une organisation rationnelle de la prospection et une exploitation logique des données.
- Il est lui-même l'objet de définitions précises qui en font un instrument rigoureux".

(G. Laporte - Méthodologie Chap. I - 1974).

1.1.3. Notion de comptabilité des réseaux.

L'usage des réseaux réguliers permet en multipliant le nombre des sondages, de réduire systématiquement l'indétermination au fur et à mesure des étapes de la cartographie.

Une première étape correspondra par exemple à la planification des travaux dans une région, la deuxième à leur mise en oeuvre.

Pour que les observations faites au cours de la première étape servent aux suivantes, il faut que les réseaux soient compatibles entre eux.

1.1.4. Matérialisation des réseaux par un carroyage.

1.1.4.1. Le carroyage.

La régularité du réseau est obtenue par le carroyage des fonds topographiques. Celui-ci découpant les surfaces étudiées en carreaux de même dimension au centre desquels seront effectuées les observations. Le carroyage kilométrique Lambert sert de base et assure l'homogénéité du découpage.

1.1.4.2. L'unité élémentaire du carroyage.

L'unité de base en cartographie pédologique est l'hectare représentée par un cm2 de carte à l'échelle de 1/10 000.

Cette unité sera divisée en quatre quadrants pouvant permettre éventuellement une approche plus fine de la connaissance des caractères des sols.

Toutefois, toutes ces possibilités ne seront pas toujours utilisées, en effet, une limite à l'accroissement de la densité du réseau apparaîtra généralement bien avant que tous les carreaux ne soient remplis, seules seront étudiées plus à fond les zones les plus complexes. Ce qui donne au système une grande souplesse et permet ainsi des économies de sondages.

1.1.5. Les réseaux de prospection compatibles entre eux.

A partir des cartes carroyées, les réseaux compatibles entre eux peuvent se définir de la manière suivante, un plan de sondage régulier comprend une observation ; toutes les n lignes et n colonnes séparées entre elles par une distance m ou leur nombre de carrés, valeur de la maille, et donnant l'indice de couverture 1/M2 (l'unité cartographique en pédologie est le cm2 de la carte, pour que cette dernière soit d'une facture convenable, il convient que l'unité centimétrique reflète dans son ensemble les caractères du sol. Divers organismes ont énoncé à ce sujet des normes définissant le nombre d'observations/cm2. Cela revient à donner un nombre d'observations/km2 ou à l'ha, constituant un indice de couverture).

L'on peut doubler le réseau en effectuant une observation supplémentaire au milieu de chaque carré délimité par quatre points contigus du réseau précédent.

On obtient de nouveaux carreaux dont les directrices sont à 45° des précédentes, la maille = $mV2$ et la densité ou indice de couverture 2/m2.

Par doublements successifs, nous obtenons une suite de réseaux s'imbriquant les uns dans les autres et correspondant à différentes échelles.

A ce sujet, faisons une remarque sur la distinction de l'échelle intrinsèque qui correspond à un indice de couverture, et l'échelle de représentation qui dépendra des normes courantes des cartes ou des plans de travaux.

Sur le tableau suivant sont indiquées les normes de prospection définies par de tels réseaux ainsi que les échelles de représentation courantes.

1.2. Plans de prospection.

Généralités :

L'organisation de la prospection suivant des travaux réguliers et compatibles entre eux conduit à l'élaboration préalable de plans de prospection correspondant à un même réseau général.

La confection de ces documents oblige à prendre en considération divers problèmes :

1 - Le choix des fonds topographiques qui en forment le support.

2 - Le carroyage précisant les unités élémentaires.

3 - Le plan de sondage proprement dit.

1.2.1. Les documents cartographiques, base du plan de sondage.

1.2.1.1. Choix des documents.

Les documents utilisés couramment sont :

- La couverture I.G.N.
- Les photos aériennes.

Les cartes I.G.N. semblent plus intéressantes que les photographies pour l'établissement de ces plans. En effet, l'échelle est identique en tout point, ce qui n'est pas le cas des documents photographiques. D'autre part, elles sont couramment munies du système de coordonnées LAMBERT. Ces dernières servent de directrices au carroyage pédologique que nous utilisons.

De nombreux organismes utilisent la couverture I.G.N. sous diverses formes de découpage et à différentes échelles. Citons l'I.N.N.R.A., l'E.D.F., le B.R.G.M., le Service de Cartographie des sols de l'Aisne, etc... Nous avons cherché dans la mesure du possible, à adopter des méthodes conformes aux leurs.

1.2.1.2. La couverture générale de la France.

Le découpage au 1/50 000° est la base du système cartographique I.G.N. Les feuilles au 1/50 000° sont ensuite subdivisées de manière à obtenir des échelles plus grandes (1/25 000°, 1/10 000°, etc) tel qu'il apparaît sur la figure n° 1.

Présentement, pour mettre en place le système de repérage, nous avons besoin de feuilles au 1/50 000° comportant le carroyage kilométrique. Puis nous passons directement aux 1/16èmes de carte, à l'échelle du 1/10 000°, sur lesquels nous ferons apparaître le carroyage hectométrique.

1.2.2. Le carroyage des cartes.

L'organisation d'un plan de sondage part de la distinction d'unités élémentaires de terrain telles qu'elles ont été définies précédemment. Celles-ci représentent 1 Ha, soit 1 cm2 de carte au 1/10 000°. Pour les déterminer, nous utilisons les coordonnées LAMBERT dont les amorces de Carroyage kilométriques figurent sur les feuilles au 1/50 000° et les 1/16èmes au 1/10 000°.

Ce carroyage ne coïncide pas avec le découpage des feuilles au 1/50 000°. Ceci conduit à adopter une convention permettant de raccorder les lignes et les colonnes de carreaux qui chevauchent deux cartes, et oblige à se référer à des plans d'assemblage, de manière à se situer à la fois par rapport au carroyage et en référence aux différentes cartes utilisées.

Rappelons que la nomenclature adoptée pour définir la position des données pédologiques mentionne :

1 - le numéro de la carte au 1/50 000°
2 - le repérage du carreau kilométrique
3 - celui du carreau hectométrique
4 - le quart de ce dernier carreau.

FIGURE N° 1

DECOUPAGES SUCCESSIFS DE LA FEUILLE

AU 1/50.000°

<table>
<tr><td colspan="2">1 - 2

1/4

1/25.000</td><td colspan="2">3

1/8

1/10.000</td><td colspan="2">4</td></tr>
<tr><td>5 AB

1/16

1/10.000</td><td>6 AB</td><td>7A

1/32

1/10.000</td><td>7B</td><td>8A</td><td>8B</td></tr>
<tr><td>5 CD</td><td>6 CD</td><td>7C</td><td>7D</td><td>8C</td><td>8D</td></tr>
</table>

LEGENDE :

Exemple

Numéro de la carte obtenue par découpes successives de la feuille au 1/50.000° 3

Degré de la découpe 1/8

Echelle courante d'édition ..... 1/10.000°

SHS LILLE

1.2.2.1. Carroyage kilométrique (feuilles au 1/50 000°).

Nous avons adopté pour le repérage des feuilles au 1/50 000°, la numérotation en vigueur pour les cartes géologiques à la même échelle (Cf fig. n° 3). Cette numérotation en vigueur pour les cartes, comme l'écriture, se fait de gauche à droite et de haut en bas. On fait figurer le numéro de la carte tel que nous pouvons le voir sur la figure n° 2 présentant la feuille de CASSEL.

Sur cette figure, le carroyage kilométrique LAMBERT est mis en évidence. Les marges de droite et du bas sont coupées en bordure de carte pour permettre l'assemblage. Seule subsiste une marge de 2 cm, en haut et à gauche de la feuille, afin d'y figurer la nomenclature complète des carreaux kilométriques et diverses références utiles (cf. fig. n° 2).

La convention adoptée pour résoudre la question du chevauchement des éléments du carroyage précise qu'en abscisse la dernière colonne de carreaux partiels fait partie de la carte suivante et prend donc la notation 1. De même en ordonnée, la dernière ligne fait partie de la carte sous-jacente et prend la notation A.

Nous pouvons établir à l'aide des cartes au 1/50 000° ainsi préparées, un plan d'ensemble. Les feuilles étant émargées, comme nous l'avons vu plus haut, il est possible de les assembler provisoirement et de rendre au carroyage son unité. Ceci est facilité par la notation adoptée dans la marge et qui reprend en bas à gauche le numéro de la carte sous-jacente dont nous voyons apparaître la ligne A, en haut à droite le numéro de la carte supérieure. Le repérage des feuilles adjacentes latérales découle de la numérotation adoptée (Cf. fig. n° 3).

1.2.2.2. Le Carroyage hectométrique.

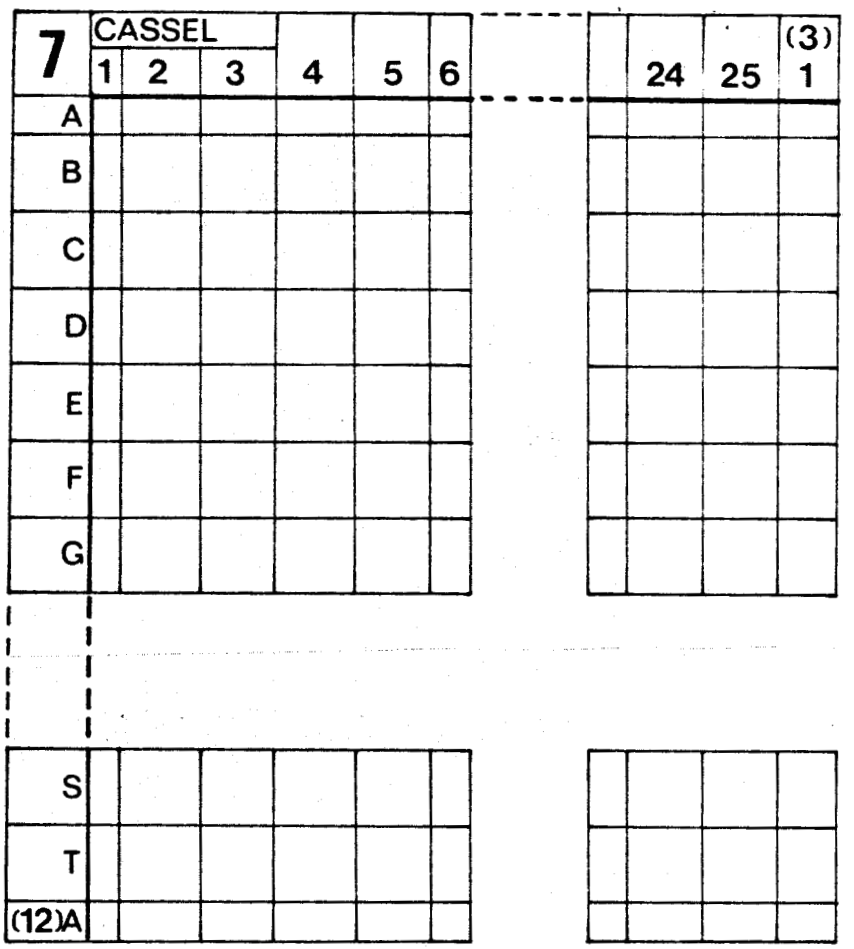
1.2.2.2.1. Carroyage et nomenclature des 1/16èmes.

En raison de l'échelle, seuls les 1/16èmes portent le carroyage hectométrique. Pour cette même raison, le plan de sondage sera matérialisé à cette échelle.

FIGURE N° 2

FEUILLE AU 1/50.000°

CARROYAGE KILOMETRIQUE



Légende : en haut à gauche : 7 = numéro de la feuille
: CASSEL = nom de la feuille

en abscisses de 1 à 25 } numérotations kilométriques
en ordonnées de A à T }

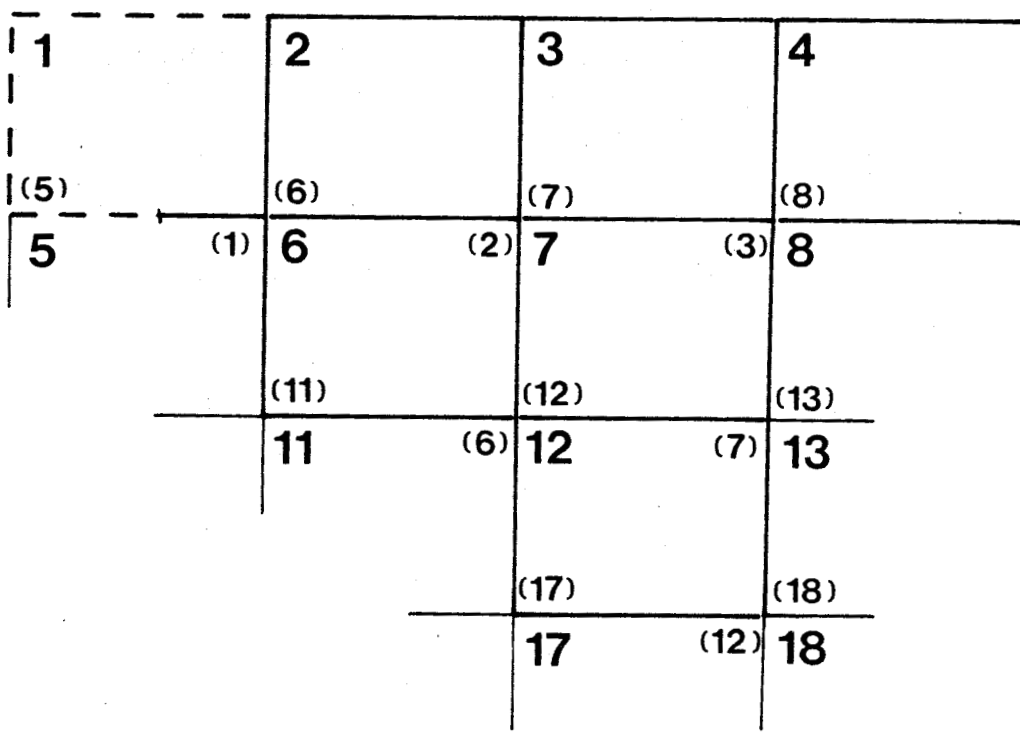
en haut à droite : (3) n° de la feuille sus-jacente
1 n° de la 1ère colonne de la feuille suivante

en bas à gauche : (12) n° de la feuille sous-jacente
A n° de la 1ère ligne de la feuille sous-jacente

BUS LILLE

FIGURE N° 3

ASSEMBLAGE ET NUMEROTATION
DES FEUILLES AU 1/50.000e
(REGION DES WATERINGUES)



BUS LILLE

Dans sa présentation, le 1/16ème reprend les notions indispensables au repérage des unités de terrain, c'est-à-dire le numéro de carte et la nomenclature du carroyage kilométrique (Cf. fig. n° 4). Par contre, celle propre aux carreaux hectométriques n'y figure pas. En effet, il est facile de les retrouver rapidement à l'intérieur d'un carreau kilométrique : soit de A à I en ordonnée et de 1 à 10 en abscisse. Il en est de même des quarts hectométriques qui, de gauche à droite, par lignes successives descendantes, suivent la numérotation 1 - 2 - 3 - 4. Cet ordre est noté sur la figure N° 4 au carreau kilométrique 7 A 2.

Ainsi, nous obtenons un repérage détaillé des éléments de surface qui servent de base à l'examen pédologique d'une région. Donnons un exemple : le point marqué d'une astérisque sur la figure n° 4 aura pour repérage complet : 7 - B 2 - E 3 - 3.

1.2.2.2.2. Plan d'assemblage.

La prospection et le plan de sondage se feront à l'échelle d'une région exclusivement à partir des 1/10 000° renseignés sur lesquels est reportée la nomenclature des feuilles au 1/50 000°. Ces dernières comme les 1/25 000° servent à se déplacer sur le terrain.

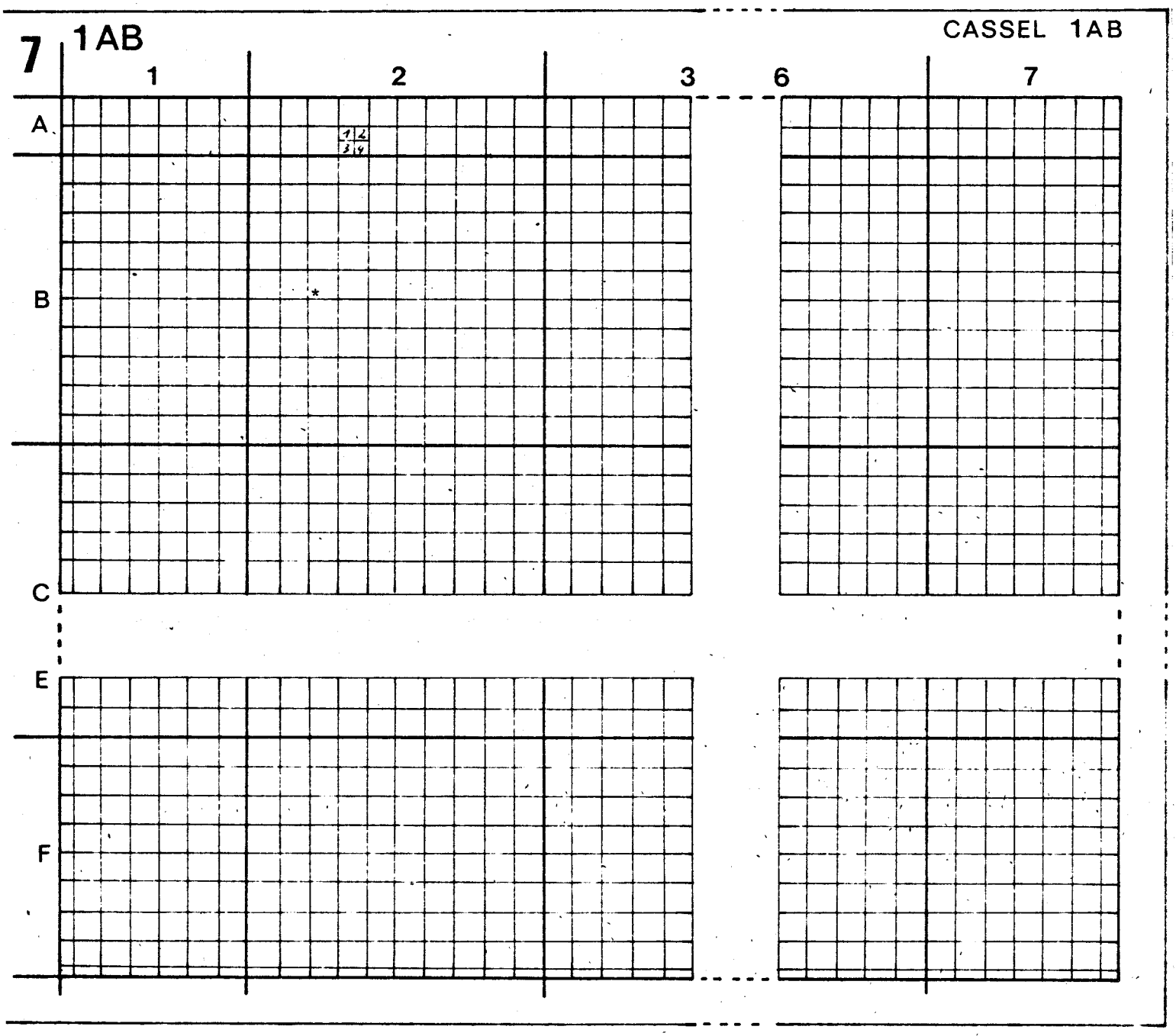
Le repérage d'un site se fera toujours au travers des 1/16ème ce qui nécessite un plan d'assemblage des différentes feuilles couvrant la région concernée. Pour les Wateringues, l'échelle choisie est le 1/50 000°.

Nous voyons figure 5 le schéma de ce plan. Le découpage des 1/50 000° apparaît en traits forts et les limites des seizièmes en traits fins. Les numérotations correspondantes figurent en haut et à gauche de chaque fraction de carte.

Ce plan d'assemblage sert à la fois de plan général des Wateringues et de répertoire.

FIGURE N° 4

CARROYAGE ET NOMENCLATURE DES 16èmes



Légende : en haut à gauche : 7 = numéro de la feuille au 1/50.000°
en haut à gauche : 1 AB = titre du premier 16ème

en ordonnée de A à F)
en abscisse de 1 à 7) numérotations kilométriques

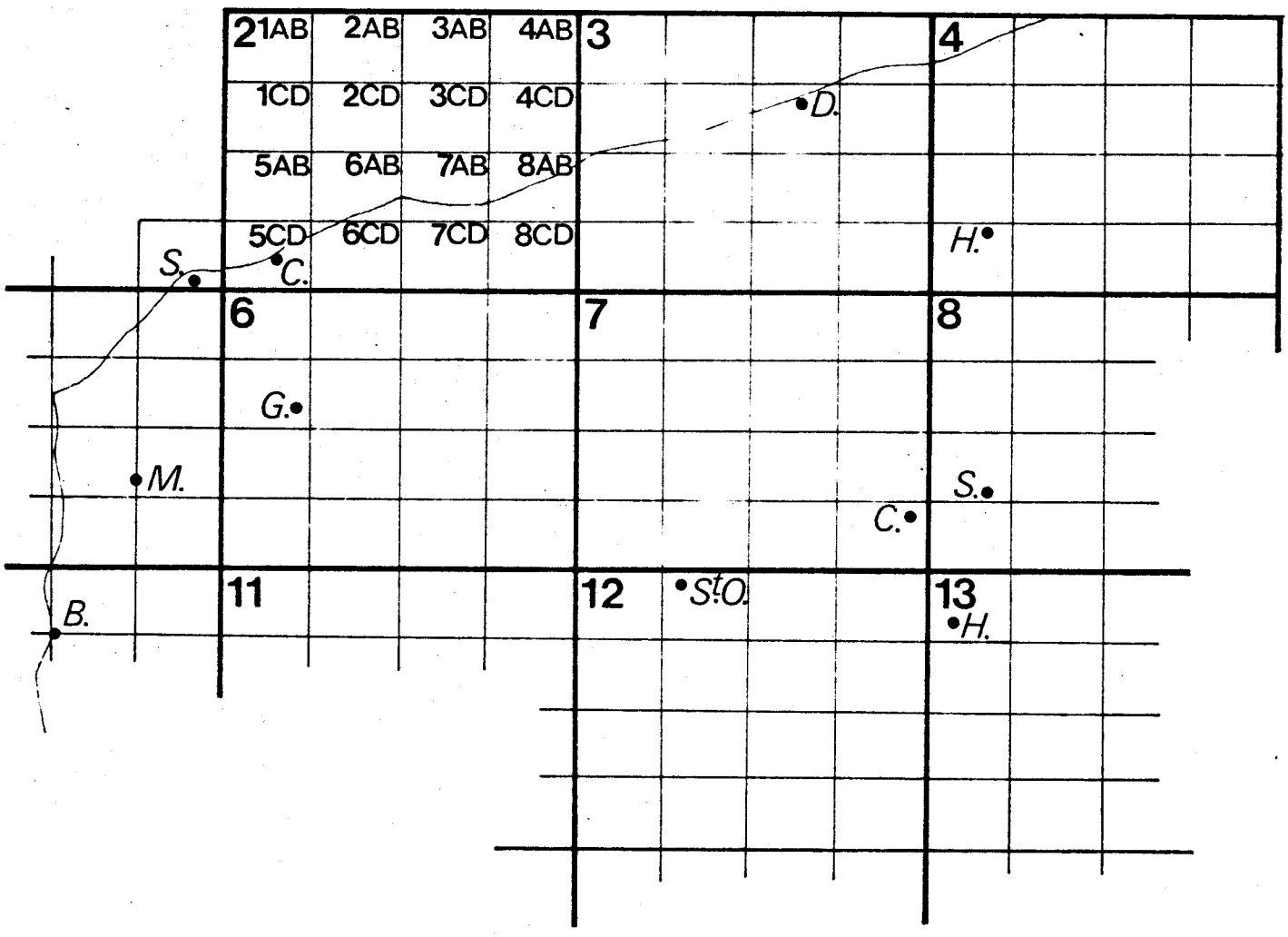
en haut à droite : CASSEL 1AB : appellation I.G.N. de la carte

NOTA : Comme il est dit dans le texte le carroyage hectométrique a été dessiné mais non numéroté.

BUS LILLE

FIGURE N° 5

PLAN D'ASSEMBLAGE DES 16èmes



BUS LILLE

1.2.3. Plans de sondage.

La méthode se prolonge par l'établissement des plans de sondage à petite échelle sur l'ensemble de la région de manière à disposer d'un réseau général dans lequel entreront toutes les prospections réalisées zone par zone. Si l'on doit cartographier avec plus de précisions un secteur, les points retenus lors de l'établissement de ce réseau général, seront repris dans les plans de sondage plus précis, particuliers à ce secteur.

Pour réaliser ce plan général, on a besoin :

1) de se fixer une origine, c'est-à-dire un carreau hectométrique qui appartienne à tous les réseaux. Celui retenu, par convention, est le premier carreau hectométrique de la carte de CASSEL, situé approximativement au centre de la zone des Wateringues, soit en coordonnées : 7 - A1 - A1 - 1 et pour être plus précis le premier quart de ce carreau.

2) de faire partir effectivement tous les réseaux de ce point.

Remarquons que si un point appartient à un réseau de maille m, il appartient à ceux de tous ses sous-multiples. Il suffit en conséquence que le point origine appartienne à la maille la plus lâche que l'on veuille obtenir pour que la deuxième condition soit réalisée.

Par commodité, les plans de sondage sont faits à partir des mailles entières qui déterminent des réseaux dont les axes sont parallèles aux directrices du système de coordonnées LAMBERT. Les réseaux diagonaux se déduisent ensuite facilement.

1.2.3.1. Repérage des carreaux de sondage.

Le plan de sondage se matérialise par le report sur les 1/16ème des carreaux où seront effectuées les observations.

A partir d'un point connu du réseau de maille 16, correspondant à une échelle intrinsèque de 1/160 000 considérée comme la limite inférieure des échelles couramment utilisées, l'on repère dans le sens des lignes et des colonnes tous les carreaux distantsd'un nombre entier de fois la valeur de la maille. On obtient ainsi un premier réseau, les autres correspondants à une échelle plus grande, le sont par doublements successifs des points d'observation.

Le 1/16ème CASSEL 7 AB donné en annexe porte une figuration du plan de sondage correspondant à un indice de recouvrement de 1/32 (Cf Annexes.3.).

1.2.3.2. Fixation d'un carreau de report

(G. Laporte, Cours de pédologie 1976).

Le coin haut et gauche du carreau de base choisi 7 A 1 - A 1 a pour coordonnées LAMBERT :

X_o = 587 Km
Y_o = 1361 Km

Dans le cas des zones éloignées de ce point, et pour assurer la compatibilité des plans de sondage des différentes prospections, il convient de repérer un point du réseau de maille 16 qui servira de carreau de report. Pour cela, il suffit d'appliquer à un point de coordonnées kilométriques entières (X, Y), proche du centre de la carte, les formules suivantes :

$(X - X_o) / 1,6 = A$
$(Y - Y_o) / 1,6 = B$

La partie entière de A et B est extraite, soit EA et EB ; et l'on obtient :

$X_o + 1,6\ EA$
$Y_o + 1,6\ EB$

comme coordonnées du coin haut et gauche d'un carreau hectométrique distant du point de base suivant les abscisses et les ordonnées, d'un multiple de 1,6 Kilomètre ou 16 Hectomètres et donc appartenant au réseau de maille 16.

1.2.4. Les plans de prospection des Wateringues du Nord et du Pas-de-Calais.

Suivant le modèle présenté précédemment, nous avons établi les plans de sondage du périmètre à étudier sur des 1/16 de feuille à l'échelle du 1/10 000, d'après les normes suivantes :

Maille intrinsèque (m) $4\sqrt{2}$
Indice de couverture ($1/m^2$) = 1/32
Echelle intrinsèque ($1/m10^4$)= 1/56 000

Un modèle figure en annexe : Cassel 7 AB (Cf Annexe...).

Les points à prospecter sont marqués d'un rond ou d'une étoile.

Pour des raisons d'édition, l'emplacement des sondages a été reporté sur un plan d'assemblage au 1/50 000. Les sondages sont repérés par un rond noir, les alignements de sondages sont numérotés de 1 à 56. Sur ce plan figure également le carroyage kilométrique Lambert, le système de numérotation alpha numérique permettant le repérage des sondages, et la limite de la zone d'étude. Ce plan d'assemblage comporte les feuilles au 1/50 000 de Marquise, Sangatte, Calais, Dunkerque, Guines, Cassel. (Cf. Annexe 3).

2. METHODES DE L'ANALYSE DES PROFILS.

L'organisation générale de la prospection étant définie, nous abordons les types de prospections, c'est-à-dire les méthodes d'observations et les diverses formes de représentation des données issues de ces dernières, conduisant à la synthèse générale.

2.1. Les types de prospection.

2.1.1. Observations fortuites ou systématiques.

Les observations en pédologie sont de différents types. Elles peuvent être superficielles et indirectes, c'est le cas d'observations dues à la morphologie, à la végétation, aux taupinières, etc. Elles seront plus importantes dans le cas de carrières et de coupes de fossés. Cependant les

observations citées ci-dessus sont fortuites et n'entrent qu'accidentellement dans le cadre d'un réseau de prospection systématique.

D'autres observations faites à l'aide d'ouvertures artificielles, tranchées pédologiques, ouvertures à la bêche, sondages à la tarière ou à l'aide de carottiers seront plus adaptées à la méthode.

2.1.2. Hiérarchie des prospections.

Les types d'observations et leur profondeur seront hiérarchisées selon l'échelle de prospection. Ainsi une prospection à petite échelle supposera un grand nombre de caractères permettant la relation d'un sondage à l'autre et donc éventuellement une ouverture à la bêche et des sondages à plus de 3 m, tandis que l'on se contentera de trous de tarières à 1,20 m pour une grande échelle. En effet, cette dernière prospection peut n'être qu'une vérification des données de la première.

2.1.3. Application à la Plaine maritime des Wateringues.

Dans les Wateringues et pour le cas de notre étude, nous avons choisi pour obtenir une carte de reconnaissance, des sondages dépassant 3 m de profondeur.

2.2. Les observations : caractère analytique.

Parmi les données recueillies lors de la prospection, certaines seront transcrites telles quelles sur les documents cartographiques, d'autres seront synthétisées, d'autres encore n'apparaîtront pas en raison des questions posées par l'utilisateur et du document de synthèse y répondant. Or, la partie d'information ignorée dans ces documents serait éventuellement utile à un autre usage.

Afin de garder à la prospection son caractère d'analyse systématique des sols et d'éviter toute interprétation hâtive risquant de laisser de côté une partie des caractères, la méthode de collecte des données sera analytique.

Chaque caractère du sol sera noté par un symbole différent. La combinaison des différents symboles et leur agencement permettra de constituer une image aussi fidèle que possible de l'ensemble des caractères du sol.

D'autre part, la description doit être aussi complète que possible permettant ainsi une utilisation ultérieure non ressentie dans un premier temps.

2.3. Les procédés de notation.

2.3.1. Les fiches.

Les caractères du sol seront consignés sur des fiches, l'aspect quantitatif sera donné par la répétition des symboles s'y rapportant et la disposition de ces derniers constituera une image aussi fidèle que possible du profil.

Les notations seront sériées en 3 colonnes sur les fiches :

- la première colonne concerne l'aspect biologique et structural du sol ;
- la seconde colonne présente les matériaux éléments constituants du sol. Ex : argile, tourbe, sable, etc. ;
- la troisième colonne concerne les phénomènes physiques ou chimiques dus à la pédogenèse. Ex : concrétions, colorations, etc.

Une marge permet de consigner les observations complémentaires ou les réflexions de l'observateur.

La fiche porte également divers renseignements à savoir la situation dans le réseau, la date, le nom de l'auteur, la situation sur le relief, etc...

Nous donnons en annexe un exemple de fiche portant les notations dont nous venons de parler.

2.3.2. Le langage ou symboles.

Le langage permettant de transcrire le profil sur les fiches est de deux ordres :

- le langage écrit que nous retrouvons généralement en marge et qui laisse toute liberté à l'auteur de la fiche.

- les signes symbolisant tous les caractères observés, que nous retrouvons sur les trois colonnes de la grille, plus restrictif pour l'observateur, mais permettant une certaine standardisation.

Les signes utilisés à ce jour par le S.R.A.E. Nord-Pas de Calais sont ceux donnés dans "La légende des profils" (G. LAPORTE 1964-1976) Annexe.

3. LES PROCEDES DE SYNTHESE.

Les observations effectuées lors de la prospection sont ponctuelles. Pour obtenir une relation spatiale entre les différents profils, l'on utilise des méthodes graphiques qui permettent de visualiser les éléments du sol dans leurs positions respectives (G. LAPORTE 1976).

3.1. Les coupes de sols verticales et parallèles.

Les coupes de sols verticales et parallèles permettent de représenter les positions des éléments du sol et l'amplitude des formations qu'ils constituent. Il s'agit d'une reconstitution des zones non observées de la coupe à partir de celles qui le sont.

Cette reconstitution est basée sur les hypothèses suivantes :

a - Continuité des formations entre deux points d'observation qui les présentent.

b - Régularité ou variation définie de la composition de celles-ci.

c - Régularité ou variation définie de l'amplitude dans les parties cachées (G. LAPORTE 1976).

Les rapports entre les formations composantes du sol sont les suivantes :

- la superposition ;
- la juxtaposition ;
- la combinaison ou le mélange de deux caractères.

D'autres facteurs se rapportant à la génèse des formations sédimentaires comme la concordance ou la discordance, les remaniements, la simultanéité de deux dépôts, interviennent dans la confection des coupes. On les considérera comme des ébauches auxquelles des vérifications et des corrections seront éventuellement apportées. L'on se réfèrera à titre d'exemple aux feuilles de coupes A et B du projet de drainage n° 47 de l'A.S.A.D. de Sainte Marie Kerque (Annexes).

3.2. Les coupes en plans successifs ou écorchés.

A partir des coupes verticales et parallèles, l'on montrera l'extension des diverses formations en présence suivant des plans horizontaux.

L'on effectuera plusieurs coupes planes correspondant aux différentes profondeurs. La distance d'une coupe à l'autre est en relation étroite avec la complexité du sol : épaisseur des différents faciès, changement latéral plus ou moins rapide, etc...

Le niveau du sol est pris comme référence pour connaître la profondeur de la coupe, et par conséquent, celle des matériaux décrits. Cette méthode permet à l'utilisateur de vérifier facilement la succession des matériaux dans une zone considérée.

L'exemple des coupes en plan au 1/10 000 du projet de drainage n° 47 illustrera ce raisonnement (Annexes 10 à 13).

Faisons remarquer toutefois qu'il est possible de parler de plans dans la Plaine Maritime des Wateringues où la surface du sol est subhorizontale, dans les régions où les reliefs sont plus marqués, il s'agira bien sûr d'une surface courbe équidistante de la surface du sol.

3.3. Les diagrammes plans.

Les diagrammes plans permettent une représentation plane reflétant à la fois la puissance, la profondeur et l'extension horizontale d'un type de faciès. Le principe est simple, sur les coupes en plan vues précédemment l'on ne représente plus qu'un seul caractère ou type de faciès, la sédimentation sableuse par exemple. L'on superpose ces coupes. La limite du sédiment est représentée à chaque niveau par un trait en pointillé de nature différente permettant de repérer la profondeur. La superposition des différents niveaux, donnant une idée de la puissance s'exprime par une échelle de couleurs ou une gamme de grisés plus ou moins foncés.

Pour illustrer ce paragraphe, l'on se reportera aux diagrammes plans effectués pour le même projet précédemment et concernant les matériaux suivants :

- sédimentation sableuse (Annexe)
- sédimentation argileuse (Annexe).

3.4. Les cartes de synthèse.

Les cartes de synthèses reprennent les données des ébauches précédentes. Ces expressions sont toujours incomplètes et ne peuvent reprendre que les éléments dominants du sol ou ceux intéressant une utilisation particulière du document. En effet, les cartes d'ensemble sont toujours des cartes partielles ou simplifiées, où l'on mettra en évidence les caractères les plus importants, ou bien seulement ceux intéressant une utilisation particulière. L'on sera ainsi amené dans certains cas à fournir plusieurs cartes. La légende de ces cartes devra être étudiée à postériori pour chaque cas particulier de carte. Il serait illusoire de vouloir surimposer à priori une légende nécessairement interprétative sur un ensemble de sols dont l'analyse ne serait pas terminée.

II. APERCU GEOGRAPHIQUE, GEOLOGIQUE ET MORPHOLOGIQUE DE LA PLAINE MARITIME DES WATERINGUES.

Après avoir exposé les méthodes qui permettent l'approche des sols d'une région, nous allons maintenant passer à l'application d'une carte concernant les sols des Wateringues à l'échelle du 1/56 000 pour la zone du Calaisis, partie initiale la plus détaillée de l'étude, et du 1/112 000 pour le restant des Wateringues.

L'annexe n° 6 figure les zones d'étude au 1/56 000 et celles au 1/112 000.

Nous présentons ici les aspects connus de la région étudiée et nous reprenons à cet effet des éléments d'études antérieures :

- Les thèses de R. BLANCHARD 1906, A. BRIQUET 1930, G. DUBOIS 1921, J. SOMME 1975 ;

- Des études plus particulières, l'étude de R. LEFEBVRE sur les cordons anciens du Calaisis, postérieur (1967), des documents du S.H.C. portant sur la topographie et des campagnes de mesures électriques ;

- Les cartes I.N.R.A. Montpellier de J. SERVANT et J.P. BARTHES (1972) ;

- Les cartes géologiques Guines (1971), Marquise (1971), Cassel (1966-1967), Calais-Dunkerque (1929) et Boulogne-Calais (1964) ;

- Les cartes I.G.N. au 1/25 000 et 1/50 000.

1. DESCRIPTION GEOGRAPHIQUE DE LA REGION.

1.1. Localisation de l'étude.

1.1.1. Situation des Wateringues du Nord et du Pas-de-Calais.

Les Wateringues du Nord et du Pas-de-Calais ou partie Française des Wateringues constituent l'extrémité occidentale de la vaste plaine

maritime de l'Europe du Nord qui s'étend de Sangatte jusqu'au Danemark.

Dans la partie française, nous distinguons d'Est en Ouest trois zones : la bordure de l'ancien golfe de l'Yser, celui de l'Aa et au-delà d'Ardres, le Calaisis (G. DUBOIS 1924).

Ce dernier quelque peu marginal de par sa position, se différencie de l'ancien golfe de l'Aa par son système de cordons littoraux anciens visibles dans le paysage et dont l'axe passe par Calais. Le Calaisis présente la zone la plus riche en événement. C'est dans cette région que G. DUBOIS (1924) a défini l'Assise de Calais.

1.1.2. Les limites administratives.

Les limites de notre étude recouvrent approximativement celles des Sections de Wateringues à l'exception de la partie sud de la 1ère Section des Wateringues du Pas-de-Calais correspondant à la région d'Audruicq d'altitude plus élevée (Cf carte des sections annexe 7). La bordure des Wateringues se définit généralement de la manière suivante : au Nord le littoral, au Sud le bas du Versant des collines situé conventionnellement vers 2,5 m NGF. Cette dernière limite correspond à celle de la Plaine maritime dont le périmètre diffère légèrement de celui des Sections administratives.

1.1.3. Le périmètre de l'Etude.

Les contraintes de la cartographie pédologique nous ont conduit à nous en tenir au périmètre suivant :

- L'ensemble des Sections du Pas-de-Calais à l'exception des zones urbaines et industrielles, également de la bordure littorale dont la morphologie dépend pour une grande part de la période historique et dont l'étude a été effectuée de façon précise par A. BRIQUET (1930) et R. BLANCHARD (1906). Sont également exclues les parties de Versant inclues dans la limite administrative des Wateringues, mais dont la nature des terrains plus anciens montrent bien qu'ils n'appartiennent pas à la surface d'alluvions marines.

- Pour les sections du département du Nord, les villes, la région littorale et les parties de Versant sont egalement exclues pour les mêmes causes que citées ci-dessus, de plus pour des raisons matérielles, nous avons arrêté la cartographie au niveau de la ville de Bergues à l'endroit où la Plaine maritime se rétrécit à nouveau au-delà de la zone de l'ancien delta de l'Aa.

Nous avons donc circonscrit une aire d'étude qui peut être encore caractérisée par les noms des localités la bordant : SANGATTE - COQUELLES - GUINES - ANDRES - ARDRES - AUDRUICQ - WATTEN - BERGUES - DUNKERQUE - GRAVELINES - CALAIS.

1.2. Les Paysages.

La Plaine des Wateringues a été caractérisée au plan géographique par G. DUBOIS (1924) qui la présente comme un marais contraire, cette description a été reprise par J. SOMME (1975). Cette plaine se subdivise donc en plusieurs unités distinctes :

1) Le "Marais" tourbeux (G. DUBOIS 1924) au bas du Versant formant une zone basse de prairies plus ou moins marécageuses où se mêlent étangs, prairies et friches à roseaux.

2) En remontant vers le Nord, une zone intermédiaire ou "Plaine" (G. DUBOIS 1924), où les sables de l'Assise de Dunkerque ont recouvert les tourbes ; cette zone est plus élevée, moins humide et plus communément vouée à la Culture.

3) Au Nord se situe la partie haute de la Plaine, zone littérale des cordons anciens et actuels.

Ce schéma, valable pour l'ensemble de la Plaine, subit des variantes suivant la protection plus ou moins nette offerte par la barrière littorale aux différentes époques transgressives.

Toutefois, dans cette région d'étude, plusieurs paysages ou groupes de paysages peuvent être distingués, et nous adopterons le découpage suivant :

1) Les paysages du Calaisis que nous décrirons plus attentivement ;

2) La Région des Anciens Estuaires ;

3) La Région Frontière entre l'Ancien Estuaire de l'Aa et celui de l'Yser.

1.2.1. Les Paysages du Calaisis.

1.2.1.1. De Calais à Sangatte.

L'extrême pointe de la plaine, de Sangatte à Coquelles est dominée par les hauteurs du Blanc Nez et des Noires Mottes (146 m). Ces reliefs s'abaissent vers l'Est en direction de Coquelles et rejoignent le niveau du marais au Nord selon une pente très faible. Au niveau de la Plaine Maritime, étendue plane et sub-horizontale aux ondulations peu perceptibles, seuls émergent les cordons littoraux récents ou anciens, les digues de renclôtures ou de bassins de chasse.

Parmi les cordons, nous distinguons essentiellement :

a) Le cordon littoral actuel recouvert de formations dunaires peu importantes ;

b) En retrait par rapport au rivage, un second cordon, celui des Pierrettes, coupant à ce niveau la Plaine Maritime dans son sens longitudinal et délimitant deux zones d'influences sédimentaires différentes: tourbeuse et marine.

G. DUBOIS (1924) définissait ainsi un Calaisis Antérieur au Nord des Pierrettes, et un Calaisis Postérieur au Sud.

La racine du Cordon des Pierrettes est recoupée par l'actuel cordon littoral, ce qui semble montrer une position antérieure du Cap Blanc Nez plus avancée.

Ce cordon des Pierrettes étroit à l'ouest s'épaissit au niveau de Fort Nieulay et traverse la ville de Calais pour se prolonger suivant un axe Ouest-Est par le Banc sableux de Marck.

Au Sud, le promontoire de la Petite rouge Cambre marque la limite de cette première zone.

1.2.1.2. De la Petite Rouge Cambre à la Butte d'Hames (Fort Château).

Deux reliefs ressortent du versant des collines et dominent légèrement le marais sur sa bordure : les massifs de la Petite Rouge Cambre et de Fort Château. Ces deux éminences peu marquées entourent le Bas Pays de Frethun.

A l'Est, plusieurs vallons découpent le versant qui descend en pente douce jusqu'au niveau de la plaine maritime.

Ce secteur fait partie du "Marais", dénomination introduite par G. DUBOIS (1924) signifiant une région basse, humide, un sol argilo-tourbeux par opposition aux zones sableuses, plus hautes et plus sèches à qui le même auteur a donné le qualificatif de "Plaine".

A l'Ouest, le "Marais" dont il vient d'être question s'interrompt sur le Massif de Coulogne et les sables de la "Plaine" au niveau du Canal de Calais à Guines.

1.2.1.3. Le Bas Pays de Guines, le Marais de Guines, le Marais d'Andres, le Marais d'Ardres.

Au-delà du promontoire de Fort Château, s'ouvre dans le versant une trouée hémi circulaire formant une zone marécageuse basse d'altitude parfois inférieure à 0 N.G.F. et que nous appelons le Bas Pays de Guines. Elle se prolonge vers l'Ouest par les Marais de Guines et d'Andres et d'Ardres. Ce dernier est limité à l'Est par une avancée du Versant faisant saillant dans les matériaux récents de la Plaine maritime, et sur lequel se trouve la localité de Bois-en-Ardres.

Ce paysage est également décrit par G. DUBOIS comme partie intégrante du "Marais".

De nombreuses exploitations de tourbes plus ou moins récentes, certaines du siècle dernier, y ont creusé des étangs.

Au Sud, cette région s'étend jusqu'au pied du versant découpé par plusieurs vallées, au Nord, la rivière du Haut Banc marque le passage du "Marais" à la "Plaine".

1.2.1.4. La "Plaine" (G. DUBOIS 1924) : de la rivière du Haut Banc, au Banc de Marck.

Au-delà de la rivière du Haut Banc, le relief s'élève insensiblement de l'altitude 1 m N.G.F. pour atteindre 2 m au niveau du Canal de Calais, et s'élever de nouveau au niveau du Banc de Marck limitant ce secteur.

Par opposition au "Marais", zone de pâture marécageuse, la "Plaine" est une région de culture plus sableuse et plus sèche (G. DUBOIS 1924). Au milieu, deux éminences dont l'une fut autrefois appelée "Ile" (G. DUBOIS-1924) : le massif de Coulogne (7 m N.G.F.) et les Attaques (3 m N.G.F.). Ces formations forment un écran discontinu orienté d'Ouest en Est, et matérialisent la limite entre une Plaine Haute et une Plaine Basse. Au plan altimétrique, le seuil de 2 m N.G.F. semble correspondre à cette frontière.

1.2.1.5. Le Banc de Marck.

Prolongeant d'Ouest en Est le Cordon des Pierrettes, le Banc de Marck est signalé dans le paysage par une altitude légèrement plus élevée dépassant nettement les 3 m N.G.F. atteignant parfois 5 m N.G.F. dans les secteurs culminants.

Le Banc présente une surface légèrement ondulée d'ancien Massif Dunaire. Les sols sans doute moins fertiles que les alluvions de la Plaine sont exploités assez souvent en prairie. L'habitat y est important. Le Banc doit son nom à la ville de Marck.

Le Banc de Marck est limité dans sa partie visible à l'Est par le canal de Marck. Ce canal contourne cet ensemble dunaire au Nord, et en souligne sa forme convexe.

1.2.1.6. Le Marais Antérieur.

Au Nord du Banc de Marck, se situe une région, décrite par G. DUBOIS 1924 et A. BRIQUET 1930, comme une région de polders relativement plate, limitée au Nord par les cordons actuels et subactuels de la période historique. A ces cordons viennent s'ajouter des digues construites à des époques différentes ayant successivement perfectionné la protection vis-à-vis de la Mer.

1.2.2. Région des Anciens Estuaires.

La région des Anciens Estuaires correspond à la partie de la Plaine où débouchent les trois principales rivières que nous citons d'Ouest en Est :

- La rivière de Nielles ;
- La Hem ;
- L'Aa.

Cette région est approximativement comprise entre les agglomérations suivantes : Ardres et Bergues.

Les distinctions nettes et précises telles que les avait envisagées G. DUBOIS (1924) entre différents paysages type du Calaisis, ne sont plus possibles dès que l'on arrive dans la Région des Anciens Estuaires.

En effet, le paysage n'est plus marqué et découpé par les anciens cordons, l'élargissement de la Plaine Maritime provoquant une extension des accidents topographiques en diminue d'autant le contraste. La pénétration plus aisée de la Mer a sans doute nivellé par les alluvionnements successifs les différences d'altitude.

Cependant, l'observateur attentif pourra retrouver par analogie un découpage ressemblant à celui effectué par G. DUBOIS (1924) dans la zone du Calaisis.

La région des Anciens Estuaires peut se subdiviser en deux secteurs :

- le premier s'étend du Houlet jusqu'au cours actuel de l'Aa ;
- le second, du cours actuel de l'Aa jusque Bergues et correspond à ce qui est supposé l'Ancien Estuaire de l'Aa.

1.2.2.1. Paysages du Houlet jusqu'au cours actuel de l'Aa.

Au-delà de l'avancée de Bois-en-Ardres formant saillant dans les alluvions récentes de la Plaine s'étend la première partie de la Région des Estuaires. Ce secteur correspond à deux rivières principales : Rivière

de Nielles et la Hem. Ces rivières, tout comme l'Aa, sont alimentées régulièrement par la Nappe de la Craie.

Outre ces rivières, descendant du glacis en pente douce formant le Versant de la Région d'Audruicq, de petits vallons sont alimentés irrégulièrement par les eaux de ruissellement courant sur les limons. Ces ruisseaux endigués au niveau de la zone basse du Marais vont se jeter gravitairement dans le Canal de Calais.

Dans cette région, la Plaine Maritime semble continue et monotone du Versant jusqu'au premier cordon visible dans le paysage, c'est-à-dire celui de Oye-Plage passant dans le Village juste avant la RN 40.

Cette monotonie provient vraisemblablement des alluvions sableuses décrites par G. DUBOIS (1924) comme formant les sols de la "Plaine", par opposition au "Marais" et qui, dans ce secteur, ont atteint le Versant sauf au niveau des Basses vallées de la Rivière de Nielles et de La Hem.

Toutefois, l'on distingue trois zones :

- Une zone basse comprenant les Basses Vallées, et une frange d'altitude peu élevé d'environ deux kilomètres de large à partir du Versant, où les traces des exploitations de tourbes sub-récentes sont encore visibles dans le paysage. Les altitudes varient généralement entre 1 m et 1,5 m N.G.F. Par analogie, cette zone peut correspondre au Marais décrit par G. DUBOIS (1924).

- Au-delà de cette frange basse d'environ deux kilomètres de large, l'altitude monte imperceptiblement et de façon continue jusqu'au cordon ancien de Oye-Plage (de 1,5 m à 3 m N.G.F.). Cette zone correspond à la "Plaine" de G. DUBOIS.

- Au Nord de Oye-Plage s'étend une région d'Anciens polders et cordons de la période historique dont l'altitude varie entre 2 et 4 m N.G.F.

1.2.2.2. Paysages de l'Ancien Estuaire de l'Aa : du cours actuel de l'Aa jusque Bergues.

Le premier mouvement de terrain qui retient le regard en venant du Houlet et en se dirigeant vers l'Est est formé par le bourrelet endiguant la rivière Aa. La zone d'influence de l'Aa, c'est-à-dire son ancien estuaire semble commencer à ce niveau.

Cette région de la Plaine Maritime forme un triangle délimité à l'Ouest par le cours actuel de l'Aa, à l'Est par le versant des collines argileuses des Flandres. Cette dernière limite est encore soulignée par le Canal de la Haute Colme longeant de Watten à Bergues la partie la plus basse de cette région. Au centre de ce triangle existe un léger bombement correspondant approximativement au cours de l'Enna considéré comme un ancien cours de l'Aa.

Dans cette région, le schéma originel de G. DUBOIS (1924) : "Marais" - "Plaine", subsiste, mais semble avoir subi plusieurs déformations.

Le Versant situé au Sud-Ouest de cette zone est découpé par plusieurs vallons entre lesquels s'avancent dans la Plaine Maritime plusieurs saillants appartenant aux Argiles des Flandres : Butte de Holque, Saillant de Millam, Saillant de la Ferme Belle Vue en direction de Lynck, Saillant de Pitgam avec la Butte de Looberghe, l'avancée de Steene, les Buttes de Biernes et de Bergues.

Au niveau des échancrures formées par les basses vallées, se situe une zone humide assimilable au "Marais" de G. DUBOIS (1924).

Cependant, l'oeil exercé peut voir des ondulations dans le paysage, de l'ordre de 1 m, sur de courtes distances, et soulignées sur la carte IGN 1/25 000 par des intercalaires 1,25 m. Ces courbes de niveau sont de plus en plus fréquentes dès lors que l'on se rapproche de Bergues.

La limite de ce secteur bas peut être placée au niveau du Canal de la Haute Colme sauf dans la région de Steene-Biernes où elle remonte plus au Nord.

Au-delà de ce canal, l'altitude s'élève vers le Nord-Ouest en direction du cours de l'Aa et de la Mer.

La partie la plus haute correspond sans doute à la voie de pénétration offerte par les alluvions marines au droit de l'Estuaire du principal fleuve côtier. Cette pénétration s'est effectuée vraisemblablement jusqu'au fond de l'Ancien Estuaire assimilable pour la partie comprise entre l'Aa et la Haute Colme à la "Plaine" de G. DUBOIS (1924).

1.2.3. La Région Frontière entre l'Ancien estuaire de l'Aa et celui de l'Yser.

Au-delà de Bergues, nous retrouvons un système de versants plus ou moins parallèles à la côte et une conformation du paysage non perturbé par les rivières.

Seuls, quelques petits vallons collectent les eaux de ruissellement de la surface argileuse des Flandres.

La disposition de type Marais contraire se trouve accentuée dans ce secteur.

En effet, à l'Est de Bergues, se situe une succession de vastes dépressions à fond plat dont les plus célèbres sont les Petites et Grandes Moëres. Ces dernières ont été citées comme des tourbières exploitées au Moyen Age et devenues ensuite des lacs.

Actuellement, ces dépressions à fond plat sont consacrées à la culture.

Elles sont séparées de la zone littorale par le Banc sableux de Ghyvelde et ses prolongements.

2. ETAT DES CONNAISSANCES GEOLOGIQUES.

Les Wateringues ont été l'objet de plusieurs études qui ont donné aux dépôts de la Plaine Maritime des appellations et une stratigraphie.

Nous reprendrons donc pour les différentes zones de la Plaine et pour résumer ces travaux et les interprétations qui en découlent quelques schémas provenant de la thèse de G. DUBOIS et surtout de celle de J. SOMME, dernière synthèse en date sur le sujet. Nous reprendrons également les résultats d'une campagne de sondages électriques effectuée à la demande du S.H.C. en faveur de la 5ème Section de Wateringues.

Un bref commentaire se référant à ces documents permettra une description rapide des éléments connus de la géologie de la région étudiée et l'exposé des grandes lignes de l'interprétation stratigraphique qu'en ont donné les auteurs.

2.1. Les formations du Versant.

A l'extrémité de la Plaine Maritime, la coupe de la côte rocheuse actuelle dans la région de Sangatte permet d'y distinguer une falaise morte taillée dans la craie turonienne, faisant un angle de 30° par rapport au présent littoral. A la base de cette falaise se trouve un ancien rivage, connu sous le nom de "Plage suspendue de Sangatte". L'ensemble de la falaise morte et des dépôts formés à son pied (cf fig. n° 6) est fossilisé par des éboulis crayeux et limoneux, la formation des Presles, elle-même recouverte par des sédiments Weichséliens formés de sables roux limoneux chargés de silex subanguleux oxydés (cf fig. n° 7-8).

Ces formations atteignent la plaine maritime en pente douce et disparaissent enfouis sous les formations récentes. En surface, on peut les suivre jusqu'aux environs de Coquelles où le versant change d'orientation (cf fig. 7 et 10).

Au-delà de la Petite Rouge Cambre à Guines, la craie sénonienne recouverte par les matériaux limoneux forme le substrat du versant Pleistocène et s'enfonce sous les dépôts du marais. Dans la même position, la craie laisse place au-delà de Guines aux sables landéniens auxquels succèdent vers Ardres les argiles Yprésiennes (cf fig. n° 9 A - B - C - D - E - F et 10). Les argiles Yprésiennes se poursuivent jusqu'à la Frontière Belge.

2.2. Les dépôts de la Plaine.

Ils se divisent en deux types de formations : en premier lieu les cordons et témoins plus anciens, en second lieu les matériaux de colmatage.

1) Les cordons.

Ils comprennent les cordons pleistocènes de la Petite Rouge Cambre, Coulogne, les Attaques, ainsi que le massif de Fort Château, des cordons Flandriens plus récents, celui de Laubanie et celui des Pierrettes se prolongeant par le Banc de Marck, le Banc sableux de Ghyvelde, enfin un cordon littoral actuel (cf fig. n° 9 A-B-C-D-E-F et 10).

2) Les formations de colmatage de la Plaine maritime sont constituées par plusieurs niveaux :

- Le premier comprend un dépôt inférieur sableux, les sables de l'assise de Calais (DUBOIS 1924). Le deuxième, une tourbe moyenne affleurant au niveau du "Marais" est dénommée "Tourbe de surface", l'ensemble des subdivisions de la tourbe et des argiles adjacentes constituant ce que l'on appelle le "complexe de la tourbe de surface" (J. SOMME 1975).

- Dans la partie supérieure du "complexe de la tourbe" au niveau du "Marais" des calcaires à limnées s'interstratifient avec les matériaux organiques et viennent parfois au contact des sables de couverture (cf fig. n° 11).

- Un troisième niveau supérieur composé de sables et d'argiles superposés à la "tourbe de surface" parfois subdivisé par des niveaux tourbeux peu épais, forme l'assise de Dunkerque surtout caractéristique de la région appelée "Plaine" (cf fig. 9 A - B - C - D - E - F et 10).

Au-delà du cordon des Pierrettes, s'étend une zone de sables inférieurs marins surmontés par des argiles beiges modernes. Ce secteur est limité par le cordon littoral actuel et correspond à la période historique (A. BRIQUET 1930).

2.3. Le substrat.

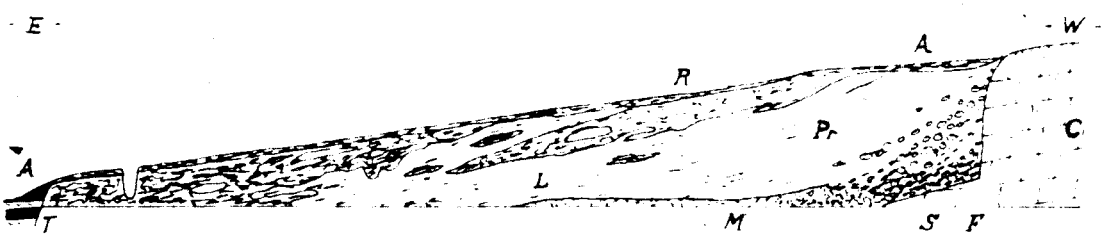
Il est constitué essentiellement par les formations tertiaires (Landénien et Yprésien) laissant place à la craie senonienne sur la bordure Sud-Ouest.

Les dépôts continentaux attribuables au Weichsélien tapissent le fond de la Plaine.

FIGURE N° 6

COUPE SCHEMATIQUE

DE LA FALAISE DE SANGATTE



Légende :

C : Craie

F : Falaise morte

S : Plage suspendue

M : Monastirien (galets et sables)

Pr: Presle et éboulis crayeux

L : Limons non décalcifiés

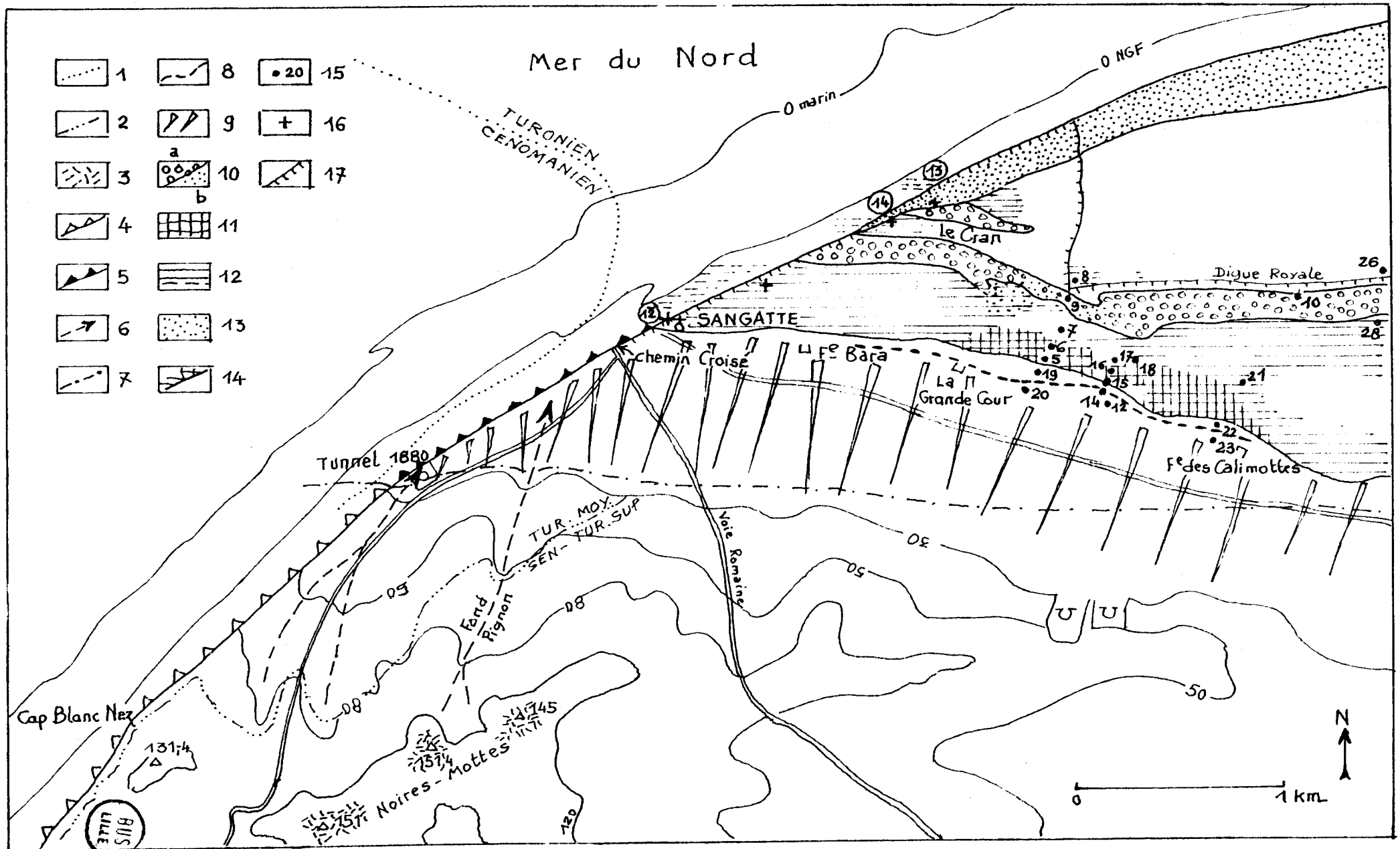
R : Limons rouges décalcifiés

T : Dépôts poldériens et tourbeux de la plaine maritime (Flandrien)

A : Limons de ruissellement des pentes

BUS LILLE

D'après J.DUBOIS



9. Sommé

Fig. 7 — Carte de la région de Sangatte.

1. limite Turonien - Cénomanien (en mer) — 2. limite Sénonien - Turonien sup. et Turonien moyen — 3. Diestien — 4. Falaise de craie — 5. Falaise dans les formations pléistocènes — 6. sens de la mise en place des formations de Sangatte — 7. Tracé supposé de la falaise fossile pléistocène — 8. limite de la formation des Calimottes — 9. versant glacis weichsélien — 10. cordon flandrien (a. galets ; b. sables) — 11. Tourbe de surface affleurante — 12. Tourbe de surface sous l'Assise de Dunkerque — 13. Dunes récentes — 14. Limite de la plaine maritime flandrienne — 15. sondages de G. DUBOIS et personnels — 16. sondages J. S — 17.

J. Sommé

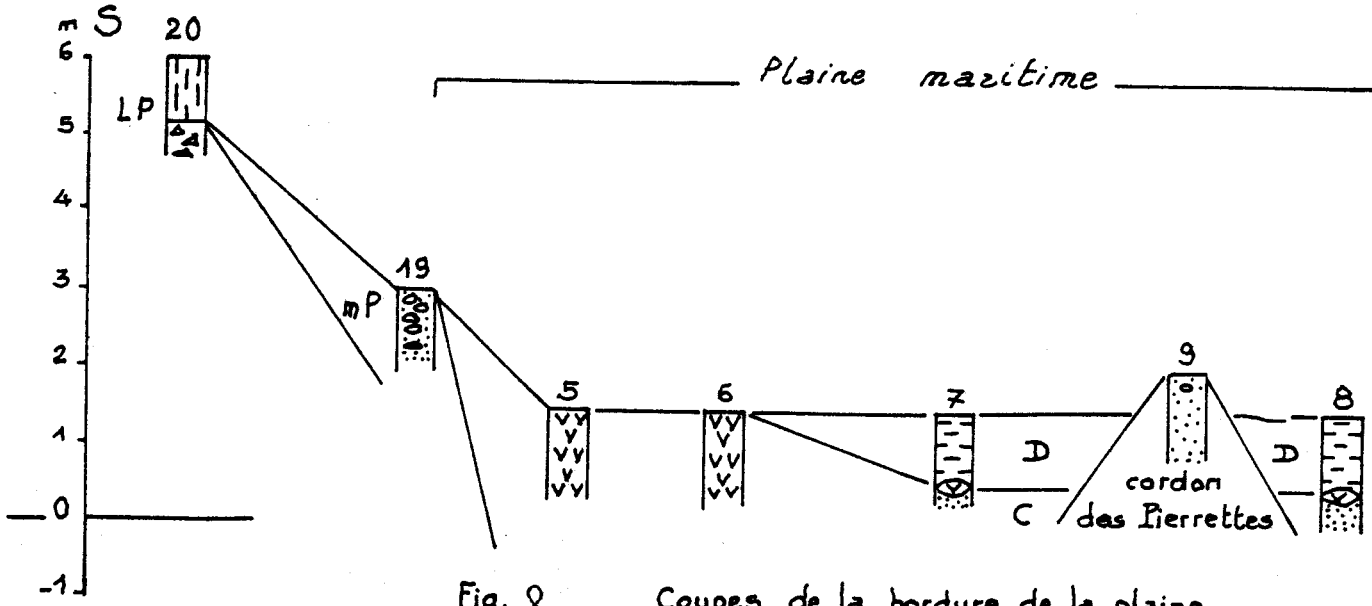
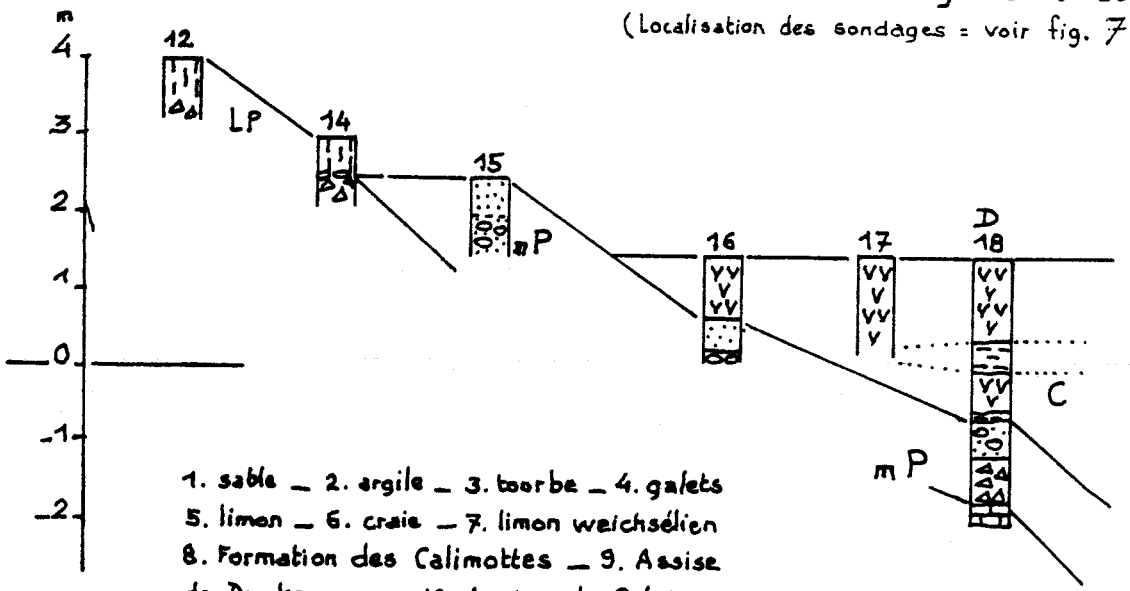
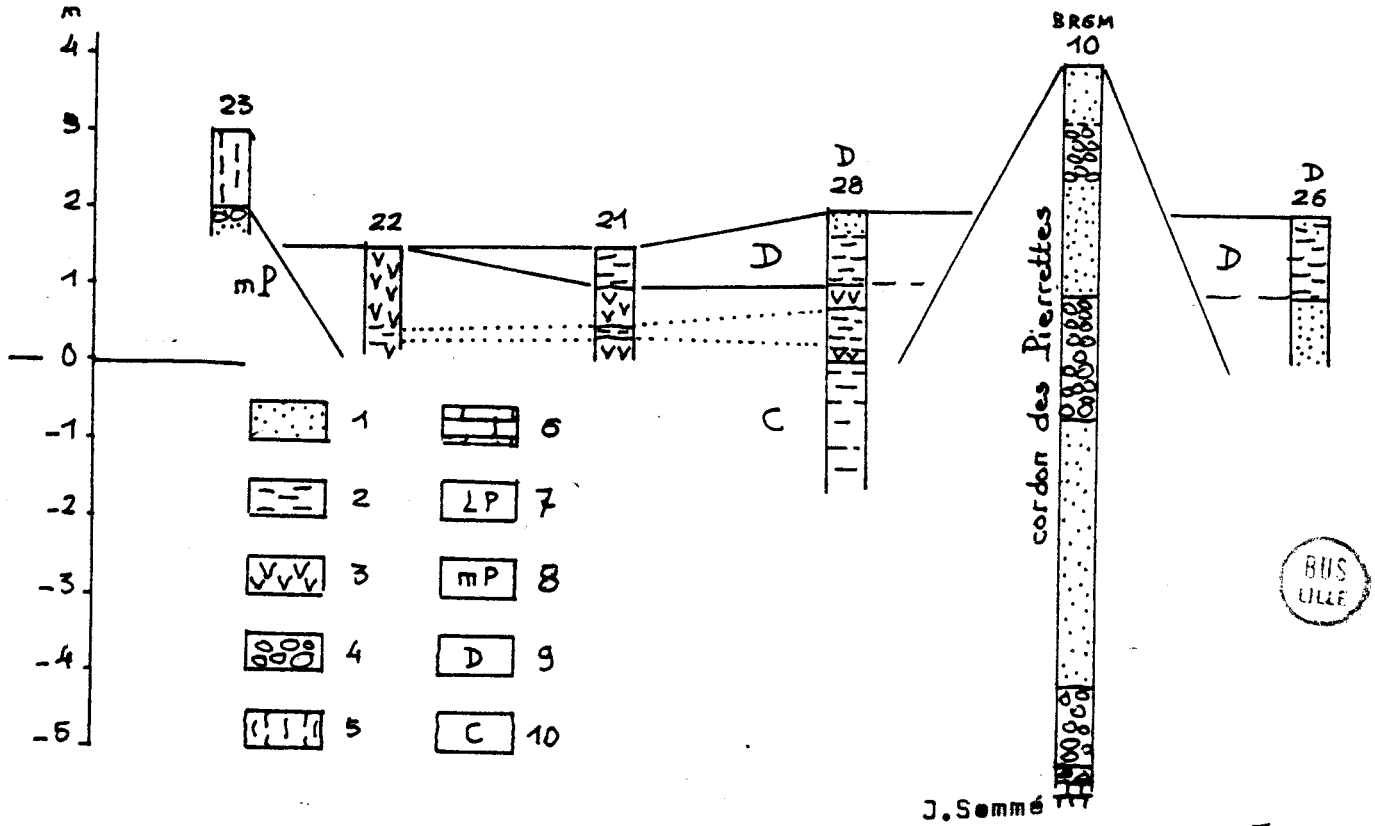


Fig. 8 — Coupes de la bordure de la plaine maritime entre Sangatte et Coquelles.
(Localisation des sondages : voir fig. 7)



1. sable — 2. argile — 3. tourbe — 4. galets
5. limon — 6. craie — 7. limon weichsélien
8. Formation des Calimottes — 9. Assise de Dunkerque — 10. Assise de Calais.



BUS LILLE

J. Sommé

J. Somme

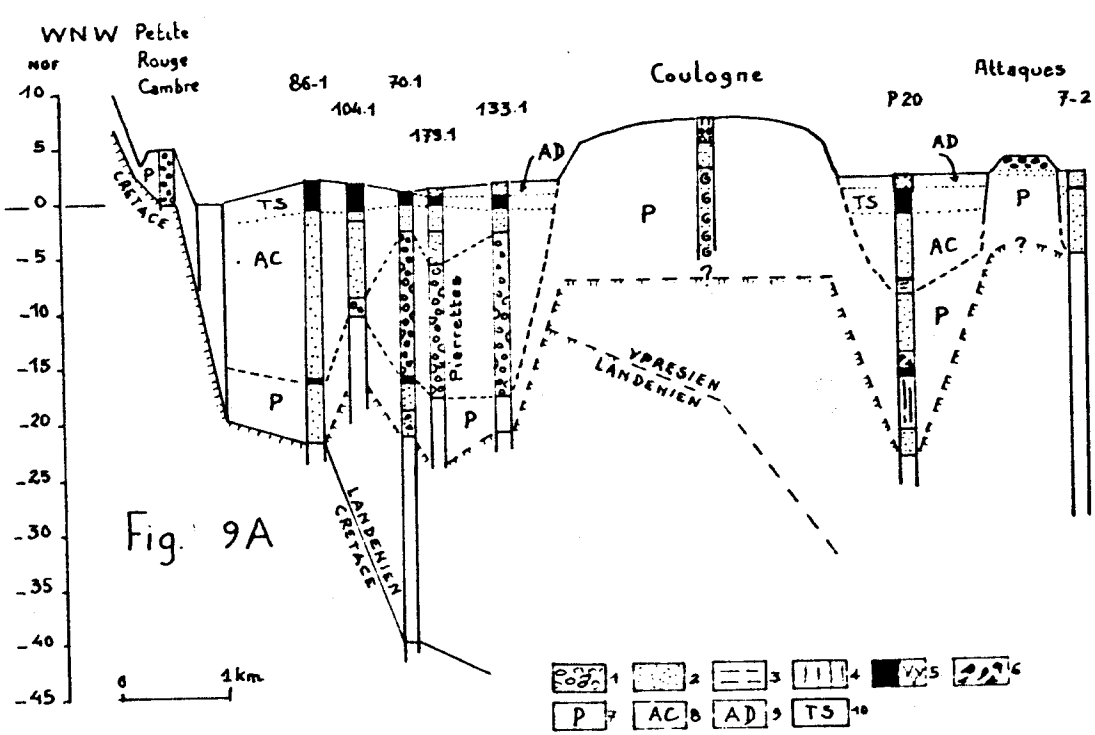


Fig. 139 — Coupes de la Plaine maritime d'après les sondages profonds.

1. galets et graviers — 2. sable — 3. argile — 4. limon — 5. tourbe — 6. silex — 7. Pléistocène — 8. assise de Calais
9. assise de Dunkerque — 10. complexe de la tourbe de surface.

J. Sommé 1975.

BUS LILLE

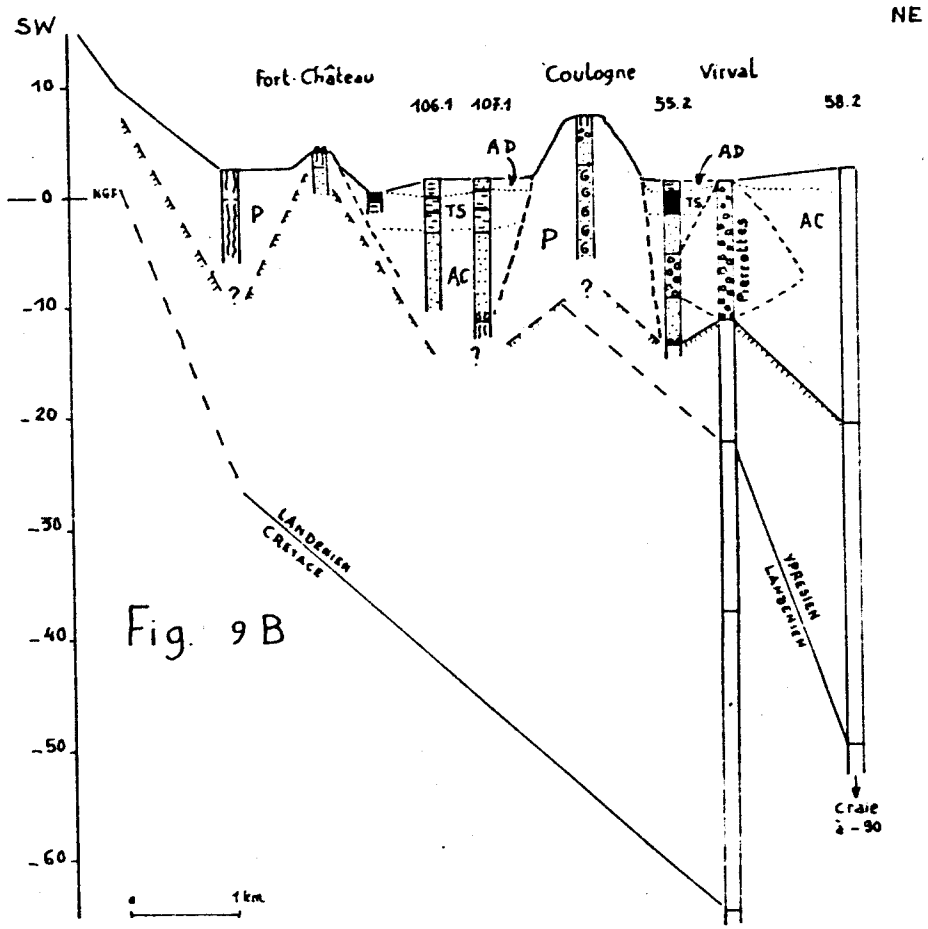


Fig. 9 B

J. Sommé 1975

BIS URSS

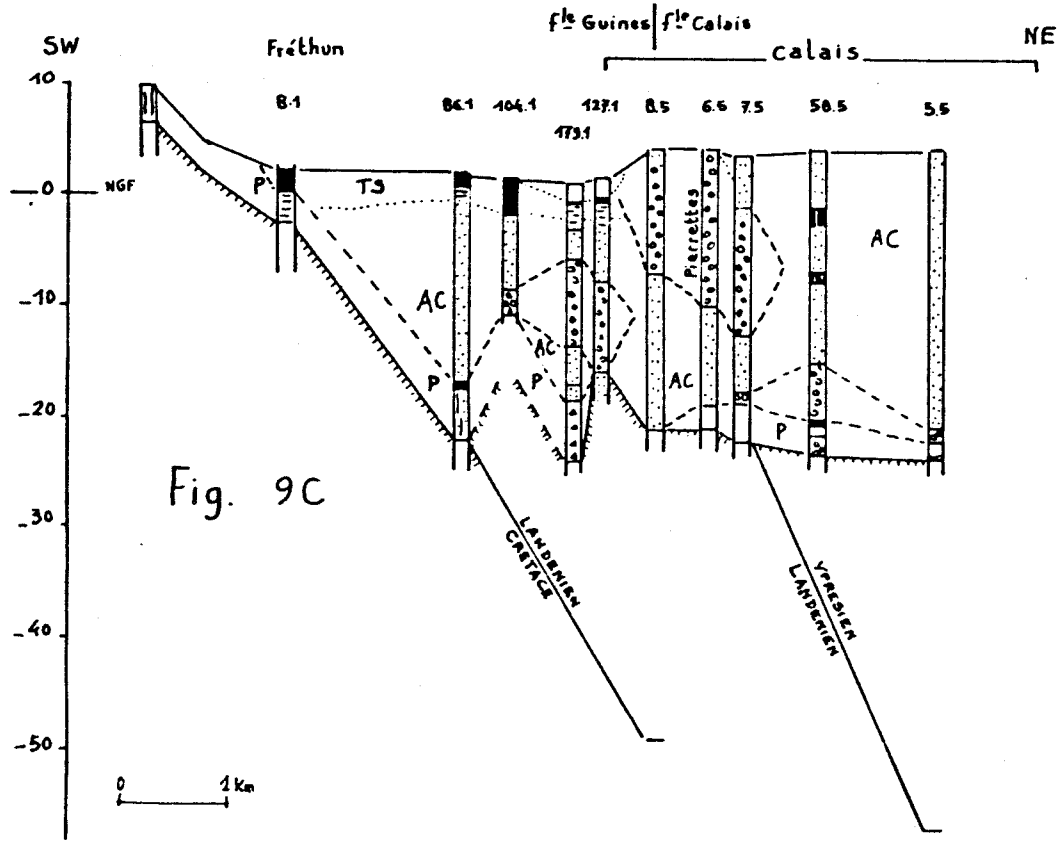


Fig. 9C

J.: Sommé 1975

BUS LILLE

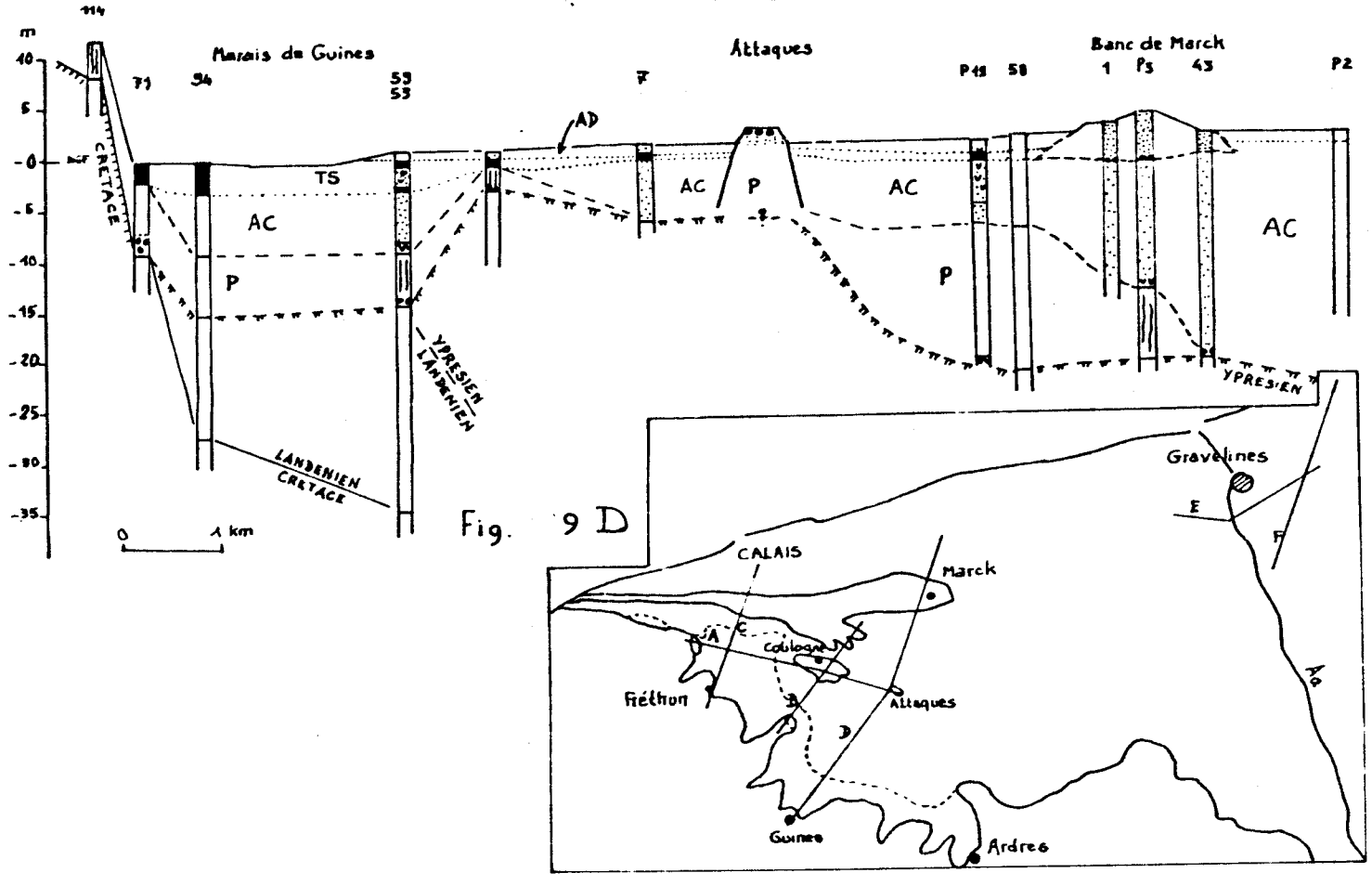


Fig. 9 D

J. Sommé 1975

BIBLIOTHEQUE

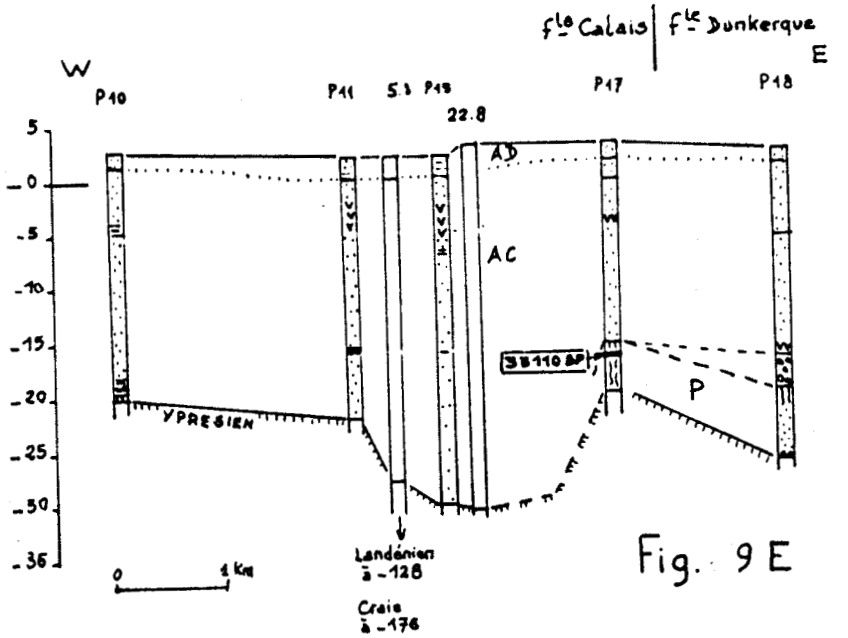


Fig. 9 E

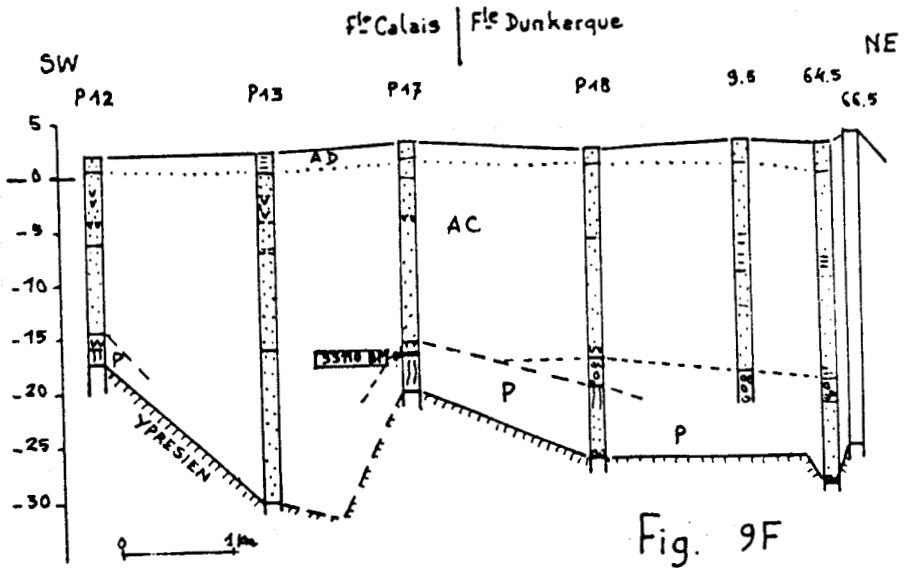


Fig. 9F

J. Sommé 1975

BUS ULLE

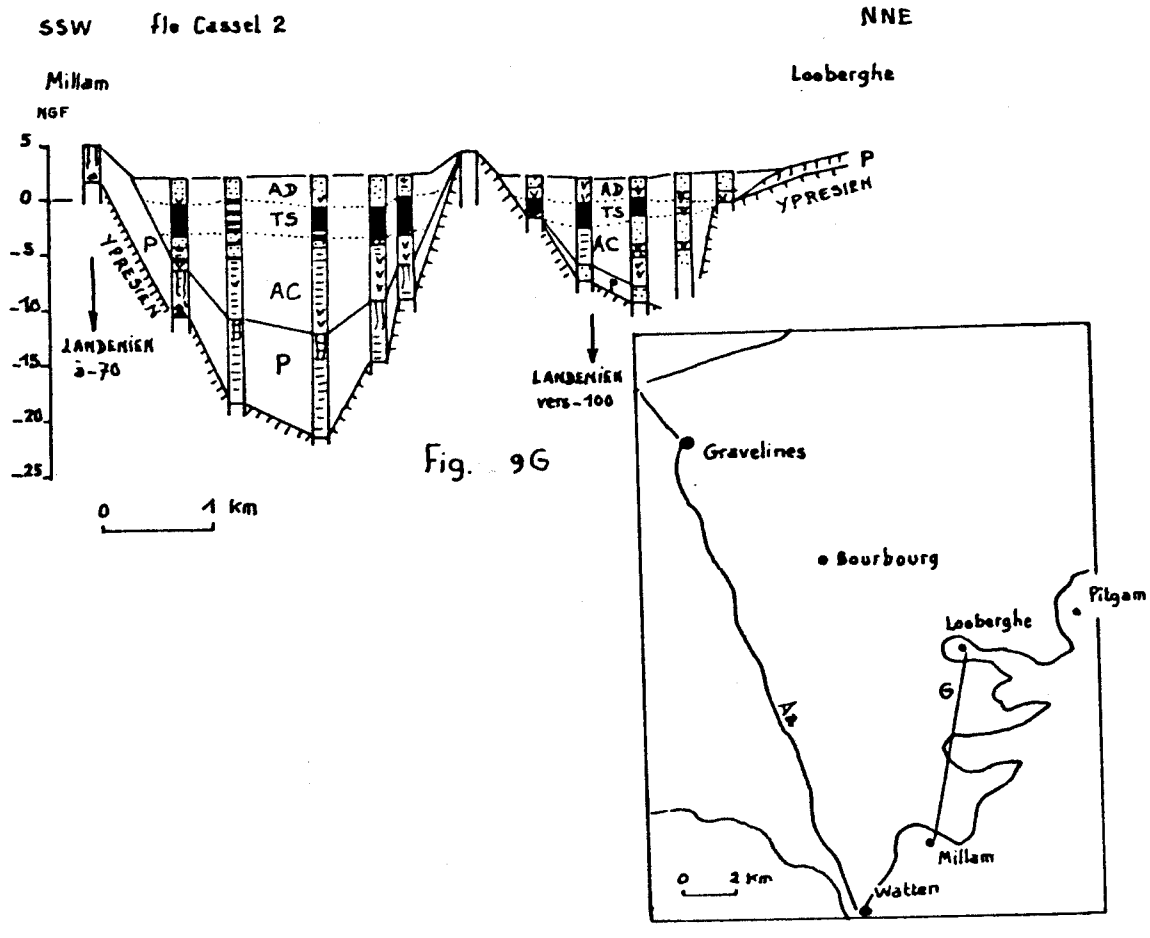


Fig. 9G

J. Sommé 1975

BUS LILLE

Fig.10

La Plaine maritime : région occidentale

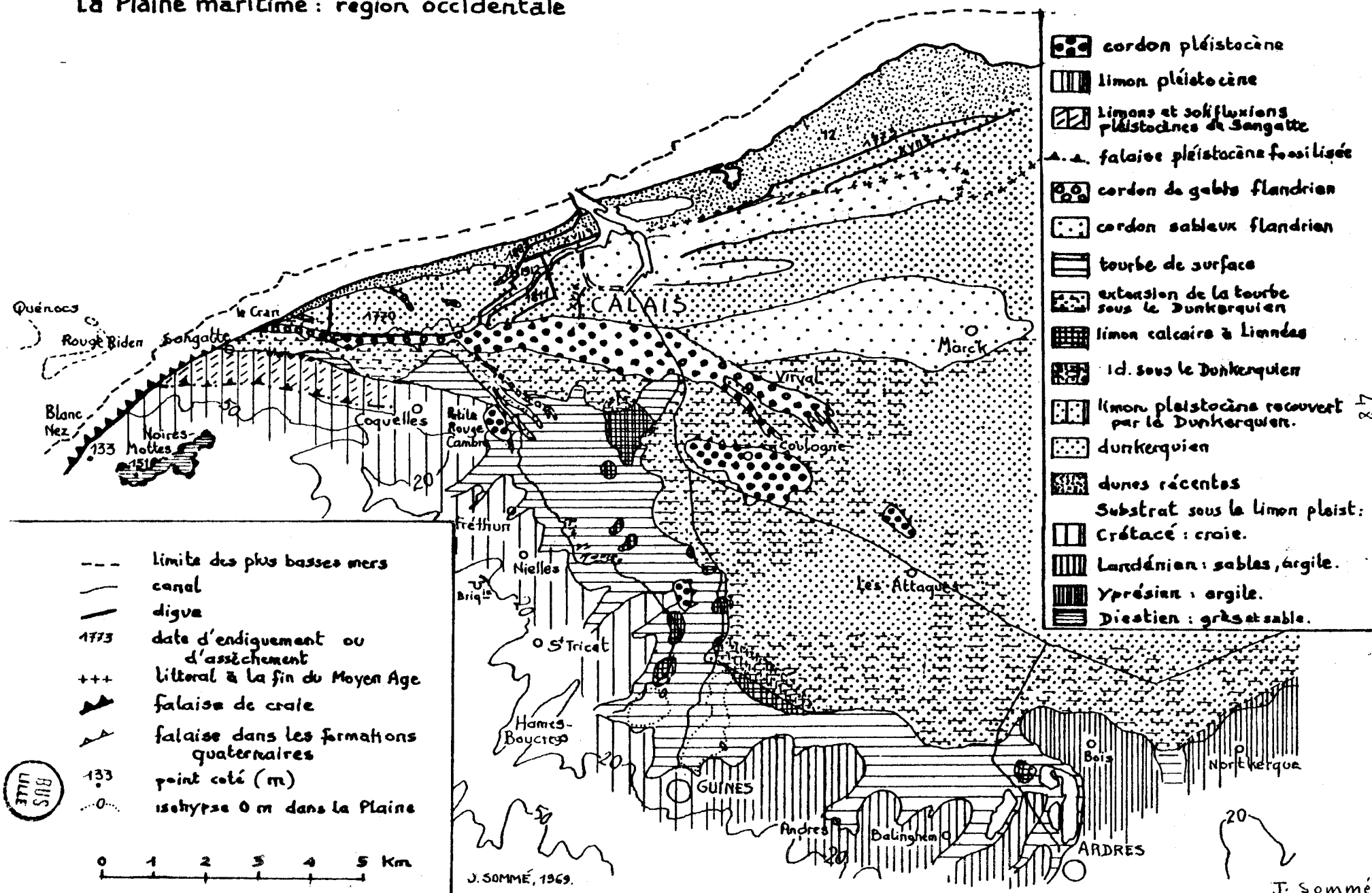
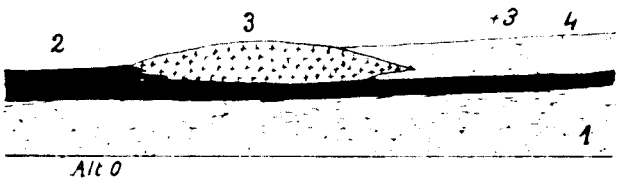


FIGURE N° 11

COUPE SCHEMATIQUE
MONTRANT LES RELATIONS GEOLOGIQUES
D'UN MASSIF DE MARNE CALCAIRE A LIMNEES



Légende :

1 : Sable gris bleu et argile de polder
2 : Tourbe
3 : Marne calcaire à Limnées
4 : Sable à Cardium

BUS LILLE

D'après G.DUBOIS

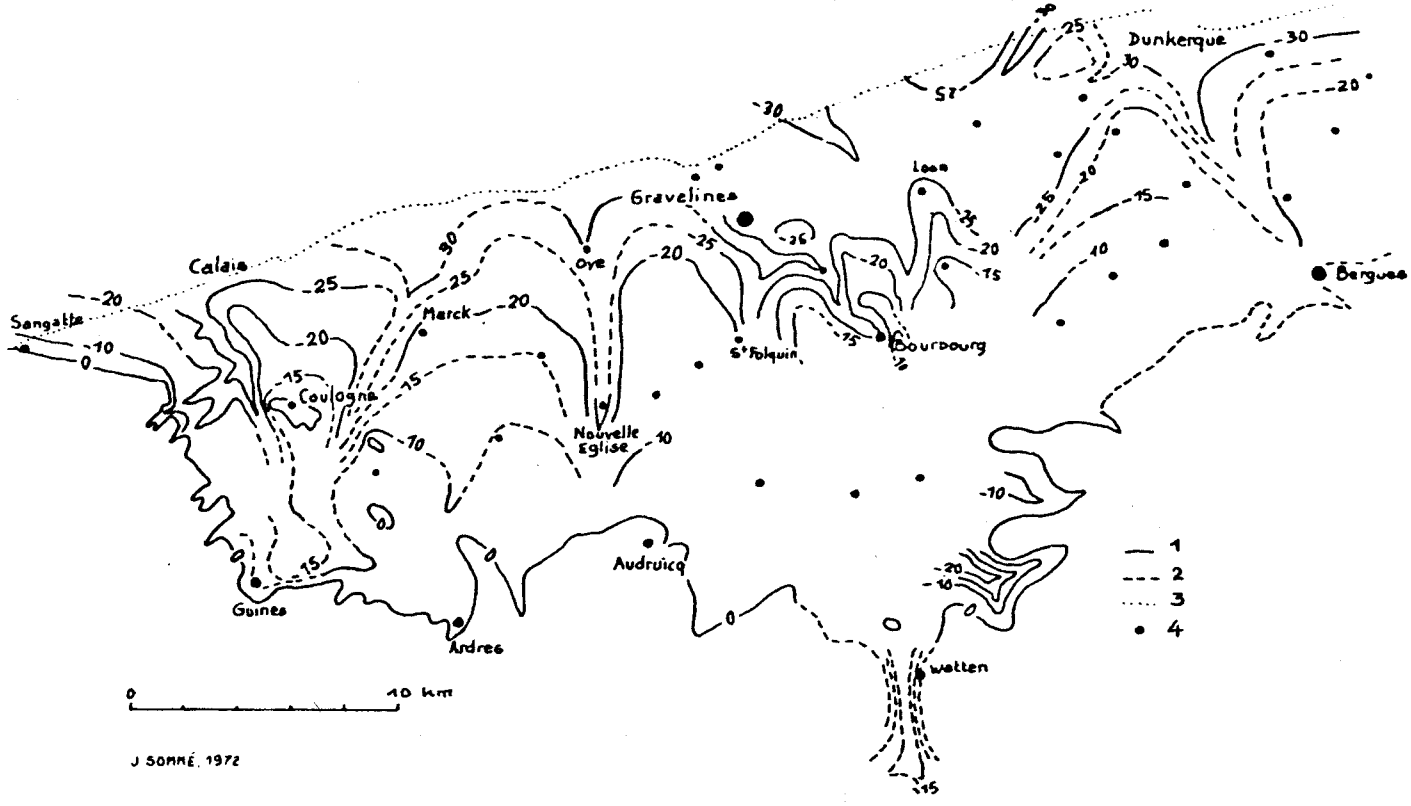


Fig. 12 — Isobathes du substrat antéquaternaire de la Plaine maritime.

1. tracé probable — 2. tracé hypothétique — 3. position du littoral actuel
4. agglomérations.

J. Sommé 1975

BUS LILLE

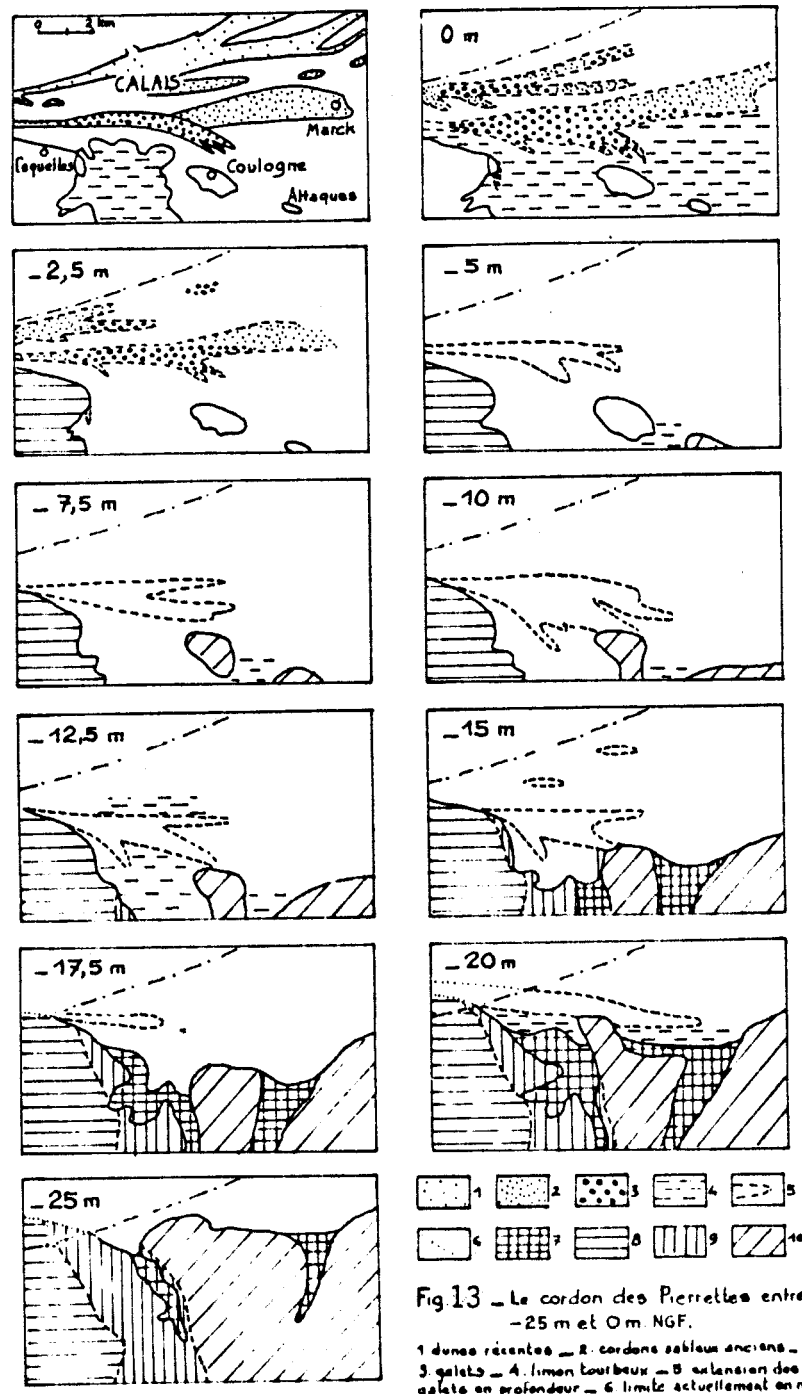
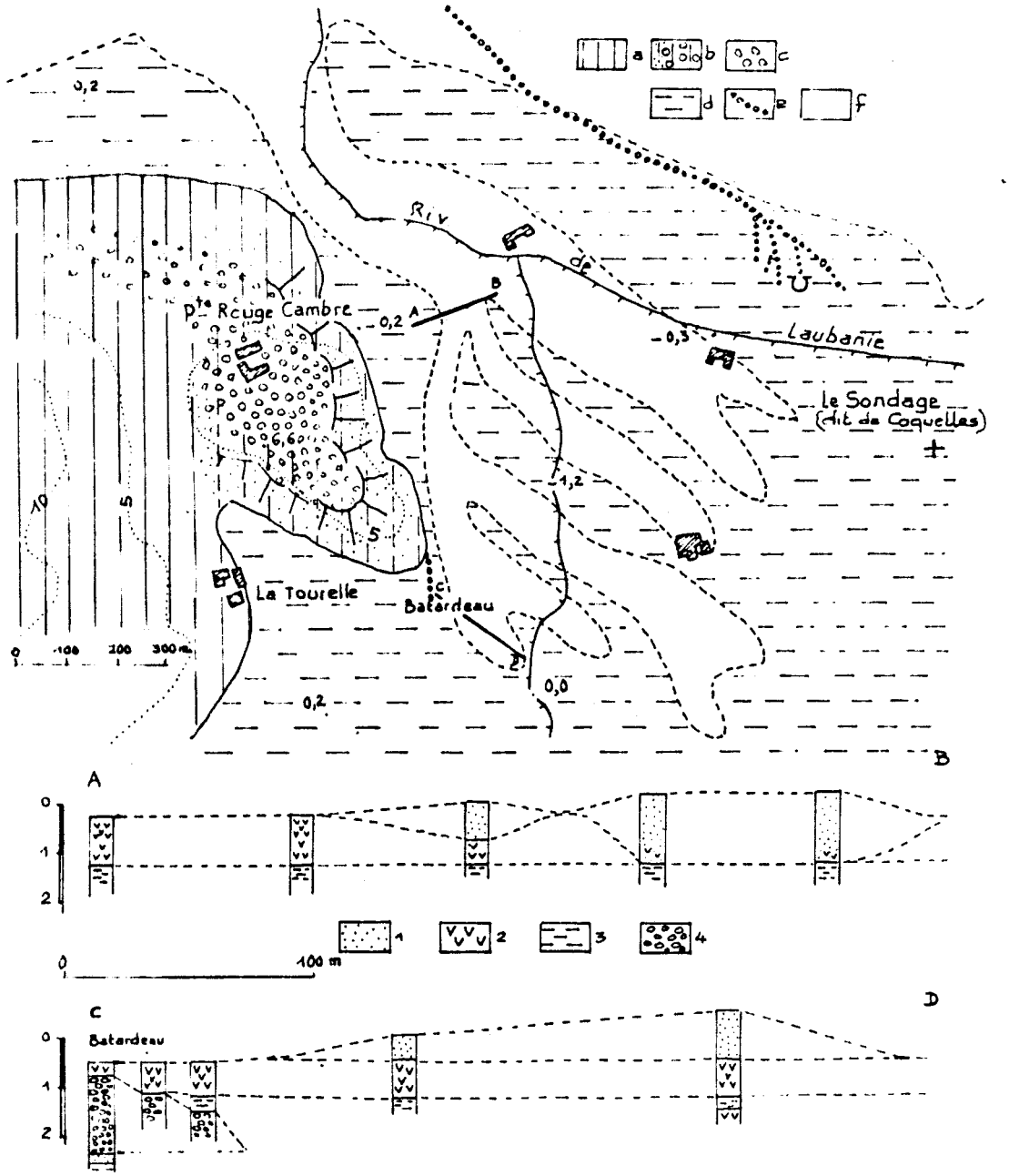


Fig.13 – Le cordon des Pierrettes entre -25 m et 0 m NGF.

1 dunes récentes – 2. cordons sableux anciens – 3. galets – 4. limon tourbeux – 5 extension des galets en profondeur – 6 limite actuellement en mer. 7. pléistocène – 8. craie – 9. landénien – 10. yprésien

J. Sommé 1975

BUS LILLE



_ Marais et chenaux de la Petite Rouge Cambre (Calaisis)

a. b. c. Pléistocène _ a. limon sur craie _ b. limon sur galets ou sables roux _ c. galets marins
d. e. f. Holocène _ d. Tourbe de surface _ e. cordon de galets sous la tourbe _ f. sable et limon de l'assise de Dunkerque
1. sable dunkerquien _ 2. tourbe de surface _ 3. argile calaisienne _ 4. galets

Fig. 14 Chenaux de la Tourelle J. Sommé 1975

BUS LILLE

Le substrat est découpé en vallées qui ont été restituées hypothétiquement par J. SOMME (1975) (Cf figure n° 12).

La disposition des cordons est en relation avec le toit du substrat, notamment en ce qui concerne Coulogne et les Pierrettes (Cf figure n° 9 A-B-C).

Une série d'écorchés effectués par J. SOMME (1975) permettent également de voir les positions successives du Cordon des Pierrettes en relation avec le substrat (Cf figure n° 13).

2.4. Les formations profondes de la Plaine.

Les formations dont nous avons parlé, qui affleurent à la surface de la Plaine, ou peuvent être atteintes facilement à la tarière à main, ont des prolongements inférieurs reconnus par des sondages profonds.

Ce sont les formations Ante Holocènes; l'Assise d'Ostende a été reconnue par G. DUBOIS (1924) entre - 15 et - 30 m. Cette Assise se définit actuellement à Ostende par une couche de sables marins située de 26,50 m à 31,40 m de profondeur (J. DE HEINZELIN et R. TAVERNIER 1957). L'Assise d'Ostende se rattache aux dépôts du Pléistocène récent (Eémien et Weichsélien).

2.5. Stratigraphie.

Pour conclure ces définitions d'unités géologiques, nous ajoutons en annexe deux tableaux chronostratigraphiques des différents dépôts et formations concernant (J. SOMME 1973) le quaternaire et les Subdivisions de l'Holocène, séquence du Flandrien des Pays-Bas (Cf Annexes 16-17).

3. LA MORPHOLOGIE.

La plaine présente à l'observation directe une altitude uniforme rompue seulement au Nord par les cordons dunaires et au Sud par les premiers reliefs des formations antérieures. Il est difficile d'apprécier à première vue ou sans le secours d'une étude topographique précise la morphologie de ce domaine. Or, les cartes topographiques actuelles donnent assez peu de renseignements sur les altitudes et le modelé.

Il convient donc de faire l'inventaire des documents topographiques accessibles, et d'établir une carte morphologique même élémentaire.

3.1. L'inventaire des documents.

1. La carte topographique au 1/25 000 du Nivellement Général de la France présente seulement les renseignements suivants concernant le modelé :

- la courbe 5 m qui ceinture la ligne de relief du versant Sud et entoure partiellement les cordons anciens (Coulogne, Petite Cambre Rouge, Fort Château).

- Des intercalaires (2,5 m NGF) partielles aux débouchés de certaines vallées.

- La courbe 0 NGF qui signale les cuvettes les plus profondes du "Marais" : Bas-Pays de Guines.

- Des points côtés permettent d'estimer grossièrement les altitudes intermédiaires.

2. Nous avons consulté en outre divers documents du S.H.C. "Altitude des terres dans la 5ème Section de Wateringues du Pas-de-Calais" (Courcelle - Décembre 69-70) et contenant six profils en long numérotés de 1 à 6, les trois premiers portant sur la 4ème Section les trois derniers sur la 5ème.

3. Nous avons également à notre disposition divers levers topographiques du B.E.R. à Ardres portant sur de nombreux projets de drainage.

3.2. Elaboration du document.

Nous partons du fond N.G.F. au 1/25 000 comportant le plus de points côtés. Nous construisons une série de courbes de niveaux intercalaires sur la base des travaux de nivellement cités plus haut et de données qualitatives n'ayant pas une valeur absolue mais dont le degré de corrélation avec la topographie est suffisant pour donner une idée du modelé.

Outre des observations de terrain, nous avons pris en considération :

- le réseau hydrographique et les zones d'étangs ;
- le réseau d'assainissement par fossé : sa densité et son orientation (cartes au 1/50 000 et 1/25 000) ;
- l'habitat ;
- les implantations des routes, voies ferrées, carrières, etc...

A l'aide d'un coloriage, nous obtenons une carte de modelé dont nous donnons une expression simplifiée au 1/50 000 sur l'assemblage de cartes jointes en annexe et intitulées "Carte de modelé" (Annexe 18).

3.3. Utilisation de la carte de modelé.

Cette carte permet de dégager les grands ensembles morphologiques de la région étudiée, c'est-à-dire, les dépressions, les pentes si minimes soient-elles, et les zones d'altitudes plus élevées départageant la plaine maritime.

Ce document peut avoir différentes utilisations :

- interprétation de sondages et de coupes pédologiques ;
- détermination des pentes générales de la plaine maritime en vue d'obtenir un schéma cohérent de son drainage ;
- délimitation de sous-bassins versants, voire de casiers hydrauliques ;
- choix de l'emplacement des principaux ouvrages d'évacuation des eaux ;
- étude de l'habitat ;
- étude des zones agricoles, les types de cultures.

3.4. Interprétation de la carte de modelé.

Sur cette carte, nous retrouvons à quelques exceptions près les paysages décrits précédemment.

3.4.1. Région du Calaisis.

1) La plaine de Sangatte à Calais divisée longitudinalement par le cordon des Pierrettes est morcelée par les digues. Nous observons en outre au Nord une pente faible remontant vers la mer jusqu'au niveau des dunes littorales, au Sud s'étend une dépression dont l'altitude la plus basse se situe au niveau des Bas Champs et les Canarderies (altitude inférieure à 1 m NGF).

2) Le Bas Pays de Frethun présente deux petits promontoires, les massifs de la Petite Rouge Cambre et de Fort Château, entre lesquels s'étend une vaste dépression d'altitude inférieure à 1 m NGF. On peut y délimiter quelques cuvettes inférieures à 0 NGF au devant de la Petite Rouge Cambre et à proximité de Fort Château. Notons que l'altitude remonte jusque 2 m aux environs des Filatures de Calais.

3) Le Bas Pays de Guines, le Marais d'Andres et le Marais d'Ardres constituent une vaste dépression (altitude inférieure à 1 m NGF) au pied du versant. Cette dernière est marquée par deux cuvettes (inférieures à 0 NGF) en face de Guines.

4) La Plaine (de la rivière du Haut Banc au Massif de Coulogne les Attaques). Au-delà de la rivière du Haut Banc, l'altitude s'élève en pente douce (de 1 m à 2 m NGF) jusqu'au niveau de la ligne de crête constituée par les Massifs de Coulogne, les Attaques et la Butte sableuse de la Forme des Cappes.

L'on distingue toutefois deux dépressions d'altitude inférieure à 1 m NGF, l'une à l'Est des Attaques au niveau du col situé entre les Attaques et Coulogne, l'autre au Sud de Coulogne.

Au Nord de l'alignement de Coulogne - Les Attaques, la plaine poursuit son extension jusqu'au niveau du Banc de Marck, ancien massif dunaire, barrière littorale pré-romaine, montrant encore des reliefs visibles dans le paysage, au-delà de laquelle s'étendent les formations des Cordons Modernes. C'est le domaine d'influence maritime.

3.4.2. Région de l'Ancien Estuaire de l'Aa.

Elle comprend l'ensemble des terrains où se sont écoulées les eaux continentales à partir de diverses ouvertures dans le cordon littoral. C'est également la zone où les cordons anciens, sans doute moins élevés, ont permis leur dislocation ou leur effacement, livrant ainsi le passage à l'élément marin venu recouvrir les sédiments de surface de l'Assise de Calais. Dans cette zone, les distinctions entre le Marais et la Plaine ne sont pas évidentes, les sables de couverture ont recouvert quasiment l'ensemble de la Tourbe de Surface de l'Assise de Calais.

Pour l'observateur attentif, l'altitude monte insensiblement du fond de la plaine jusqu'aux cordons littoraux modernes.

Cependant, l'analyse détaillée, effectuée lors de la confection de la carte morphologique, laisse deviner les mêmes distinctions que celles faites par DUBOIS (1924), mais atténuées par le recouvrement généralisé des sables de Dunkerque.

1) Le Marais.

L'on y distingue une zone basse, marécageuse avant les derniers assainissements, et montrant des traces nombreuses d'exploitation ancienne de la tourbe, épaisse dans cette zone.

Cette zone est délimitée par le Pont de Guemps - le Watergand de la Serpentine - Fort Batard, Hennuin, le pont du West, Holque, pour la partie Ouest du delta de l'Aa. Dans la partie Est, la limite est figurée approximativement par le canal de la Haute Colme.

Cette bordure marécageuse est découpée par les vallées ou vallons trouvant leur aboutissement au niveau de la Plaine Maritime. Nous observons principalement : la Rivière de Nielles, la Hem, l'Aa...

2) La Plaine.

Au Nord de la frange marécageuse formant la bordure interne de la Plaine Maritime, s'étend une région plus monotone, dont l'altitude voisine deux mètres. C'est la région de l'ancien delta de l'Aa et des autres rivières côtières, rivière de Nielles, de la Hem, moins protégée de la mer que le Calaisis avec ses cordons de galets.

Sur la carte morphologique, la zone est délimitée par les courbes de niveau théorique de 2 m et 3 m, c'est-à-dire au Sud par le Marais, au Nord, par les localités suivantes, marquant un nouveau pallier d'altitude-limite de la Plaine Basse : Guemps, Nouvelle-Eglise, Vieille-Eglise, Bourbourg, Brouckerque. Cette zone forme vers le Sud un V en direction de Watten, descendant jusqu'au Sud de la Plaine, et soulignant la pénétration de la mer plus importante dans cette zone d'accès plus aisé.

Au Nord de cette ligne s'étend la Plaine Haute dont l'altitude dépasse souvent 3 m, et dont les micro-reliefs marquent des alignements anciens de cordons.

Cette zone rejoint les cordons sub-actuels de la période historique encore nettement visibles dans le paysage, situés à la hauteur de Oye-Plage, Gravelines, Loon-Plage.

Outre cela, la zone d'influence de l'Aa présente quelques particularités morphologiques. Au centre du delta de l'Aa, également sur la bordure Est de la Plaine entre Bergues et Watten, diverses zones, d'altitude légèrement plus élevée, marquée sur la carte IGN par des intercalaires, laissent supposer des formations de type dunaire, plus ou moins arrasées, mais dont le relief retient le regard d'un observateur attentif (région de Loobergue, Broukerque).

Le Canal de la Haute Colme et l'Aa forment un triangle dont la pointe est dirigée vers Watten.

Au centre de ce triangle se situe l'ancien cours de l'Enna considéré comme un ancien cours de l'Aa (cf BRIQUET 1930, SOMME 1975). La partie Est de ce triangle entre l'Enna et la Haute Colme comptent de nombreuses dépressions qui tendraient à rapprocher cette région du Marais Tourbeux.

Un défaut d'alluvionnement marqué par ces dépressions aurait tendance à recentrer l'axe de pénétration de l'élément marin sur le secteur du cours actuel de l'Aa ; autre particularité, l'endiguement de la Rivière Aa, de Watten à Gravelines, nous est apparu trop important pour être seulement artificiel, et nous avons ainsi mis en évidence, ce qui peut être interprété comme un système de cordons ripuaires, le long du cours de l'Aa.

3.4.3. Région à l'Est de l'ancien delta de l'Aa.

Cette région est située au-delà de Bergues. Nous distinguons d'abord un bourrelet au niveau de Hameau des Neiges, orienté Nord-Sud et qui semble limiter à l'Est la zone d'influence de l'Aa. Nous entrons donc dans la partie intermédiaire de la Plaine Maritime faisant le lien avec le domaine de l'Yser. Dans cette zone que nous n'avons pu explorer pour des raisons de moyens matériels, existe à nouveau le schéma classique présenté par G. DUBOIS (1924), mais quelque peu modifié.

La zone des Marais y est importante, avec les dépressions des Grandes et Petites Moëres. La Plaine semble de faible étendue. Les Dunes anciennes de Ghyvelde et leurs prolongements séparent les Moëres d'une région de Pannes. Ces dernières s'intercalent entre le cordon actuel et les Dunes de Ghyvelde.

3.4.4. Traits principaux de la morphologie de la Plaine.

1) Système de "Marais contraire", dû à un alluvionnement marin, plus important que les alluvions continentales. Nous observons donc sur la carte de modelé une montée régulière de l'altitude du Marais jusqu'aux cordons littoraux actuels.

2) Systèmes de palliers ou terrasses successives.

Le deuxième trait marquant de la morphologie de la Plaine et qui s'impose à l'observation sur le terrain est constitué par sa surface en gradins.

En avant des écrans formés par les cordons ou restes de cordons, ou reliefs divers, la mer alluvionne plus abondamment qu'en arrière de l'obstacle, où l'énergie de l'agent a été diminué par celui-ci. Exemple de la barrière formée par les Cordons de Coulogne, les Attaques et la Butte sableuse des Cappes (région du Calaisis). Le relief n'est généralement apparent qu'en remontant du Marais vers la Mer. L'autre versant, ennoyé sous les alluvions est parfois complètement masqué. Ce relief, observé : Coulogne, les Attaques, ou supposé : la Butte des Cappes peut avoir été arrasé par les éléments et l'action anthropique. Cette dernière n'est pas négligeable dans une région de culture, où l'agriculteur essaie de réduire les zones basses en arrasant les plus hautes.

Vers le centre de la Plaine en s'éloignant du Calaisis, les reliefs ne sont plus apparents ; cependant, la carte du modelé met en évidence des alignements discontinus de secteurs plus élevés où se localise généralement l'habitat ; ces alignements situent le lieu d'un changement de pallier dans les altitudes :

- Alignement de Guemps, Nouvelle Eglise, Vieille Eglise, St Omer Cappelle, Bourbourg, Brouckerque, Spyker, Armboust Cappel, Téteghem, Ghyvelde ;

- Alignement de Marck, Oye-Plage, Gravelines, Loon-Plage.

L'existence de ces alignements de points privilégiés est encore confirmée par les dates d'installations humaines, lors de la réoccupation de la Plaine après les inondations post-romaines (cf BRIQUET 1930).

D'autre part, les reliefs les plus jeunes ou appartenant à la période historique et décrits comme tels (BRIQUET 1930) : Waldam, Tape-Cul, l'Etoile, laissent un modelé apparent sur les deux faces, bien que toujours moindre du côté de la Mer.

3.4.5. Applications de la carte du modelé.

Cette carte est utile pour l'analyse morphologique de la Plaine. Elle conduit au repérage de cordons ou de simples regroupements de zones hautes et basses en relation avec la sédimentation. Elle permet l'analyse stratigraphique en replaçant les observations de sol suivant leur altimétrie.

Ce type de document peut également servir à l'aménagement hydraulique de la Plaine en permettant de subdiviser celle-ci en sous-bassins versants distincts, d'orienter les exutoires et les systèmes d'assainissement. Il permet de comprendre la notion de bassins versants variable suivant les côtes d'eau. Ces observations ont été confirmées lors des inondations de 1974 où l'on a vu les eaux descendre les différents palliers de la bordure littorale jusqu'au fond du Marais et inonder celui-ci. Nous n'avions plus dans ce cas qu'un seul bassin versant.

III. LES SOLS DE LA PLAINE MARITIME DES WATERINGUES DU NORD ET DU PAS DE CALAIS.

La cartographie des sols de Plaine passe par l'étude morphologique des différents dépôts ayant contribué à sa génèse.

Nous en rappelons les principaux éléments :

- L'Assise sableuse de Calais constituée de sables fins.

- Les cordons de l'Assise de Calais formant la barrière littorale derrière laquelle se sont développées les tourbes terminales de l'Assise de Calais.

- Les tourbes de l'Assise de Calais (G. DUBOIS 1924) associées à des dépôts argileux et calcaires formant le "Complexe de la Tourbe" (J. SOMME 1975). Ce "Complexe" repose sur les sables de l'Assise de Calais.

- Les sables et les argiles de l'Assise de Dunkerque. Cette formation recouvre les tourbes de l'Assise de Calais.

Ces formations ont été analysées par la méthode de G. LAPORTE (1974), précédemment exposée, et d'après les normes suivantes :

- Pour la région du Calaisis : Maille intrinsèque 4 $\sqrt{2}$ ou 565 m ; indice de couverture 1/32 ; échelle intrinsèque 1/56 000.

- Pour le restant des Wateringues : Maille intrinsèque 8 $\sqrt{2}$; indice de couverture 1/128 ; échelle intrinsèque 1/112 000.

D'autre part, les différentes phases du travail de synthèse sont effectuées par les procédés ci-après :

1) Coupes verticales et parallèles.

Les coupes verticales et parallèles sont réalisées à partir de sondages alignés, elles constituent la première phase d'interprétation.

Outre les hypothèses générales présidant à leur élaboration, d'autres plus particulières aux Wateringues ont été introduites :

- existence d'une zone de colluvionnement en bordure du versant ;
- le contact des matériaux récents avec les cordons : zone de mélange.

Cependant, ces hypothèses se trouvent vérifiées dans les cas où les sondages ont permis d'observer ces contacts ; les formations rencontrées sont alors décrites.

Les données élémentaires des profils font ressortir l'existence de matériaux des sols, qui se retrouvent semblables à eux-mêmes en divers endroits et dans des positions analogues.

Ces matériaux sont :

- des tourbes ;
- des argiles douces, molles généralement sous les tourbes ou associées à elles, de coloration souvent bleue et que nous appelons argile du marais ;
- des sables profonds, fins et de caractère marin ;
- des sables fins superficiels présentant souvent des caractères marins ou lagunaires associés à des argiles ;
- des calcaires à limnées ou tuf de formation de type lacustre ;
- des sables marins, de coloration claire et plus grossiers ;
- des argiles beiges dites modernes près du littoral et associées aux sables marins ;
- des galets ;
- des limons de versant.

Ces matériaux sont figurés sur les coupes à partir d'une légende mise au point par G. LAPORTE (1964-1976) (Annexe 5). Ces coupes sont généralement restituées à l'échelle du 1/100 pour la hauteur et 1/10 000 pour la longueur ; ce qui entraîne une déformation importante et donne des pentes parfois accusées à des surfaces de dépôts subhorizontales. Dans la région du Calaisis plus complexe, les coupes ont été partiellement restituées aux échelles suivantes : H = 1/100 et L = 1/2 000. Pour la commodité du lecteur, nous précisons que les coupes sont numérotées de 1 à 56 en partant de Sangatte pour aller vers la région de Bergues (Annexes 19-20-21-22-30-31-32-33-34-35-35 bis)

2) Les coupes en plans ou Ecorchés.

A partir des coupes verticales et parallèles, une nouvelle phase d'interprétation permet d'élaborer une série d'Ecorchés restituant des surfaces équidistantes de la surface du sol (Annexe 23-24-25-26-27-28-29). Pour ces coupes, nous avons choisi les profondeurs suivantes : 0,0 m, 0,5 m, 1 m, 1,5 m, 2 m, 2,5 m, 3 m.

L'équidistance de 0,5 m est jugée suffisante pour permettre la représentation de tous les niveaux observés ainsi que leurs variations, compte tenu de la densité des sondages et de l'épaisseur moyenne des formations.

Entre les points de sondage, les contours ont été dessinés suivant les règles de proportionnalité en vigueur pour les coupes verticales. Toutefois, certains contours ont été déterminés ou modifiés suivant le tracé de la carte géologique fait de visu surtout en ce qui concerne les limites de versant, les débouchés de vallée, les cordons anciens et les massifs de calcaire à limnées. Ces coupes permettent de voir la répartition des matériaux dans la Plaine Maritime et les zones de prédominance d'un ou plusieurs types.

Ce mode d'expression des résultats de la prospection a été choisi pour la partie la plus complexe de la Plaine Maritime, c'est-à-dire la zone des 4ème et 5ème Sections des Wateringues du Pas-de-Calais, située dans le Calaisis.

3) La carte de Synthèse.

Sur cette carte, figureront les principales formations reconnues dans notre étude jusqu'à 3 m de profondeur et mentionnées sur les coupes horizontales. Toutefois, il sera nécessaire de faire quelques simplifications qui rendront ce document lisible.

Nous avons représenté en priorité les éléments les plus particuliers de la Plaine, ceux correspondant aux facteurs génétiques les plus dynamiques :

- Les éléments marins : cordons anciens, cordons de galets et sableux antérieurs à la formation des tourbes de l'Assise de Calais, les épandages inférieurs et supérieurs ;

- Les témoins anciens et les versants influençant le modelé de la Plaine Maritime ;

- Les formations tourbeuses et les calcaires à limnées.

Nous avons pratiquement passé sous silence les argiles, sauf celles arrivant à affleurement, et qui, constituent la part la plus importante des dépôts en l'absence d'autres formations. Ces sédiments forment des dépôts de comblement en période calme et où la végétation n'a pu encore prendre une grande extension.

Ces argiles occupent le plus souvent le fond du Marais sous les tourbes profondes, elles sont absentes seulement dans les zones où les sables de couverture atteignent 3 m ou que l'assise des sables inférieurs remonte suffisamment.

Les zones sans représentation d'éléments inférieurs : tourbes et sables sont toutes occupées par des argiles épaisses et profondes.

Cette carte est beaucoup plus simple que les coupes, cependant, elle permet de dégager au premier coup d'oeil des éléments de paysage, correspondant aux différentes zones décrites (Annexe 2.).

4) Expressions d'autres prospections que celles effectuées pour la cartographie générale.

L'étude fait référence à divers documents situés en annexe et qui correspondent à des prospections particulières effectuées pour des aménagements divers : tel que projets de drainage, ou recalibrage d'émissaires.

A l'aide de ces documents et de la carte de modelé dont nous avons parlé précédemment, il est possible de faire l'analyse des différents dépôts reconnus et de leurs relations pour chaque secteur particulier de la Plaine Maritime.

Nous commencerons l'exposé par le Calaisis plus riche en évènements, nous le poursuivrons par la Région des Anciens Estuaires et de la zone à l'Est de Bergues, frontière entre l'Ancien golfe de l'Aa et celui de l'Yser.

1. LES DEPOTS DU CALAISIS.

Ces dépôts comprennent des systèmes de cordons, des épandages alluviaux marins et continentaux, des formations tourbeuses.

1.1. Les cordons et barrières littorales.

Dans ces cordons, nous distinguons ceux appartenant à l'époque Flandrienne et ceux qui appartiennent aux Pléistocènes.

1.1.1. Les cordons Flandriens.

1.1.1.1. Le système du Cordon des Pierrettes.

Les cordons les plus évidents sont les cordons de galets et leurs prolongements sableux émergeant par leur altitude plus élevée du niveau de la Plaine. Ils sont regroupés dans la zone ouest de la Plaine Maritime, près de leur zone d'alimentation en galets, celle-ci est constituée par les débris de la Falaise du Blanc Nez et de Sangatte...

Le point ultime de la racine des cordons est l'extrémité de la Plage fossile de Sangatte décrite par de nombreux auteurs et notamment par G. DUBOIS (1924), A. BRIQUET (1930) et J. SOMME (1975) (Cf figure n° 6).

Il ne semble pas que la discussion soit close sur la datation de cette plage aboutissant à la Falaise Fossile, masqué par les dépôts Wechséliens, ces derniers formant le Versant actuel de l'extrémité Est de la Plaine Maritime : de Sangatte à Coquelles.

A l'extrémité de cette plage, débute le Cordon des Pierrettes, orienté d'Ouest en Est, dont la racine tronquée est protégée au niveau de Sangatte par une digue (G. DUBOIS 1924, A. BRIQUET 1930). Ce cordon, étroit et peu élevé de Sangatte à Fort Nieulay, est composé de bandes sableuses et caillouteuses alternées faisant un angle de 30° (Nord-Ouest - Sud-Est) avec l'alignement actuel du Cordon (G. DUBOIS 1924).

Ce cordon s'élargit à partir de Fort Nieulay où une passe artificielle permet le passage des eaux du Vivier, ancien bassin de réception des eaux du Marais devant transiter à la Mer par le moyen d'une écluse : "Ecluse du Moulin" (G. DUBOIS 1924, A. BRIQUET 1930).

Plus loin à l'Est, le cordon s'élargit passant sous le quartier de St Pierre de la ville de Calais. Ce quartier lui donne son nom (G. DUBOIS 1924). A l'Est de Calais, le cordon présente une série de digitations caillouteuses orientées Sud-Ouest, faisant un angle de 45° avec l'actuel cordon des Pierrettes. Ces digitations connues sous le nom de digitations du Virval (G. DUBOIS 1924) s'enfoncent sous les dépôts de la Plaine.

Au-delà du Virval, dans l'alignement Est-Ouest, le Cordon des Pierrettes se prolonge par le Banc sableux de Marck.

1.1.1.2. Les formations associées au Cordon des Pierrettes.

Au Sud du Cordon, au niveau de Nieulay, accroché au cordon des Pierrettes, s'étend le cordon de Laubanie sub-affleurant au niveau de la Plaine, présenté comme une digitation du système des Pierrettes (J. SOMME 1975).

Un autre alignement de galets semble se dessiner au niveau du Battard'eau (J. SOMME 1975) et des gisements caillouteux mis en évidence par notre prospection à St Tricat. Ce dernier alignement longe ou s'appuie sur le versant limitant la Plaine. La charnière de ces alignements de galets est située au Niveau de Fort Nieulay.

Au Nord du Cordon des Pierrettes, s'étend la barrière littorale actuelle formée de galets et de Sable à l'Ouest de Calais. Celle-ci fait un angle de 30° avec le Cordon des Pierrettes et correspond au stade actuel de recul du Cap Blanc Nez entraînant un réalignement de la côte.

Entre le cordon actuel et celui des Pierrettes, deux éléments de cordons, sablo-caillouteux, alignés sur l'axe de Fort Nieulay, forment l'ensemble des Salines. Ces formations débutent au niveau de la Ferme Jehannot et s'orientent approximativement suivant un alignement correspondant à Fort Nieulay et aux digitations du Virval.

1.1.1.3. Relations entre le système des Pierrettes et les autres dépôts de la Plaine.

Le Cordon des Pierrettes dans sa majeure partie et ses prolongements du Virval et de Marck, sont antérieurs à la formation de la tourbe de Surface de l'Assise de Calais (G. DUBOIS 1924 et J. SOMME 1975) qui transgresse sur le cordon. Ceci est mis en évidence par les nombreux sondages de G. DUBOIS (1924), de J. SOMME (1975) et par l'étude actuelle (coupe n° 7 - sondages 6 A2-E5, coupe n° 14 - sondages 6 B7-C3).

Toutefois, la partie Ouest du Cordon, c'est-à-dire de Sangatte jusque Fort Nieulay, semble plus récente et peut-être postérieure à la tourbe de surface :

- En effet, la tourbe de surface s'étend au-delà de ce cordon qui ne constituait donc pas à l'époque de la formation de cette tourbe la barrière littorale ;

- Au niveau du littoral actuel, cette tourbe a été observée, relativement épaisse en deça du cordon, s'amincissant au-delà (Cf R. BLANCHARD 1906, G. DUBOIS 1924, A. BRIQUET 1930).

L'ensemble des sondages effectués lors de l'étude a permis de reconnaître la Tourbe de Surface dans son ensemble et d'observer sa limite. Cette limite correspond d'une part au rivage actuel où elle se trouve tronquée, d'autre part, au cordon des Salines (Cf coupes 1-2-3-4).

L'on peut donc voir le Système des Salines comme les restes d'une ancienne barrière littorale de l'Assise de Calais et d'âge comparable au Banc de Mark où la tourbe de surface vient se terminer (Cf coupe 18 sondage 6A11 E3). L'on a noté également dans ce cordon la présence d'Ostrea Edulis comme dans le Banc de Marck (J. SOMME 1975).

Ceci donnerait une extension récente de la Plaine Maritime dans ce secteur au-delà du rivage actuel, et une racine de cordon prenant appui sur un cap Blanc nez beaucoup plus éloigné en direction de Rouge Ridden ou des Quénocs.

D'autres arguments tiennent à l'observation des Cordons eux-mêmes. En effet, la faiblesse du cordon littoral actuel et des Pierrettes dans ce secteur où les hauteurs de marnage sont les plus importantes (J. SOMME 1975), ne permet pas d'envisager le développement d'une tourbe épaisse ; or, la tourbe située en deça de ce cordon semble indemne des incursions sableuses importantes; et le développement d'une tourbe épaisse est le corrolaire d'une protection suffisamment importante faisant barrière hydraulique, évitant ainsi un taux de salinité trop élevé.

Dans le même ordre d'idées, les puits du village de l'ancien Sangatte creusés dans la tourbe située sur l'Etran actuel (R. BLANCHARD 1906, G. DUBOIS 1924, A. BRIQUET 1930) posent la double question d'un niveau marin plus bas et d'une barrière littorale suffisamment importante ; ces deux éléments sont nécessaires pour obtenir un interface eau douce (eau salée), suffisamment bas afin d'assurer d'une part le développement de la tourbe, et d'autre part, permettre le puisage de l'eau douce.

La morphologie de la portion Ouest du Cordon des Pierrettes présente une anomalie accusée encore par le système de digue en certains secteurs. Cette anomalie réside dans l'altitude des terrains entourant les cordons ; ces altitudes sont quasiment identiques (Cf annexe 18.). Le phénomène de remblaiement habituel du côté marin n'a donc pas joué pleinement son rôle.

Ce dernier argument plaide en faveur de l'hypothèse d'un cordon jeune. Néanmoins, il n'est pas exclu que la construction de digues à la période historique n'ait perturbé le paysage ; cette question est difficile à vérifier.

Cependant, nous pouvons avancer deux arguments en faveur d'éléments de cordons anciens à l'endroit de la portion Ouest du Cordon des Pierrettes. D'une part, la pérennité d'éléments du cordon des Pierrettes dans cette région suivant une orientation analogue, est mise en évidence à partir de sondages profonds (J. SOMME 1975). D'autre part, il existe en arrière du cordon, des niveaux de tourbe inférieur à la Tourbe de Surface de l'Assise de Calais ; ceci plaide également pour l'existence d'une barrière littorale assez ancienne en ce lieu (Cf coupes 4 n° 5 A 26-D1) et parallèle au Versant Weschélien masquant l'ancienne falaise Pleistocène.

Nous nous trouverions donc en présence d'un ensemble ancien remanié récemment.

Ce remaniement récent expliquerait l'anomalie morphologique dont nous avons parlé précédemment. Egalement, l'absence de sondages où la tourbe de surface ait été observée reposant sur le cordon. Enfin, la présence de dépôts sableux récents reposant au-dessus des tourbes : les digitations ou chenaux de la tourelle (G. DUBOIS 1924, J. SOMME 1975) semble correspondre à un réaménagement récent du cordon.

Les chenaux de la Tourelle constituent une série de digitations sableuses, s'étendant dans la Plaine au-delà de Coquelles, à proche distance du Versant et jusqu'au devant de la ferme de la Tourelle. La figure n° 14 réalisée par J. SOMME (1975) nous en donne le contour.

Ces digitations sont représentées sur la coupe n° 9 de façon théorique, toutes les digitations n'étant pas dessinées.

Ces digitations sont formées de sables coquilliers marins (cardium édule) ; non battus par les vagues : on n'y trouve pas de galets. La faible coloration de ces sables met en évidence un dépôt récent : effet d'une pédogénèse récente. La morphologie est accusée, ce qui constitue un élément de jeunesse pour un relief Sableux.

Les sables reposent au-dessus de la tourbe de surface, un niveau intermédiaire argileux s'intercale entre les sables et la tourbe (Cf coupe n° 9 sondage 6 B2-H10-2).

Ces sables forment une lentille ayant poinçonné et tassé les matériaux inférieurs plus malléables (1).

(G. DUBOIS (1924) signale la présence dans ces chenaux de sables bleus à 2 m de profondeur, et en tire la conclusion que les sables appartiennent à l'Assise de Calais et donc sont inférieurs à la tourbe. Le caractère de réduction courant dans les sables de l'assise de Calais correspond à un niveau permanent de la nappe coïncidant souvent avec la profondeur d'apparition de ce faciès. Cependant, ce caractère pédologique ne permet pas d'identifier un dépôt particulier).

Ces dépôts jeunes sont les témoins d'un réaménagement récent du Cordon des Pierrettes dans sa partie Ouest. Citons notamment la destruction du Sangatte Romain au XIIIème siècle (R. BLANCHARD 1906, G. DUBOIS 1924, A. BRIQUET 1930, J. SOMME 1975) qui constitue sans doute le réaménagement majeur le plus récent que l'on connaisse.

Nous pouvons également envisager la période de rupture du Cordon des salines contemporaines du recouvrement des tourbes du Marais antérieur par des sables et des argiles. Cette période correspondant nécessairement à celle du réaménagement de la partie occidentale du cordon des Pierrettes.

1.1.1.4. A l'Est de Fort Nieulay : Les Pierrettes et le Banc de Marck.

Au-delà de Fort Nieulay, le cordon s'élargit sous le quartier de St Pierre de la Ville de Calais, lui donnant son nom. Le cordon forme alors une masse imposante large d'environ 800 m. Il présente vers le Sud une série de digitations, caillouteuses, les digitations du Virval s'enfonçant sous les matériaux de la Plaine.

A l'Est, le cordon se prolonge par le Banc de Marck. Celui-ci constitue un vaste massif sableux de 3 km de large à proximité de la ville de Marck. Il semble se terminer au niveau de la jonction des canaux de Marck et du Houlet.

De nombreux sondages ont montré les rapports entre la tourbe de surface de l'Assise de Calais et le Banc : sondages de G. DUBOIS (1924), de J. SOMME (1975) et de la présente étude (Cf coupes n° 14 sondage 6 B7-C3).

Ces mêmes sondages permettent de constater qu'un seul niveau de tourbe est apparent au niveau du Banc de Mark, c'est-à-dire celui de la tourbe de Surface. Les 2ème et 3ème niveaux de tourbe inférieurs à la tourbe de surface et reconnus lors de la prospection, s'arrêtent en deça au milieu de la Plaine.

Les sols formés sur ce Banc sableux présentent un horizon oxydé important, les formes dunaires sont très estompées ; tout ceci montre l'ancienneté du dépôt.

Les caractères pédogénétiques observés sur la surface du Banc de Marck permettent de différencier sur sa bordure les sables de l'Assise de Calais, des sables plus récents et donc plus clairs de l'Assise de Dunkerque le recouvrant.

1.1.1.5. Au Sud de Fort Nieulay.

Un cordon accroché aux Pierrettes au Sud de Fort Nieulay s'en éloigne suivant une direction Sud-Sud Ouest. Ce cordon appelé "Cordon de Laubanie" est reconnu par J. SOMME (1975) jusqu'au niveau de la Petite Rouge Cambre et de la Ferme Willaume comme une formation à galets, digitation du Cordon des Pierrettes. Egalement, une autre formation à galets, celle du "Batard'eau" (J. SOMME 1975) a été reconnue s'appuyant au pied de la formation Pleistocène de la Petite Rouge Cambre.

1) Le Cordon de Laubanie.

Le Cordon de Laubanie, plus qu'une simple digitation ou appendice du Cordon des Pierrettes, constitue une véritable formation caillouteuse à galets, alignement ayant formé au moins temporairement une barrière littorale.

Cette hypothèse est confirmée par plusieurs arguments.

Le bord du Cordon est rectiligne du côté du flot, par contre, du côté intérieur, l'on distingue une série de crochets mis en évidence à proximité de la Ferme Willaume.

Ce cordon se prolonge en direction du Sud-Sud Est affleurant ou sub-affleurant au niveau de la Plaine Maritime, quasiment ennoyé par les matériaux du complexe de la Tourbe de Surface. Il se prolonge sous une forme caillouteuse jusqu'au delà de la Ferme de la Belle Hélène, et sous forme d'un bourrelet sableux rectiligne passant à proximité de la Rivière Neuve et venant s'appuyer sur le Versant à proximité d'Arches. Ce bourrelet sableux que nous appellerons Banc de la Rivière Neuve correspond à une Barrière littorale isolant le secteur des Marais de Frethun, de Guines, et d'Andres. Cette barrière littorale est apparemment antérieure au 2ème niveau de tourbe de l'Assise de Calais (Le premier niveau de tourbe est celui de la tourbe de surface, le 2ème niveau lui est inférieur).

En effet, le Banc sableux de la Rivière Neuve a également interrompu par son relief le 2ème niveau de tourbe de l'Assise de Calais. Nous citons l'exemple du sondage suivant : 6

Un autre argument peut laisser présumer de l'ancienneté de la formation à galets du Cordon de laubanie : la présence d'un sol de type podzol repéré par sondage dans les sables mélangés aux galets. Cette pédogénèse est visible dans la partie affleurante du cordon. Elle démontre l'ancienneté de la formation et rejette l'hypothèse d'un remaniement récent suite à une rupture des Pierrettes. Notons qu'une pédogénèse de ce type n'a pas été observée dans la partie occidentale du cordon des Pierrettes.

2) L'alignement caillouteux du Batard'eau.

A proximité de la rivière de St Tricat au lieu dit le Batard'eau (J. SOMME (1975)), existe un cordon de galets recouvert par les matériaux de la Plaine Maritime. Son altitude est inférieure à O N G F. Il s'appuit sur la base du Cordon Pleistocène de la Petite Rouge Cambre. Ce petit cordon ne semble qu'un remaniement temporaire, toutefois, il est antérieur à la tourbe de surface de l'Assise de Calais venant s'y appuyer. Il semble se prolonger vers le Sud par des formations caillouteuses repérées à la tarière mais non vues à proximité de Fréthun vers 1,8 m de profondeur, sous les matériaux de la Plaine. Ces formations sont peu éloignées du Versant actuel (6 C3-G5-2).

L'ensemble des formations dont nous venons de parler sont comprises dans un éventail allant du Cordon des Pierrettes et du banc de Marck d'une part, au versant des collines, d'autre part. L'axe de cet éventail serait Fort Nieulay, vers où s'orientent également les éléments de Cordons situés au Nord : système des salines.

Nous pouvons donc en déduire un système de cordons successifs ayant pour axe Fort Nieulay et dont les racines successives s'appuyant sur le Cap Blanc Nez auraient été détruites.

A ceci, nous pouvons apporter plusieurs arguments :

1) La minceur des cordons de galets à l'Ouest de Fort Nieulay.

2) L'épaississement très important du Cordon des Pierrettes à partir de Fort Nieulay correspondant à une zone de stabilisation où s'accumulent les matériaux provenant des éléments de cordons détruits.

3) Les données des sondages profonds d'après J. SOMME (1975) montrent l'absence de galets à - 2,5 m à l'Ouest de Fort Nieulay (Cf fig. n° 13) au lieu du Cordon des Pierrettes. Par contre, J. SOMME (1975) met également en évidence la permanence de masses importantes de galets dans les secteurs (Cf fig. n° 13) Est et Sud de Fort Nieulay.

4) Les altitudes de plus en plus élevées des cordons terminaux de l'Assise de Calais en partant du versant vers le littoral actuel : batard'eau, Laubanie et les Pierrettes pourraient être en relation avec un réaménagement successif du littoral en fonction de la montée du niveau marin L'argument ne vaut pas par lui-même, car selon la direction du rivage, l'on peut envisager un effet différent de la force des vagues et des courants édifiant les cordons. Cependant l'argument pourrait être étayé dans la mesure où ces cordons ou des formations similaires de même âge formeraient chacune la limite d'une des surfaces de tourbe de l'Assise de Calais. L'alignement du cordon de Laubanie et son prolongement sableux interrompant parfois la tourbe de 2ème rang ne peuvent être pris à ce niveau de raisonnement que pour un épisode temporaire du remblaiement de la Plaine Maritime. Cependant, les limites d'extension de la tourbe des 1er, 2ème et 3ème rang peuvent donner des indications confirmant cette hypothèse.

1.1.2. Les formations anciennes du Calaisis.

Outre la Plage suspendue de Sangatte qui serait antérieure à l'Eemien (J. SOMME 1975), la Plaine Maritime dans la Région du Calaisis présente quatre témoins de transgressions précédentes :

- Le Cordon de la Petite Rouge Cambre ;
- Le Cordon de Coulogne ;
- Le Cordon des Attaques ;
- La Formation de Fort Château.

Les trois premiers forment les restes d'un cordon Pleistocène (J. SOMME 1975) suivant l'alignement de la Falaise fossilisés par le Versant Wechsélien au bas duquel se trouve la Plage de Sangatte.

Ces cordons ont été étudiés par DUBOIS (1924), BRIQUET (1930), LEFEBVRE (1967), J. SOMME (1975).

Ils comprennent une assise sableuse avec une formation de galets au sommet et un recouvrement de limons ocre rouge mettant en évidence une pédogénèse ancienne (G. DUBOIS 1924, J. SOMME 1975).

Ces formations présentent sur leur Flanc Nord une Falaise visible actuellement encore sur le cordon de Coulogne avec un talus dominant les matériaux de la Plaine.

Cette falaise a été mise en évidence également par sondage par G. DUBOIS (1924) et également par la présente étude ( ).

La Formation de Fort Château a été vue comme un élément de cordon pouvant se rapporter éventuellement au même âge que la formation de Coulogne (J. SOMME 1975).

Elle se présente comme une éminence dominant la Plaine Maritime de plusieurs mètres, parallèle au Versant, réuni à celui-ci par un pédoncule, large d'environ 200 m et s'abaissant du Nord vers le Sud.

Nous y trouvons comme à Coulogne, un recouvrement de limons contenant quelques galets, également des silex cassés. Au Sud, dans la partie basse de la Formation, l'on observe une forte concentration de galets avec des sables gris clairs pouvant présenter un aspect récent.

Nous avons fait deux observations complémentaires qui paraissent intéressantes :

1) Observation sur la base du Versant Est du passage versant sous les tourbes suivant une pente douce (Cf coupe n°18).

2) Sondage au même point à la base de la Formation, qui nous a permis de remonter sur une profondeur de 3 m des sables limoneux verdâtres, ressemblant à des dépôts marins.

Nous nous trouverions donc en présence d'un lambeau de dépôt alluvial marin ancien, sur lequel serait superposé un élément de cordon plus ou moins remanié, et remis à jour actuellement par le travail du sol.

Ajoutons que le dépôt est d'altitude trop élevée pour être assimilé aux sédiments Flandriens voisins, et la dimension des galets trop grande si on les compare à des galets Flandriens aussi éloignés de la racine des cordons.

1.1.3. Similitude entre le système de Cordons Flandriens et les Dépôts Anciens.

Le système des Pierrettes décrit plus haut et celui des dépôts anciens à galets de la Petite Rouge Cambre, Coulogne, les Attaques, Fort Château, présentent une similitude. En effet, le premier système forme un éventail allant du Versant jusqu'au Cordon des Pierrettes avec pour axe Fort Nieulay. Nous retrouvons un éventail identique constitué par la Formation de Fort Château proche du Versant et l'alignement de Coulogne, avec pour axe le Massif de la Petite Rouge Cambre.

Un autre élément de ressemblance entre les deux systèmes réside dans l'élargissement important du Cordon des Pierrettes à partir de Fort Nieulay et de l'élargissement similaire du Cordon Pléistocène bien visible au niveau de Coulogne.

Ainsi, à des époques différentes, les mêmes causes auraient produit les mêmes effets.

Les matériaux des racines successivement détruites venaient grossir la partie médiane des cordons, au-delà des axes formés respectivement par Fort Nieulay et la Petite Rouge Cambre.

Ajoutons que le décalage d'orientation des cordons Flandriens et Pléistocènes, pourrait éventuellement être envisagé comme un indice du recul du Cap Blanc Nez.

1.1.4. Les formations sableuses associées à l'alignement Pléistocène de Coulogne - les Attaques.

A l'Est des Attaques, se situe une zone sableuse formant un relief accusé pour l'observateur placé au niveau du "Marais". La variation d'altitude visible en remontant la rue des Cappes situe un changement de pallier correspondant pour le Calaisis à l'alignement de Coulogne-Les Attaques. Ces sables viennent à l'affleurement à une altitude d'environ 2 m N G F à proximité de la Ferme des Cappes (6 E13-I1), et sont observés également dans le prolongement du Cordon des Attaques, à l'extrémité de la Rue de l'Espérance (6 E 10-A9-2), à une altitude de 1,9 m N G F. Ils se caractérisent par un horizon d'oxydation ocre brun, moins marqué que sur les sables du Banc de Marck, mais signe d'une phase d'exondation accompagnée d'une pédogénèse.

Outre ces observations sur les affleurements sableux, la prospection met en évidence la terminaison des tourbes de 2ème rang (niveau tourbeux inférieur à celui de la Tourbe de Surface), à l'endroit de ce bourrelet sableux appuyé sur les Cordons de Coulogne et des Attaques. Seule la tourbe de 1er rang, c'est-à-dire la tourbe de surface de l'Assise de Calais a été observée au-delà de cet alignement.

Les cordons de Coulogne et des Attaques, réintégrés à l'époque Flandrienne dans un cordon sableux que nous appellerons le "Banc des Cappes" auraient refonctionné comme barrière littorale durant une période suffisamment longue pour permettre la formation de la tourbe de 2ème rang.

Cette hypothèse est confirmée par le talus d'allure jeune formant falaise au Nord du Cordon de Coulogne.

1.2. L'Assise sableuse de Calais, le Complexe de la tourbe de surface et les dépôts de l'Assise de Dunkerque, dans le Calaisis.

1.2.1. Les sables de l'Assise de Calais.

Les sables de l'Assise de Calais correspondent à la phase transgressive qui va de la fin du dernier glaciaire jusqu'à la période de stabilisation sub-actuelle. Celle-ci a permis l'établissement d'un régime continental, avec formation d'une tourbière sur le sommet des sables de l'Assise de Calais (Cf G. DUBOIS 1924 et J. SOMME 1975).

Le sommet de cet épandage marin sableux peut varier en altitude suivant l'éloignement du rivage et le mode d'apport : épandage d'alluvions marines ou élaboration d'un bourrelet côtier.

Cette assise est constituée de sables fins, généralement gris bleus dans la mesure où ils sont situés sous le niveau permanent de la nappe. Ces sables sont riches en coquilles de cardium edule.

1.2.1.1. Périmètre des sables de l'Assise de Calais.

La zone d'extension des sables de l'Assise de Calais est constituée par l'ensemble de la Plaine Maritime à l'exception des anciennes formations : Coulogne, les Attaques, Fort Château, également dans d'autres secteurs, des affleurements Yprésiens : Saillant d'Ardres, Buttes de Holque et de Loobergue, enfin de certaines parties de "Marais", Marais de Guines notamment où le complexe de la Tourbe de Surface se trouve directement au

contact de la craie.

1.2.1.2. Plafond et contact avec la Formation du Complexe de la Tourbe.

La surface des sables de l'Assise de Calais ne constitue pas à proprement parler une surface uniforme continue, avec le complexe de la Tourbe de Surface la recouvrant.

En effet, nous observons :

- Des interstratifications sableuses avec le Complexe de la Tourbe (coupe 22, 6G8-I1, coupe 20, 6F8-C1).

- Des reliefs sableux ennoyés, mais interrompant momentanément des niveaux de tourbes ou d'argile du complexe de la tourbe (Banc de la Rivière Neuve) (coupe 20, 6 E8-I4).

- Des reliefs sableux émergeant à la surface de la Plaine, marqués par des sols de couleur ocre. Ces reliefs sableux font obstacle à l'extension de la tourbe qui, selon les cas, s'y arrêterait ou les contournerait (Banc des Cappes, Banc de Marck).

- Des dépressions de la surface des sables, dans les secteurs protégés de l'alluvionnement marin par un obstacle, ainsi à l'arrière du Banc de Coulogne, les sables sont profonds (6 D7-C7 coupe 17). Par contre, le sommet des sables est plus élevé dans l'axe de la trouée comprise entre le Cordon de Coulogne et le cordon des Attaques (Coupe 19, 6 D8-F8-4).

- Des zones d'altitude moyenne plus élevée en relation avec la présence ou l'absence d'un niveau de tourbe, en relation également avec les différents Bancs sableux décrits précédemment. Nous distinguons ainsi 3 paliers :

1) un pallier bas en-deça du Banc de la Rivière Neuve où les sables ne sont pas atteints dans la majorité des cas.

2) un pallier moyen, du Banc de la Rivière Neuve, au Banc des Cappes, où les sables sont atteints assez souvent par les sondages.

3) un pallier haut, du Banc des Cappes au Banc de Marck où les sables sont atteints rapidement par les sondages, le complexe de la tourbe étant réduit à un seul niveau de Tourbe, c'est-à-dire la tourbe de surface de l'Assise de Calais.

Cet étagement des dépôts sableux, associé à un accroissement progressif du domaine du Marais marqué par des niveaux de tourbes de plus en plus étendus, est un indice d'une période de stabilisation du niveau moyen de la mer.

1.2.2. Le Complexe de la tourbe de Surface de l'Assise de Calais.

Le Complexe de la Tourbe de Surface défini par J. SOMME (1975), comprend divers dépôts associés : argiles limoneuses du Marais entourant plusieurs niveaux de tourbe, et des dépôts de calcaire à limnées.

1.2.2.1. Les tourbes.

A proximité du Versant, les tourbes semblent former un seul dépôt sans interruption. Ce dépôt se subdivise en plusieurs niveaux distincts en s'éloignant vers la mer. Ces niveaux se terminent contre les différents Cordons ou Bancs sableux de l'Assise de Calais. Dans le Calaisis, nos prospections ont permis d'observer jusqu'à 3 niveaux tourbeux que nous avons numérotés dans le sens inférieur en partant de la surface : 1, 2 et 3. Les niveaux supérieurs 1 et 2 ont été mis en relation avec des Barrières littorales précises : le Banc de Marck et le Banc des Cappes marquant leur limite d'extension.

Les retours transgressifs de cette période interrompant le développement de la tourbe pour une période limitée, n'ont pas été très violents. Ils ne se sont pas marqués par des épandages de sable dans le Calaisis antérieur, mais seulement par des argiles limoneuses à hydrobia ulvae, signes d'un milieu lagunaire saumâtre (6 G6-A5, coupe 19...)

On observe également, associés aux tourbes, des Calcaires à Limnées étudiés par DEBRAY (1872-1873), G. DUBOIS (1924), J. SOMME (1975). Ces calcaires signalent des époques où la tourbe se trouvait submergée par endroit mais sans disparaître totalement, les Calcaires à Limnée caractérisant un milieu lacustre et non saumâtre (coupe 21 - 6G7 - E7).

Ceci met en évidence une montée assez lente du milieu marin en équilibre avec le milieu continental.

Energie de la tourbière fossile.

La tourbière s'est développée sur la Plaine Maritime en fonction inverse des épandages marins, l'extension de la tourbe fossile nous donne une idée de son développement, dans la mesure où elle n'a pas été détruite : érosion et surtout exploitation.

Dans le cas des épandages marins, c'est bien évidemment le milieu salé ou saumâtre qui a limité le développement de la végétation.

Apparemment, au niveau de l'Anse de Guines, le milieu salé a été tenu en échec par l'apport d'eau douce venant de la nappe de la craie sourçant au bas du Versant.

En effet, dans ce secteur, l'on observe un dépôt de tourbe épais ininterrompu par des sédiments minéraux, d'autre part, la tourbe repose parfois directement sur la craie ( ), enfin, l'on a observé dans ce secteur des structures, dignes d'une rendzine, faisant exception dans la Plaine Maritime et dues à l'apport constant de Calcium libre ( ).

L'ensemble des dépôts de tourbe montre une puissance maximale dans le marais à proximité et du versant (6 I5-E7, coupe 21) et vont s'amincissant en direction du littoral (6 C9-I7, coupe 19). Inversement, les sables de l'Assise de Calais se présentent au niveau de plus en plus bas à mesure que l'on se rapproche du Marais...

Une autre idée de l'énergie de la tourbière peut être déduite du développement de la végétation et du type de végétation.

D'une manière générale, la reconquête de la Plaine Maritime par les éléments végétaux s'est toujours effectuée à partir d'une végétation primaire (Roselière) correspondant à la partie inférieure des niveaux de tourbe. Cette végétation herbacée a été suivie d'essences ligneuses (Coudrier, Aulnes, Ormes, Chênes, etc...) décrites par H. DEBRAY (1872-1873) et dont parle G. DUBOIS (1924) et J. SOMME (1975).

- Les différents secteurs de la Plaine Maritime ont été favorables à l'un ou l'autre type de développement. Ainsi, en face du versant d'Audruicq à Nortkerque, l'on découvre de nombreux troncs d'arbres (H. DEBRAY et sondages de la présente étude). Ceci s'explique par le glacis limoneux affleurant ou subaffleurant à l'époque du développement de la végétation (Cf annexe 36, coupe du Watergand Sauvage).

- Dans le Marais, la végétation a été limitée par des apports d'eau venant du Versant, provoquant des inondations et noyant la tourbière par places. Ces épisodes corollaires de périodes d'érosion seraient marqués par les dépôts de Calcaires à Limnées interstratifiées dans les tourbes (G. DUBOIS 1924, J. SOMME 1975), (6 H6-C1 et 6 H6-B1, coupe 20).

- La tourbière n'a pas couvert toute la Plaine Maritime. En effet, l'on retrouve des sols contemporains des tourbes, non occupés par celle-ci, situés en position dominante leur assurant un drainage. C'est-à-dire que la tourbière ne s'est développée qu'en conditions suffisamment humides pour assurer le développement et la conservation des végétaux.

Energie actuelle de la tourbière.

Après l'épandage de l'Assise de Dunkerque, la tourbière ne semble pas avoir repris l'extension qui lui était possible, et ceci bien que le régime continental soit rétabli sur la Plaine, avec reprise de la végétation. Ceci s'explique par plusieurs facteurs limitants, ayant même provoqué la minéralisation partielle de la partie affleurante de la Tourbe de Surface.

- La mise en culture entraîne la minéralisation rapide de la Matière organique.

- L'assainissement de la Plaine Maritime a fait reculer les zones les plus humides aux confins du Marais, et même en certains cas, les a fait disparaître : drainage par drains enterrés et stations de relèvement des eaux.

Nous pouvons envisager également pour certains secteurs, des épisodes lagunaires ou lacustres. Notons qu'au nord de Fort Château, dans le Calaisis occidental, la tourbe de 2ème rang est le plus souvent absente. Cette zone constituait une vaste dépression du sommet des sables de l'Assise de Calais comblée par des argiles de type lagunaire comme celle du Complexe de la Tourbe. Ce secteur constitue encore à l'heure actuelle une dépression (Cf Annexe 18).

Il semble donc que l'activité de la tourbière soit quasiment nulle à l'heure actuelle et que nous en restons au niveau de la Tourbe de Surface de l'Assise de Calais. Cependant, nous avons relevé quelques indices de faible activité dans les zones traditionnellement les plus humides. Nous en donnons plusieurs exemples :

- Au bas du Massif de la Petite Rouge Cambre, dans le secteur le plus bas (0,0 NGF), un horizon fortement enrichi en Matière organique vient en biseau recouvrir les limons déposés au débouché du Vallon de la Rivierrette. Ces limons recouvrent eux-mêmes la Tourbe de Surface de l'Assise de Calais (6 C3-A3, coupe 10).

- Dans le Marais de Guines, nous pouvons observer actuellement une végétation arbustive importante (Aulnes, peupliers, saules...), des roselières, des touffes de graminées surélevées pour résister à la montée des eaux en période hivernale. Les conditions humides du "Marais" permettent la conservation de ces végétaux et le plus souvent la formation d'une tourbe primaire à roseaux.

Notons qu'au niveau de la "Plaine", ces conditions ne sont plus remplies qu'au lieu des fossés et des watergands.

1.2.2.2. Les Argiles du Complexe de la tourbe.

Les argiles associées aux tourbes du Complexe de la Tourbe correspondent à des matériaux de granulométrie assez variable.

Elles comprennent des limons argileux avec environ 20 % d'argile et des argiles dépassant 40 % d'éléments inférieurs à 2 µ.

Ces matériaux de coloration gris beige vers la surface, deviennent gris bleu sous le niveau permanent de la nappe.

Ces argiles ont toujours le même aspect physique, elles sont molles, relativement collantes et donnant au doigté une impression douce et savonneuse, les faisant apparaître plus argileuses qu'elles ne le sont en réalité.

Cet aspect physique est commun à tous les dépôts argileux récents non consolidés.

Ces argiles constituent une sédimentation de faible énergie en milieu plus ou moins saumâtre. Ceci est confirmé par la présence fréquente dans ces matériaux de coquilles d'hydrobia ulvae et de Scrobicularia.

1.2.2.3. Les Calcaires à Limnées.

Associés aux tourbes, les Calcaires à Limnées s'y interstratifient bien que dans certains cas le tassement différentiel donne l'illusion de formations supérieures aux tourbes.

Les différentes observations de GOSSELET J. et LADRIERE J. (1893), H. DEBRAY (1873), G. DUBOIS (1924), J. SOMME (1975), et celles de la présente étude fait ressortir que les dépôts de Calcaires à Limnées sont situés généralement dans la partie supérieure du Complexe de la Tourbe (6617E7 et 6618A1).

Toutefois, des formations plus rares ont été observées à tout niveau de la Tourbe de surface et même à la base de celle-ci (6 H7-G2, coupe 22).

Ce Calcaire se présente comme un limon Calcaire chargé de coquilles d'eau douce, essentiellement de coquilles de Limnées.

Les calcaires à Limnées plus importants dans la partie supérieure de la tourbe pourraient être contemporains du début d'une montée de la nappe noyant la Tourbe.

Ainsi, G. DUBOIS (1924) (Cf fig. n° 11) montre les Calcaires à Limnées s'interstratifiant d'une part avec les tourbes antérieures du Marais, et d'autre part, avec les sables correspondant au début de l'Assise de Dunkerque (6 G8-A1, coupe 21).

Ceci militerait en faveur d'une extinction progressive de la tourbière avec quelques sursis montrés par l'interstratification du complexe de la Tourbe dans les matériaux de l'Assise de Dunkerque (6 E9-I3). Ceci est marqué par les calcaires à limnées et l'observation épisodique de lits de, matière organique sans qu'il soit possible de distinguer s'il s'agit d'un ou de plusieurs épisodes (6 G10-A5). L'ennoiement de la tourbière d'une part, mis en évidence par les dépôts de Calcaire à Limnées et les premiers épandages sableux de l'Assise de Dunkerque, d'autre part, correspondent à un relèvement du niveau de la nappe du Marais, à mettre en relation avec un relèvement du niveau marin.

Ceci soulève le problème de l'imprécision de la limite de la surface de l'Assise de Calais et de la Base de l'Assise de Dunkerque.

Cette question déjà soulevée par J. SOMME (1975), pourrait être précisée par l'étude des sols de la Plaine Basse située au Sud des Attaques où l'on observe les sables supérieurs s'interstratifiant dans les tourbes et les calcaires à Limnées (Cf Annexe 22, coupes 23-24, 6 G9-A7, 6 G10-E1, 6 G10-A5).

1.2.2.4. Les dépôts alluviaux au débouché des vallons situés sur les versants.

Au débouché des Vallons de la Rivière de St Tricat, de la Rivierrette, de la Rivière d'Andres, etc..., l'on observe de larges plages de limons colluvionnés et alluvionnés de couleur ocre identique à ceux des versants voisins.

L'héritage très proche a fait que la nature du matériau n'a quasiment pas évolué, et seul un sondage permet de préciser si l'on se trouve au-dessus du Marais (Tourbe de Surface) ou un replat du versant.

Ces épandages de limons peuvent atteindre le km2 et dépasser 1 m d'épaisseur dans leurs plus grandes dimensions. Ils sont apparemment comme les Calcaires à Limnées la marque de l'érosion des terres en amont des vallons.

Outre ces épandages récents situés au-dessus de la tourbière, l'on observe plusieurs dépôts limoneux sous-jacents venant s'interstratifier avec les matériaux du Complexe de la Tourbe correspondant sans doute à des épisodes de plus forte pluviométrie et de moindre protection du sol. Le dernier dépôt, plus important, peut correspondre aux développements de l'agriculture durant la période historique.

1.2.2.5. L'épandage de galets du Vivier.

La faible étendue de l'épandage de galets du Vivier, sa nature de galets enrobés d'argile, la faible épaisseur de l'épandage à la partie supérieure de la Tourbe de Surface, l'absence de formations sableuses qui accompagnent les épandages marins, son point d'origine : l'Ecluse du Vivier ou Ecluse du Moulin (G. DUBOIS 1924), (A. BRIQUET 1930), contrarient

l'hypothèse selon laquelle en ce point une ouverture naturelle aurait permis un écoulement des eaux intérieures. Il semble que les eaux se soient écoulées depuis longtemps vers l'Est comme l'indiqueraient la disposition des dépôts de Calcaires à Limnées, et l'origine des épandages sableux terminaux.

1.2.3. Les dépôts de l'Assise de Dunkerque.

Au-dessus du complexe de la Tourbe de Surface défini par J. SOMME (1975), repose un épandage argilo-sableux, formé d'une succession de lentilles argileuses et sableuses, avec assez souvent une sédimentation terminale argileuse. Le caractère marin du dépôt est attesté par sa forme : épais vers le littoral, se terminant en Biseau vers le Marais.

Les matériaux alternativement argileux et sableux contiennent divers coquillages :

- pour les argiles essentiellement, scrobicularia plana et hydrobia ulvae ;
- pour les sables, le plus souvent des Cardium edule.

La coloration des matériaux varie souvent entre le gris beige et le beige, et correspond à un niveau d'exondation des dépôts de l'Assise de Dunkerque. Ce caractère pédologique se rapportant à un niveau moyen de la nappe phréatique ne doit pas être assimilé à un caractère de l'Assise de Dunkerque par opposition aux matériaux de l'Assise de Calais sous-jacente de couleur bleue, situés constamment sous le niveau de la nappe.

Rapports entre les dépôts de l'Assise de Dunkerque et les autres dépôts.

Ces dépôts sans doute complexes comprennent globalement une sédimentation sableuse avec des argiles terminales. Ils recouvrent la Tourbe de surface de l'Assise de Calais, mais s'interstratifient avec les Calcaires à Limnées et plusieurs lits humifères. Ces derniers appartenant à l'Assise de Dunkerque sont supérieurs à la Tourbe de Surface au niveau de la "Plaine", mais rejoignent celle-ci au niveau du "Marais".

Ceci pose bien sûr, le problème de la délimitation des Assises de Calais et de Dunkerque.

L'Assise de Dunkerque est marquée par plusieurs épandages marins rapprochés ennoyant chaque fois la tourbière qui reprenait ensuite son extension. Ceci correspond aux strates humifères de l'Assise de Dunkerque bien visibles dans la Plaine Basse (Projet 47 au Sud des Attaques Annexes n° 8 et 9) proche du Marais. Ces strates se joignent à la Tourbe de Surface au niveau du "Marais".

Morphologie des dépôts sableux de l'Assise de Dunkerque: Les chenaux.

L'acception courantede la notion de chenaux sableux peut être légèrement révisée par les données de la présente étude. La surface occupée par les sables de l'Assise de Dunkerque n'est pas régulière. L'on observe des dépôts de sable occupant des dépressions de la Surface de la tourbe. Citons l'exemple des dépôts sableux situés au Sud de Coulogne (coupe n° 18 : 6 E7-C4), également les digitations de la tourelle. Dans ce cas, les sables ont pu tasser les matériaux sous-jacents qui semblent moins épais que dans les sondages environnants.

Le bas de l'alignement de Looberghe (Cf Annexe 39) recoupé par le Watergand du Pauwdyck illustre également ce phénomène de dépôt sableux longitudinal ayant plus ou moins poinçonné la tourbe.

Les chenaux du Marais de Nortkerque sont des dépôts ayant également partiellement une origine anthropique : Cf annexe 36 : coupe de Watergand sauvage. En effet, la coupe mise à jour lors du calibrage de cet exutoire a permis de confirmer ce que l'interprétation théorique effectuée à partir de sondages, avait laissé supposer : la tourbière de ce secteur, ayant été exploitée, les dépressions laissées à l'abandon permirent ultérieurement le passage de courants d'eau déposant des sables aux lieux de ces chenaux improvisés.

Le chenal de la Butte des moines à Muncq Nieurlet se rapproche plus du type de chenal ayant érodé la Tourbe, encore que vraisemblablement nous nous trouvons dans ce cas sur un site où les sédimentations se soient déposées simultanément : présence de débris végétaux dans les sables et non débris de tourbe (Cf Annexe n° 40).

Il est possible d'évoquer encore les zones de pénétration marine correspondant aux estuaires et illustrées par les cartes des sols INRA de Audruicq-Bourbourg (J. SERVANT et J.P. BARTHES 1972) où nous voyons dans la région de Sainte-Marie-Kerque une frange de couleur rose orientée Nord-Sud représentant les sables.

Il s'ensuit que les chenaux ne sont généralement pas un élément dominant du paysage et que si leur présence est signalée en beaucoup d'endroits, les épandages sableux de l'Assise de Dunkerque ont le plus souvent revêtu la forme de dépôts sub horizontaux ou lenticulaires (Cf Annexes 8 et 9).

2. LES DEPOTS DE LA ZONE DES ESTUAIRES ET DE LA REGION INTERMEDIAIRE ENTRE L'ANCIEN GOLFE DE L'AA ET CELUI DE L'YSER.

A l'Est du Calaisis, le Prolongement de la Plaine Maritime Française du Nord et du Pas-de-Calais comprend deux zones distinctes, la Région des Anciens Estuaires (Houlet, Hem, Aa), d'une part et la Région Frontière entre l'Ancien estuaire de l'Aa et celui de l'Yser.

2.1. La Région des Anciens Estuaires.

Le changement de zone est matérialisé sur le terrain essentiellement par la Rivière de Nielles débouchant dans la Vallée située à l'Est d'Ardres et se prolongeant dans la Plaine par le Canal du Houlet. Cette région s'étend jusqu'aux environs de Bergues au-delà de l'Ancien Estuaire de l'Aa.

La région des Anciens Estuaires, à l'inverse du Calaisis, n'est plus protégée par des cordons côtiers importants tels que les Pierrettes ou le Banc de Marck. Les seuls cordons bien évidents sont formés par les barrières dunaires actuelles ou sub-actuelles de la période historique.

Un des éléments de la connaissance de ce paysage provient de l'analyse topographique : carte de modelé ou carte pseudo hypsométrique (Cf annexe 18) où les courbes de niveaux ont été restituées approximativement.

Les cartes géologiques (Calais-Dunkerque 1/80 000) nous donnent assez peu d'éléments : quelques massifs sableux, restes de cordons ou de dunes reconnus par points isolés et sans que ces éléments s'accordent en un schéma d'ensemble cohérent.

Les éléments historiques : relations, chroniques, synthétisées par les thèses de R. BLANCHARD (1906), G. DUBOIS (1924), A. BRIQUET (1930), et J. SOMME (1975) donnent quelques éléments sur l'exondation plus ou moins rapide de certains secteurs de la Plaine et permettent également de formuler des hypothèses sur les zones sableuses élevées : anciens cordons et les zones basses de Marais ou Polders.

Les sondages et la carte de modelé permettent de connaître la disposition générale des différents dépôts. Cependant, l'équidistance adoptée lors de la prospection, pour des raisons matérielles, ne suffit pas pour appréhender tous les éléments morphologiques de la Plaine. Nous aboutissons non pas à une cartographie des dépôts comme celle réalisée dans le Calaisis, mais seulement à un schéma regroupant par plage des dépôts ayant des caractères communs.

2.1.1. Zone des Cordons.

2.1.1.1. Le prolongement du Banc de Marck.

Le prolongement du Banc de Marck est mis en évidence à partir d'un sol ancien développé sur des sables situé aux environs de 1,5 m de profondeur sous les sédiments récents.

Ce sol développé sur sable se distingue au sondage par un horizon brun orangé souvent profond de plus de 0,4 m, inclu dans le faciès bleu.

Ce sol constitue un niveau repère permettant de distinguer un secteur longuement escondé prolongeant à l'Est des sols identiques à ceux du Banc de Marck (6 - ·).

D'autre part, vers le Sud, ce sol disparaît et vient en continuité avec la Tourbe de Surface de l'Assise de Calais au même titre que les sols formés sur le Banc de Marck.

L'on aurait donc ainsi repéré l'ancienne barrière littorale dunaire aplatie derrière laquelle se serait formée la Tourbe de Surface.

Cette zone s'étend en direction de Gravelines et se situe approximativement entre les localités d'Oye-Plage et Pont d'Oye. Nous appellerons cette formation Banc d'Oye.

2.1.1.2. Le prolongement du Banc de Cappes.

A l'Est du Banc des Cappes s'appuyant sur les Cordons Anciens de Coulogne-les Attaques, existe une zone apparaissant sur la carte de modelé (Annexe 18...) comme un changement d'altitude, suivant approximativement l'Alignement de Guemps, Le Courgoin, Nouvelle Eglise, Vieille Eglise.

Les sables sont affleurants ou sub-affleurants dans cette zone ; à l'Ouest de Guemps, l'on observe en surface des sols oxydés avec un horizon de lessivage (6).

Il s'agit d'un bourrelet sableux de l'Assise de Calais limitant le 2ème niveau de tourbe de l'Assise de Calais et interrompant le 1er niveau ou Tourbe de Surface qui se prolonge au Nord pour s'arrêter au niveau du Banc d'Oye.

Nous appellerons cette formation le Banc de Nouvelle Eglise.

2.1.1.3. Les Dépôts Sableux d'Estuaires.

La prospection a mis en évidence deux zones d'Estuaire. La première correspond à la rivière de Nielles, la deuxième à la Hem et l'Aa, les deux rivières ont un débouché voisin au niveau de la Plaine.

Ces emplacements d'Estuaires sont marqués par des zones sableuses importantes sans formation tourbeuse s'avançant dans le Marais en direction du débouché de rivière.

Ceci est nettement visible pour la Rivière de Nielles dont l'axe des dépôts sableux d'estuaire est occupé par le Canal du Houlet, et pour l'Aa dont l'axe des dépôts sableux est approximativement occupé par l'actuel watergand de la Denna, ancien cours de l'Euna.

Ces estuaires provoquent une déformation dans la disposition des dépôts de la Plaine.

- Au niveau de l'Estuaire, la tourbe est interrompue par les dépôts sableux d'estuaire joignant les Barrières littorales d'âges différents (Cf Annexe 41).

- Au-delà de l'estuaire, il semble que les cordons sableux aient progressé vers l'Est par une série de crochets qui, descendant vers le Sud, peuvent joindre entre eux des Bancs sableux d'époques différentes. Ainsi, le Banc d'Oye joint le Banc de Nouvelle Eglise par une série de dépôts se terminant vers le Sud en forme de U et soulignés par le contour des chemins (6 A17, 2 T18 - 2 T19 : région d'Offekerque).

- Les Bancs sableux présentent un décrochement au niveau des Estuaires. A l'Est de ces derniers, la zone des Tourbes devient plus large et remonte vers le Nord, et l'orientation des Bancs sableux se décale également vers le Nord d'environ 30°. Cette dernière observation se vérifie tant pour le Banc d'Oye que pour le Banc de Nouvelle Eglise.

Ceci, bien que moins net, s'observe à l'Est de l'Aa où la tourbière semble remonter jusqu'au Sud Ouest de Loon-Plage. A cet endroit, d'après la disposition des tourbes de niveau 1 et 2, l'orientation du Banc Sableux, prolongement de celui de Nouvelle Eglise, semble présenter une direction s'alignant sur le Massif de Ghyvelde. Cette formation s'appellera bien sûr, Banc de Ghyvelde.

L'orientation de ce Banc est à nouveau décalée vers le Nord d'environ 30° par rapport au Banc de Nouvelle Eglise.

Egalement à l'Est de l'Aa, nous observons une série de dépôts sableux : Région de Coppenaxfort et de Brouckerque. Ceci expliquerait la présence dans cette région de dépôts sableux présentant un horizon pédogénétique ancien roux, et se distinguant des autres dépôts de la Plaine plus récents.

La discussion sur les Dépôts sableux de la zone des Estuaires confirme l'hypothèse d'une série de flèches littorales décalées (J. SOMME 1975) les unes par rapport aux autres (Annexe 41). Ce phénomène a, semble-t-il, joué de manière identique à deux époques différentes, correspondant respectivement au Système du Banc des Cappes et à celui du Banc de Marck.

2.1.2. Les formations du Complexe de la Tourbe.

Nous retrouvons dans la zone des Estuaires la même disposition des formations tourbeuses associées aux argiles du Marais. En partant du Versant, nous observons une tourbe épaisse se subdivisant ensuite en deux niveaux distincts. Ces deux niveaux viennent simultanément au contact des

dépôts sableux d'Estuaires. Par contre, le niveau de tourbe inférieure (2ème niveau) se termine sur les alignements du système des Cappes, tandis que la Tourbe de Surface se prolonge au-delà jusqu'au système de Marck.

Les Calcaires à limnées sont quasiment inexistants sauf dans la Région de Nortkerque et disparaissent vers l'Est, zone d'influence formée dans les matériaux Yprésiens.

Notons que la majorité des villages sont localisés sur les alignements sableux décrits plus haut (Guemps, Nouvelle-Eglise, Vieille-Eglise) et que les zones de Marais ne comportent que de rares agglomérations dont le toponyme rappelle souvent leur localisation : Marais de Guines, Saint-Pierre-Brouck, Sainte-Marie-Kerque, Cappelle-Brouck. Ces dernières agglomérations correspondent sans doute à de rares assises sableuses existant dans le Marais.

Le décalage des bancs sableux au niveau des estuaires, correspond à la déviation exercée par la poussée des eaux continentales sur les courants marins.

Nous avons parfois observé 3 niveaux de tourbe, cependant, il semble que dans ce secteur, ceci corresponde à un phénomène d'interstratifications localisées.

Il est certain que la profondeur des sondages limite celle de l'étude et que certains facteurs aient pu nous échapper.

2.1.3. Les dépôts de Dunkerque.

Les dépôts de l'Assise de Dunkerque sont venus recouvrir ceux de l'Assise de Calais à l'exception de secteur localisé d'altitude trop élevée et qui se distinguent par des phénomènes pédogénétiques confirmant leur ancienneté. Citons les exemples suivants : Banc des Cappes, Banc de Nouvelle-Eglise à proximité du Houlet, dépôts sableux anciens de la Région de Brouckerque.

Ces dépôts de l'Assise de Dunkerque sont formés d'une succession de lentilles sableuses ou argileuses avec une prédominance des argiles dans la partie supérieure terminale.

A la différence du Calaisis, les dépôts de Dunkerque ont recouvert l'ensemble de la Tourbe de Surface, dépassant même parfois l'extension de celle-ci et venant au contact du Versant. Citons l'exemple du Marais de Nortkerque.

Les incursions marines correspondant aux dépôts de l'Assise de Dunkerque ont ennoyé l'ensemble de la Région des Estuaires donnant à celle-ci une néo-morphologie où il est difficile de distinguer l'apport de chacune des deux assises de l'Etage Flandrien.

2.2. Région à l'Est de l'Ancien Estuaire de l'Aa.

Cette région est connue principalement en raison de la célèbre dépression des Moëres et du Massif Dunaire ancien de Ghyvelde.

Cette région n'a pas encore été prospectée de façon systématique, cependant, nous pouvons faire état de plusieurs observations fortuites concernant la Tourbe de Surface (J. SOMME 1975). Celle-ci se prolonge au Nord du Banc de Ghyvelde, ce qui confirme l'hypothèse du rattachement du Banc de Ghyvelde au système des Cappes et fait suite à l'extension vers le large dans une zone aujourd'hui occupée par la Mer du Système de Marck.

Ceci confirme l'hypothèse selon laquelle le secteur côtier situé à l'Est de Dunkerque a constitué depuis un temps reculé une zone d'érosion marine importante. La cause de cette érosion doit être recherchée, bien sûr, dans le changement de direction des courants marins, fonction du recul du Cap Blanc Nez.

IV - L'ACTION DE L'HOMME

L'action de l'homme sur les dépôts de la Plaine Maritime est de deux ordres : les endiguements et l'exploitation de la tourbière.

1. LES ENDIGUEMENTS.

Les endiguements ont complété la protection vis-à-vis de la mer. Nous connaissons les endiguements de la période historique récente, décrits par A. BRIQUET (1930) pour la partie septentrionale des Wateringues. Mais nous connaissons peu les endiguements plus anciens : moyen âge, période romaine, etc... Il nous a été possible de découvrir ce qui ressemble à l'un d'entre eux au lieu dit Zuid-West-Houck à Looberghe (Cf Annexe 39).

Cette digue en arc de cercle est marquée dans le paysage par une levée haute de 1,20 m environ et large de 50 m approximativement. Les matériaux sont sableux, les sondages ont montré des remaniements, des traces de matière organique et autres hétérogénéités. Ces sables reposent sur la tourbe.

La digue peut être mise en relation avec les exploitations de tourbe environnantes.

Il est certain que la plupart des endiguements ne sont pas ou sont mal connus, recouverts sans doute par le réseau routier actuel (J. SOMME 1975). Leur reconnaissance ne peut s'effectuer qu'à partir d'études particulières précises.

Ces digues, en assurant la protection de secteurs particuliers, ont nécessairement dirigé la sédimentation, notamment lors des dépôts de l'Assise de Dunkerque les plus récents.

2. LES EXPLOITATIONS DE TOURBE.

Les exploitations de la tourbière sont mal connues, non tant par leur existence relatée dans les chroniques, que par leur localisation et leur étendue. D'autre part, pour en compliquer le dispositif, diverses époques d'exploitations se sont succédées.

Les principales zones d'exploitations de la tourbière sont les suivantes :

1) Le Marais d'Ardres et d'Andres où des témoins montrent l'épaisseur de la tourbe exploitée.

2) Le Marais de Nortkerque, zone du watergand de la Meerstraten et du watergand Sauvage ; lors du recalibrage de ces émissaires, les coupes ont laissé apparaître des limites verticales d'exploitations et une sédimentation argileuse ou sableuse ayant comblé les vides laissés par ces exploitations. Les sables s'y sont déposés le plus souvent suivant un parcours linéaire correspondant vraisemblablement à une zone de courant plus rapide.

Ces exploitations peuvent être anciennes, cependant, il existe des traces d'extractions récentes avec une surface du sol légèrement cahotique et des dépressions nettement marquées.

3) Au Nord du Marais de Nortkerque, au-delà du Vinfl, des exploitations récentes datent du début du siècle ou du siècle dernier. Des témoins non exploités permettent l'observation des sables de l'Assise de Dunkerque recouvrant le Complexe de la Tourbe de Surface de l'Assise de Calais. Ailleurs, le sol d'altitude sensiblement plus basse (0,5 m) présente des produits de remaniement (morts terrains) où nous retrouvons : sables, argiles et morceaux de tourbe mélangés. Ces zones d'extraction où le dépôt est visiblement remanié, sans litage, ni sédimentation apparente : sableuse et argileuse, sont récentes. Une autre indication est fournie par H. DEBRAY parlant des exploitations de tourbe dans ce secteur.

4) Zone de Looberghe-Brouckerque.

La zone d'exploitation de tourbe la plus spectaculaire que nous ayons observée, est située sur les territoires des Communes de Brouckerque et de Looberghe. Cette zone forme un triangle situé entre le Watergand Langracht et la Colme : canal de Watten à Bergues. Dans ce secteur, la tourbe a été exploitée sauf aux limites de cases d'extraction, formant des murettes de tourbes fossilisées dans les sédiments plus récents. Ces témoins sont apparus lors du recalibrage de Watergands (Cf annexe 39). Outre le colmatage par des sédiments argilo sableux des fosses laissées par l'exploitation, un niveau sableux coquillier (cardiam edule) recouvre l'ensemble et fait remonter l'exploitation avant la phase ultime de l'Assise de Dunkerque.

Un profil levé sur la berge du Watergand le Pauwdyck, a permis d'observer l'ensemble des éléments dont nous venons de parler, de plus, des traces de foyer situé au niveau de la base de la tourbe montre que l'exploitation s'est faite à sec.

V - CARACTERISATION DES MATERIAUX DE LA PLAINE MARITIME

En vue de caractériser les différents types de matériaux rencontrés lors de la prospection et présentés sur les coupes, plusieurs types d'observations ou mesures, qualitatives et quantitatives ont été effectuées.

Appréciation de valeurs in situ :

- appréciation directe de la granulométrie ;
- appréciation de la matière organique ;
- appréciation des couleurs donnant une idée de la quantité d'oxyde et de l'état de réduction ;
- appréciation de la présence de carbonate par réaction à l'acide chlorhydrique dilué ;
- appréciation des qualités mécaniques.

Toutes ces valeurs ont été dans la mesure des besoins de notre exposé, retranscrites dans les coupes, et nous ont permis de reconnaître différents faciès.

Mesure de valeurs quantitatives effectuées en laboratoire :

- granulométrie en 5 fractions :

  . de 0 µ à 2 µ
  . de 2 µ à 20 µ
  . de 20 µ à 50 µ
  . de 50 µ à 200 µ
  . de 200 µ à 2000 µ.

Un certain nombre d'analyses granulométriques concernant les sables ont été détaillées au niveau des fractions suivantes :

  . 50 µ à 100 µ
  . 100 µ à 200 µ.

- détermination d'éléments totaux (Na en particulier)
- mesure de Ca Co_3

Une partie de ces résultats proviennent d'analyses S.R.A.E., d'autres proviennent de l'annexe analytique des cartes du S.E.S. de l'INRA à Montpellier : N° 165, d'autres encore ont pour origine le laboratoire de géomorphologie de l'Université de Lille.

A l'aide de ces données, nous pouvons illustrer les principaux types de faciès rencontrés sur la Plaine.

1. LES TOURBES.

Elles sont présentes pratiquement sur toute l'étendue du périmètre prospecté à différentes profondeurs, leur épaisseur varie de 0,1 m à plus de 2,5 m. Les couleurs des tourbes vont du noir au brun clair suivant l'état de dégradation. Elles peuvent être à roseau, plus fibreuses ou à ligneux, présence de morceaux de bois. Trop dégradées, elles seront amorphes.

Leur pureté est variable, nous donnons ici quelques résultats d'analyses concernant le taux de MO d'après les données de la carte INRA Montpellier.

N° du Profil INRA	S.R.A.E.	Profondeur	% de M.O.
75	6-G7-A5-2	110-130	82,3
76	6-F7-A7-3	69-104	91,0
101	6-H6-F7-3	33-120	57,6
102	6-G5-J4-3	50-70	45,5
103	6-F5-J7-2	0-100	54,0
104	6-F5-I9-1	60-120	72,40

2. LES ARGILES DU MARAIS.

L'association étroite de ces argiles souvent molles avec les tourbes permet de leur donner ce qualificatif d'argile du marais. En effet, elles sont généralement sous les tourbes, ou interstratifiées avec elles. Elles montrent de nombreuses traces de matière organique. On les trouve associées parfois aux calcaires à limnées.

D'autre part, elles forment avec les tourbes un ensemble compris entre des sables inférieurs et supérieurs à caractères plus marins.

Toutefois, l'on ne saurait leur contester des caractères lagunaires ; la présence de scrobiculaires et d'hydrobies, la couleur bleu du faciès réduit la présence dans les éléments totaux de quantités assez importantes de sodium.

Nous donnons quelques résultats d'analyse granulométrique sans décalcification (fig. 14 et 15). Les valeurs concernant la quantité de Sodium total rapporté aux argiles sans décalcification varient de 1,7 % à 3,5 %.

3. LES CALCAIRES A LIMNEES (OU TUF CALCAIRE).

Ces matériaux apparaissent le plus souvent sous forme d'une boue blanchâtre légèrement rosée ou jaunâtre avec de nombreuses coquilles de limnées en bon état de conservation. En coupe à l'état sec, le tuf forme une roche très tendre, poreuse, rayable à l'ongle, et qui se désagrège facilement en poudre.

Notons que par leur aspect, ces matériaux ressemblent assez à la craie des formations voisines, ce qui est corollaire d'un faible déplacement des éléments calcaires.

Ajoutons que les sondages effectués dans les vallons descendant des versants modelés sur la craie, ont montré des granules de craie et des boues calcaires à mettre en relation avec les Calcaires à limnées.

Le tableau suivant donne quelques résultats de calcimétrie d'après les données de la carte INRA Montpellier.

N° du profil INRA	Localisation	Profondeur	% de $CaCo_3$
74	6-G8-G2-3	22-81	94,1
75	6-G7-A5-2	25-110	94,9
104	6-F5-I9-1	40-60	75,2

La figure n° 15 nous montre quelques résultats d'analyse granulométrique sans décalcification.

4. LES SABLES INFERIEURS..

Nous les trouvons généralement sous les tourbes et les argiles du marais. Ils sont formés de sables très faiblement argileux parfois pratiquement pur. Sur la figure N° 16, nous voyons un exemple de granulométrie. Ce sont des sables fins, généralement de couleur bleu, de par leur position inférieure. On y trouve des coquillages marins de type cardium.

5. LES SABLES ET ARGILES TERMINAUX, DITS DE COUVERTURE.

Les sables et les argiles supérieurs sont souvent de couleur beige à gris pour la partie supérieure ; ceci est dû à l'état d'oxydation des matériaux situés au-dessus du niveau de la nappe, la partie inférieure sera

de couleur gris bleu due à l'état de réduction.

Il existe toute une gamme de granulométrie que nous avons représenté sur la figure 17, allant des sables purs à des argiles limono sableuses.

Les sables sont fins, proches des limons et contiennent souvent des coquillages de type cardium edule (d'où l'appellation courante de sables à cardium edule).

Ils sont interstratifiés à des argiles contaminées par les sables. Ces argiles sont parfois mêlées à des calcaires à limnées à la limite du "Marais". On y trouve des scrobiculaires et des hydrobies démontrant l'aspect lagunaire plutôt que marin de ces argiles.

Les valeurs concernant la quantité de Sodium total rapporté aux argiles sans décalcification sont de l'ordre de 1 % dans les zones argileuses et de 4 % dans les zones sableuses.

6. LES SABLES ET ARGILES MODERNES.

BUS LILLE

Ce sont les sables et argiles situés au Nord du Cordon des Pierrettes entre Sangatte et Calais dans la zone des anciens bassins de chasse (Briquet 1930).

Les sables sont plus grossiers que dans le restant des Wateringues et de couleur plus claire.

Les argiles sont de couleur beige soutenue, fermes et très plastiques.

7) GRANULOMETRIE DES SABLES D'ESTRANS ET DES BANCS SABLEUX LITTORAUX ET D'ESTUAIRES.

Les diagrammes de la figure n° 18 (H. FOURRIER 1979) montrent que les sables prélevés à Bourbourg, zone d'"Estuaire", (mode compris entre 100 et 200 μ) sont plus grossiers que ceux prélevés à Sainte-Marie-Kerque, zone de "Plaine" (mode compris entre 50 et 100 μ).

DIAGRAMME DE TEXTURE

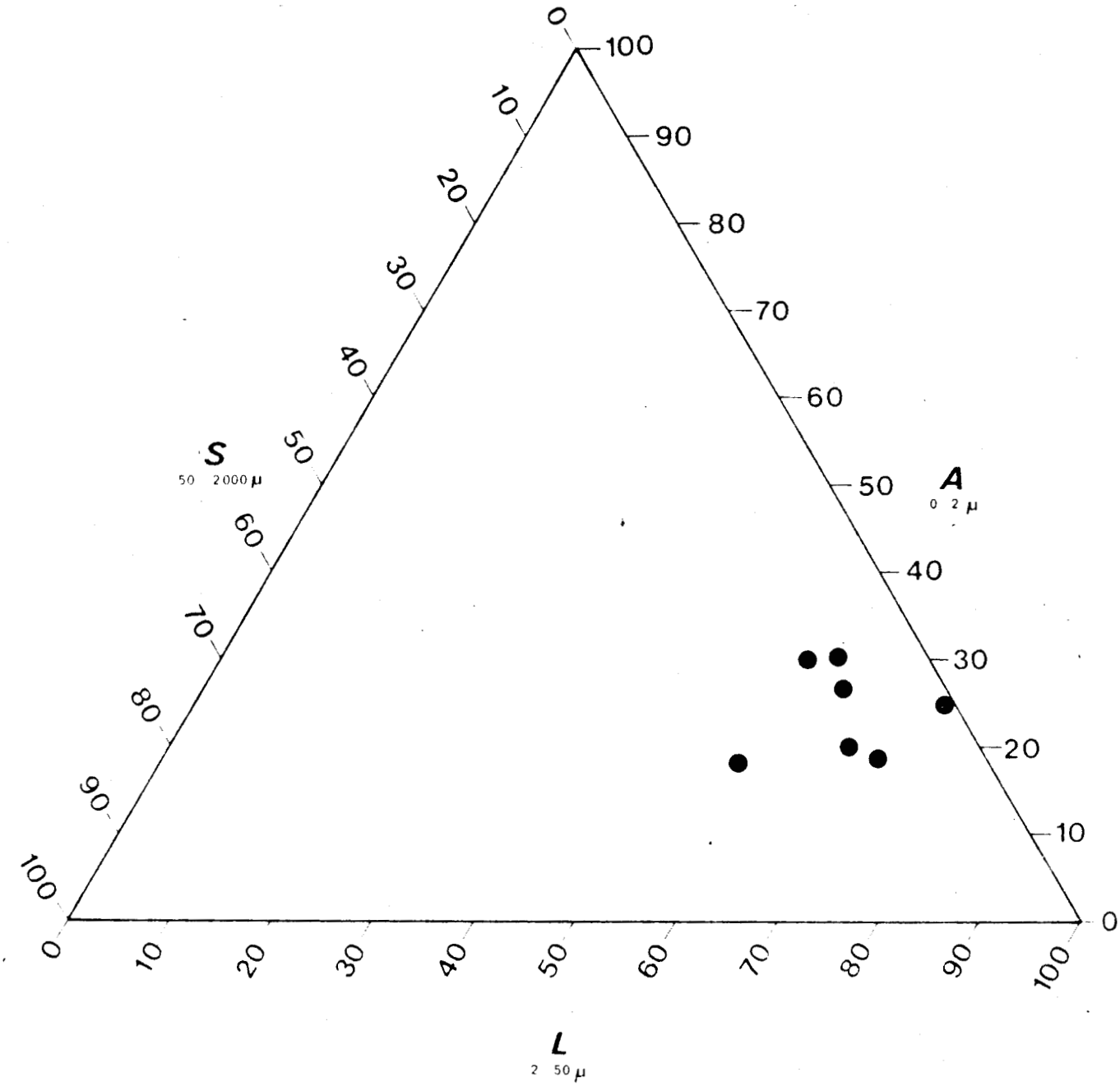


Fig N 1 ARGILES DU MARAIS

« sans decalcification »

BUS LILLE

DIAGRAMME DE TEXTURE

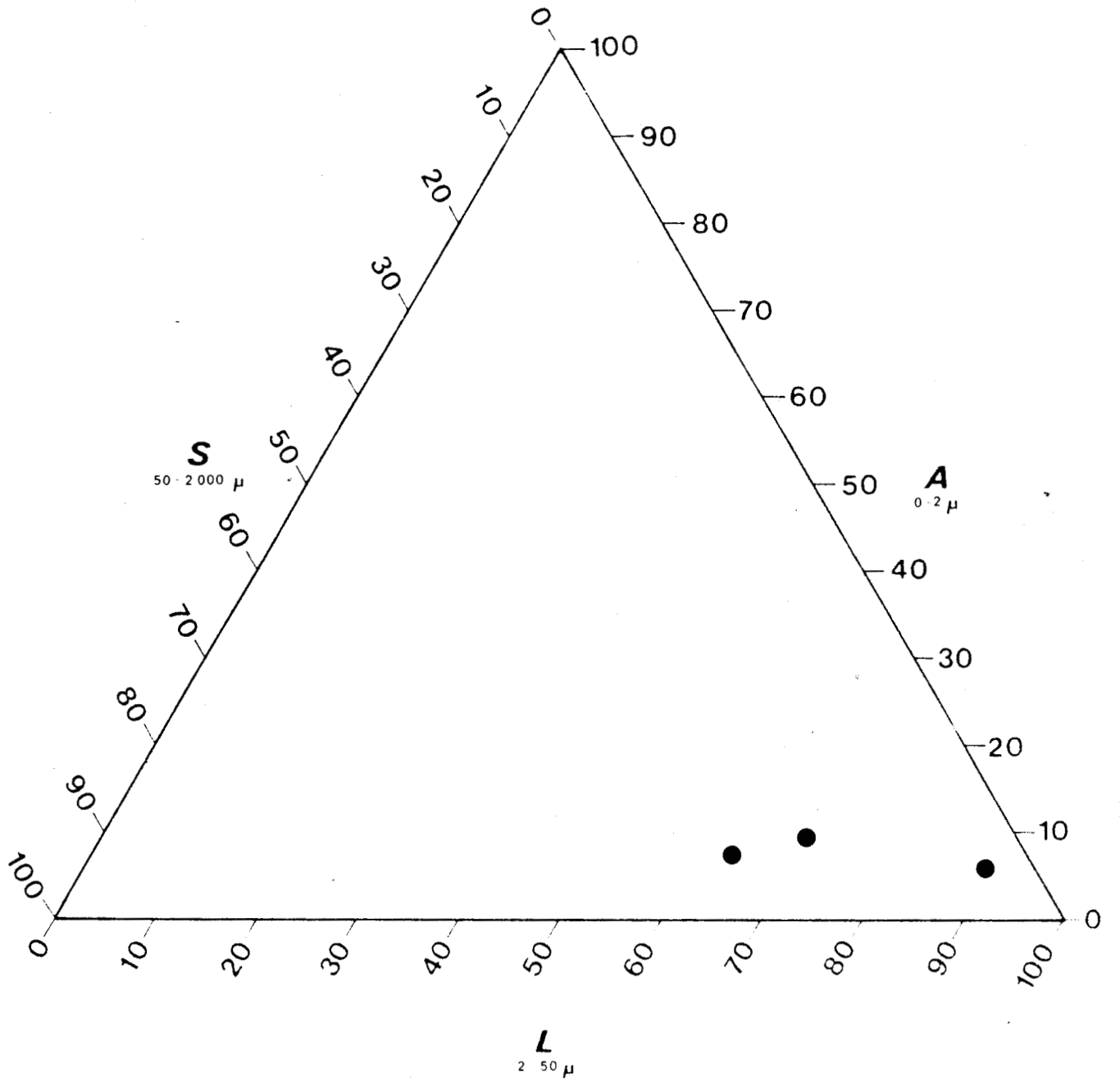


Fig N 16 CALCAIRES A LIMNEES

(sans décalcification)

BUS LILLE

DIAGRAMME DE TEXTURE

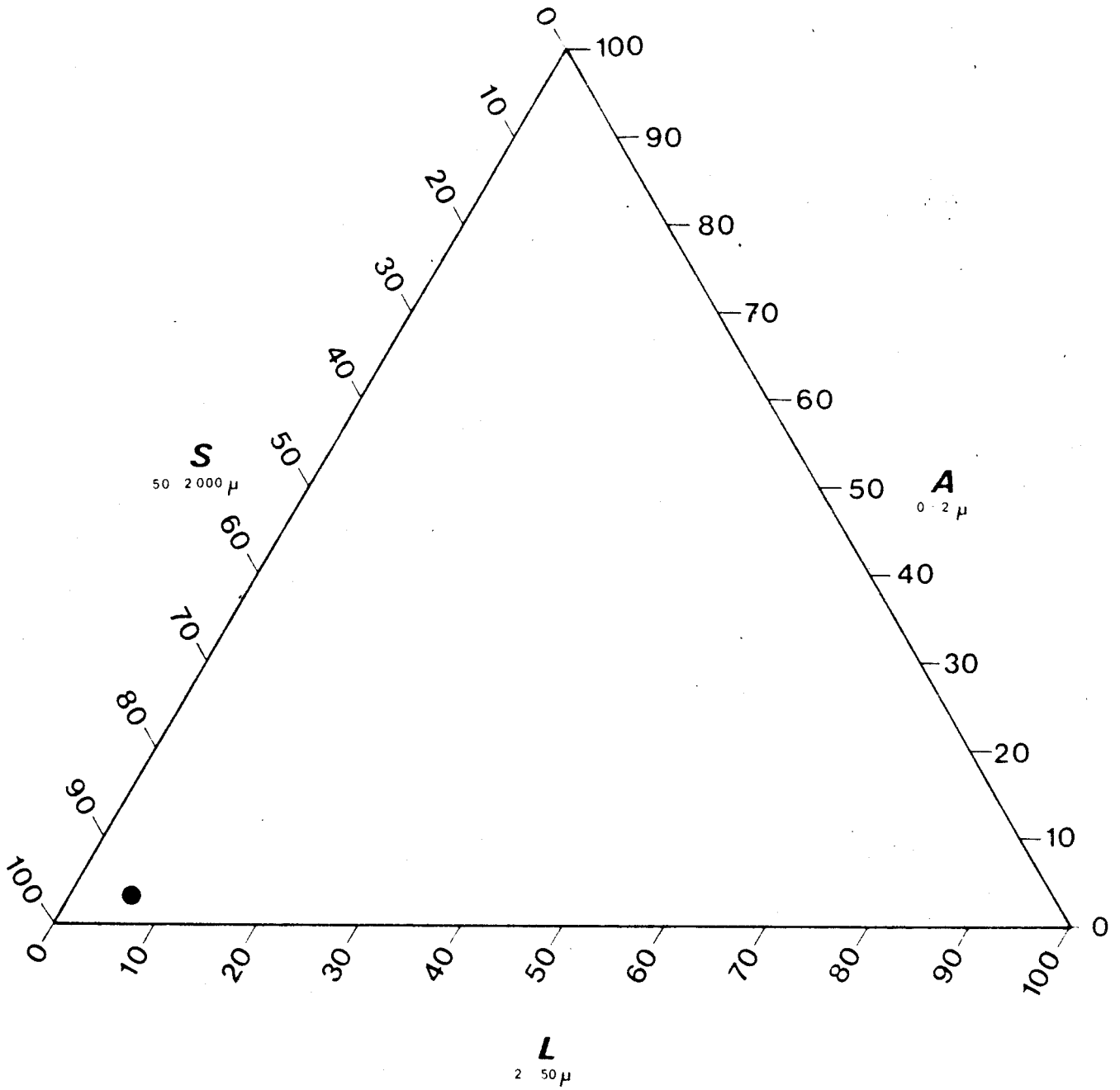
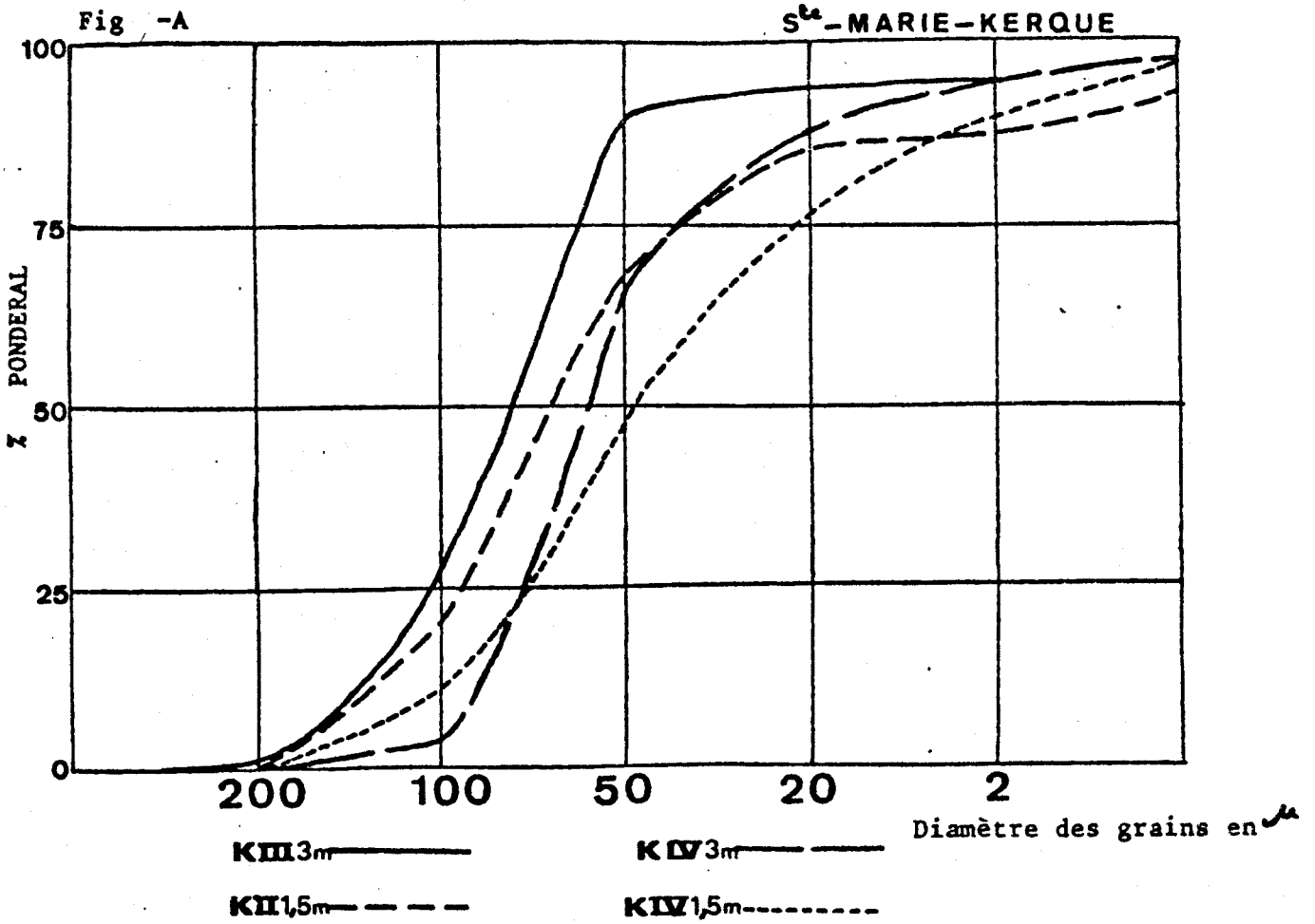
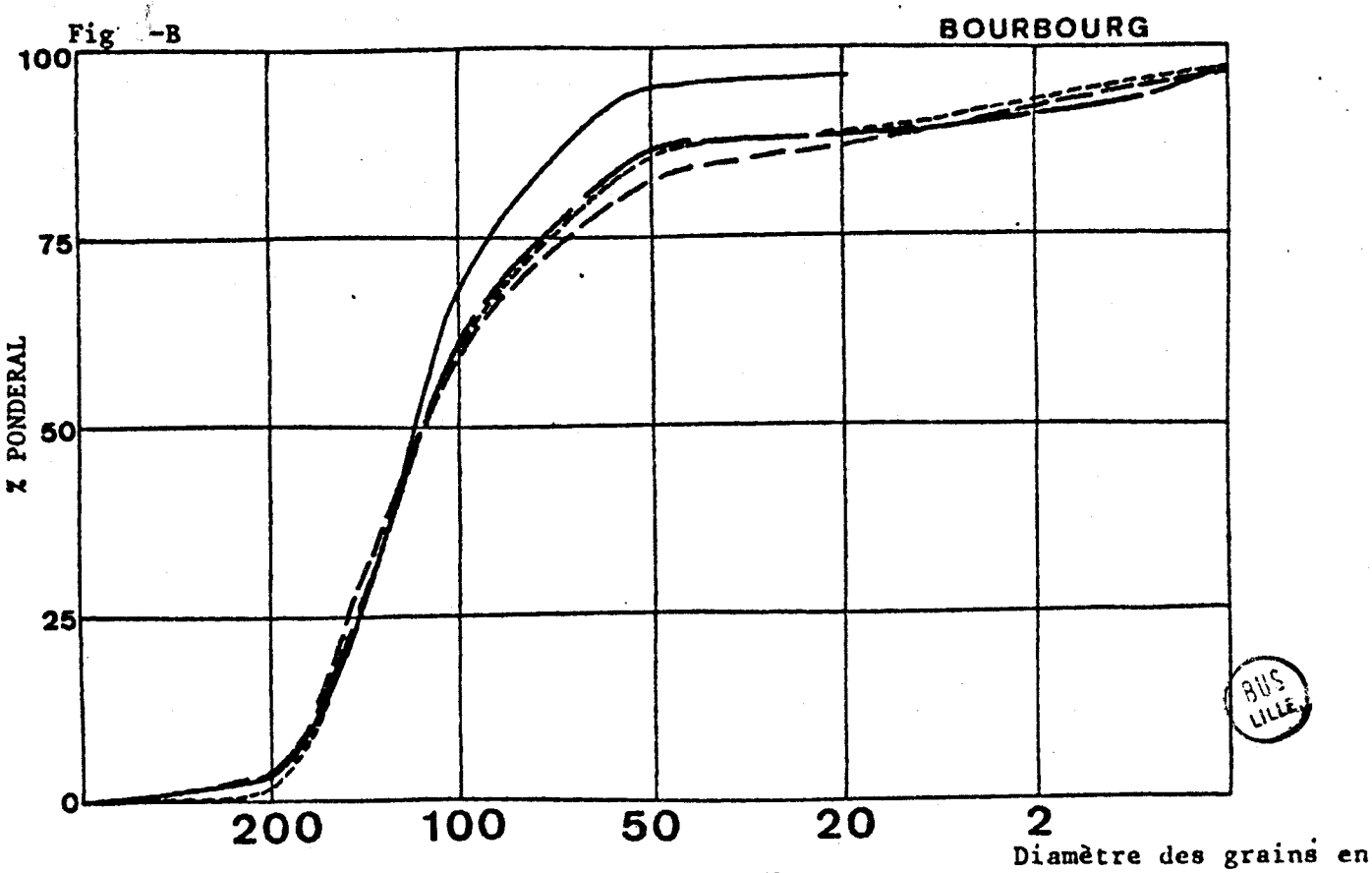


Fig. N° 17 - SABLES INFERIEURS

BNS LILLE

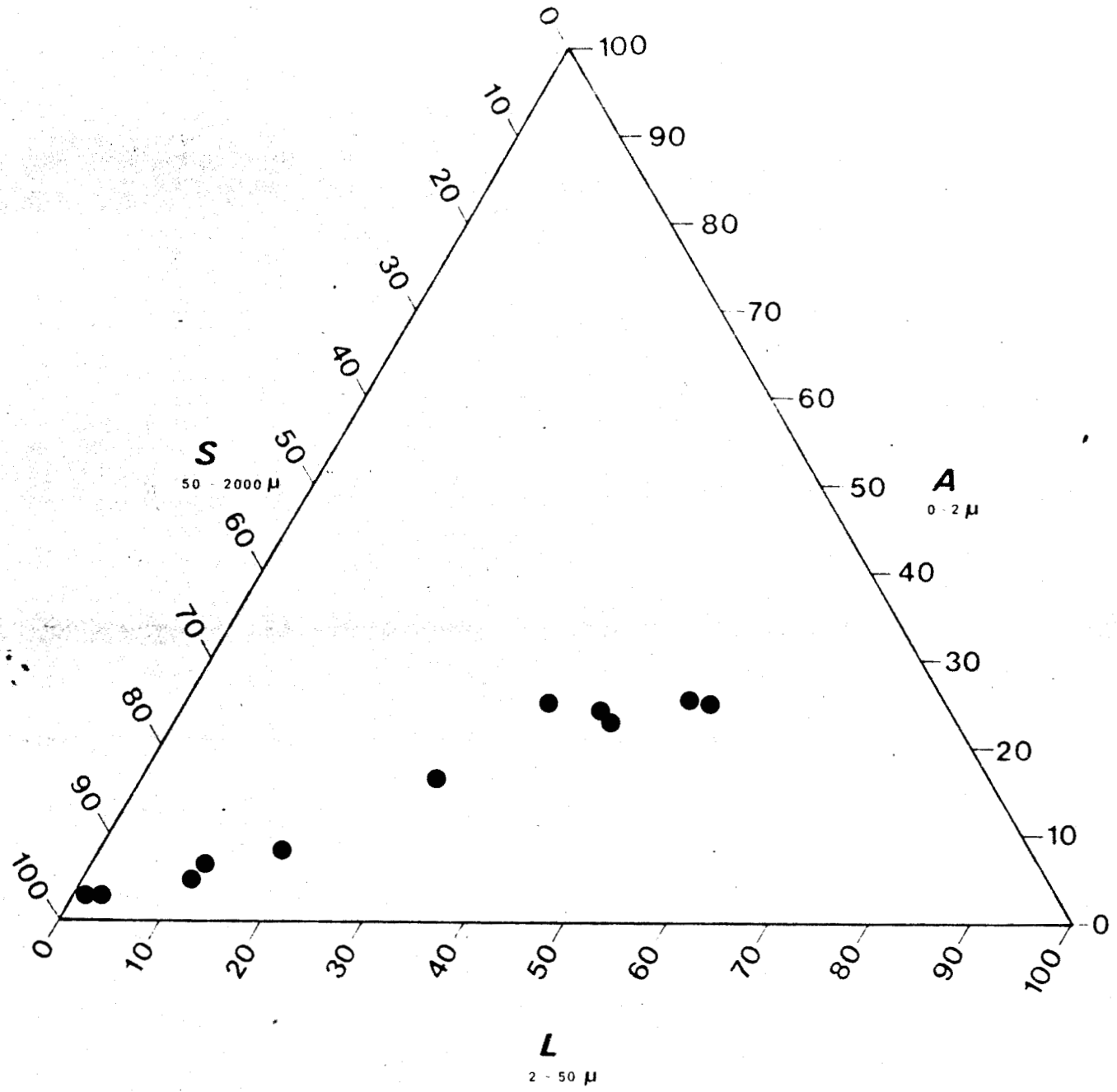
Fig 18 COURBES CUMULATIVES





BUS LILLE

DIAGRAMME DE TEXTURE



BUS LILLE

Fig. N° 19 - SABLES ET ARGILES DE COUVERTURE

(sans décalcification)

Nous serions tentés d'y voir une relation simple, permettant de distinguer les Bancs sableux des sables d'estran, en fonction de l'énergie supposée pour l'élaboration de chacune des formes de dépôts. Cependant, les analyses réalisées en divers points de la Plaine et la dispersion des résultats montrent que cette vue simple ne correspond pas à la multiplicité des facteurs faisant varier dans l'espace et le temps, l'énergie de l'agent déposant les sédiments.

Il reste cependant que nous retrouvons généralement l'un des deux types de mode comme ceux montrés sur les graphes de H. FOURRIER (1979). Cette notion est importante en ce qui concerne les qualités hydrodynamiques et mécaniques des sols des Wateringues.

8. LES LIMONS DE VERSANT

Leur granulométrie et leur aspect est bien connu, leur coloration brun beige à jaune permet de les reconnaître facilement.

9. LES CORDONS LITTORAUX

Ils sont parfois caractérisés par la présence de galets, auxquels est mêlé du sable. Dans le cas de massifs anciens, nous pouvons avoir des recouvrements de limons de couleur brune chargés en oxyde.

VI - STRATIGRAPHIE DES DEPOTS DE LA PLAINE MARITIME DES WATERINGUES

Les observations que nous avons pu faire sur la Plaine Maritime des Wateringues nous permettent d'observer une continuité des dépôts tourbeux formant des surfaces correspondant à des périodes de stabilisation et à des barrières littorales bien précises. Ces éléments généralisés à l'ensemble de la Plaine permettent de distinguer différentes étapes de sa formation.

La succession de ces dépôts permet d'envisager à priori une litho stratigraphie de la Plaine. Cependant, cette première notion soulève un certain nombre de difficultés concernant la génèse des dépôts repérés : les tourbes.

En effet, comme nous l'avons vu précédemment, la tourbe n'arrête son développement que fossilisée par d'autres sédiments. Il s'ensuit qu'à des recouvrements partiels de la tourbe du Marais correspondent un développement continu de la tourbe dans les zones non recouvertes (exemple du Marais de Guines), et un système d'interstratification dans les autres.

Il s'ensuit qu'une surface de recouvrement de la tourbe prise comme repère stratigraphique traversera nécessairement la formation tourbeuse au lieu où elle continue de se développer ; d'autre part, les phénomènes de recouvrement d'une formation tourbeuse ne sont pas forcément synchrones d'une extrémité du bassin à l'autre. Egalement des phénomènes localisés peuvent intervenir comme le montrent des interstratifications de tourbe d'ampleur limitée (6 C3-A3, coupe 9).

Cependant, il reste possible d'établir une lithostratigraphie pour un secteur déterminé. Nous pouvons choisir ce secteur comme comportant le maximum d'éléments, et repérer d'après ceux-ci les événements analogues qui ont eu lieu en d'autres secteurs de la Plaine et selon la même succession. Cette lithostratigraphie ne pourra se concevoir que pour des événements se succédant dans un même contexte géographique.

S'il est possible dans le cadre de notre étude, d'établir une lithostratigraphique, par contre, une chronostratigraphie ne pourra s'établir qu'en fonction d'éléments repères d'âges particuliers et dont nous obtiendrons une chronologie Hollandaise, Belge, Française suivant la date et la nature des événements en chaque lieu. Ceci s'obtient par datation. Dans l'état actuel des connaissances des différents dépôts de la Plaine, nous pouvons envisager des datations significatives se basant sur une lithostratigraphie telle que nous venons de la définir.

1. STRATIGRAPHIE RELATIVE DES DEPOTS DE LA PLAINE MARITIME.

1.1. Distinction entre l'Assise de Calais et l'Assise de Dunkerque.

L'un des principaux problèmes stratigraphiques de la Plaine Maritime est le repérage du sommet de l'Assise de Calais ou la base de l'Assise de Dunkerque.

En effet, au niveau du "Marais" dans les zones suffisamment protégées, la tourbe est continue sans intercalations argileuses, celles-ci montrant des phases de montée plus rapide du niveau marin. Le sommet de ces tourbes s'interstratifie avec des tufs calcaires, eux-mêmes interstratifiés avec des sables coquilliers ; et donc le sommet des tourbes du Marais considéré souvent comme la tourbe de surface pourra être contemporaine de la base de l'Assise de Dunkerque.

Cependant, si l'on considère la période de l'extension du complexe de la Tourbe comme une phase de régression, c'est-à-dire de ralentissement de la montée du niveau marin par rapport à celui de la Plaine Maritime, la phase d'extension la plus grande de la tourbe correspond à la période de stabilisation la plus importante. Elle se marque par l'accroissement le plus grand de la tourbe vers le Rivage et à son prolongement par un paléosol sur les cordons dunaires côtiers.

Les oscillations montrant par la suite une régression de la tourbière, seront considérées comme appartenant à une nouvelle période de sédimentation marine. C'est en ce sens que nous pouvons définir une nouvelle Assise, succédant à l'Assise de Calais, celle de Dunkerque.

Nous définissons donc le sommet de l'Assise de Calais comme le sommet de la tourbe de plus grande expansion venant s'appuyer contre le Banc de Marck.

Ce niveau de tourbe est le même qui, au niveau de la Plaine, est situé sous la couche de sable coquilliers elle-même sous-jacente aux Calcaires à Limnées (6 G18-A1, coupe 21) et dont parlaient G. DUBOIS (1924) et J. SOMME (1975). Ces calcaires à limnées sont contemporains des sables reposant sur la surface de la tourbe et des Tourbes du Marais ayant continué à croître après les premiers épisodes de Dunkerque.

Remarquons que ces Calcaires à Limnées, signes de l'ennoiement partiel de la tourbe et donc de la montée de la nappe phréatique, sont contemporains de phénomènes transgressifs marins. Ce qui signifie que nous avons bien une montée du Niveau marin suivant une phase de stabilisation.

Le Sommet de l'Assise de Calais étant défini, nous pouvons distinguer les différentes phases de l'Assise de Dunkerque et celles reconnues de l'Assise de Calais.

1.2. Distinction des phases terminales de l'Assise de Calais et des subdivisions de l'Assise de Dunkerque

La distinction et l'étude précise des événements ayant préludé à l'élaboration des différents niveaux correspondant à chaque épisode, ne pourra se faire que dans une zone moyenne où tous les facteurs de sédimentation marine et continentale se sont succédés, chaque nouveau dépôt fossilisant le précédent.

La zone la plus intéressante est la "Plaine" définie par G. DUBOIS (1924), c'est-à-dire le Calaisis Central et Sud-Est. En effet, l'assise de Dunkerque a fossilisé le sommet de l'Assise de Calais qui s'y trouve assez développé avec deux niveaux de tourbe distincts et bien reconnus. La morphologie n'y est pas perturbée comme dans les zones d'estuaires où les dépôts sont parfois discontinus.

Dans la "Plaine", divers niveaux humifères de faible importance et surtout des dépôts calcaires subdivisent l'Assise de Dunkerque (Cf annexes 8 et 9). Les niveaux tourbeux de l'Assise de Calais peuvent être également suivis en tous points du secteur. Des datations permettraient une chronologie des sédiments inventoriés lors de la présente étude.

2. PROPOSITIONS EN VUE D'UNE LITHOSTRATIGRAPHIE.

Une lithostratigraphie peut être fondée suivant les critères d'observations régionales du Calaisis et des autres régions de la Plaine Maritime Française. L'on doit également envisager les correspondances avec les autres systèmes de l'Europe du Nord.

C'est pourquoi nous proposons la succession d'événements suivants :

- Limite des Assises de Calais et de Dunkerque
  - Niveau 0 : interface de la Tourbe de Surface et de l'Assise de Dunkerque tels que définis précédemment en prenant comme repère la plus grande extension de la tourbière.

- Subdivision de l'Assise de Calais
  - niveau - 1 Tourbe de Surface de l'Assise de Calais
  - niveau - 2 2ème niveau inférieur de tourbe de l'Assise de Calais

- niveau - 3 3ème niveau inférieur de l'Assise de Calais, observé seulement dans certains secteurs du Calaisis (5 A26-D1, coupe 4).

A ces niveaux de tourbes peuvent être raccordés les sols les prolongeant dans les sédiments sableux des barrières littorales.

- Subdivision de l'Assise de Dunkerque

- niveau 1 Dépôt sableux recouvrant la Tourbe de Surface et sous-jacent aux calcaires à limnées (6-----)

- niveau 2 Dépôts sableux recouvrant les calcaires à limnées.

Nous prenons ici comme repère les calcaires à limnées supérieurs, événement majeur marquant l'ennoyement de la Tourbe, cependant, nous pourrions prendre également les niveaux tourbeux ou humifères de faible épaisseur subdivisant les sédiments de l'Assise de Dunkerque. Toutefois, la faible amplitude des dépôts et l'absence de levés détaillés suffisants rend difficile la généralisation d'événements reconnus dans un secteur restreint.

Le niveau 1 peut être rattaché au Dunkerque I (J. SOMME 1975) dont la limite supérieure est fixée par une couche archéologique extension du Vicus gallo-romain d'Ardres, celui-ci venant recouvrir également les calcaires à limnées (J. SOMME et M. CABAL 1972).

L'on pourrait également admettre après vérification, une relation entre ce niveau I et le niveau coquillier du sondage du Vieux Bac (feuille de Guines x : 572,70 - y : 354,15) et daté en ce point de 2310 BP $\pm$ 30. Il en est de même pour le niveau 0 correspondant dans ce même sondage au sommet des tourbes daté de 2780 $\pm$ 50 BP.

CONCLUSIONS GENERALES

La méthode exposée dans la première partie de cette étude a donc permis de décrire les principales formations sédimentaires formant les sols de la Plaine Maritime du Nord et du Pas-de-Calais, ainsi que leur extension et relations réciproques.

Ces formations s'associent en plusieurs types de séquences s'intégrant dans les différents paysages dont l'originalité morphologique a été depuis longtemps reconnue (G. DUBOIS 1924).

Au plan de la sédimentologie, comme nous l'avons montré lors des étapes successives d'interprétations, les associations caractéristiques de sédiments, ou la succession de celles de types opposés sont en relation avec les circonstances de leurs dépôts :

- En premier lieu, leur position relative par rapport à la proximité du Versant, du Littoral ou des Estuaires détermine également les dépôts de types soit continentaux, soit lagunaires, soit franchement marins ;

- En second lieu, la montée des eaux lors du développement de la transgression ou le recul de la Mer devant les sédiments déposés a modifié progressivement ou quelquefois rapidement le type de sédimentation en un même endroit ;

- Troisièmement, l'influence des courants marins conditionne l'orientation, l'édification de nouveaux rivages et l'extension de la Plaine vers le large ou bien son érosion (zones de Sangatte et Bray-Dunes) ;

- Quatrièmement, le décalage des différentes sections de barrières littorales est fonction des courants d'Estuaires ;

- Enfin, le Substrat conditionne suivant sa profondeur d'apparition la puissance des dépôts de la Plaine Maritime et parfois leur disposition.

Cet ensemble de facteurs donne aux sols de la Plaine un caractère apparent d'hétérogénéité qui ne peut être levé que par une étude détaillée des formations supérieures : connaissance sommaire des différents dépôts, de leur genèse et définition d'une lithostratigraphie, base de la reconnaissance des différentes superpositions de matériaux.

BIBLIOGRAPHIE.

BARON, CAPELE, DEVEY, TIBERGHIEN (1970) - Flandre maritime. Essai de définition rapide des grandes lignes agro-pédologiques de la région des 2ème et 3ème Sections de Wateringues. Lille, 41 p. dactylographiées, 4 fig. h.t.

BLANCHARD R., (1906) - La Flandre. Etude géographique de la plaine flamande en France, Belgique et Hollande. Lille, 530 p. 76 fig., 2 pl. h.t., rééd. 1970, Handzame.

BRIQUET A. (1906) - Notes sur quelques formations quaternaires du littoral du Pas-de-Calais, A.S.G.N., XXXV, p. 211-236, 2 fig.

BRIQUET A. (1930) - Le littoral du Nord de la France et son évolution morphologique, Orléans, 439 p., 151 fig., 1 pl.

CABAL M. (1967) - Trouvailles archéologiques aux Noires-Terres à Ardres, Bull. Soc. Ac. Ant. Morinie, XX, p. 638-646.

CABAL M. (1970) - Le site archéologique des Noires-Terres à Ardres. Etude de la céramique sigillée, Mém. Maîtrise Hist. Lille, 149 p. dactyl.

CABAL M. (1973) - Le site archéologique d'Ardres, Pas-de-Calais, Revue du Nord, n° 216, p. 17-28, 4 pl. h.t.

COQUE-DELHUILLE B. (1972) - Recherches sur les formations quaternaires et le modelé de la Flandre maritime dunkerquoise, Cah. Géogr. phys. Lille, 1, p. 45-63, 6 fig.

DEBRAY H. (1872) - Etude géologique et archéologique de quelques tourbières du littoral flamand et du département de la Somme, Mém. Soc. Sc. Agr. Arts Lille, 3e s., XI, p. 433-486, 13 pl. h.t.

DEBRAY H. (1873) - Tourbières d'Ardres, Guemps, Nortkerque et Looberghe, A.S.G.N., I, p. 19-22.

DEBRAY H. (1874 a) - Altitudes de plusieurs couches de tourbe de Dunkerque et limites de leur prolongement vers la mer, A.S.G.N., I, p. 84-85.

DEBRAY H. (1875) - Note sur le terrain récent des communes de Calais et de Marck, A.S.G.N., III, p. 29-30.

DEBRAY H. (1876) - Sur le terrain récent entre Bourbourg et Dunkerque, A.S.G.N., III, p. 88-89.

DELAINE G. (1969) - les wateringues du Nord de la France, Dunkerque, 329 p., 16 fig.

DUBOIS G. (1921) - Résultats d'une campagne de sondages à travers les terrains quaternaires et récents du Calaisis (note préliminaire), A.S.G.N., XLVI, p. 67-78, 1 pl.

DUBOIS G. (1921) - Terrains quaternaires et modernes. Exploration de la partie occidentale de la Plaine maritime flamande, B.S.C.G.F., XXVI, 150, 2 p.

DUBOIS G. (1924) - Recherches sur les terrains quaternaires du Nord de la France, Thèse Sc. Lille, 355 p., 41 fig., 6 pl. h.t.

DUBOIS G. (1926) - Dunes et cordons littoraux dans l'agglomération de Calais, A.S.G.N., LI, p. 129-136, 1 fig.

DUBOIS G. (1926) - Les noisettes de la tourbe du Nord de la France, A.S.G.N., LI, p. 274-280, 1 fig.

DUBOIS G. (1929) - La plaine maritime entre Bourbourg et Bergues, B.S.C.G.F., XXXIII, 176, p. 115.

DUBOIS G. et DUBOIS C. (1946 b) - Tourbe et histoire forestière du Marais de Guines près Calais, C.R.A.S., CCXXIII, p. 405-406.

DUBOIS G. et DUPARQUE A. (1922) - Les tufs calcaires de la Plaine maritime entre Calais et Guines, A.S.G.N., XLVII, p. 117-132.

FOURRIER H. (1979) - Etude de la Salinité des eaux de drainage dans les Wateringues du Nord et du Pas-de-Calais, mém. DEA. Lille 43 p, 17 fig, 6 plans annexes.

GOSSELET J. (1873) - Considérations historiques relatives aux tourbières des environs de Calais. A.S.G.N., I, p. 21.

GOSSELET J. (1893) - Géographie physique du Nord de la France et de la Belgique : La Plaine maritime. 1893, A.S.G.N., XXI, p. 119-137, 2 fig.

GOSSELET J. et LADRIERE J. (1893) - Note sur la coupe du canal d'Audruicq et sur le tuf calcaire de Saint Pierre. 1893, A.S.G.N., XXI, p. 139-145, 1 fig.

LAPORTE G. (1964-1976) - Légende des profils. Document S.R.A.E., 5 p.

LAPORTE G. (1974) - Méthodologie de la prospection pédologique des terrains quaternaires. Document S.R.A.E.

LAPORTE G. (1976) - Perspectives agronomiques de l'Aménagement hydraulique des 4ème et 5ème Sections de Wateringues du Pas-de-Calais dans le cadre d'un réaménagement hydraulique. Document S.R.A.E., 16 p.

LEFEBVRE R. (1967) - Les cordons littoraux anciens du "Calaisis postérieurs". (fle Guines 1-2 1/25 000), cartographie géomorphologique Mém. D.E.S. Géogr. Lille, 23 p. 51 fig. 1 carte.

PAELE R. (1960) - La plaine maritime entre Dunkerque et la frontière belge, B.S.B.E.G., XXIX, p. 47-66, 6 fig.

SERVANT J. et DUPUIS M. (1971) - Etude pédologique dans la 1ère section des wateringues du Pas-de-Calais : Sainte-Marie-Kerque, Ruminghen, I.N.R.A., Montpellier, S.E.S. n° 144, 47 p. 41 tabl., 2 cartes h.t.

SERVANT J. et BARTHES J.M. (1972) - Etude pédologique dans les wateringues secteur Guines-Ardres-Audruicq-Bourbourg, I.N.R.A., Montpellier, S.E.S. n° 165, 2 vol., 96 et 108 p., 2 cartes h.t.

SERVANT J. et NAERT B. (1972) - Etude pédologique dans les wateringues 4ème section du Nord et Moëres secteur Dunkerque-Bergues-Hondschoote-Ghyvelde, I.N.R.A., Montpellier, S.E.S. n° 166, 2 vol. 86 et 110 p., 2 cartes h.t.

SERVANT J. (1973) - Les sols des wateringues du Nord et du Pas-de-Calais, I.N.R.A. Montpellier, 95 p., 6 fig., 15 ph., 1 carte h.t.

Service Hydrologique Centralisateur, Altitude des terres dans la 5ème Section des Wateringues du Pas-de-Calais. Décembre 1969-70, (Nivellement réalisé par : Courcelle).

Service Hydrologique Centralisateur, Etude par prospection électrique : Zone du canal Littoral et des Wateringues entre Calais et Guines. Novembre 1968 - Février 1969.

SOMME J. et CABAL M. (1972) - La plaine maritime dans la région d'Ardres (Pas-de-Calais) et le site archéologique des Noires Terres, Cah. Géogr. phys. Lille, n° 1, p. 29-43, 4 fig.

SOMME J. (1975) - Les plaines du Nord de la France et leur bordure. Etude géomorphologique. 1975, Thèse 2 vol. 790 p.

SOMME J. (1979) - Quaternary Coastlines in Northen France in E. Oele and al. (Edit.), The Quaternary History of the Nort Sea, pages 147 - 158, Uppsala.

TARVENIER R. et MARECHAL R. Carte des associations de sol de la Belgique. 1958, Pédologie, VIII, p. 134 - 182, 1 fig. 1 p.

TAVERNIER R. et MOORMANN F. (1954) - Les changements du niveau de la mer dans la plaine maritime flamande pendant l'Holocène, G.M., n. 6., XVI, p. 201 - 206, 3 fig.

Liste des documents annexes.

1 - coupes pédologiques (verticales et parallèles) du projet d'Audruicq

2 - coupes pédologiques (verticales et parallèles) du Périmètre de Méteren

3 - carte de Cassel 7 AB, avec figuration du plan de sondage (1/10 000)

4 - plans de prospection : positions des points de sondages, assemblage au 1/50 000 des feuilles de Marquise, Calais, Dunkerque, Guines, Cassel

5 - légende des profils

6 - zones d'étude au 1/56 000 et au 1/112 000

7 - carte des Sections de Wateringues

8 - coupes pédologiques (verticales et parallèles) du projet N° 47 feuille A

9 - coupes pédologiques (verticales et parallèles) du projet N° 47 feuille B

10 - coupe en plan N° 1 du projet N° 47 : profondeur 0 m

11 - coupe en plan N° 2 du projet N° 47 : profondeur 0,5 m

12 - coupe en plan N° 3 du projet N° 47 : profondeur 1 m

13 - coupe en plan N° 3 du projet N° 47 : profondeur 1,5 m

14 - diagramme plan du projet N° 47, sédimentation sableuse

15 - diagramme plan du projet N° 47, sédimentation argileuse

16 - Chronostratigraphie du quaternaire

17 - subdivisions de l'Holocène et séquence du Flandrien des Pays Bas

18 - carte de modelé 1/50 000 assemblage des feuilles Marquise-Calais-Dunkerque-Guines-Cassel

19 - coupes pédologiques (verticales et parallèles) de la Plaine Maritime des Wateringues N° 1 à 7

20 - coupes pédologiques (verticales et parallèles) de la Plaine Maritime des Wateringues N° 8 à 14 (Sud)

21 - coupes pédologiques (verticales et parallèles) de la Plaine Maritime des Wateringues N° 15 à 21 (Sud)

22 - coupes pédologiques (verticales et parallèles) de la Plaine Maritime des Wateringues N° 22 à 25 (Sud)

23 - coupe en plan N° 1 Région du Calaisis

24 - coupe en plan N° 2 Région du Calaisis

25 - coupe en plan N° 3 Région du Calaisis

26 - coupe en plan N° 4 Région du Calaisis

27 - coupe en plan N° 5 Région du Calaisis

28 - coupe en plan N° 6 Région du Calaisis

29 - coupe en plan N° 7 Région du Calaisis

30 - coupes pédologiques (verticales et parallèles) de la Plaine Maritime des Wateringues n° 8 à 14 (Nord)

31 - coupes pédologiques (verticales et parallèles) de la Plaine Maritime des Wateringues n° 15 à 21 (Nord)

32 - coupes pédologiques (verticales et parallèles) de la Plaine Maritime des Wateringues n° 22 à 28 (Nord)

33 - coupes pédologiques (verticales et parallèles) de la Plaine Maritime des Wateringues n° 29 à 35 (Nord)

34 - coupes pédologiques (verticales et parallèles) de la Plaine Maritime des Wateringues n° 36 à 42 (Nord)

35 - coupes pédologiques (verticales et parallèles) de la Plaine Maritime des Wateringues n° 43 à 49 (Nord)

35 bis - coupes pédologiques (verticales et parallèles) de la Plaine Maritime des Wateringues n° 50 à 56 (Nord)

36 - coupe pédologique du Watergand Sauvage

37 - coupe pédologique du Watergand du Fort Rouge

38 - coupe pédologique du Watergand Meerstraten

39 - coupe pédologique du Watergand le Pauwdyck

40 - coupe pédologique du Watergand de la Butte des Moines

41 - coupe pédologique des canaux de Marck-Le Houlet

42 - carte de synthèse, assemblage au 1/50 000 des feuilles de Marquise-Calais-Dunkerque-Guines-Cassel.

LISTE DES FIGURES.

1 - Découpages successifs de la feuille au 1/50 000°

2 - Feuille au 1/50 000° - Carroyage kilométrique

3 - Assemblage et numérotation des feuilles au 1/50 000°

4 - Carroyage et nomenclature des 16èmes

5 - Plan d'assemblage des 16èmes

6 - Coupe schématique de la Falaise de Sangatte

7 - Carte de la région de Sangatte

8 - Coupes de la bordure de la Plaine maritime entre Sangatte et Coquelles

9 ABCDEFG - Coupes de la Plaine maritime d'après les sondages profonds

10 - La Plaine maritime : région occidentale

11 - Coupe schématique montrant les relations géologiques d'un massif de Marne calcaire à limnées

12 - Carte des talwegs fossiles

13 - Ecorchés du cordon des Pierrettes entre - 25 m et 0 m NGF

14 - Chenaux de la Tourelle

15 - Argiles du Marais (diagramme de texture)

16 - Calcaire à Limnée (diagramme de texture)

17 - Sables inférieurs (diagramme de texture)

18 - Courbes cumulatives des sables à Sainte-Marie-Kerque et à Bourbourg pour différentes profondeurs 1,5 m et 3 m

19 - Sables et argiles de Couverture (diagramme de texture)

TABLE DES MATIERES

page

INTRODUCTION 1

I. LA METHODOLOGIE 6

1. METHODES DE LA PROSPECTION 6

1.1. Les réseaux de prospection 7

1.1.1. Généralités 7

1.1.2. Principe du réseau régulier 7

1.1.3. Notion de compatibilité des réseaux 8

1.1.4. Matérialisation des réseaux par un carroyage 8

1.1.5. Les réseaux de prospection compatibles entre eux 9

1.2. Plans de prospection 10

1.2.1. Documents cartographiques, base du plan de sondage 10

1.2.2. Le carroyage des cartes 11

1.2.3. Plans de sondage 19

1.2.4. Les plans de prospection des Wateringues du Nord et du Pas-de-Calais 21

2. METHODES DE L'ANALYSE DES PROFILS 21

2.1. Les types de prospection 21

2.1.1. Observations fortuites ou systématiques 21

2.1.2. Hiérarchie des prospections 22

2.1.3. Application à la Plaine Maritime des Wateringues 22

2.2. Les observations : caractère analytique 22

2.3. Les procédés de notation 23

2.3.1. Les fiches 23

2.3.2. Le langage ou symboles 23

3. LES PROCEDES DE SYNTHESES 24

3.1. Les coupes de sols verticales et parallèles 24

3.2. Les coupes en plans successifs ou écorchés 25

3.3. Les diagrammes plans 25

3.4. Les cartes de synthèse 26

II. APERCU GEOGRAPHIQUE, GEOLOGIQUE ET MORPHOLOGIQUE DE LA PLAINE MARITIME DES WATERINGUES 27

1. DESCRIPTION GEOGRAPHIQUE DE LA REGION 27

1.1. Localisation de l'étude 27

1.1.1. Situation des Wateringues du Nord et du Pas-de-Calais 27

1.1.2. Les limites administratives 28

1.1.3. Le périmètre de l'Etude 28

1.2. Les paysages 29

1.2.1. Les paysages du Calaisis 30

1.2.2. Région des Anciens Estuaires 33

1.2.3. La Région frontière entre l'Ancien estuaire de l'Aa et celui de l'Yser 36

2. ETAT DES CONNAISSANCES GEOLOGIQUES 36

2.1. Les formations du versant 37

2.2. Les dépôts de la Plaine 37

2.3. Le substrat 38

2.4. Les formations profondes de la plaine 53

2.5. Stratigraphie 53

3. LA MORPHOLOGIE 53

3.1. L'inventaire des documents 54

3.2. Elaboration du document 54

3.3. Utilisation de la carte de modelé 55

3.4. Interprétation de la carte de modelé 55

3.4.1. Région du Calaisis 56

3.4.2. Région de l'ancien estuaire de l'Aa 57

3.4.3. Région à l'Est de l'ancien delta de l'Aa 59

3.4.4. Traits principaux de la morphologie de la Plaine 59

3.4.5. Applications de la carte du modelé 60

III. LES SOLS DE LA PLAINE MARITIME DES WATERINGUES DU NORD ET DU PAS-DE-CALAIS 61

1. LES DEPOTS DU CALAISIS 65

1.1. Les cordons et barrières littorales 65

1.1.1. Les cordons Flandriens 65

1.1.2. Les formations anciennes du Calaisis 73

1.1.3. Similitude entre le système de Cordons Flandriens et les Dépôts anciens 75

1.1.4. Les formations sableuses associées à l'alignement Pléistocène de Coulogne - les Attaques 75

1.2. L'assise sableuse de calais, le complexe de la tourbe de surface et les dépôts de l'Assise de Dunkerque, dans le Calaisis 76

1.2.1. Les sables de l'Assise de Calais 76

1.2.2. Le Complexe de la tourbe de surface de l'Assise de Calais 78

1.2.3. Les dépôts de l'Assise de Dunkerque 84

2. LES DEPOTS DE LA ZONE DES ESTUAIRES ET DE LA REGION INTERMEDIAIRE ENTRE L'ANCIEN GOLFE DE L'AA ET CELUI DE L'YSER 86

2.1. La Région des Anciens Estuaires 86

2.1.1. Zone des Cordons 87

2.1.2. Les formations du Complexe de la Tourbe 89

2.1.3. Les dépôts de Dunkerque 90

2.2. Région à l'Est de l'Ancien Estuaire de l'Aa 91

IV. L'ACTION DE L'HOMME 92

1. LES ENDIGUEMENTS 92

2. LES EXPLOITATIONS DE TOURBE 93

V. CARACTERISATION DES MATERIAUX DE LA PLAINE MARITIME 95

1. LES TOURBES 97

2. LES ARGILES DU MARAIS 97

3. LES CALCAIRES A LIMNEES (OU TUF CALCAIRE) 98

4. LES SABLES INFERIEURS 98

5. LES SABLES ET ARGILES TERMINAUX, DITS DE COUVERTURE 98

6. LES SABLES ET ARGILES MODERNES 99

7. GRANULOMETRIE DES SABLES D'ESTRANS ET DES BANCS SABLEUX LITTORAUX ET D'ESTUAIRES 99

8. LES LIMONS DE VERSANT 105

9. LES CORDONS LITTORAUX 105

VI - STRATIGRAPHIE DES DEPOTS DE LA PLAINE MARITIME DES WATERINGUES 106

1. STRATIGRAPHIE RELATIVE DES DEPOTS DE LA PLAINE MARITIME 107

1.1. Distinction entre l'Assise de Calais et l'Assise de Dunkergue 107

1.2. Distinction des phases terminales de l'Assise de Calais et des subdivisions de l'Assise de Dunkergue 109

2. PROPOSITIONS EN VUE D'UNE LITHOSTRATIGRAPHIE 109

CONCLUSIONS GENERALES 111

BIBLIOGRAPHIE 113

LISTE DES DOCUMENTS ANNEXES 117

LISTE DES FIGURES 119

TABLE DES MATIERES 120