

KONINKRIJK BELGIE
MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN
Mijnwezen - Aardkundige Dienst van België
13, Jennerstraat - 1040 Brussel

DE DIJLETERRASSEN TEN ZUIDEN VAN LEUVEN

door

Dr. se. PAUL DE SMEDT

K2. LEUVEN - ERPS-KWERPS 89E en W.
DUISBURG - HAMMÉ - MILLE 103 E en W.

Professional Paper 1980 - 6
Nr 173

BELGISCHE GEOLOGISCHE DIENST - PROFESSIONAL PAPER 1980/6 N° 173

Kb. Leuven - Erps-Kwerps 89 E en W.
Duisburg - Hamme-Mille 103 E en W

DE DIJLETERRASSEN TEN ZUIDEN VAN LEUVEN.

door

Dr. Sc. PAUL DE SMEDT(★)

★ Geograaf bij de Nationale Maatschappij der Waterleidingen
Trierstraat, 21 - 1040 Brussel.

Dit werk werd gerealiseerd onder leiding van Prof. dr. F. GULLENTOPS
Instituut voor Aardwetenschappen - K.U. Leuven.

De Dijleterrassen ten zuiden van Leuven

Inleiding :

=====

Reeds in 1925 maakte M.A. Lefèvre melding van een vervlakking op gemiddeld 50 m. in de nabijheid van Leuven. Langsheen de linker dalwand zou deze vervlakking duidelijk te volgen zijn vanaf Wilsele tot Egenhoven. Ten zuiden van Egenhoven wordt het zeer onduidelijk om dan te verdwijnen dalopwaarts van Korbeek-Dijle. Op de rechteroever krijgt het zijn maximale uitbreiding te Heverlee, Park en Kessel-Lo. Nabij Oud-Heverlee (S) en Wilsele (N) is zij nog weinig merkbaar. Deze vervlakking, door ruissellement reeds versneden, wordt duidelijk begrensd door een steilrand naar de vlakte toe en door een reeks van heuvels naar het plateau toe. Eventueel zou er nog een tweede niveau te onderscheiden zijn op een hoogte van 60-70 m. De auteur verwerpt een mogelijk structurele oorsprong van deze vervlakking (50 m) gezien zij verschillende geologische lagen erodeert : dus is het een rivierterras. Zij baseert haar besluit op :

1. de morfologie : een talud tussen de alluviale vlakte en de vervlakking.
2. drie fluviatiele afzettingen (fig. 1).
 - a. een eerste afzetting van 0,5 m dik ten SE van Park :
zand en grint (ijzersteen, silex) in gekruiste gelaagdheid
(hoogte + 53 m) (fig. 2).
 - b. een steenlaagje van 20 cm tussen leem en tertiair ten S van Heverlee
(silex, Brusseliaan zandstenen, ijzerzandsteen uit het Diestiaan)
(hoogte + 51 m).
 - c. een steenlaagje van 0,1 m (silex, zandsteen, verweerde ijzersteen)
op een niveau van 53 m ten S van Terbank.

De auteur zoekt ook naar een mogelijke verklaring voor de plotse verbreding ter hoogte van Leuven. Daarbij wijst zij eerst op de denivellatie op de rechteroever, alwaar de verflakking gelegen is op 40 m. Waarom deze verlaging? De oever open naar het westen zou sterk geleden hebben aan ruissellement en riviererosie. Als tegenargument gebruikt zij het "vlak" karakter van dit niveau: zij vraagt zich dan ook af of het terras van Leuven niet in twee fazen gevormd is (50 m op de linkeroever, 40 m op de rechteroever). Na een laterale erosiefase met de vorming van het 50 m. niveau zou tijdens de verticale erosiefase in de omgeving van Leuven ook een laterale erosie hebben plaats gehad omwille van de weerstand van de Diestiaanbanken meer naar het noorden. Eenmaal het Diestiaan doorsneden, hernam de rivier haar normale verticale erosie in 't Brusseliaan.

HOOFDSTUK I

Het 50 M terras te Heverlee-Rotspoel

§ 1 De ontsluitingen

Naarmate de werken aan de E 5 te Heverlee-Egenhoven op de westhelling van de Dijlevallei vorderen, kwamen verschillende ontsluitingen vrij waarvan wij enkele gedetailleerd hebben opgetekend om er tot een totaal beeld van de stratigrafie te komen.

Beschrijving :

1. De grote N-S ontsluiting (fig. 3)

De basis van deze ontsluiting bestaat uit wit-bruine fijne kalkhoudende zanden (tertiair, Lediaan). In deze zanden treft men continue zandsteenbanken en geïsoleerde zandsteenknollen aan. Naar boven toe is het zand ontkalkt (de grens tussen kalkhoudende en ontkalkte zanden wordt aangeduid door een stippellijn) en bruiner van kleur. Op deze fijne zanden rust een grint- en zandpakket. De grens hiervan met de onderliggende tertiaire zanden is vrij onregelmatig : brokstukken van het onderliggend zand liggen in het grint, meestal in schubvorm, en omgekeerd. Daarenboven wordt deze grens op verscheidene plaatsen door vorstverschijnselen verstoord en onderbroken. Het grint- en zandpakket varieert in dikte : 0,5 - 1,5 m. Belangrijk is het verband dat bestaat tussen de dikte van dit zand- en grintpakket en de ontkalking : hoe dikker het grint- en zandpakket hoe dieper de ontkalking in de onderliggende zanden. De bewaring van het grint-zand is dus functie van de ontkalking met de inzinking tot gevolg. De grintbanken zijn subhorizontaal gelaagd. De grinten liggen in een zeer grove zandmatrix. Tussen de grintbanken liggen zandbanken die gekenmerkt zijn door een interne schuine (tot 20°) of horizontale gelaagdheid (foresets, topsets, bottomsets). De dikte van deze zandbanken loopt op tot 40-50 cm (S 202, 203).

Op de plaatsen waar de onderliggende fijne zanden ontkalkt zijn treft men op de zandbanken nog een grintpakket aan gekenmerkt door een intern schuine gelaagdheid : de keien vertonen meestal een hellingscomponent naar het N-NO. Het geheel wordt afgedekt door een leempakket waarin een onderverdeling mogelijk is. Aan de basis van deze leem bevindt zich een grintvloer (erosievloer) met op regelmatige afstanden en grintje (tot ongeveer 2 cm). Daarop ligt een kalkhoudende leem. Naar boven toe verandert de kleur : er loopt een donkere band van grijsbruine leem door de coupe. Men kan zich hier de vraag stellen of men al dan niet te doen heeft met het verschijnsel van een oude bodem. Daarop ligt dan een bruine leem met hier en daar een zandlens (colluvium ?) Van boven uit is door holocene bodemvorming de leem ontkalkt.

Vorstverschijnselen in de N-S ontsluiting

De eerste detailopname betreft de middenste van de drie vorstverstoringen uit de grote N-S ontsluiting.

Figuur 4 : De basis wordt gevormd door fijne kalkhoudende zanden (S 204) witgrijs van kleur, hogerop ontkalkt (S 205) en bruin. Daarop ligt een grintbank waarin nog een subhorizontale gelaagdheid te herkennen is. In deze grintbank komen brokstukken bruin zand voor afkomstig van het onderliggend tertiair zand. Hierop volgen dan schuingelaagde grove zanden (S 206) (70 cm dik) waarin enkele keitjes (tot 2 cm) voorkomen. De schuine zandlaagjes zijn nabij de verstoring naar onder omgebogen. Dit zand vindt men tevens terug in de onderste zak. Op de zandbank komt een zeer dun grintlaagje voor dat ook in de wig doordringt tot aan de nauwe hals. Het geheel wordt dan afgedekt door een leempakket waarin aan de basis verspreide grinten voorkomen. Tussen deze lemen en de bovenste omgebogen grintlaag komt er in de wig een geel-bruin zand (S 207) voor zonder keitjes. De grintvloer aan de basis van de leem vertoont een zachte instulping nabij de wig d.w.z. de grintvloer is niet gelijktijdig ontstaan als de grote vorstverstoring maar op het einde van de verstoringfase. Het geel-bruine zand boven in de wig wordt elders niet aangetroffen.

De tweede detailopname betreft dezelfde plaats doch wanneer de wand 3 - 4 m was weggegraven.

Figuur 5 : De opbouw is gelijklopend met voorgaand detail. Aan de basis een witbruin fijn zand, kalkhoudend met op - 3,70 - 3,80 een onderbroken zandsteenbank met platen tot 80 cm lang en 7 - 8 cm dik. Naar boven toe is dit zand ontkalkt en bruin van kleur (stippellijn). Op dit zand rust een nieuwe zandlaag (60 cm) waarin een horizontale en schuine gelaagdheid. Het zijn grove zanden met enkele keien. Daarop volgt weer een dunne zandbank, afgesneden door een grintvloer. Deze dunne zandlaag bestaat uit grof zand tot fijn grint (schuin gelaagd) (S 209). Op deze reeks van zanden ligt een leempakket dat duidelijk gedifferentieerd is : kalkhoudend aan de basis met kleine vorstwiggen, daarop een dunne grijze leembank waarin loesspopjes zitten en naar boven toe weer bruine leem die door de holocene bodem van boven ontkalkt is. In deze bruine leem vindt men af en toe een zandige lens. Deze opeenvolging van lagen wordt verstoord door grote horizontale zakken (tot 2 m breed en 0,5 dik). De zakken zijn gevuld met grof zand tot fijn grint (S 208). Uit het verloop der structuren kan men bemerken dat dit zand-grint hoofdzakelijk afkomstig is van de bovenste zandbank. De zakken staan langs smalle halzen met deze zandlaag in verbinding. In deze halzen bevinden zich grote grinten die elders in deze ontsluiting niet worden aangetroffen. Zij zijn waarschijnlijk afkomstig van een verdwenen grintlaag die op de zanden lag. De grintvloer aan de basis van de leem volgt de verstoringen niet.

2. Structuren in de zand- en grintafzettingen

Figuur 6, richting van de coupe : N 55 W.

Deze coupe ligt ongeveer dwars op de oude stroomrichting van de Dijle die zowat N 40 E moet zijn geweest. (Dit laatste is het gemiddelde van de verschillende meetwaarden die wij op het terrein bekwamen.)

Het grint- en zandpakket rust op een fijn bruin zand, niet kalkhoudend (ontkalkt tertiair zand). In het grintpakket wordt een dubbele cross-bedding onderscheiden : aan de basis een grote cross-bedding (+ 3 m. breed en 0,5 m diep) naar de top toe verkleinen deze cross-beddings. Beide cross-beddings staan enigszins schuin op elkaar : ze behoren dus tot twee afzonderlijke bankstelsels met eigen stromingsrichting.

Het is een "trough cross-stratification, l.s." (J.C.Harms, R.K. Fahnestock, 1965).

In de centrale grote cross-bedding heeft men een afwisseling van grof en fijn grint (graded) : grof grint tussen 2-4 cm (maximale diameter ongeveer 6-8 cm) en fijn grint \pm 0,5 cm. Het geheel bevindt zich in een zeer grove zandmatrix. Zelden treft men een grintlaagje aan dat uitgewassen is. De dikte van de afzonderlijke grintbankjes is zeer variabel. De daaropliggende zandbanken daarentegen bereiken een gemiddelde dikte van \pm 30 à 40 cm. De interne gelaagdheidshellingen in de zandbanken lopen op tot 22°. Naarmate men hoger in de wand opklimt, bemerkt men een verandering in de stroomrichting : de onderste structuren liggen dwars op de stromingsrichting (cross-bedding), de bovenste structuren liggen volgens de lengteas van de stroomrichting (maximale interne helling 22°). Er dient hierop gewezen dat het waarschijnlijk gaat om veranderingen van stroomrichtingen in de bedding zelf en niet van een totale stroom.

In het zandpakket treft men soms een laagje van lemig zand aan, 3-4 cm dik (S 210). Tevens komen er slechts sporadisch keitjes voor, meestal in het begin van een zandbank (eroderend).

Het geheel wordt afgeknot door een continue keivloer, waarop een leempakket ligt waarvan de inwendige differentiatie elders wordt besproken (doorsnede C). Naar het westen toe wordt het zand en grintpakket door een geul afgesneden. Tussen de rivierafzettingen en de grintvloer ligt nu fijn gelaagd zand en leem. Hierin komen kleine wiggen (10 cm) voor die \pm 10 cm van elkaar gelegen zijn : het zijn vorstverschijnselen (een meer gedetailleerde bespreking bij figuur 10). Van onder de grintvloer aan de basis van de leem vertrekken grote ijswiggen die tot op het grint doordringen. De grintvloer is niet verstoord. In de grintvloer werden geen ter plaatse gesprongen silexen gevonden.

Figuur 7 aan de basis : ontkalkt fijn zand (bruin). Een grintpakket van ongeveer 1,6 m : het bestaat hoofdzakelijk uit een afwisseling van horizontale banken grint en zand. De dikte van de grintbanken varieert tussen 10 en 30 cm; de zandlaagjes (5 cm) vertonen een inwendige schuine gelaagdheid. De afzonderlijke grintpakketten zijn intern gekenmerkt door een geleidelijke overgang van grof grint aan de basis naar een fijn grint aan de top (graded). In het grintpakket komen verscheidene breuken voor

langswaar er zich veelvuldige verticale verplaatsingen hebben voorgedaan van de afzonderlijke horizonten. Maakt men de sommatie van de verplaatsingen langs deze breuken die één bepaald zandlaagje heeft ondergaan, dan komt men tot een globale verzakking van ongeveer 70 cm. Dit cijfer wordt echter nog groter als men de ombuiging bij rekent. De ontkalking van de tertiaire zanden is hiervoor verantwoordelijk. De maximale grootte van de keien bedraagt 7 à 8 cm. Zelden werden er plaketten van ijzeroer aangetroffen die een grootte van 9 à 10 cm bereiken. De fraktie 2-4 cm en kleiner dan 0,5 cm zijn het meest vertegenwoordigd. Het grint bevindt zich in een zeer grove zandmatrix; gewassen grintlaagjes zijn uitzondering. Petrografisch bestaat het grint hoofdzakelijk uit silex, lokale zandstenen, ijzeroer en enkele kwartsieten en kwartsen.

In de ontsluiting zijn er geen ter plaatse gesprongen silexen merkbaar. Er zijn wel veel gebroken silexen maar meestal vertonen zij reeds een zwakke polijsting (transport). Op vele plaatsen is het contact met het onderliggend zand verstoord : kleine grintpakketten dringen door in het onderliggend ontkalkte zand en omgekeerd. De oorzaak kan dubbel zijn : enerzijds vorstwerking (er is niet in elke verstoring een bepaalde gerichtheid in de keien te bemerken), anderzijds inzakking tengevolge van de oplossing van de kalk in het onderliggend zand waardoor in het zand een volumevermindering is ontstaan. Beide verklaringen zijn aanvaardbaar gezien er grote vorst- en ontkalkingsverschijnselen in deze groeve voorkomen (zie andere doorsnede).

Op de grinten bevinden zich subhorizontaal gelaagde zandige lemen en zanden (S 211, 212). De gelaagdheid vertoont eenzelfde en gelijkverlopende verstoring door ombuigingen en breuken als de onderliggende grintlagen. Het contact tussen het grint en de lemen is zeer geleidelijk : in het bovenste grintlaagje (3-4 cm) bevindt zich reeds lemig materiaal. Een onderzoek van de keien op het contact aan de basis van de lemen laat ons niet toe een hiaat te veronderstellen : de keien liggen volgens de gelaagdheid der onderliggende keien, en zijn niet verstoord door vorst of enig agent van massatransport. Daarenboven komen er nietmeer gesprongen silexen voor als elders in het grintpakket. Er is ook geen verwerking op de grinten merkbaar.

Aan de basis van deze lemen en zanden bemerkt men een Fe-aanrijking (stuwgley) ongeveer 1 à 2 cm dik. De fijne mangaanbandjes in de lemen lopen dwars doorheen de zwakomgebogen zand- en leemlaagjes, dit wijst er dus op dat deze aanrijking van mangaan post-sedimentatiefase is. Reeds eerder is er op gewezen dat er een duidelijke overeenkomst bestaat tussen de breuken en de vervormingen in het grint en in de lemen.

Dit laat reeds toe te besluiten dat deze lemen en zanden afgezet zijn voor de verzakkingsfase. Of deze zandige lemen al dan niet tot de rivier behoren zal moeten uitgemaakt worden door een mineralogische analyse.

Op deze lemen is een lens van lemig zand ontsloten, waarin omwille van de afgravingen geen duidelijke structuren konden waargenomen worden.

Opmerking : in deze ontsluiting is de grintvloer die meestal de terrasafzettingen afknot niet teruggevonden. De grintvloer lag dus boven de zanden en lemen die hierboven zijn beschreven.

Figuur 8 is een profiel dat enkele maanden later is opgenomen. Het loopt door dezelfde geul. Hierbij is een grintvloer merkbaar boven de zandige lemen.

Figuur 9 : richting ongeveer noord-zuid.

Deze opname toont ons structuren die ongeveer samenvallen met de stromingsrichting. Zoals de andere doorsneden is deze ook drieledig :

tertiair zand, ontkalkt
grint en zand
bruin leempakket met grijze horizont

Het onderste grintpakket (1) is min of meer horizontaal gelaagd en is gemiddeld 0,5 m dik. Het bestaat hoofdzakelijk uit grinten van ongeveer 1 - 4 cm met af en toe silexen of ijzersteenplaten van 7-8 cm. In deze grintbank bemerkt men een duidelijke afwisseling van grof (2-3 cm) en fijn (-0,5 cm) grint.

Hierop liggen dan zanden (2) die intern verschillende gelaagdheden vertonen : men bemerkt een afwisseling van foresets, topsets en bottomsets (fig. 9 a)

In deze zandbanken komen er kleine breukjes voor (1 - 5 cm) die wijzen op een postsedimentaire verzakking. De onderste foresets zijn door horizontale laagjes afgesneden. Dit is echter niet het geval met het tweede pakket waar men een duidelijke opeenvolging krijgt van topsets naar foresets en zeer kleine bottomsets.

Op de zandlaag liggen dan eroderende grint- en zandbanken (3). Er zijn verschillende erosiecontacten (fig. 9 b).

Daarop rust weer een horizontale grintbank (4), 15-35 cm dik. De top van dit grintpakket wordt geërodeerd (ravinerend contact). De gemiddelde grintdikte in deze bank is wel iets kleiner, doch er komen nog keien voor van 5-6 cm. De gelaagdheid in de grintbank is horizontaal. Tussen het grint bevinden zich af en toe geïsoleerde zandbanken (2-3 cm dik).

Het contact met de bovenliggende leem verloopt over een grintvloer, niet duidelijk echter omwille van de aanwezigheid van een onderliggend grintpakket.

Naar het westen toe duiken de zand- en grintlagen : zij worden geërodeerd door een geul.

Tussen de grintvloer (zie fig. 9 c) en de grinten en zanden bevinden zich links zanden en lemen die zeer fijn gelaagd zijn (fig. 10) en waarin kleine korte wiggen voorkomen. Het maakt deel uit van de geul. Het contact tussen de terrasafzettingen en de geul is duidelijk erosief (richting van de leem, afsnijding van de zand en kleilagen).

Bemerking : wij zouden hier gelijktijdig met of na de verzakking een erosiefase gehad kunnen hebben met geulvorming, die dan opgevuld zijn met smeltwatersedimenten. Nadien heeft men weer een oppervlakteerosiefase gehad, waarvan de grintvloer getuige is.

3. De geulen en structuren in de leem.

Figuur 10 geeft een doorsnede van een geul, geërodeerd in de zanden en grinten, opgevuld met zanden en lemen, en afgedekt met de leemmantel.

A. Bruin ontkalkte leem, gevlekt, zonder duidelijke gelaagdheden tengevolge van de holocene ontkalking door bodemvorming.

B. Sterk gekryoturbeerde laag, die hoofdzakelijk bestaat uit bruine kalkhoudende leem met lenzen van lichtbruin fijn zand.

Uit de opname is merkbaar dat deze lemen en zanden gelaagd zijn afgezet en later gekryoturbeerd.

C. Kalkhoudende grijze leem met veel loesspopjes (++) die veelal gericht zijn. In deze grijze leem is door kryoturbatie bruine kalkhoudende leem gebracht (in vlekken). Deze iets donkerder kalkhoudende leem ligt op de grijze. Het geheel is sterk gekryoturbeerd en dringt met lobben in de onderliggende laag : Paleosol ! (? = Kesselt)

Boven in deze laag is er een afwisseling van bruingrijze banden.

D. Bruine (soms lichtbruine) kalkhoudende leem, zeer dun gelaagd met af en toe zandige lenzen (eerder zeldzaam). In deze leemlaag komen grote wiggen voor tot 0,6 m, die bij een horizontaal afgraven (fig. 11) blijken te behoren tot een polyonaal stelsel. Zeldzaam dringen deze wiggen door de grintvloer. De wiggen zijn meestal scherp.

E. Grintvloer van silexen, ijzerstenen (1 à 3 cm) in een iets donkerder bruine kalkhoudende leem (zandleem).

De grintvloer vertoont enkele verstoringen

- van bovenuit laag D
- vertrekkend vanop de grintvloer dringen soms grote wiggen in tot op het grint.

In het dunne leemlaagje met de grinten is geen gelaagdheid merkbaar.

F-G. Geelbruin zand en bruine zandleem, met subhorizontale gelaagdheden die zelf nog intern een schuine gelaagdheid vertonen (stroomribbels) : duidelijk een afzetting in een watermilieu. F-G zijn gescheiden door een kleilens (1-2 cm dik). Het geheel is intern verstoord door ijswiggen :

- kleine wiggen van + 10 cm die zeer regelmatig voorkomen :
 polygonale bodem
- grote wiggen die tot op het grint komen, kleiner dan 1 m.

H. Terraszanden en grinten cfr. vorige ontsluitingen.

I. Tertiair zand cfr. vorige ontsluitingen.

Figuur 12 toont enkele wiggen in de geulsedimenten (F en G).

A. Hoofdzakelijk geelbruin mooi gelaagd zeer fijn zand, met lemige lenzen, in polygonale structuren.

B. Het zand vermindert snel en wordt vervangen door bruin lemig zand tot leem, weer mooi gelaagd, door polygonale bodem verstoord (S 213).

C. Afwisseling van leem- en kleilaagjes (1-2 cm), bruin en grijsbruin.

D. Hoofdzakelijk geelbruin zand met dunnere leem- en kleilaagjes, nu niet doorlopend horizontaal, maar eerder in ribbelstructuur (S 214).

Doorheen gans het pakket vindt men wiggen tot op het grint. De wiggen zijn gevuld met bruine leem, soms met een weinig fijn geel zand (gelaagd).

Er zijn twee grootten van vorstwiggen :

1. zeer kleine wiggen tot 10-15 cm diep, die regelmatig voorkomen (om de 15-20 cm) - polygonale bodem.

2. de grote vorstwiggen tot 80 cm diep : zij zijn soms smal, of lokaal verdikt en opgevuld met bruine leem of zand.

De grote vorststructuren vertrekken vanop de grintvloer en vertonen de kleine polygonale structuren die er onder liggen.

4. Samenvatting

Alvorens tot de analyses over te gaan is een korte samenvatting van de beschrijvingen noodzakelijk. Aan de basis liggen overal de fijne kalkhoudende of ontkalkte zanden. Deze worden geërodeerd door grove zanden en grinten in fluviatiele structuren. De fluviatiele sedimenten zijn het dikst bewaard waar er ontkalking heeft plaats gehad in het onderliggend fijn zand.

Meestal worden zij afgeknot door een grintvloer.

Tussen de grintvloer en de fluviatiele sedimenten liggen soms nog twee belangrijke eenheden : enerzijds de geulen die opgevuld zijn met fijne zanden en zandige lemen die stroomribbelstructuren vertonen en door kryo-turbaties zijn verstoord en anderzijds zanden en lemige zanden die subho-

rizontaal gelaagd zijn en zonder hiaat op de fluviatiele sedimenten liggen.

De vorstverstoringen in de grinten en zanden en in de opgevulde geulen vertrekken juist onder de grintvloer.

Op deze grintvloer liggen fijn gelaagde kalkhoudende lemen door wiggen verstoord. Naar boven toe verschijnt een grijze horizont met loesspopjes. Hierop liggen weer fijn gelaagde kalkhoudende lemen en zanden. De huidige bodem dringt diep in deze lagen door.

§ 2. Laboratoriumanalysen

1. Zanden en lemen

De basiszanden (S 204, 205) :

Het zijn fijne kalkhoudende zanden (S 204) met modus van 138μ en een goede sortering (0,44).

Lokaal zijn ze ontkalkt (S 205); de modus waarde blijft 139μ maar de grove frakties met de kalkconcreties verdwijnen. Dit uit zich in een zeer goede sortering (0,31).

Zowel bij de kalkhoudende als bij de ontkalkte zanden is er een geringe bijmenging (13%) van partikels kleiner dan 62μ .

In deze basiszanden komen zandsteenknollen en continue zandsteenbanken voor. Deze basiszanden zijn de tertiaire Lediaanzanden.

Rivierzanden (S 202, 203, 206, 208, 209) :

matig fijne tot grove zanden. De modus varieert tussen 240 en 283μ , de sortering tussen 0,47 en 0,85. De sorteringsgraad is afhankelijk van de al of niet bijmenging van grint in de zandbank.

Het lemig zand tussen de rivierzanden (S 210) : De zandfractie is fijn (117μ). Er is een bijmenging van + 37% kleiner dan 62μ .

Een zandlens in een vorstwig (fig. 4) (S 207) : geelbruin matig fijn zand (modus 210μ) met zeer goede sortering (0,36). Dit zand werd elders in de ontsluitingen niet meer aangetroffen.

De zanden van de eroderende geulen (S 213, 214) : zeer fijne zanden (modus $80-87\mu$) met een goede sortering van de zandfractie (0,40). Er is een grote bijmenging van silt en klei (30%). Deze lemige fijne zanden worden niet teruggevonden in de rivierontsluitingen.

Zij zijn mogelijk van lokale oorsprong en aangevoerd door ruissellementsgeulen van op het plateau. De zandige lemen (S 212, 211) op de rivierafzettingen. De bijmenging van zand ligt tussen 25-35%. Het is een zeer fijn zand met moduluswaarde van 90 μ . Een snel onderzoek onder de binoculair wat betreft afronding en samenstelling liet geen onderscheid tussen deze zandige lemen en de lemige zanden (S 210) toe.

N.B. : Analyse van de zware mineralen

Professor F. GULLENTOPS heeft voor ons enkele tellingen gedaan, meer bepaald de monsters S 210 en S 212 om na te gaan of de zandige lemen en lemige zanden al dan niet Dijle alluvium zijn.

Hij kwam tot volgend besluit :

1. Kenmerkende granaat-kristallen, dodekaëders, 80 - 100 μ typisch beschreven door De Magnée (1945) afkomstig van de zwarte metamorfe schiefers van Mousty uit het Cambrium ontsloten in de bovenloop van de Dijle.
2. Misschien eveneens de grote hoeveelheid zwarte mineralen ilmeniet en magnetiet uit dezelfde schiefers bekend.
S 210 tot 11% Dijle-granaat
S 212 slechts 6% dus ook nog Dijlealluvium als herkomst. Het percentage is echter vermoedelijk minder omdat de korrelgrootte fijner is waardoor ook de metamorfe mineralen dalen en de epidootgroep aanzienlijk stijgt.

2. Grint

Van de grinten zijn geen grootteanalyses uitgevoerd. We hebben bij een rudimentaire zeping kunnen vaststellen dat de maximale grootte 8 cm bedroeg. Van een dezer banken is de petrografische samenstelling bepaald (tabel I).

TABEL I

	<u>4-8 mm</u>	<u>8-16 mm</u>	<u>16-32 mm</u>	<u>32 mm</u>
Aantal	1259	759	850	195
Silex	21,1	21,1	28,6	28,2
IJzersteen	8,7	4,4	3,5	6,2
Zandsteen	58,8	69,4	65,4	65,1
Kwarts	1,9	1,7	0,1	-
Schiefers	3,5	0,7	0,6	-
Kwartsiet	6,0	2,6	1,8	0,5

Om deze grinten te vergelijken met de plateaugrinten uit de onmiddellijke omgeving is er een telling (tabel II) uitgevoerd van een grintbank 50 m. meer plateauwaarts dan de rivierontsluitingen. De grinten rusten er op het tertiair zand en zijn bedekt met leem. In dit homogene grintpakket van 30 cm dik zijn er geen stroomzanden.

TABEL II

	<u>2-4 mm</u>	<u>4-8 mm</u>	<u>8-16 mm</u>	<u>16-32 mm</u>	<u>32 mm</u>
Aantal	2089	907	944	63	9
Silex	25,0	51,4	70,1	79,4	2 st
IJzersteen	55,1	34,5	24,4	19	7 st
Zandsteen	2,3	3,1	2,1		
Kwarts	17,6	10,9	3,1		
Kwartsiet		0,1	0,3	1,6	

Bij de vergelijking van beide grintstalen, zowel wat samenstelling als wat de vormen betreft hebben wij volgende vaststelling gedaan :

- De zandstenen, de silexen en de ijzersteen zijn in beide grintafzettingen gelijkaardig. De relatieve vertegenwoordiging is echter verschillend. In de rivierafzettingen zijn er veel silexen en zandstenen (afkomstig van het onderliggend tertiair). In de plateaugrinten overheersen ijzersteen en silex. Het is duidelijk dat deze plateaugrinten ook als

grintbron hebben gediend voor de rivier. De ijzerstenen, eigen aan het plateau, werden ook alhoewel in gering percentage teruggevonden in de riviergrinten.

- De kwartsen van beide grintstalen zijn totaal verschillend : deze van de plateau-grinten zijn mooi afgeronde melkkwartsen, deze van de riviergrinten zijn hoekige roze kwartsen.
- De kwartsieten van het riviergrint bevatten dikwijls roze kwartsaders deze van het plateau nooit.
- De schieferelementen die in de fijne grintfrakties van het terras worden teruggevonden zijn platte, goed afgeronde ellipsvormige schieferfragmenten. In de verschillende frakties van de plateau-grinten vindt men ze niet terug.

Door deze analyse is het ons verder mogelijk grintontsluitingen in het gebied ten zuiden van Leuven als plateau- of als riviergrint te bestemmen. De al of niet aanwezigheid van bepaalde structuren en stroomzanden vormen een aanvullend criterium.

3. Pollen

Van enkele lemige monsters in de terrasafzettingen hebben wij getracht een pollenspectrum te bekomen. De monsters zijn met de Frenzel-Bastin methode voorbereid. Ondanks deze bewerking bleef het zeer arm : 40 pollingen voor 7 tellingen.

AP : Betula	2	NAP : Gramineae	18
Corylus	1	Plantago	2
Pinus	8	Rumex acetosella	1
Salix	1	Rumex crispus	1
Ulmus	2	Artemisia	1
		Chenopodiaceae	1
		Ranunculaceae	1
		Sphagnum	1

De dominantie van NAP en de geringe aanwezigheid van warme boompollen wijzen er enigszins op dat de fluviatiele afzettingen tot een koude fase behoren.

§ 3 Discussie

1. Een verwilderde rivier in een koud klimaat

Zowel figuur 6 als figuur 9 laten ons toe de hoofdstructuren in dit zand- en grintpakket te bestuderen. Een dwarssectie op de stroomrichting (fig. 6) toont ons een geheel van eroderende geulen die met laminae van zanden of grinten zijn opgevuld. De laminae liggen schuin en volgen de erosiebasis van de geul. Soms is er een korrelgroottesortering merkbaar. Voor zover wij uit deze geërodeerde sets kunnen opmaken zijn deze geulen tot 2 m. breed en 0,5 m. diep. Volgens hun lengteas zijn ze enkele meters lang (fig. 6 - boven en fig. 9). Het erosiecontact met de oudere banken is steil (tot 32°). Stroomafwaarts gaan de laminae geleidelijk subhorizontaal liggen. Het is duidelijk dat we hier met geulen te doen hebben die bij hoog-waterregime gevormd worden (scour) en bij laagwaterregime weer met grint, maar hoofdzakelijk met zand worden opgevuld. Het geheel kunnen wij als een "trough cross-stratification large scale"

(J.C. Harms, R.K. Fahnestock, 1965) beschouwen : oudere sets van schuine laminae worden door gelijkaardige jongere sets geërodeerd. De afmetingen van deze sets bedragen soms enkele decimeters tot meters. Bij deze "trough cross-stratification" moet de opvulling van de geulen niet symmetrisch gebeuren. De opvulling is afhankelijk van lokale stromingen en zandvoorraad. Experimenteel hebben de bovenvernoemde auteurs aangetoond dat de keien tijdens hoogwaterregime getransporteerd worden en bij laagwaterregime stroomopwaarts in de geulen kunnen inrollen. Dit verklaart de aanwezigheid van keien op het erosiecontact tussen de verschillende sets.

Plaatselijk zijn er eerder horizontale gelaagdheden waargenomen, waarbij de sets heel wat uitgebreider zijn en intern nog een schuine gelaagdheid kunnen hebben : "horizontal cross-stratification".

Op figuur 6 bemerkt men tussen twee zandbanken een dun continu laagje van lemig zand, dat door de jongere zandbanken licht geërodeerd wordt. Mineralogische analyses (Prof. F. Gullentops) hebben uitgewezen dat het om rivierafzettingen gaat daar er heel wat Dijle-granaten aanwezig zijn. Deze fijne lemige zanden zijn afgezet in een zwak stromend water, eventueel bij een overstroming toen de hoofdbedding elders lag.

De snel wisselende korrelgrootte, zowel lateraal als vertikaal, alsmede de verschillende stroomveranderingen in de ontsluitingen met de snelle opeenvolging van brede ondiepe geulen wijzen op het verwilderd karakter van deze oude rivier.

De pollenanalyse van een lemig zand uit de fluviatiele sedimenten wijst op de afzetting van deze fluviatiele sedimenten in een koude fase. Dit wordt bevestigd door de aanwezigheid van enkele tertiaire zandknollen in de grinten van de rivier. Deze tertiaire zanden zijn als bevroren zandbollen door de rivier getransporteerd.

2. De terras-stratigrafie

De tertiaire zanden vormen overal de basis van onze ontsluitingen.

Deze zanden liggen in situ, wat aangetoond wordt door de zandsteenbanden die in deze zanden voorkomen. Plaatselijk zijn deze zanden ontkalkt waardoor inzakkingen van de terrasafzettingen zijn ontstaan. De structuren in de fluviatiele afzettingen wijzen duidelijk op een periglaciale, verwilderde rivier.

De rivierafzettingen worden naar boven toe afgesneden hetzij door geulen, hetzij door een grintvloer die ook op de geulen voorkomt m.a.w. de periode van ravijnvorming situeert zich tussen de terrasvorming en de belangrijke nivellerende areolaire erosie. Er bestaat daarenboven een duidelijke correlatie tussen de dikte van de terrasafzettingen en de plaats van de ravijnen enerzijds en de ontkalkingen van het tertiair substraat anderzijds.

De areolaire erosiefase die op sommige plaatsen de terrassedimenten bijna volledig heeft geërodeerd is voorafgegaan door een intense koude periode met grote kryoturbaties. Op de grintvloer ligt een dik leempakket dat duidelijk drieledig is :

- 1° fijne gelaagde, kalkhoudende bruine loess met een polygonaal vorst-wiggenstelsel;
- 2° grijze kalkhoudende loess met loesspopjes die met grote lobben in de onderliggende loess doordringt (≡ Kesselbodem, F.Gullentops, 1954);
- 3° bruine kalkhoudende, gelaagde loess waarin bovenaan een holocene bodem is ontwikkeld. Het ontbreken van een belangrijke interglaciale bodemvorming in deze loessafdeling noopt ons deze integraal tot de Wurm te

rekenen.

Er dient genoteerd dat langsheen de steenweg naar Overijse de terrasgrinten sterk verweerd en met ijzer aaneengekit waren, wat wijst op een interglaciale verwerking.

Beschouwen we de insnijdingsdiepte sinds het terras, dit is + 35 m, tot de basis van de vallei, dan komen we tot de overtuiging dat we te doen hebben met een oud-kwartair terras. Deze overtuiging wordt nog bevestigd wanneer we de verschillende gebeurtenissen die zich hier hebben afgespeeld, in hun klimaatskader situeren.

Eerst en vooral hebben we de 3 lemen die gezien ze geen interglaciale bodem insluiten, allen in de Wurm zijn afgezet. De aanwezigheid van de Kesseltbodem in de lemen laat vermoeden dat het grootste deel van de Wurm vertegenwoordigd is. Voordien heeft er zich een belangrijke nivellerende areolaire erosie voorgedaan waarbij lokaal het grootste deel van het terras is opgeruimd. Zowel deze ablatie als de grote vorstaktiviteit aan de basis van de grintvloer vereisen een koud klimaat. Daar dergelijke grote vorstverschijnselen in de Wurm slechts in het tweede gedeelte (R. Paepe, R. Vanhoorne, 1967, J. Vandenberghe, 1973) voorkomen en dat die periode hier gekend is door een loessafzetting, situeert deze vorstaktiviteit zich in een vroeger glaciaal (Riss).

De ontkalking van het tertiair zand dat aanleiding heeft gegeven tot lokale inzakkingen waardoor enerzijds grote delen van het terras van latere ablatie gevrijwaard zijn gebleven en anderzijds geulen zijn ontstaan die nadien met verspoeld tertiair zijn opgevuld, heeft plaats gehad in een warm interglaciaal. Ontkalking doet zich eerder voor in een met vegetatie bedekt landschap (vorming van CO₂) dan in een vegetatie-arm gebied (B.G.Escher, 1962). Het terras dat voordien is gevormd, is duidelijk gevormd door een koude verwilderde rivier. De lokale sterke verwerking van de grinten wijst ook op interglaciale aktiviteit.

Als besluit kunnen we zeggen dat het 50 m. terras dateert uit het vroegkwartair, gezien zijn topografische ligging en de 3 glaciale perioden die het minstens heeft meegemaakt.

HOOFDSTUK II

De Geografische situering van het 50 m terras.

Aan de hand van de topografische kaart 1:5.000 van het Ministerie van Openbare Werken (32/1, 2, 3, 4, 5, 6 - 1953-1958) en de topografische kaart 1:25.000 (M.G.I.) hebben wij getracht de voornaamste vervlakkingen aan te duiden. Zij zijn door een arcering op het topografisch kaartje (1:50.000) fig. 13 weergegeven met hun gemiddelde hoogte. Tevens zijn op dit kaartje vindplaatsen van terrasgrinten langsheen de Dijlevallei ten zuiden van Leuven ingetekend. Om deze vindplaatsen op te sporen hebben we in dit gebied alle holle wegen en bermen nagegaan. Op de vervlakkingen zijn verscheidene handboringen uitgevoerd en eventuele putten (huizen in aanbouw) onderzocht. De plaatsen waar de sedimenten een intense verweringskleur vertonen zijn met een V aangeduid.

§ 1 Stroomopwaarts van de samenloop Dijle-Voer

Een eerste bemerking is dat ten zuiden van de samenloop Dijle-Voer op kaart geen duidelijke vervlakkingen konden afgelijnd worden met uitzondering van dit in Heverleebos op de oosthelling van het dal. Op het terrein daarentegen zijn plaatselijk op enkele grintontsluitingen korte vervlakkingen in de helling waargenomen (o.a. Korbeek-Dijle). Dat de grintontsluitingen hoofdzakelijk op de westhelling zijn teruggevonden is begrijpelijk : de westhelling is heel wat steiler dan de oosthelling zodat de kleine valleien of holle wegen die van het plateau komen daar ook relatief dieper zijn ingesneden. Op de oosthelling is de 50 m. hoogtelijn waarop de ontsluitingen terug te vinden zijn praktisch niet versneden tenzij in het zuiden.

In al deze ontsluitingen rusten de grintafzettingen op tertiaire zanden. Zij zijn bedekt met leem. Soms zijn in de grinten, waarin grove zanden voorkomen, gelijkaardige bankstructuren merkbaar als in de ontsluiting van de Rotspoel. Op twee plaatsen vertoont de grintontsluiting daarenboven een duidelijke verwerking : Korbeek-Dijle en 't Eigen (Neerijse).

Al deze grintontsluitingen behoren tot hetzelfde rivierterras omdat :

- 1/ ze op een min of meer gelijke topografische hoogte terug te vinden zijn en telkens ongeveer tot op een gelijke afstand van de valleiwand;
- 2/ ze uit dezelfde grintvariëteiten (telling op het terrein) zijn samengesteld;
- 3/ in enkele ontsluitingen een duidelijke afwisseling bestaat van grinten en grof zand in fluviatiele structuren.

Ten zuiden van de samenloop Dijle-Voer zijn met uitzondering van één plaats nergens verflakkingen teruggevonden onder de 50 m. Die ene uitzondering is een kleine verflakking op \pm 41 m op de samenloop Dijle-Voer. Er zijn daar echter geen fluviatiele sedimenten aangetroffen.

Voortgaande op deze gegevens (kaart) treden wij de mening bij van M.A. Lefèvre (1925) dat er een sterk verbrokkeld rivierterras bestaat op \pm 50 m. Doch er dient genoteerd dat deze auteur geen ontsluiting op dit gedeelte van het terras heeft vermeld.

§ 2 Stroomafwaarts van de samenloop Dijle-Voer

Voor het gedeelte ten noorden van de samenloop Dijle-Voer dient er een voorbehoud gemaakt. Bij de analyse van de verflakkingen is het ons opgevallen dat er geen duidelijke continue verflakking terug te vinden is op 50-53 m. met uitzondering van het brede vlak ten zuiden van de Safranenberg en St.Pietersberg. Op de westhelling van de vallei vindt men slechts kleine geïsoleerde verflakkingen van \pm 50-51 m. nl. in Wilsele en ten zuiden van Terbank. Heel wat uitgebreider zijn de verflakkingen op 46-48 m : in Wilsele, de Caesarberg en Terbank. Op deze hoogte worden langsheen de Molenbeek (M. Corrijn, 1969) verschillende verflakkingen teruggevonden. Op de oosthelling bestaat in de agglomeratie Leuven een duidelijke verflakking op 38-40 m die naar het noorden afdaalt naar de depressie van Kessel-Lo. Deze verflakking van 38-40 m heeft een oost-west uitbreiding.

Op de vervlakkingen zijn boringen uitgevoerd en eventuele ontsluitingen nagegaan.

1.- de vervlakking ten zuiden van Park-Heverlee.

- Safranenberg : (50 m) bruine leem rustend op verweerd tertiair zand met tussen beide een grintvloer van één kei dik, hoofdzakelijk silex. Geen grof zand.
- St.Pietersberg (+ 56 m) : 0,3 m. zandleem rustend op een tertiair fijn zand. Tussen beide een grintlaag met silexen en ijzersteen (tot 7 à 8 cm).
- Prosperdreef (Heverlee) - op de terreinen van het Rijksinstituut voor Buitengewoon Onderwijs (+ 50 m) : bruine zandleem (+ 1 m) op een verweerd rosbruin tertiair zand. Op het contact af en toe een silex of zandsteen.
- Nabij de Naamse steenweg, 300 m ten zuiden van de Leopold-III-laan (+ 47 m) : Een dun leemdek dat dikker wordt naar de steenweg toe (dal), dekt een geremaniëerd verweerd tertiair zand af met sporadisch een silex kei op het contact.
- Heverlee-Engels Kerkhof (+ 56-57 m) : grint tussen tertiair zand en leem (tabel)

Tabel

	4-8 mm	8-16 mm	16-32 mm
Silex	51,8	89	98,3
IJzersteen	46,8	10,8	1,7
Zandsteen	0,1	-	-
Kwarts	1,1	-	-
Kwartsiet	0,2	0,2	-
Aantal	838	932	347

De afwezigheid van vreemde elementen zoals schiefer, roze kwarts, kwartsieten bevestigt de lokale oorsprong van deze grinten.

Opmerking :

- 1) de vindplaatsen "Engels Kerkhof" en "St.Pietersberg" steken als kleine heuvels uit op de verflakking van 50-51 m.
 - 2) M.A. Lefèvre (1925) maakt melding van een ontsluiting ten zuidoosten van Park op een hoogte van 53 m. Tussen de Brusseliaanzanden en de kwartaire leemmantel beschrijft zij bruine en gele zanden en grinten in een gekruiste gelaagdheid (figuur 2). De grinten bestaan uit silex en ijzersteen. Deze eenzijdige grintsamenstelling stemt niet overeen met de terrasgrinten van de Rotspoel maar eerder met de plateau-grinten. De gekruiste gelaagdheid wijst op een afzetting in stromend water. Het is echter niet noodzakelijk dat deze afzettingen afkomstig zouden zijn van de Dijle maar van een kleine lokale beek op dit vlak. De afwezigheid van echte rivierafzettingen elders op dit vlak wijst wel degelijk in deze richting.
- 2.- De verflakkingen (46 m) nabij Wilsele : een dun zandleemdek (0,5 m) ligt er dadelijk op een sterk verweerd diestiaanzand.
 - 3.- De verflakking (46 m) van Terbank. Het leempakket is er dikker (1 m). Tussen dit leempakket en het onderliggend tertiair zand dat een rosse verweringskleur vertoont, liggen sporadisch silexen en ijzerstenen. Ten zuiden van dit vlak maakt M.A. Lefèvre (1925) melding van een steenlaag (0,1 m) bestaande uit silexen, zandstenen en verweerde ijzersteen (53m).
 - 4.- De verflakking in Leuven - geen terrasgrinten.

Op basis van al de terreinwaarnemingen in het gebied ten zuiden van Park kunnen we de hypothese van M.A. Lefèvre (1925) dat dit vlak een Dijleterras is, verwerpen.

Het bestaan van de verflakking kan met F. Gullentops (colleges) worden toegeschreven aan de zeer gemakkelijke erodeerbaarheid door ruissellement van de fijne kleiloze zanden zoals er voorkomen in het Tongriaan en Bolderiaan. Volgens de curve van Hjulström vereist deze korrelgrootte de geringste watersnelheid.

Reeds P. de Bethune had dit vlak als een structureel vlak bij het bereiken van het Brusseliaan beschouwd (mondeline mededeling van F.Gullentops).

Volgens F. Gullentops (colleges) heeft dit een dubbele oorzaak :

enerzijds het verminderen van de runoff eens de kleirijke Tongriaanbasis is doorboord en het zeer doorlatende Brusseliaan bereikt, en anderzijds de grotere weerstand van het grofkorrelige Brusseliaan en het vormen van een residueel weerstandbiedend concentraat van zandsteenfragmenten.

Volgens J. De Ploey (1972) zou deze differentiële erosie te wijten zijn aan het verschil aan liquefluctie. Deze, gebonden aan pluviale erosie, zou volgens hem de belangrijkste agens zijn in een periglaciaal milieu bij de vorming van zulk glacis.

De afwezigheid van fluviatiele sedimenten op de andere aangehaalde vlakken laat ons niet toe ze al dan niet als een terras te beschouwen. Latere ablatie kan immers al deze sedimenten hebben opgeruimd. Wel is de ligging van sommigen parallel met de huidige Dijlevlakte een mogelijke indicatie voor een terras.

- CORRIJN, M., Invloed van de lithologie op de morfologie - een studie in zuidwest Hageland. Verhandeling K.U.L. (1969)
- DE PLOEY, J., Quelques expériences en rapport avec le rôle éventuel de l'érosion pluviale en milieu périglaciaire in "Etude des phénomènes périglaciaires en laboratoire." Centre de Géomorphologie-Caen Bull. 13-14-15 pp. 103-115 (1972).
- ESCHER, B.G., Grondslagen der Algemene Geologie. Wereldbibliotheek N.V. Amsterdam (1962).
- GULLENTOPS, F., Contribution à la chronologie du Pleistocène et des formes du relief en Belgique. Mém. Inst. Géol. de l'Univ. de Louvain, t. 18, pp. 123-252 (1954)
- HARMS, J.C., FAHNESTOCK, R.K. Stratification, bedforms and flow phenomena (with an example from the Rio Grande). Primary sedimentary structures and their hydrodynamic interpretation. Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists special publication n° 12 84-115 (1965)
- LEFEVRE, M.A., Un aspect de la topographie des environs de Louvain. Mémoires de la Société Géologique du Belgique 1924-1925. Livres jubilaires 1874-1924 T II pp. 145-148 (1925)
- PAEPE, R., VAN HOORNE, R., The stratigraphy and palaeobotany of the Late Pleistocene in Belgium. Mém. Expl. Cartes Géol. et Min. de la Belgique, 8, (1967).
- VANDENBERGHE, J., Geomorfologie van de Zuiderkempen : Deel I De geomorfologische studie. Doct. Proefschrift K.U.L. (1973).

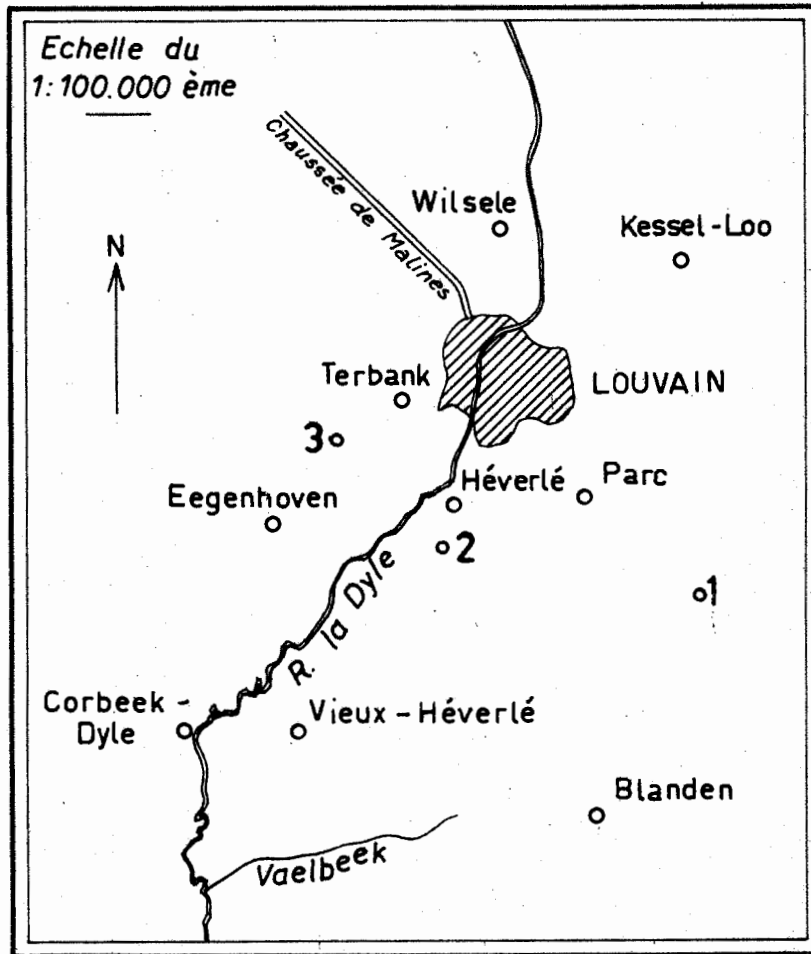


Fig. 1

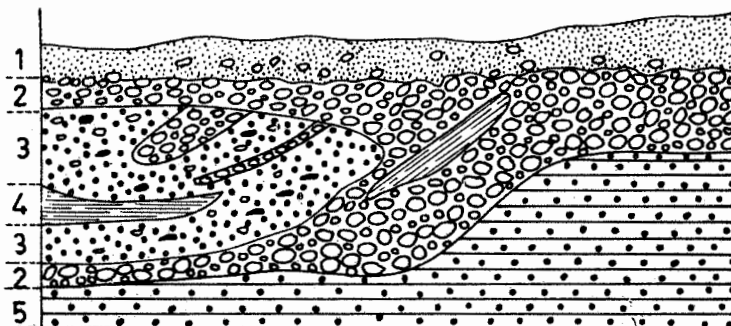


Fig. 2

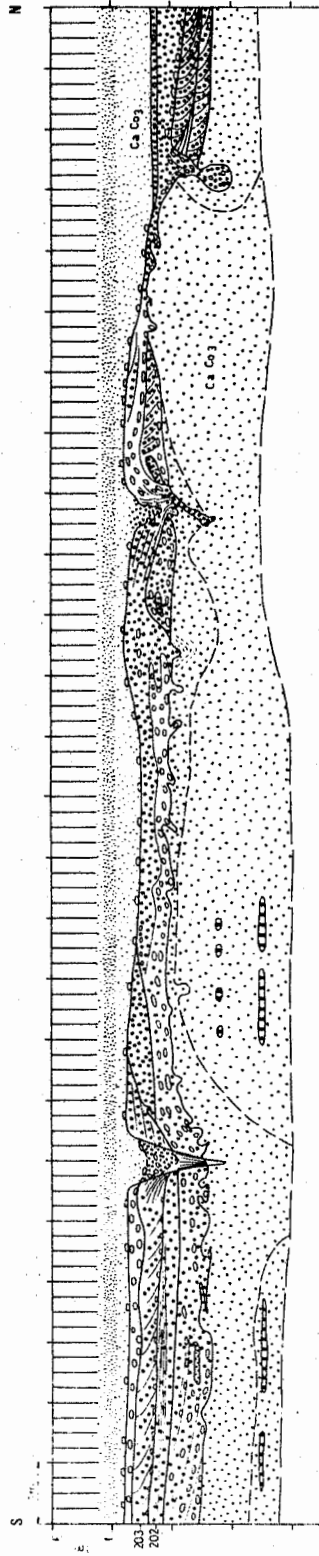


Fig. 3

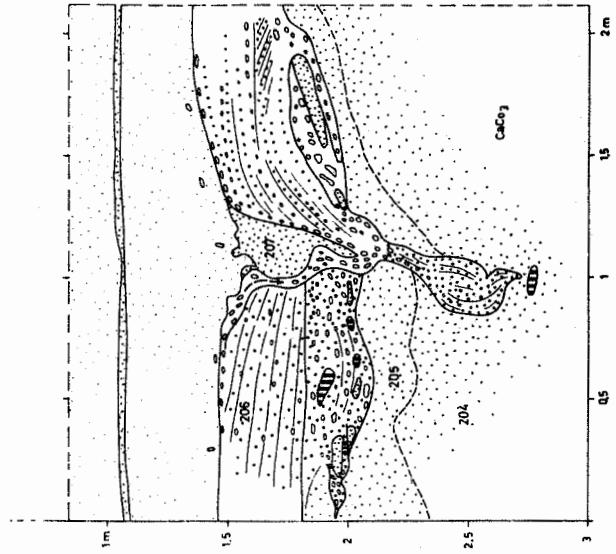


Fig. 4

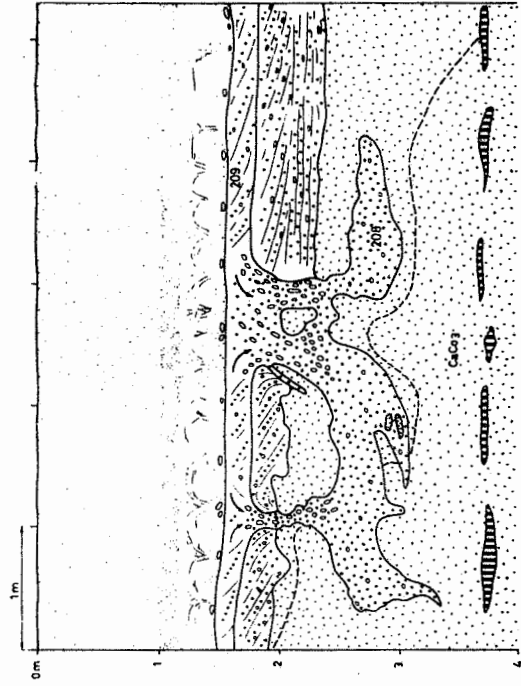


Fig. 5

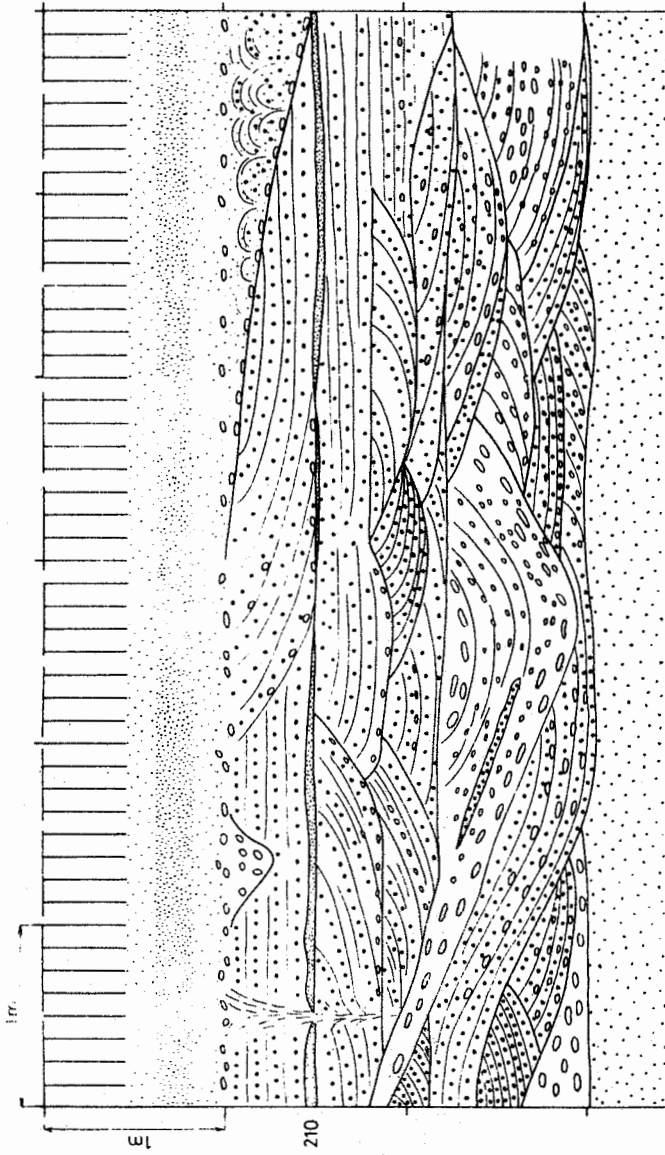


Fig. 6

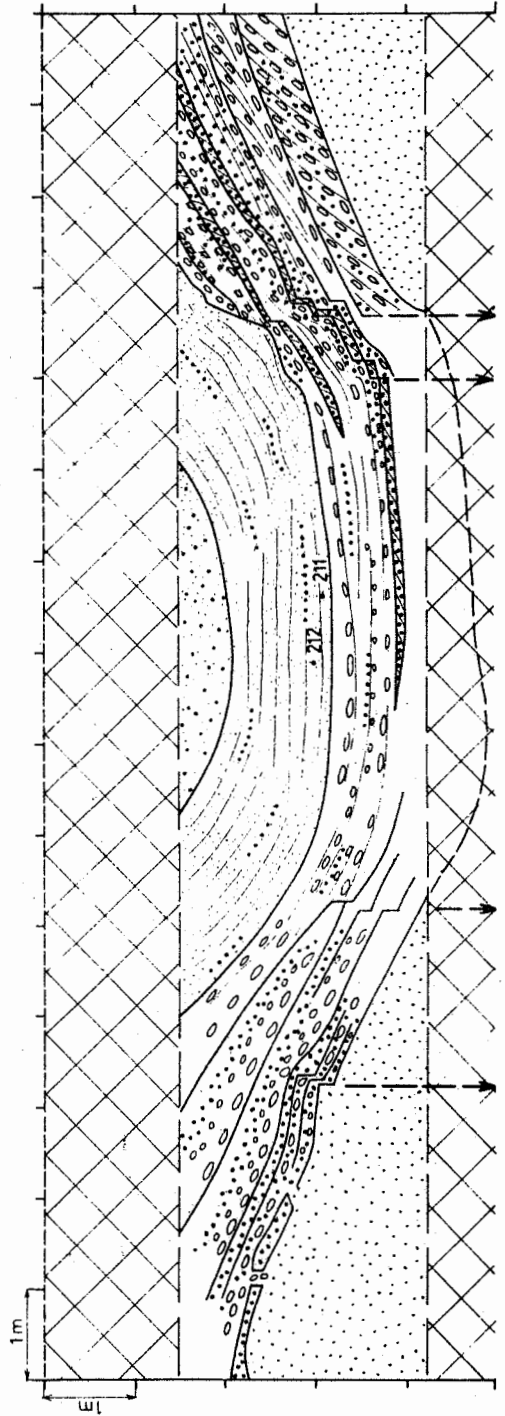


Fig. 7

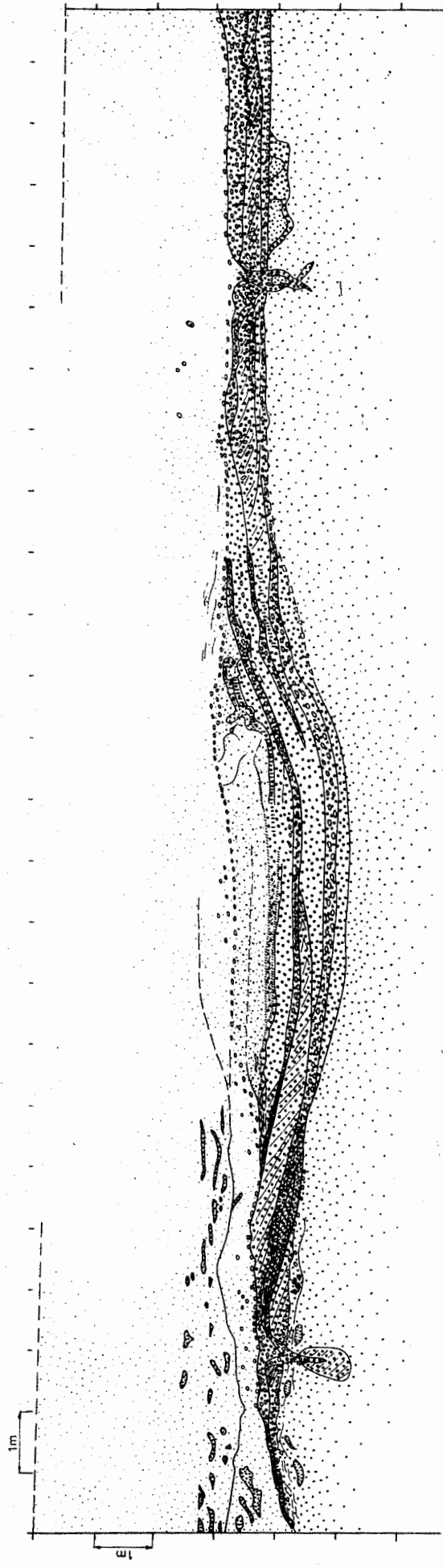


Fig. 8

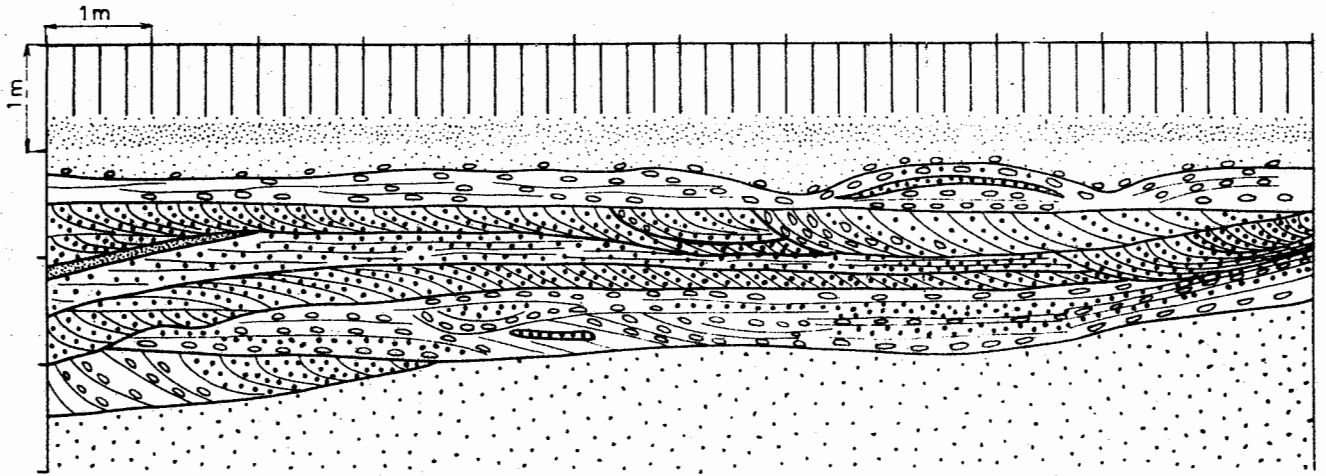


Fig. 9

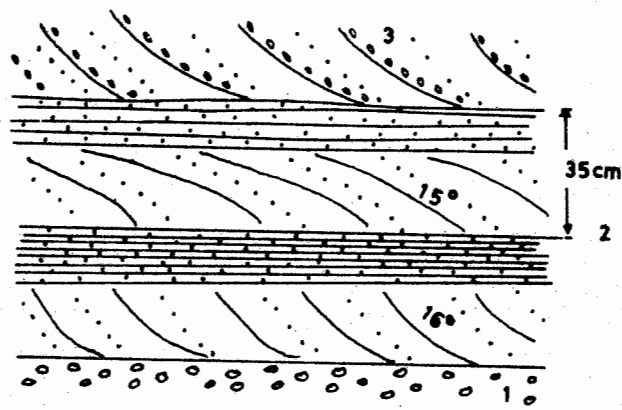


Fig. 9a

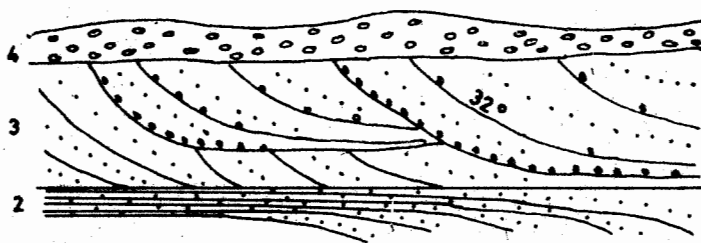


Fig. 9b

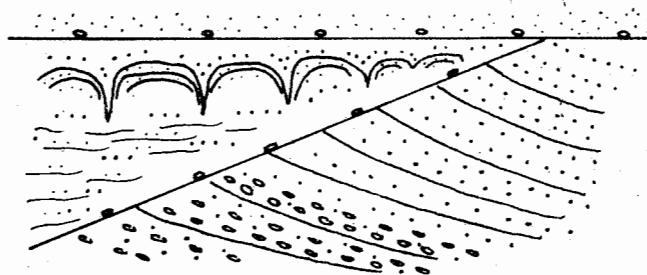


Fig. 9c

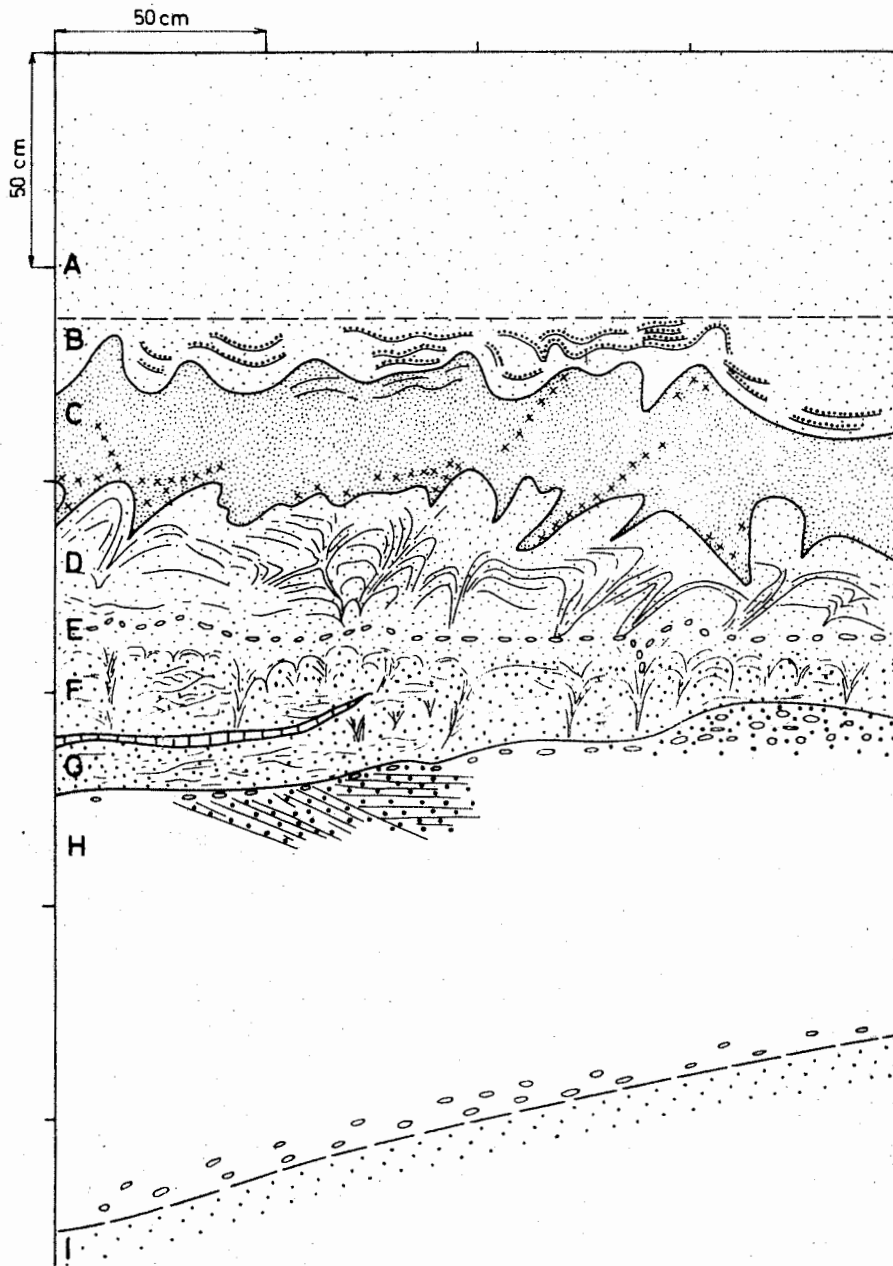


Fig. 10

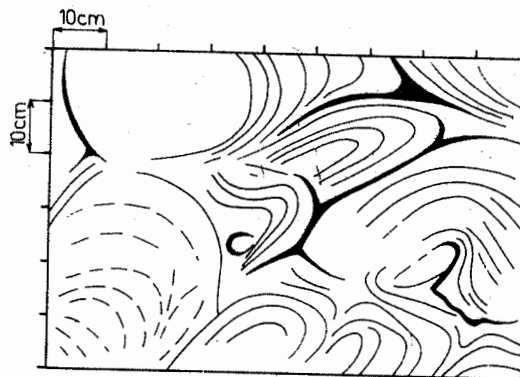


Fig. 11

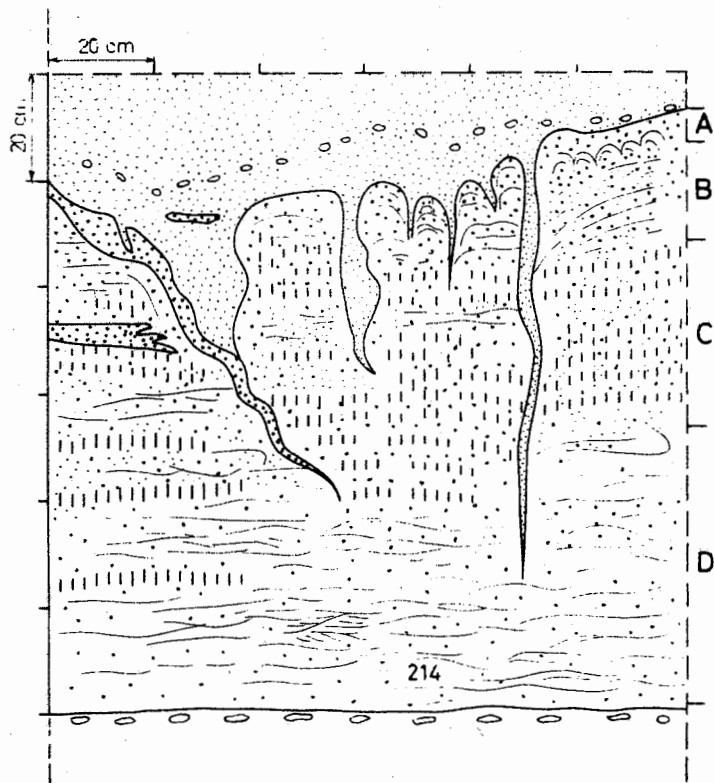
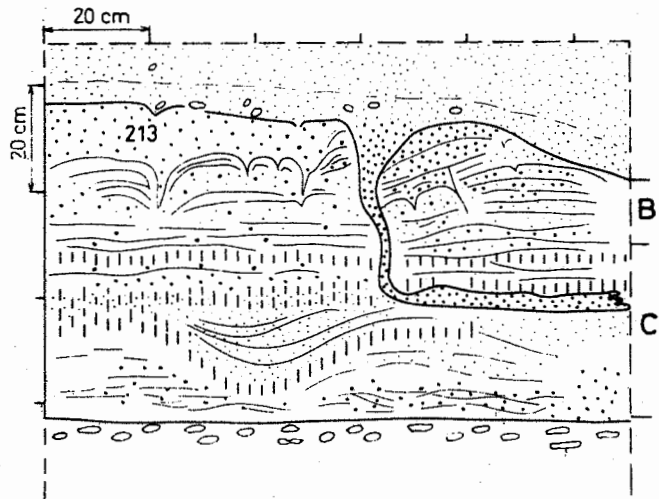


Fig. 12

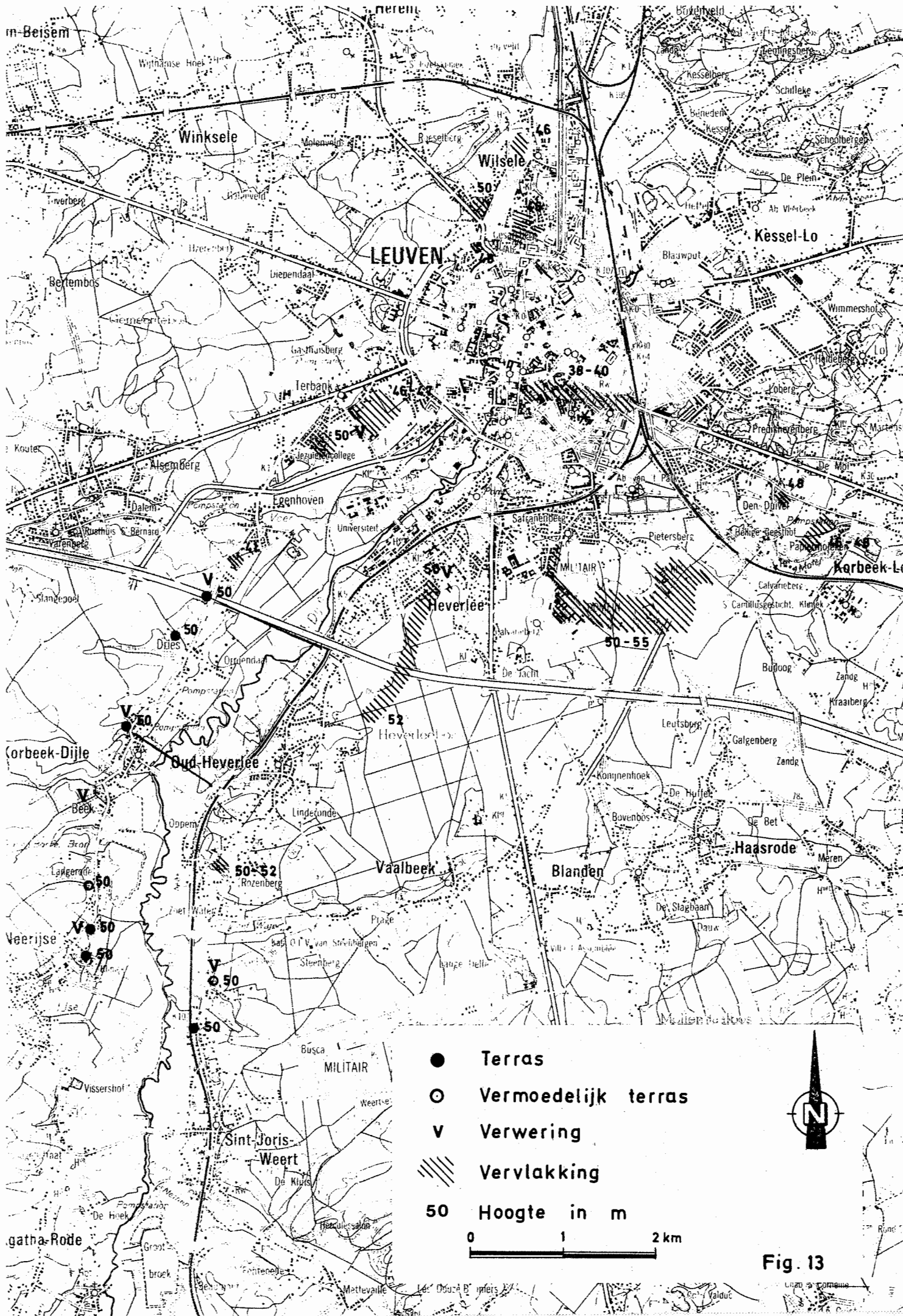


Fig. 13

